



**Janaina Vanuza Gall
Victor Ergang Streda**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE
TRANSMISSÕES MECÂNICAS**

Horizontina

2013

Janaina Vanuza Gall

Victor Ergang Streda

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE TRANSMISSÕES MECÂNICAS

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Anderson Dal Molin, Me.

Horizontina

2013

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

“Desenvolvimento de uma bancada didática de transmissões mecânicas”

Elaborada por:

**Janaina Vanuza Gall
Victor Ergang Streda**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 29/11/2013
Pela Comissão Examinadora**

**Prof. Me. Anderson Dal Molin
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Prof. Me. Carla Beatriz Spohr
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Prof. Eng. Leonardo Teixeira Rodrigues
FAHOR – Faculdade Horizontina**

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos pais que nos ensinaram o quão importante é a busca pelo saber, e que, sem a compreensão, amor, confiança e dedicação de vocês, nós não teríamos conseguido chegar até aqui, pois são vocês que dão o alicerce para podermos planejar e realizar nossos sonhos. Dedicamos também aos nossos irmãos que nos compreenderam e tiveram ao nosso lado em muitos momentos, sempre nos dando força para continuar, sem medir esforço algum.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradecemos a Deus por ter nos abençoado nesta caminhada. A família, pelo apoio incondicional em todos os momentos. Aos professores pelos grandes ensinamentos e por terem nos orientado durante todo o período de graduação, em especial ao professor e amigo Anderson Dal Molin, que em diversos momentos cobrou-nos resultados e ajudou-nos nesta etapa. Aos amigos, que em diversas ocasiões entenderam nossa ausência e nos incentivaram a desenvolver nossos estudos.

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original”.*

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma bancada didática de transmissões mecânicas, cuja finalidade é possibilitar aos acadêmicos do curso de engenharia mecânica a simulação de diferentes tipos de transmissão de movimento por polias e engrenagens. Como as aulas práticas têm sido essenciais para o aprendizado dos acadêmicos, buscou-se através de softwares, literaturas e por materiais disponibilizados no laboratório da faculdade, atingir o objetivo desta pesquisa e desenvolver o protótipo da bancada. Além da descrição dos materiais e métodos utilizados, apresentam-se algumas possibilidades de engrenamento e medições que foram obtidas como resultados e também discussões provenientes das simulações possíveis no sistema de transmissão. A bancada didática além de proporcionar o melhor aprendizado aos futuros acadêmicos proporcionou ao grupo uma abrangente revisão dos conceitos de transmissão mecânica aprendidos durante o curso de graduação em engenharia mecânica.

Palavras-chave: Bancada didática. Transmissão mecânica. Recursos didáticas.

ABSTRACT

This paper presents the development of a Mechanical Transmissions Didactic Stand initiated by the need acquired by the Faculdade de Horizontina. The purpose of this stand is to enable students of mechanical engineering to simulate situations proposed in the classroom, corresponding to the content of mechanical transmissions like gears such as belts. As didactic classes have been essential for learning in the classroom, were sought through software, literature and materials available in the college laboratory to reach the main objective of this research and the development of the prototype of the same. Beyond the description of materials and methods, we present the results from the simulations and discussions possible in the transmission system. The didactic stand besides providing a better learning to the students also gave the group a comprehensive review of the concepts learned during the undergraduate degree in mechanical engineering.

Keywords: Didactic Stand. Mechanical Transmissions. Didactic Lessons.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - CORREIA EM V.....	15
FIGURA 02 - SEÇÕES DE CORREIAS EM V PADRONIZADAS	15
FIGURA 03 - ENGRENAGENS CILÍNDRICAS DE DENTES RETOS	17
FIGURA 04 - ENGRENAGENS HELICOIDAIS	17
FIGURA 05 - ENGRENAGENS CÔNICAS	18
FIGURA 06 - ENGRENAGENS SEM-FIM.....	18
FIGURA 07 - NOMENCLATURA PARA DENTES DE ENGRENAGENS CILÍNDRICOS DE DENTES RETOS.	19
FIGURA 08 - RELAÇÃO REDUTORA DE VELOCIDADE	21
FIGURA 09 - RELAÇÃO AMPLIADORA DE VELOCIDADE.	21
FIGURA 10 - SISTEMA COM TRÊS POLIAS.....	24
FIGURA 11 - BANCADA DIDÁTICA DE TRANSMISSÃO	28
FIGURA 12 - OPÇÃO 01 PARA ENGRENAMENTO.....	31
FIGURA 13 - OPÇÃO 02 PARA ENGRENAMENTO.....	32
FIGURA 14 - OPÇÃO 03 PARA ENGRENAMENTO.....	33
FIGURA 15 - OPÇÃO 04 PARA ENGRENAMENTO.....	35
FIGURA 16 - OPÇÃO 05 PARA TRANSMISSÃO COM POLIAS	36
FIGURA 17 - OPÇÃO 06 PARA TRANSMISSÃO COM POLIAS	37
FIGURA 18 - OPÇÃO 07 PARA TRANSMISSÃO POR POLIAS	38

LISTA DE SIMBOLOS

$\Delta\theta$	[°]	Variação angular
Δt	[s]	Intervalo de tempo
T	[s]	Período
π	[adimensional]	Constante trigonométrica 3,1415...
V	[m/s]	Velocidade periférica
R	[m]	Raio
MT	[Nm]	Torque
F	[N]	Carga aplicada
P	[W]	Potência
FT	[N]	Força tangencial
Vp	[m/s]	Velocidade periférica
i	[adimensional]	Relação de transmissão
d1	[m]	Diâmetro da polia 1(menor)
d2	[m]	Diâmetro da polia 2(maior)
ω_1	[rad/s]	Velocidade angular1
ω_2	[rad/s]	Velocidade angular 2
Mt2	[N.m]	Torque 2
Mt1	[N.m]	Torque 1
Do	[mm]	Diâmetro primitivo
f1	[Hz]	Frequência 1
f2	[Hz]	Frequência 2
n1	[rpm]	Rotação 1
n2	[rpm]	Rotação 2
m	[adimensional]	Módulo da engrenagem
Z	[adimensional]	Número de dentes
D	[mm]	Diâmetro da polia maior
d	[mm]	Diâmetro da polia menor
Pp	(CV)	Potência Projetada
Pm	(CV)	Potência do motor
Fs	[adimensional]	Fator de serviço

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 BANCADAS DIDÁTICAS.....	13
2.2 SISTEMAS DE TRANSMISSÃO	13
2.2.1 Transmissão por Correias	14
2.2.2 Polias	16
2.2.3 Engrenagens	16
2.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO	20
2.3.1 Movimento Circular.....	20
2.3.2 Relação de Transmissão por correias e engrenagens (i)	21
2.3.3 Transmissão por Correia em “V”	22
2.3.4 Dimensionamento de polias	23
2.3.5 Comprimento das Correias.....	23
2.3.6 Dimensionamento de engrenagens	25
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	26
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	27
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	28
5 CONCLUSÕES	40
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	41
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXO 01- PERFIL DA CORREIA.....	43
ANEXO 02- COMPRIMENTO DAS CORREIAS HI-POWER.....	44
ANEXO 02 – CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS (FORMULÁRIO) DIN 862 E 867	45
APÊNDICE A- FOTO DA BANCADA	46
APÊNDICE B- TACOMETRO USADO COMO FERRAMENTA DE MEDIÇÃO	47

1 INTRODUÇÃO

Tendo em foco a grande importância dos sistemas de transmissão no cotidiano dos engenheiros mecânicos e a necessidade apresentada pelos professores da Faculdade Horizontina de demonstrar na prática o comportamento destas relações, elaborou-se um estudo bibliográfico e a partir deste o desenvolvimento de uma bancada didática.

A principal função dos sistemas de transmissão é transmitir movimento e potência a outro sistema. Esses mecanismos também variam a rotação e o torque entre dois eixos e, neste caso, costumam ser chamados de variadores. Existem diversos meios de se variar rotação e torque, entre eles destaca-se fazê-los por meio de engrenagens, por correias ou por atrito. Os variadores estão sempre ligados a eixos, indiferente da sua função (GORDO E FERREIRA, 2000).

Segundo Amorim (2006), bancadas didáticas são ferramentas indispensáveis ao ensino, levando em conta que os conceitos vistos apenas em sala de aula são muitas vezes insuficientes para o aprendizado.

Amorim apud Lee et al. (2006) complementa afirmando que as bancadas de teste são dispositivos usados didaticamente para avaliar conceitos e validar modelos teóricos. O uso de bancadas experimentais simulando a operação de sistemas reais é também um procedimento amplamente conhecido e extensivamente utilizado para o desenvolvimento de qualquer projeto.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma bancada didática de transmissão mecânica para ser utilizado como recurso didático em aulas experimentais e fazer com que os acadêmicos do curso de engenharia mecânica compreendam as características das transmissões. A dificuldade para visualizar e entender os sistemas de transmissão é fator determinante para a elaboração deste trabalho, pois o grande problema encontrado na execução da matéria é que nem todos acadêmicos do curso de engenharia mecânica trabalham diretamente com os sistemas de transmissão.

Esta bancada deve possibilitar aos acadêmicos a visualização de diversas combinações de elementos para ter-se, desta forma, diferentes relações. Também estarão disponíveis um dinamômetro e um tacômetro para que seja possível a conferência dos valores de torque e rotação encontrados. Visando a segurança dos

acadêmicos, a bancada ainda contará com um botão de emergência que a desligará imediatamente caso algum imprevisto ocorra, adequando assim o protótipo a NR12.

Assim, após a necessidade apontada pelo corpo docente da FAHOR – Faculdade Horizontina, busca-se através desse trabalho realizar o desenvolvimento da bancada, para findar essa deficiência no aprendizado dos acadêmicos em relação ao conteúdo. Esse trabalho tem importância significativa na área de engenharia mecânica, pois trata de um sistema que dará suporte didático aos conteúdos apresentados.

De uma forma mais eficiente, o corpo docente solicitou pela própria instituição de ensino Faculdade Horizontina, a condição da execução de uma bancada didática que possibilitará a demonstração dos conteúdos apresentados em sala de aula com aulas práticas. Dessa maneira, destaca-se como problema a ser resolvido por esta pesquisa à necessidade de garantir o melhor aprendizado dos acadêmicos de Engenharia Mecânica em relação aos sistemas de transmissão.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, serão explanados os principais conceitos sobre o sistema de transmissão, esclarecendo conceitos e cálculos necessários para a análise de um sistema por engrenagens ou correias.

2.1 BANCADAS DIDÁTICAS

Pekelman e Mello (2004) defendem a ideia que engenheiros devem ser capazes de aplicar a ciência e a tecnologia que aprendem nas faculdades à prática, uma vez que saiam da faculdade. Na visão dos autores, para que isso seja possível às instituições de ensino devem proporcionar aos acadêmicos a oportunidade de interagir, na prática, com os temas que estão sendo estudados em sala de aula.

Os laboratórios das faculdades aproximam o aluno da ciência e tecnologia às ferramentas do engenheiro para que ele possa desenvolver suas habilidades para o atendimento das necessidades humanas. Além disso, esses laboratórios também podem servir como ferramenta para o treinamento da criatividade dos estudantes, permitindo a eles desenvolver inúmeras aplicações com as mesmas ferramentas e refletir este aprendizado ao mundo real. (PEKELMAN; MELLO, 2004).

2.2 SISTEMAS DE TRANSMISSÃO

Antunes e Freire (2000), afirmam que os sistemas de transmissão mecânica são mecanismos manuais ou automáticos que têm como principal função transmitir movimento e potência a partir de elementos puramente mecânicos. Os autores complementam ainda que nas transmissões de movimentos é possível identificar a relação de transmissão de um sistema e conseqüentemente suas rotações, para isso deve-se verificar se o sistema é redutor ou ampliador.

Para considerar um sistema ampliador, o movimento deverá passar da engrenagem maior para a engrenagem menor, aumentando desta forma a rotação. Já pelo contrário em um sistema redutor o movimento deverá passar da engrenagem ou polia menor para a maior, reduzindo assim a rotação do sistema, (ANTUNES E FREIRE, 2000).

Segundo Gordo e Ferreira (2000), a transmissão de força e movimento pode ser feita pela forma ou por atrito. A transmissão por forma é a mais utilizada e leva este nome porque a forma dos elementos transmissores é dimensionada para se encaixarem, transmitindo assim o movimento e a força. Já a transmissão por atrito oferece uma boa centralização das peças ligadas aos eixos, mas não é aconselhada para fazer a transmissão de grandes esforços.

2.2.1 Transmissão por Correias

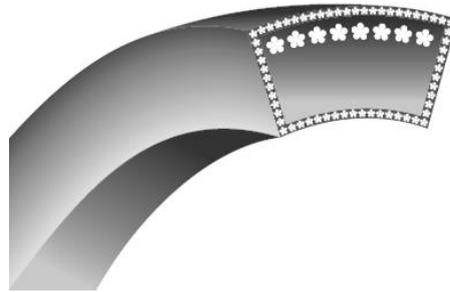
Segundo Marco (2013), as principais características a serem destacadas nas transmissões por correias é que elas funcionam essencialmente por atrito, e são adequadas para grandes distâncias entre eixos. Almeida (2012), ainda complementa que esta maneira de transmissão pode ser simples, quando existe somente uma polia motora e uma polia movida. Alguns fatores podem afetar o sistema de transmissão, dentre os principais a falta de atrito, pois quando em serviço, a correia pode deslizar e desta forma não transmitir integralmente a potência.

Ainda segundo Marco (2013), as correias podem ser fabricadas em várias formas e com diversos materiais e são bastante utilizadas nas indústrias de máquinas operatrizes e automotivas, esses elementos podem ser encontrados nos mais diversos equipamentos, como pequenos aparelhos eletrônicos até equipamentos maiores como máquinas do ramo agrícola.

Antunes e Freire (2000) afirmam que as transmissões por correias são utilizadas tanto para eixos paralelos como para eixos reversos, este tipo de transmissão caracteriza-se por sua construção simples, funcionamento silencioso e uma grande capacidade de absorver choques elasticamente. O rendimento é considerado elevado, variando de 95% a 98%.

Pela década de 30, as correias em V ou trapezoidais, mostradas na figura 1, passaram a ser usadas na maioria dos acionamentos. A grande vantagem consiste no efeito de que a cunha da correia na polia multiplica o coeficiente de atrito pelo inverso do seno do ângulo de inclinação da face lateral. Tudo isso resulta em um significativo ganho de capacidade, proporcionando conjuntos mais compactos, com menor nível de ruído se comparados com as correias planas, (ALMEIDA, 2012).

Figura 01 - Correia em V



Fonte: Good Year, 2010.

Os fabricantes padronizaram as dimensões das seções transversais de correias em V, demonstrada na figura 02, com cada seção designada por uma letra do alfabeto para tamanhos com dimensões em polegadas, já os tamanhos métricos são designados por números. Dimensões, tamanhos mínimos de roldanas e o intervalo de potência para cada uma das sessões são designados por letras (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

Figura 02 - Seções de correias em V padronizadas

Tabela 17-9

Seções de correias em V padronizadas.



Seção de Correia	Largura a , mm	Espessura b , mm	Diâmetro mínimo de roldana, mm	Intervalo de kW, uma ou mais correias
A	12	8,5	75	0,2-7,5
B	16	11	135	0,7-18,5
C	22	13	230	11-75
D	30	19	325	37-186
E	38	25	540	75 e acima

Fonte: Adaptada de Budynas e Nisbett, 2011.

As correias em V e trapezoidais possuem também, em relação às planas, alguns aspectos negativos que, evidentemente, não chegam a comprometer o uso na maioria dos casos. Correias trapezoidais são normalmente fornecidas em dimensões padronizadas, e seu alinhamento é mais crítico. O material das correias planas pode ser fornecido em rolos e elas podem ser produzidas no local em qualquer comprimento (ALMEIDA, 2012).

Ainda de acordo com o autor, outro fator que contribui a favor deste meio são as razões econômicas, já que elas são de fácil montagem e manutenção, não utilizam lubrificantes, tem boa durabilidade quando projetadas e instaladas corretamente e são padronizadas. Ele também ressalta a questão da segurança,

uma vez que elas reduzem os choques e vibrações, limitam a sobrecarga pela ação do deslizamento e tem um funcionamento de pouco ruído.

2.2.2 Polias

Para Silva et al. (2012), polias são denominadas elementos mecânicos circulares, com ou sem canais periféricos, acoplados a eixos motores e movidos por máquinas e equipamentos. Para as mesmas funcionarem, necessitam da presença de vínculos chamados correias. Quando em funcionamento, as polias e correias podem transferir e transformar movimentos de um ponto para outro da máquina, sempre havendo transferência de força.

As polias são classificadas em planas e trapezoidais. As polias trapezoidais são conhecidas pelo nome de polias em “V” e são as mais utilizadas em máquinas. Os materiais para a construção das polias são normalmente ferro fundido, aços, ligas leves e materiais sintéticos. A porosidade é uma característica que não deve ser elevada na superfície das polias, pois se for à correia pode ter um maior desgaste (SILVA et al. 2012).

2.2.3 Engrenagens

Generoso (2009) defende a tese de que as engrenagens são sem dúvida um dos meios para transmissão de movimento entre eixos mais usados, tanto para eixos paralelos, reversos ou concorrentes. A grande utilização deste meio acontece devido ao fato de elas terem grande resistência e vida útil, possuem pequenas dimensões, terem velocidade constante de transmissão e terem um rendimento de 98%. Elas podem ser produzidas com vários materiais, como exemplos pode-se citar aço, ferro fundido e plástico.

O autor ainda defende que o princípio de funcionamento destas rodas dentadas são simples, durante a transmissão os dentes da roda motora empurram os dentes da roda movida, sem que haja escorregamento.

As Engrenagens cilíndricas de dentes retos conforme figura 03, possuem dentes paralelos ao eixo de rotação e são utilizados para transmitir movimentos de um eixo a outro eixo paralelo ao primeiro. A engrenagem citada é denominada a

mais simples, e por isso é utilizada para desenvolver as relações cinemáticas primárias na forma de dente (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

Figura 03 - Engrenagens cilíndricas de dentes retos



Fonte: Adaptada de Melconian, 2012.

As engrenagens helicoidais demonstradas na figura 04 possuem dentes inclinados com relação ao eixo de rotação. As aplicações das mesmas são semelhantes às de dentes retos, e quando assim utilizadas, não são tão barulhentas, devido ao engajamento mais gradual dos dentes durante o engrenamento. Ao contrário dos dentes retos, o dente inclinado cria forças axiais e conjugados de flexão. Em algumas situações, as engrenagens helicoidais são utilizadas para transmitir movimento entre eixos não paralelos (BUDYNAS; NISBETT 2011).

Figura 04 - Engrenagens helicoidais



Fonte: Adaptada de Budynas e Nisbett, 2011.

As engrenagens cônicas, possuem dentes formados em superfícies cônicas e são utilizadas, principalmente para transmitir movimento entre eixos que se interceptam. A figura 05 demonstra engrenagens de dentes retos, porém engrenagens cônicas espirais são cortadas para que o dente em si deixe de ser reto, formando assim um arco circular (BUDYNAS; NISBETT 2011).

Figura 05 - Engrenagens cônicas



Fonte: Budynas e Nisbett, 2011.

O par pinhão-coroa sem-fim conforme figura 06 é semelhante com um parafuso. A direção de rotação da coroa sem-fim, também conhecida como roda sem-fim, depende da direção de rotação do parafuso e se seus dentes são cortados à mão direita ou esquerda. Este conjunto de engrenagens sem-fim também é construído de modo que os dentes de um deles, ou de ambos cubram-se parcialmente um ao outro. (BUDYNAS; NISBETT 2011).

Figura 06 - Engrenagens sem-fim

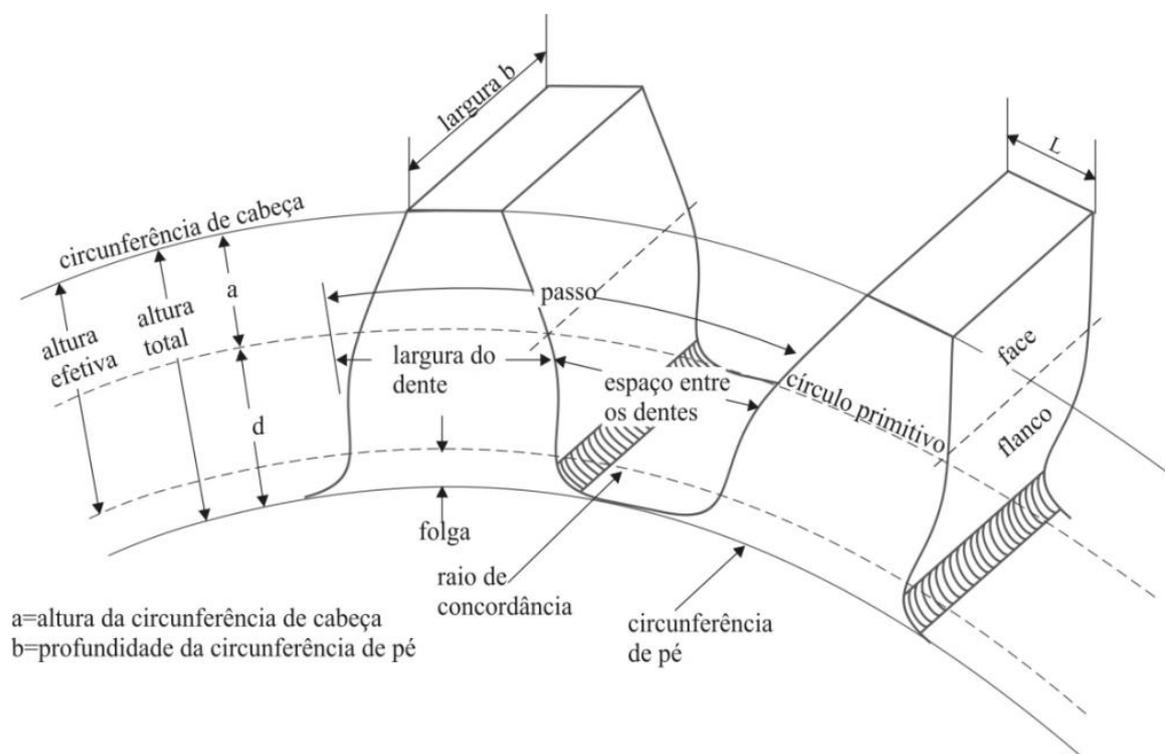


Fonte: Adaptada de Budynas e Nisbett, 2011.

Segundo Budynas e Nisbett (2011) a nomenclatura de dentes de engrenagens retas, apresentada na figura 07 baseia-se nos seguintes parâmetros:

- Circulo Primitivo: é um círculo pelo qual os cálculos baseiam-se e o seu diâmetro é considerado o diâmetro primitivo;
- Pinhão: refere-se à engrenagem menor;
- Coroa: refere-se à engrenagem maior;
- Passo circular p : é a distância medida no círculo primitivo, do ponto de um dente ao correspondente ponto do dente adjacente;
- Módulo m : é a razão entre o passo diametral e o numero de dente;
- Passo diametral p : é a razão entre o numero de dentes da engrenagem e o diâmetro primitivo;
- Adendo a : é a distância radial entre o topo do dente e o círculo primitivo;
- Dedendo b : é a distância radial do fundo do dente ao círculo primitivo;
- Altura h : soma do adendo e dedendo;

Figura 07 - Nomenclatura para dentes de engrenagens cilíndricos de dentes retos.



Fonte: Adaptado de Budynas e Nisbett 2011.

2.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO

2.3.1 Movimento Circular

Para o dimensionamento do sistema de transmissão foi adotada a metodologia de Melconian (2012). Sabe-se que os conjuntos formados por polias e correias e os formados por engrenagens são responsáveis pela transmissão da velocidade do motor para a máquina. Normalmente os motores possuem velocidades fixas, assim esses conjuntos transmissores de velocidade são capazes também de modificar a velocidade original do motor para atender às necessidades operacionais da máquina, sistema conhecido como sistema de redução.

Segundo Melconian (2012) em qualquer sistema de transmissão considera-se o movimento circular existente, para isso utiliza-se da equação 01 para encontrar a velocidade angular do movimento.

$$\frac{\omega = \Delta\theta}{\Delta t} \quad (01)$$

A Rotação do motor, apresentada na equação 02, é definida como o número de ciclos que um ponto, movimentando-se em trajetória circular de raio “r” em um minuto.

$$\text{Tem-se:} \quad n = 30 \cdot \frac{\omega}{\pi} \quad (02)$$

Mas, isolando ω na equação 02, obtém-se a equação 03:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (03)$$

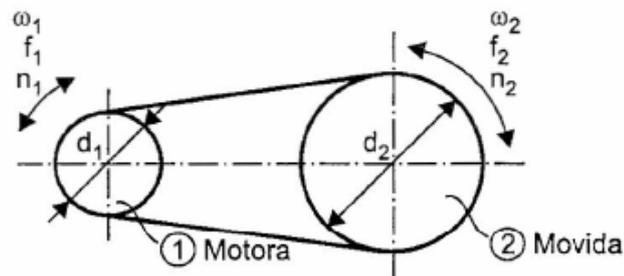
Para as transmissões de movimento, o torque, calculado pela equação 04, é definido por meio do produto entre a força tangencial (FT) e o raio da peça.

$$MT = F \cdot r \quad (04)$$

2.3.2 Relação de Transmissão por correias e engrenagens (i)

Levando em conta o sistema de relação de transmissão por correias (i), tem-se neste sistema a redutora e ampliadora de velocidade (MELCONIAN, 2012). A transmissão será redutora de velocidade, figura 08 quando o pinhão acionar a coroa.

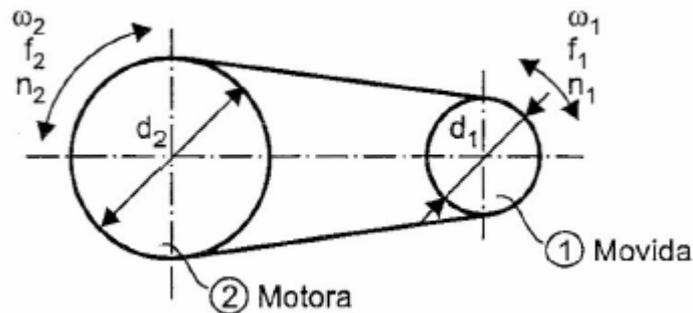
Figura 08 - Relação redutora de velocidade



Fonte: Adaptada de Melconian (2012).

A transmissão será ampliadora de velocidade, conforme figura 09 quando a coroa acionar o pinhão.

Figura 09 - Relação ampliadora de velocidade.



Fonte: Adaptada de Melconian (2012).

Onde para sistemas de transmissão composto por duas polias, utiliza-se da equação 05 para encontrar relação de transmissão, velocidade angular, frequência, rotação, diâmetros das polias e torque.

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{MT_2}{MT_1} \quad (05)$$

No caso de sistemas de engrenamento utiliza-se da equação 06. Para que haja engrenamento entre duas engrenagens, é condição indispensável que os módulos sejam iguais.

$$i = \frac{do2}{do1} = \frac{m.Z2}{m.Z1} = \frac{\omega1}{\omega2} = \frac{f1}{f2} = \frac{n1}{n2} = \frac{MT2}{MT1} \quad (06)$$

Ainda segundo Melconian (2012), o diâmetro primitivo da engrenagem é encontrado através da equação 07 abaixo mencionada.

$$do = m \cdot z \quad (07)$$

2.3.3 Transmissão por Correia em “V”

Segundo Melconian (2012) para o dimensionamento das correias em V devem-se considerar os seguintes valores máximos:

- Potência 1100 KW (1500CV);
- Velocidade tangencial 26m/s;
- Relação de transmissão ideal 1:8;
- Relação de transmissão máxima 1:15;

O mesmo autor diz ainda que para dimensiona-la corretamente faz-se necessário levar em consideração os dados abaixo citados:

- Tipo do motor;
- Potência do motor;
- Rotação do motor;
- Tipo de máquina ou equipamento;
- Distância entre centros;
- Tempo de trabalho diário da máquina;
- Condições de trabalho

O cálculo da potencia projetada segue pela equação 08 onde se multiplica a potência real do motor (P_m) pelo fator de segurança (f_s). O fator de serviço é conduzido pela tabela conforme anexo 1, e busca identificar o grupo cujas características sejam semelhantes à máquina em consideração.

$$P_p = P_{\text{motor}} \cdot f_s \quad (08)$$

Para encontrar o perfil adequado da correia levam-se em consideração os gráficos conforme Anexo 1. Deve-se decidir previamente o tipo de correia a ser utilizado (Hi-Power ou HC). Em seguida deve-se encontrar a interseção entre a rotação da polia menor (ou eixo mais rápido) e a potência de projeto, conforme a equação 08. A região onde estiver interseção mostrará o perfil de correia mais indicado (MELCONIAN, 2012).

2.3.4 Dimensionamento de polias

Ainda segundo Melconian (2012), para determinar o diâmetro das polias, equação 09, utiliza-se a tabela contida no anexo B (Correias Hi-Power II) e baseando nas mesmas determina-se o diâmetro menor em função da potência do motor (CV) e da rotação do eixo mais rápido.

$$D = d \cdot i \quad (09)$$

2.3.5 Comprimento das Correias

Para determinar o comprimento das correias é necessário conhecer previamente a distância entre os centros (c). Se não é conhecida a distância entre os centros utiliza-se da equação 12 para encontra-las segundo (MELCONIAN, 2012).

$$i < 3 \quad D = d \cdot \frac{n(\text{maior})}{n(\text{menor})} \quad (10)$$

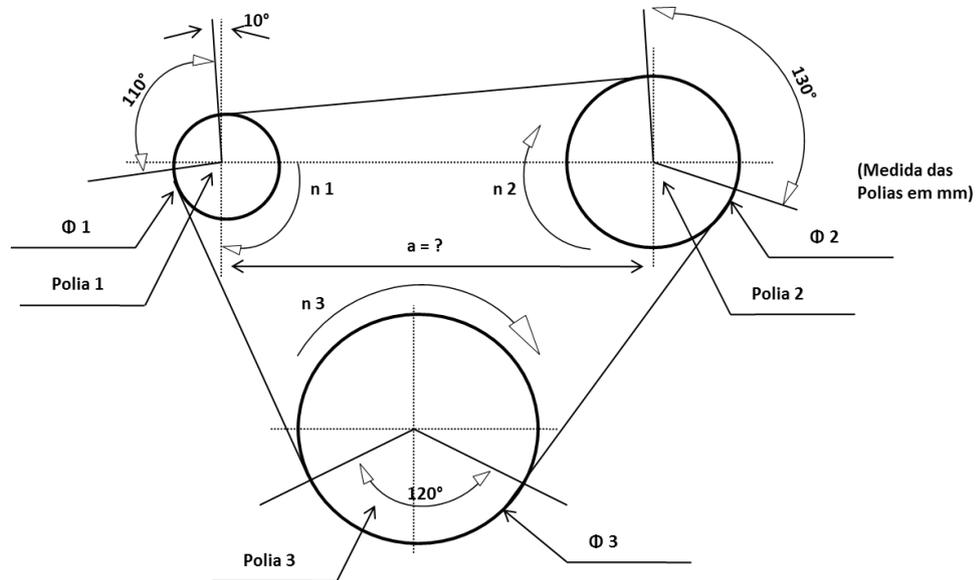
$$i \geq 3 \quad c = D \quad (11)$$

Calcula-se o comprimento das correias através da equação 12 e então encontra-se na tabela de comprimentos standard de correias (ANEXO 2), o comprimento real mais próximo do calculado.

$$l = 2C + 1,57 (D + d) + \frac{(D-d)^2}{4C} \quad (12)$$

Quando tem-se três correias interligadas (figura 10) no mesmo sistema utiliza-se das equações 13, 14 e 15 para definir o comprimento da correia entre elas.

Figura 10 - Sistema com três polias



Fonte: Adaptada de Antunes e Freire (2000).

$$\text{Cálculo de } y: \quad \cos 80^\circ = \frac{r_1}{y} \text{ [mm]} \quad (13)$$

$$\text{Cálculo de } x: \quad \cos 80^\circ = \frac{r_2}{x} \text{ [mm]} \quad (14)$$

$$\text{Cálculo de "a":} \quad a = x - y \text{ [mm]} \quad (15)$$

Depois de definido o comprimento, faz-se necessário ajustar a distância entre os centros, utilizando-se da equação 16, abaixo discriminada.

$$C = \frac{lA - h(D-d)}{2} \quad (16)$$

Sendo que (lA) consiste no comprimento da correia que não está em contato com as polias, obtida pela equação 17 abaixo descrita.

$$lA = l_c - 1,57 (D + d) \text{ [mm]} \quad (17)$$

2.3.6 Dimensionamento de engrenagens

Melconian (2012), afirma que no dimensionamento de um par de engrenagens, o pinhão (engrenagem menor) é o componente mensurado, pois se ele resistir ao esforço aplicado, à coroa (engrenagem maior) suportará com folga a mesma carga por ser uma engrenagem maior. Para base de cálculos segue formulário- características geométricas DIN 862 e 867 exibido no Anexo 3.

3 METODOLOGIA

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

O estudo caracteriza-se de natureza aplicada e, de acordo com seus objetivos, assume o perfil de pesquisa explicativa e como motivação a necessidade de produzir conhecimento para aplicação de seus resultados, com o objetivo de construir para fins práticos, visando à solução imediata do problema encontrado na realidade (BARROS; LEHFELD, 1989).

Esta forma de pesquisa depende de dados que podem ser coletados de diferentes formas, tais como pesquisas de campo, pesquisas em laboratórios, entrevistas, etc. (MICHEL, 2005).

Para a execução da pesquisa aplicada, definiu-se para o presente estudo os procedimentos abaixo descritos:

- Coletar informações sobre conceitos de transmissão, através da pesquisa bibliográfica em livros e internet buscando identificar a melhor maneira para o desenvolvimento de uma bancada didática que atenda os requisitos solicitados pela instituição de ensino FAHOR - Faculdade Horizontina;
- Identificar os elementos necessários para o desenvolvimento da bancada didática de transmissão como: motor, polias, engrenagens, correias, dinamômetro, tacômetro, buchas, eixos para fixação dos elementos, componentes elétricos, estrutura da bancada, dimensões, variáveis de cálculos, entre outros elementos necessários para sua fabricação;
- Verificar disponibilidade dos materiais necessários no laboratório da FAHOR, e a partir dos mesmos definir quais podem ser utilizados para o desenvolvimento da bancada didática.
- Com todos os requisitos e parâmetros definidos foram realizados os desenhos detalhados da bancada. Para isso foi utilizado o software Creo Parametric;
- Realizado o detalhamento, fez-se uma análise do produto detalhado, conferindo se a bancada atenderia a necessidade da FAHOR. A partir desta etapa iniciou-se a fabricação da mesma. O protótipo foi fabricado pelos próprios autores do projeto, nos laboratórios da instituição de ensino. Nos casos em que os laboratórios não dispunham da matéria prima o grupo

buscou fornecedores externos, sendo que os custos foram bancados pela faculdade. Os componentes mais complexos, como estrutura de MDF, engrenagens e polias de Nylon e correias foram adquiridos também de fornecedores externos devido a complexidade de usinagem ou a indisponibilidade de ferramentas na instituição.

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

- Para o desenvolvimento da bancada fez-se necessário à utilização dos seguintes recursos abaixo citados:
- Para realizar o dimensionamento utilizou-se um notebook modelo Sony Vaio, processador Intel (R) Core (TM) 2 Duo CPU 2.10 GHz, memória instalada (RAM) 4,00 GB;
- No modelamento e nos desenhos detalhados do projeto, utilizou-se o software Creo Parametric, que é um software de modelamento e detalhamento de peças e montagens similar ao Solid Work e PRO-Engineer.
- Na fabricação dos componentes utilizou-se um torno convencional, disponibilizado no laboratório da instituição;
- Os materiais utilizados na fabricação da bancada foram: MDF, Perfis de Borracha, Nylon e barra cilíndrica de alumínio, chapas de alumínio, porcas.
- Os componentes utilizados foram: motor de para-brisa da marca Bosch 4W, parafusos, porcas, arruelas, tacômetro digital, dinamômetro e correias em V.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos nas possíveis opções de transmissão oferecidas pela bancada exposta na figura 11.

Figura 11 - Bancada didática de transmissão



Fonte: Própria

4.1 MEMORIAL DE CÁLCULO

Os cálculos para o dimensionamento da bancada didática de transmissão baseiam-se na aplicação das equações do capítulo 2.

Pelo fato de ser uma bancada didática e sofrer esforços muito baixos, o grupo definiu a partir dos conhecimentos adquiridos no curso de engenharia mecânica as seguintes características para as engrenagens.

Quadro 01- Quantidade de Engrenagens e especificações para o projeto

Quantidade	Diâmetro primitivo	Módulo	Nº de dentes	θ Pressão
01	200	5	40	20°
02	150	5	30	20°
01	100	5	20	20°
01	350	5	70	20°

Fonte: Própria.

Quadro 02- Quantidade de polias e especificação para o projeto

Descrição	Quantidade
POLIA_100MM	1
POLIA_200MM	1
POLIA_300MM	1

Fonte: Própria

Para chegar a estas especificações utilizou-se como referência a necessidade da instituição de ensino, assim como as possibilidades da bancada.

A definição dos tamanhos de correias a serem utilizadas foi baseado na literatura de (MELCONIAN, 2012). Inicialmente através da potência do motor já conhecida pelo grupo, buscou-se selecionar o tipo de Perfil para correias em V, com base no Anexo 1, optou-se pelo Perfil A, pelo fato do mesmo atender as exigências e características do projeto.

A partir deste dado, realizou-se através do Anexo 2, os cálculos do comprimento das correias Hi Power II, selecionando-se então a Referência A-80 e A-85 para as correias em V.

4.2 OPÇÕES DE SIMULAÇÃO NA BANCADA

Serão apresentadas 7 opções de simulações na bancada tanto por meio de engrenamento ou por meio de polias. Para visualização e comprovação dos valores de torque e rpm a bancada dispõe de um tacômetro (Apêndice B) e de dois dinamômetros.

4.2.1 Opção 01 para Engrenamento

- Engrenagem motora (pinhão) $\phi = 100 \text{ mm}$
Módulo = 5
Número de dentes = 20
 - Engrenagem movida (coroa) $\phi = 200 \text{ mm}$
Módulo = 5
Número de dentes = 40
- Relação de transmissão equação 05 simplificada:

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{200}{100} = 2$$

Rotação n_2 equação 05 simplificada:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = 2 = \frac{38}{n_2} = n_2 = 19 \text{ rpm}$$

A velocidade n_2 igual a 19 rpm, será lida pelos acadêmicos através do tacômetro na engrenagem movida (2). Nota-se que o sistema é redutor de velocidade, pelo fato da engrenagem movida ter o diâmetro maior.

O torque das engrenagens é calculado pela equação 04 e 05.

$$MT = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{P}{n} = MT_1 = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{4}{38} = MT_1 = 1,0 \text{ N.m}$$

$$i = \frac{MT_2}{MT_1} = 2 = \frac{MT_2}{1,0} = MT_2 = 2,0 \text{ N.m}$$

Como o pinhão está ligado diretamente com o eixo do motor, o trêm de engrenagem atua de maneira a reduzir a velocidade ($n_2 = 19 \text{ rpm}$) e conseqüentemente aumentando o torque ($MT_2 = 2,0 \text{ N.m}$). O resultado obtido para $MT_2 = 2,0 \text{ N.m}$, poderá ser comprovado através de um dinamômetro, tendo como referência a engrenagem movida, pois a ela que refere-se este torque.

Onde:

$$P_m = 4W$$

$$n_1: 38 \text{ rpm}$$

O motor definido para a bancada é um motor de para-brisa marca Bosh, pelo fato de ter características ideais para o projeto, sem a necessidade de sistemas de redução. Sua estrutura é leve e resistente, carcaça de aço, elevada proteção à infiltração de água, mancais de acionamento de alumínio, acionados com 12 ou 24V, sua potência é igual a 4W, rotação máxima de 38 rpm.

Figura 12 - Opção 01 para engrenamento



Fonte: Própria

4.2.2 Opção 02 para Engrenamento

- Engrenagem motora $\varnothing = 150 \text{ mm}$
Módulo = 5
Número de dentes = 30
- Engrenagem movida $\varnothing = 150 \text{ mm}$
Módulo = 5
Número de dentes = 30
Relação de transmissão equação 05 simplificada:

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{150}{150} = 1$$

Velocidade n_2 equação 05 simplificada:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = 1 = \frac{38}{n_2} = n_2 = 38 \text{ rpm}$$

O toque das engrenagens MT equação 04 e 05.

$$MT = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{P}{n} = MT_1 = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{4}{38} = MT_1 = 1,0 \text{ N.m}$$

$$i = \frac{MT_2}{MT_1} = 1 = \frac{MT_2}{1,0} = MT_2 = 1,0 \text{ N.m}$$

A rotação n_2 igual a 38 rpm, poderá ser comprovada através do tacômetro na engrenagem motora e movida (FIGURA 12). Nota-se que as engrenagens por possuir o mesmo diâmetro, resultam em rotação e momento torçor iguais.

Figura 13 - Opção 02 para engrenamento



Fonte: Própria

4.2.3 Opção 03 para Engrenamento

- Engrenagem motora (pinhão) $\phi = 150 \text{ mm}$
Módulo = 5
Número de dentes= 30
- Engrenagem movida (coroa) $\phi = 350 \text{ mm}$
Módulo = 5

Número de dentes= 70

Relação de transmissão equação 05 simplificada:

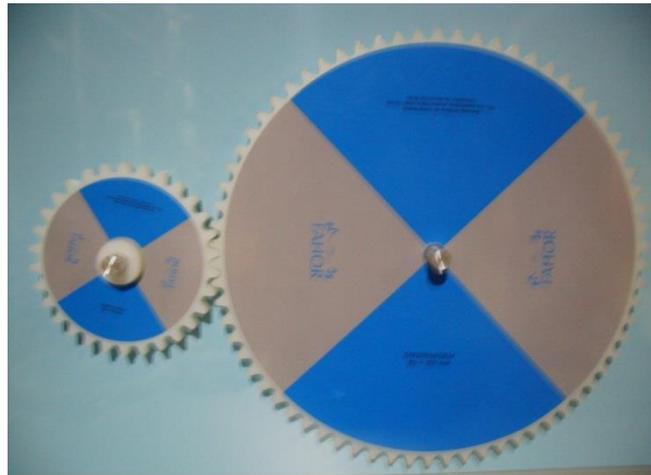
$$i = \frac{d2}{d1} = \frac{350}{150} = 2,3$$

Velocidade $n2$ equação 05 simplificada:

$$i = \frac{n1}{n2} = 2,3 = \frac{38}{n2} \quad n2 = 16 \text{ rpm}$$

A velocidade $n2$ igual a 16 rpm, poderá ser mensurada através do tacômetro na engrenagem movida.

Figura 14 - Opção 03 para engrenamento



Fonte: Própria

O torque das engrenagens MT equação 04 e 05.

$$MT = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{P}{n} = \quad MT1 = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{4}{38} = \quad MT1 = 1,0 \text{ N.m}$$

$$i = \frac{MT2}{MT1} = 2,3 = \frac{MT2}{1,0} = \quad MT2 = 2,3 \text{ N.m}$$

4.2.4 Opção 04 para Engrenamento

- Engrenagem motora $\phi = 200 \text{ mm}$

Módulo = 5

Número de dentes= 40

- Engrenagem movida $\varnothing = 100 \text{ mm}$

Módulo = 5

Número de dentes= 20

- Engrenagem movida $\varnothing = 350 \text{ mm}$

Módulo = 5

Número de dentes= 70

Relação de transmissão $\varnothing = 200 \text{ mm}$ e $\varnothing = 100 \text{ mm}$ equação 05 simplificada:

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{100}{200} = 0,5$$

Rotação n_2 equação 05 simplificada:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = 0,5 = \frac{38}{n_2} = n_2 = 76 \text{ rpm}$$

A rotação n_2 igual a 76 rpm, será lida pelos acadêmicos através do tacômetro na engrenagem movida (pinhão). No sistema descrito, a engrenagem maior está no eixo motor, desta maneira conforme comprovam os cálculos o trêm de engrenagem atua como amplificador de velocidade em relação a segunda engrenagem, reduzindo conseqüentemente o torque ($MT_2 = 0,5 \text{ N.m}$).

O toque das engrenagens MT equação 04 e 05.

$$MT = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{P}{n} = MT_1 = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{4}{38} = MT_1 = 1,0 \text{ N.m}$$

$$i = \frac{MT_2}{MT_1} = 0,5 = \frac{MT_2}{1,0} = MT_2 = 0,5 \text{ N.m}$$

Relação de transmissão $\varnothing = 100 \text{ mm}$ e $\varnothing = 350 \text{ mm}$ equação 05 simplificada:

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{350}{100} = 3,5$$

Rotação n_2 equação 05 simplificada:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = 3,5 = \frac{76}{n_2} = n_2 = 22 \text{ rpm}$$

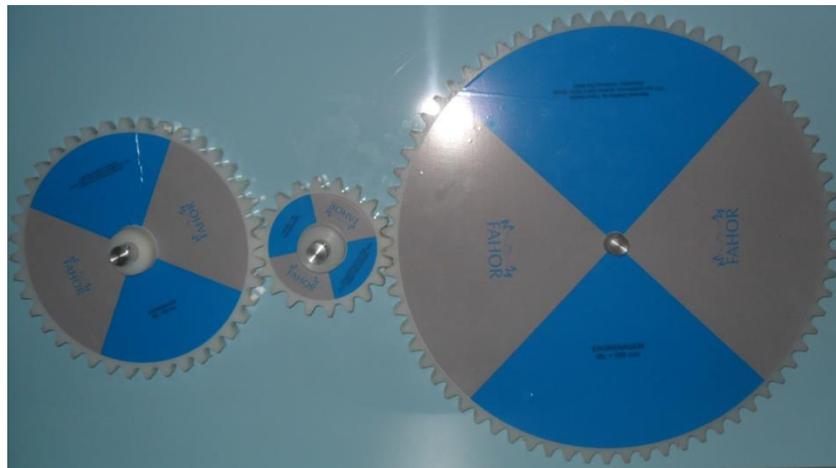
A rotação n_2 igual a 22 rpm, será lida pelos acadêmicos através do tacômetro na engrenagem movida.

O toque das engrenagens MT equação 04 e 05.

$$MT = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{P}{n} = MT_1 = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{4}{5} = MT_1 = 0,5 \text{ N.m}$$

$$i = \frac{MT_2}{MT_1} = 3,5 = \frac{MT_2}{0,5} = MT_2 = 1,8 \text{ N.m}$$

Figura 15 - Opção 04 para engrenamento



Fonte: Própria

4.2.5 Opção 05 para Transmissão por polias

Na opção 05, com polias e correias, o acadêmico poderá montar o sistema na bancada, conforme indicação abaixo.

Relação de transmissão $\phi = 100 \text{ mm}$ e $\phi = 200 \text{ mm}$

$$i = \frac{d2}{d1} = \frac{200}{100} = 2,0$$

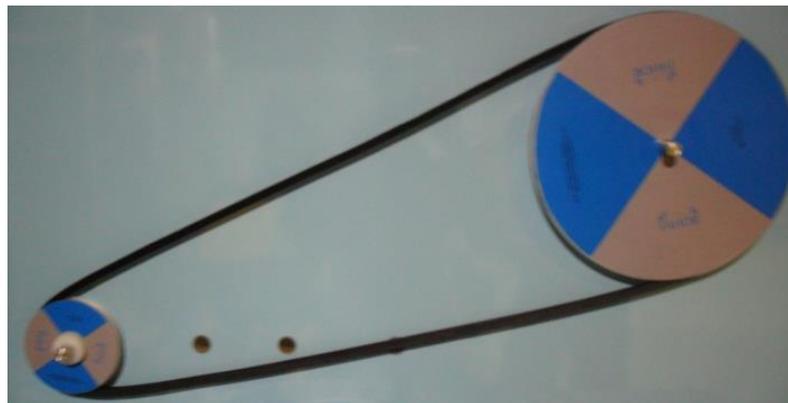
$$i = \frac{n1}{n2} = 2,0 = \frac{38}{n2} = n2 = 19 \text{ rpm}$$

Torque nas polias:

$$MT1 = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{4}{38} = MT1 = 1,0 \text{ N.m}$$

$$2,0 = \frac{MT2}{1,0} = MT2 = 2,0 \text{ N.m}$$

Figura 16 - Opção 05 para transmissão com polias



Fonte: Própria

4.2.6 Opção 06 para Transmissão por polias

Relação de transmissão \emptyset polia motora = 100 mm e \emptyset polia movida = 300 mm

$$i = \frac{d2}{d1} = \frac{100}{300} = 3,0$$

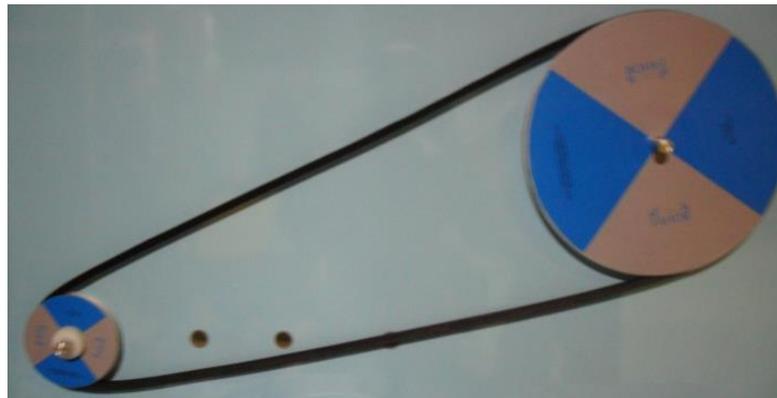
$$i = \frac{n1}{n2} = 3,0 = \frac{38}{n2} = n2 = 12,67 \text{ rpm}$$

Torque nas polias:

$$MT1 = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{4}{38} = \quad MT1 = 1,0 \text{ N.m}$$

$$3,0 = \frac{MT2}{1,0} = \quad MT2 = 3,0 \text{ N.m}$$

Figura 17 - Opção 06 para transmissão com polias



Fonte: Própria

4.2.7 Opção 07 para Transmissão por polias

Relação de transmissão \emptyset polia motora = 100 mm, \emptyset polia movida = 200 mm
e \emptyset polia movida = 300 mm

Relação de transmissão \emptyset polia motora= 100 mm , \emptyset polia movida= 200 mm

Considera-se para o sistema de transmissão com três polias, a equação para relação de transmissão i , equação 18.

$$i = \frac{d1}{d2} = \frac{\omega2}{\omega1} = \frac{MT1}{MT2} = \frac{n2}{n1} \quad (18)$$

$$i = \frac{d1}{d2} = \frac{100}{200} = 0,5$$

$$i = \frac{n2}{n1} = \quad 0,5 = \frac{n2}{38} = \quad n2 = 19 \text{ rpm}$$

Torque nas polias:

$$MT1 = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{4}{38} = \quad MT1 = 1,0 \text{ N.m}$$

$$0,5 = \frac{1,0}{MT2} = \quad MT2 = 2,0 \text{ N.m}$$

Relação de transmissão \emptyset polia motora =100 mm , \emptyset polia movida =300 mm

$$i = \frac{d1}{d2} = \frac{100}{300} = 0,3$$

$$i = \frac{n3}{n1} = \quad 0,3 = \frac{n3}{38} = \quad n3 = 12,67 \text{ rpm}$$

Torque nas polias:

$$MT1 = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{4}{38} = \quad MT1 = 1,0 \text{ N.m}$$

$$0,3 = \frac{1,0}{MT3} = \quad MT3 = 3,0 \text{ N.m}$$

Relação de transmissão \emptyset polia motora =200 mm, \emptyset polia movida =300 mm

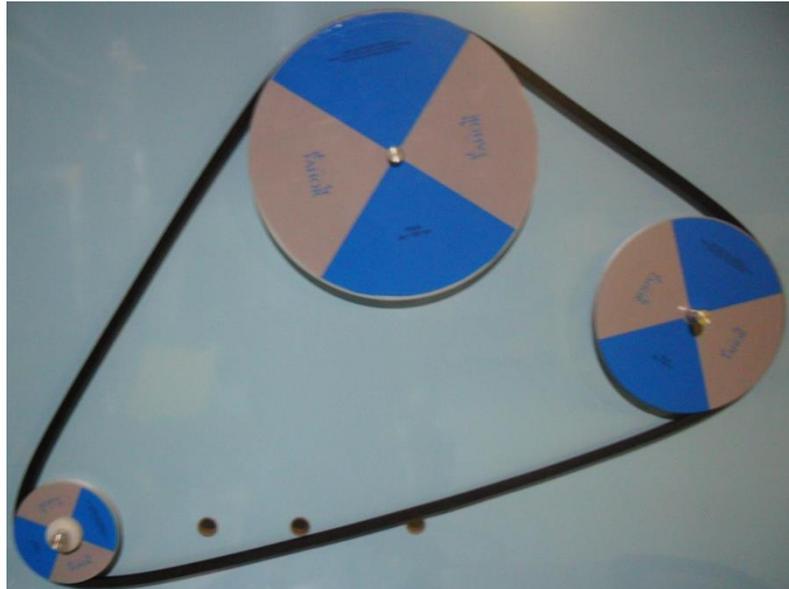
$$i = \frac{d2}{d3} = \frac{200}{300} = 0,7$$

Comprovando relação através do cálculo de torque nas polias:

$$i = \frac{MT2}{MT3} = \quad i = \frac{2,0}{3,0} = 0,7$$

$$i = \frac{n3}{n2} = \quad i = \frac{12,67}{19} = \quad i = 0,7$$

Figura 18 - Opção 07 para transmissão por polias



Fonte: Própria

As combinações de de transmissão de movimento poderão ser comprovadas experimentalmente por acadêmicos concluintes do curso de engenharia mecânica ou ainda por acadêmicos matriculados nos componentes curriculares dos cursos da FAHOR.

5 CONCLUSÕES

Com base no aprendizado dos acadêmicos de engenharia mecânica, focando nas definições de engenharia, assim como nas técnicas de criatividade e na experiência reportada, pode-se dizer, que os laboratórios dentro do curso de Engenharia, em especial engenharia mecânica, tem um papel fundamental na formação do aluno uma vez que permite e aprimora a capacidade de tornar real o teórico, de tornar viável o problema e de se adaptar às mais diversas condições que se apresentarão quando no exercício da profissão. Além disso, exercita o poder da diferenciação, essencial para se destacar no disputado mercado de trabalho dos dias de hoje.

Conclui-se com este trabalho que conceitos vistos em sala de aula serão facilmente executados na prática. A bancada didática desenvolvida irá beneficiar o aprendizado do aluno nos componentes curriculares que estudam transmissões mecânicas, colocando-os em contato com experimentos práticos que antes eram apenas estudados em sala de aula.

Na mesma linha de pensamento, pode-se citar ainda que com a exposição dos acadêmicos da FAHOR às aulas práticas usando a bancada de transmissões, eles também terão a oportunidade de interagir com instrumentos que antes não usavam, como por exemplo o tacômetro e o dinamômetro. Além disso, eles também serão oportunizados a entender melhor a utilidade de elementos mecânicos básicos, como porcas, arruelas, chaves de aperto etc. que são necessários na fixação dos componentes.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se o estudo da viabilidade de adaptar a bancada um sistema de resistência das engrenagens, com a aplicação de esforços maiores, análise de flexão no pé do dente, pressão de contato, entre outros sistemas didáticos. Assim como pode ser complementada na bancada um sistema de transmissão com engrenagens helicoidais, cônicas de dentes retos, coroa e parafuso sem fim, pois quanto mais visível aos acadêmicos estes sistemas, melhor será o aproveitamento e entendimento do conteúdo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.J. **Sistemas Mecânicos de Elementos de Máquinas (2012)**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAoWYAF/correia>>. Acessado em: Março 2013.

AMORIM, M. J. **Desenvolvimento de Bancada Didático-Experimental de Baixo Custo para Aplicações em Controle Ativo de Vibrações**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas 2006.

ANTUNES, I.FREIRE.M.A.C. **Elementos de Máquina**. São Paulo. Editora Érica, 2000.

BARROS, A.; LEHFELD, N. **Fundamentos de metodologia**. São Paulo: McGraw-Hill, 1989.

BUDYNAS, R.G.; NISBETT, J.N. **Elementos de Máquinas de Shigley – Projeto de Engenharia Mecânica**. 8. ed. Bookman e Mc Graw Hill: Porto Alegre, Brasil, 2011.

GENEROSO, D.J. **Elementos de Máquina (2009)**. Disponível em: < https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/9/9c/Apostila_elementos_de_maquinas.pdf>. Acessado em: Abril 2013.

GORDO, N. ; FERREIRA, J. Mecânica: **Elementos de Máquina**. (Coleção Telecurso 2000 Profissionalizante) (vol. 1 e 2). São Paulo, Ed. Globo S.A, s/d.

MARCO, F. **Elementos de Máquinas II – Correias (2013)**. Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfou0AD/correias-2?part=8>>. Acessado em: Abril 2013.

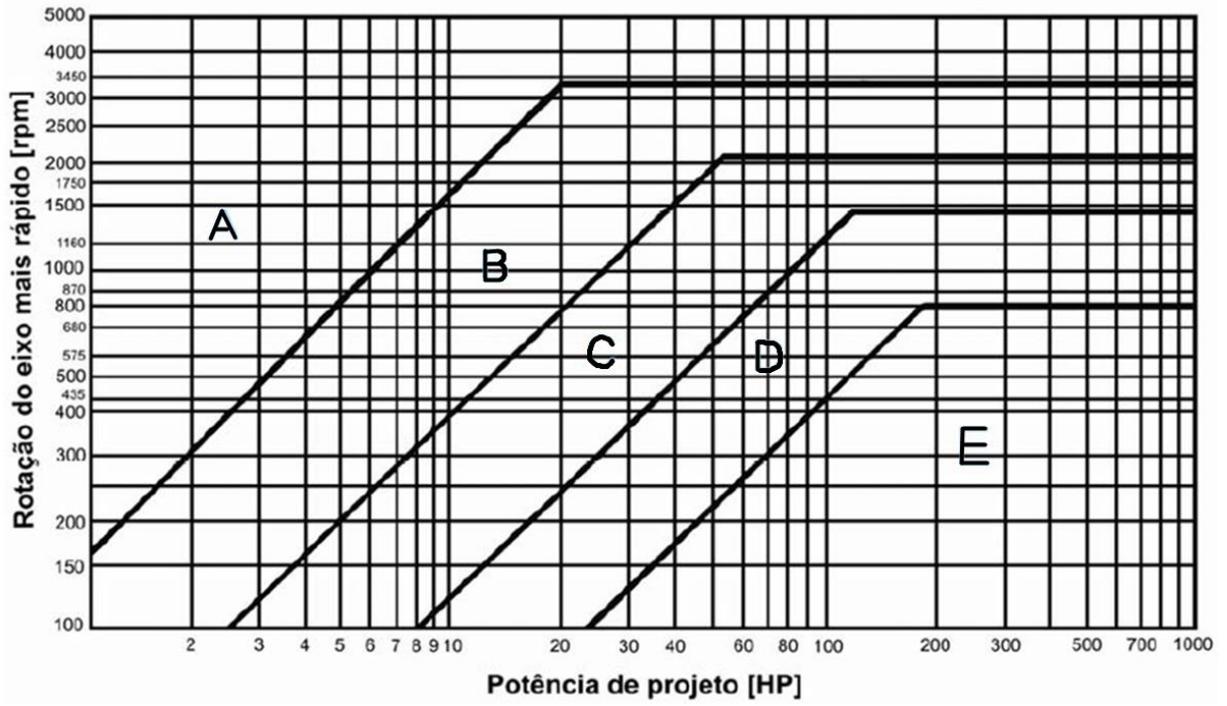
MELCONIAN, S. **Elementos de Máquinas**. 7. ed., Editora Érica, 2012.

MICHEL, M. H. Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais. São Paulo Atlas, 2005.

PEKELMAN, H.; MELLO Jr. A.G;. **A importância dos laboratórios no ensino de Engenharia Mecânica**. Disponível em: < http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2004/artigos/01_219.pdf>. Acesso em: Março 2012.

SILVA, Edna L. da, MENEZES, Ester M., **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. – Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC. – 3. Ed. 2012. 118p. Disponível em <[http://WWW.ppgep.ufsc.br/legislação e estrutura anterior/metodologia](http://WWW.ppgep.ufsc.br/legislação_e_estrutura_anterior/metodologia)>. Acesso em: 10 mar. 2004.

ANEXO 01- PERFIL DA CORREIA



Fonte: Adaptada de Melconian (2012).

ANEXO 02 – COMPRIMENTO DAS CORREIAS HI POWER

Perfil A			Perfil B			Perfil C			Perfil D			Perfil E		
Ref.	CIRCUNF. PITCH		Ref.	CIRCUNF. PITCH		Ref.	CIRCUNF. PITCH		Ref.	CIRCUNF. PITCH		Ref.	CIRCUNF. PITCH	
	Pol.	mm		Pol.	mm		Pol.	mm		Pol.	mm		Pol.	mm
A-26	27.3	695	B-35	36.8	935	C-51	53.9	1370	D-120	123.3	3130	180	184.5	4685
27	28.3	720	37	38.8	985	55	57.9	1470	128	131.3	3335	195	199.5	5065
31	32.3	820	38	39.8	1010	58	60.9	1545	136	139.3	3540	202	206.5	5245
32	33.3	845	39	40.8	1035	60	62.9	1600	144	147.3	3740	210	214.5	5450
33	34.3	870	42	43.8	1115	63	65.9	1675	158	161.3	4095	225	229.5	5830
35	36.3	920	46	47.8	1215	68	70.9	1800	162	165.3	4200	240	241.0	6120
37	38.3	975	48	49.8	1265	71	73.9	1875	173	176.3	4480	270	271.0	6885
38	39.3	1000	50	51.8	1315	72	74.9	1900	180	183.3	4655	300	301.0	7645
41	42.3	1075	51	52.8	1340	73	75.9	1930	195	198.3	5035	325	326.0	8280
42	43.3	1100	52	53.8	1365	75	77.9	1980	210	213.3	5420	330	331.0	8405
45	46.3	1175	53	54.8	1390	81	83.9	2130	225	225.8	5735	360	361.0	9170
46	47.3	1200	55	56.8	1445	85	87.9	2235	240	240.8	6115	390	391.0	9930
47	48.3	1225	60	61.8	1570	90	92.9	2360	250	250.8	6370	420	421.0	10695
49	50.3	1280	63	64.8	1645	96	98.9	2510	270	270.8	6880	480	481.0	12215
50	51.3	1305	64	65.8	1670	100	102.9	2615	300	300.8	7640			
51	52.3	1330	65	66.8	1695	105	107.9	2740	330	330.8	8400			
53	54.3	1380	68	69.8	1775	112	114.9	2920	360	360.8	9165			
54	55.3	1405	71	72.8	1850	120	122.9	3120	390	390.8	9925			
55	56.3	1430	73	74.8	1900	128	130.9	3325	420	420.8	10690			
57	58.3	1480	75	76.8	1950	136	138.9	3530	480	480.8	12210			
60	61.3	1555	78	79.8	2025	144	146.9	3730						
62	63.3	1610	81	82.8	2105	158	160.9	4085						
64	65.3	1660	85	86.8	2205	162	164.9	4190						
66	67.3	1710	90	91.8	2330	173	175.9	4470						
68	69.3	1760	93	94.8	2410	180	182.9	4645						
69	70.3	1785	95	96.8	2460	195	197.9	5025						
71	72.3	1835	97	98.8	2510	210	212.9	5410						
75	76.3	1940	105	106.8	2715	225	225.9	5740						
80	81.3	2065	112	113.8	2890	240	240.9	6120						
85	86.3	2190	120	121.8	3095	255	255.9	6500						
90	91.3	2320	124	125.8	3195	270	270.9	6880						
96	97.3	2470	128	129.8	3295	300	300.9	7645						
105	106.3	2700	136	137.8	3500	330	330.9	8405						
112	113.3	2880	144	145.8	3705	360	360.9	9165						
120	121.3	3080	158	159.8	4060	390	390.9	9930						
128	129.3	3285	162	163.8	4160	420	420.9	10690						
136	137.3	3485	173	174.8	4440									
144	145.3	3690	180	181.8	4620									
158	159.3	4045	195	196.8	5000									
162	163.3	4150	210	211.8	5380									
173	174.3	4425	225	225.3	5725									
180	181.3	4605	240	240.3	6105									
			270	270.3	6865									
			300	300.3	7630									
			330	330.3	8390									
			360	360.3	9150									

Somente na construção individual
 Nas construções individual e PowerBand

Fonte: Adaptada de Melconian (2012).

ANEXO 3 – CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS (FORMULÁRIO) DIN 862 E 867

Número de dentes (Z) $Z = \frac{d_o}{m}$	Módulo (m) $m = \frac{t_o}{\pi}$
Passo (t_o) $t_o = m \cdot \pi$	Espessura do dente no primitivo $S_o = \frac{t_o}{2}$ (folga nula no flanco)
Altura comum do dente $h = 2m$	Altura da cabeça do dente $h_k = m$
Altura total do dente $h_z = 2,2m$	Altura do pé do dente $h_f = 1,2m$
Vão entre os dentes no primitivo $l_o = \frac{t_o}{2}$ (folga nula no flanco)	Ângulo de pressão $\alpha = 20^\circ$
Folga da cabeça $S_k = 0,2m$	Relação de transmissão $\iota = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{d_{o_2}}{d_{o_1}} = \frac{n_1}{n_2}$
Largura do dente b (a ser dimensionamento ou adotado)	Distância entre centros $C_c = \frac{d_{o_1} + d_{o_2}}{2}$

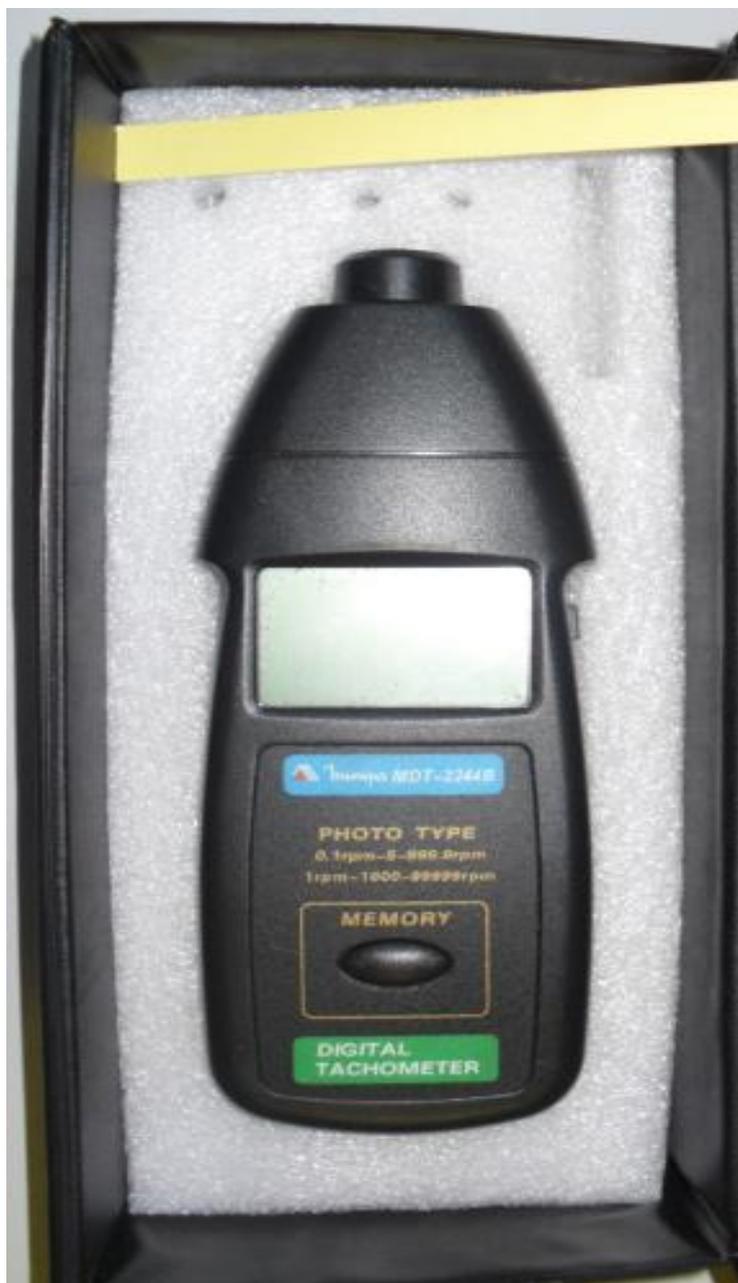
Fonte: Adaptada de Melconian (2012).

APÊNDICE A – FOTO DA BANCADA



Fonte: Própria

APÊNDICE B – TACÔMETRO UTILIZADO COMO FERRAMENTA DE MEDIÇÃO



Fonte: Própria