

PROJETO DE UMA BANCADA DIDÁTICA COM SISTEMA MOTOR-EIXO-MANCAL PARA INTEGRAÇÃO DOS CONTEÚDOS REALIZADOS NO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA.

Alessandro Martins Gordinho¹

Daniel Fernando Silva²

RESUMO

O curso de engenharia mecânica vem preparando profissionais para o mercado de trabalho com uma nova metodologia, durante cinco anos o curso prepara o profissional, para os mais diversos problemas existentes no cotidiano. Uma das metodologias empregadas, para melhor preparar este profissional é o desenvolvimento de bancadas didáticas. O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um projeto e construção de uma bancada didática, com um sistema rotativo constituído de motor-eixo-mancal, para o desenvolvimento prático, de diversas disciplinas. Aproveitou-se materiais disponíveis, no laboratório da UNIRV, para minimizar os custos da bancada. A montagem da bancada seguiu os procedimentos padrões de sistemas rotativos, sendo feitos os alinhamentos e balanceamentos do sistema, para a minimização de fatores externos, como exemplo, as vibrações causadas, pelo motor estacionário utilizado. Foram feitos testes de funcionalidade da bancada, a qual verificou-se que a mesma está em condições normais de funcionamento, atendendo aos objetivos propostos neste estudo.

Palavras-chave: Teoria, técnica e prática.

¹ Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade de Rio Verde, Rio Verde, GO.

² Orientador, Mestre em Engenharia Mecânica.

1 INTRODUÇÃO

Em meio ao cenário de educação do ensino técnico e do ensino superior, em que estão envolvidos alunos e professores, busca-se constantemente, novas metodologias de ensino, que aliam a teoria da sala de aula, a prática no laboratório. De forma a facilitar o entendimento do conteúdo, pois muitos conteúdos expostos, em sala de aula não conseguem repassar de forma concisa, todo o conhecimento necessário, para o futuro profissional da engenharia (*FONFOKA, et al 2013*).

Nos vários segmentos industriais é indispensável a alta confiabilidade e disponibilidade, dos equipamentos é neste contexto, que o profissional com sua boa preparação acadêmica e com vivência, em conteúdos teóricos e práticos, entrando com uma boa gestão de manutenção, que reduzirá o número de paradas não programadas, aumentando a produtividade e a qualidade de produtos, reduzindo os gastos. Existem várias estratégias de manutenção, que podem ser empregadas. As escolhas do tipo de manutenção a ser empregada consideram vários aspectos tais como: nível de importância do equipamento no processo produtivo, os custos de manutenção, aspectos de segurança dentre outros (*ALEGRANZI, 2012*).

Hoje existem basicamente quatro tipos de manutenção: corretiva, preventiva, preditiva e proativa. Há distintas definições, sobre cada uma destas manutenções citadas, mas no campo industrial estas manutenções devem ser utilizadas de forma conjunta, com objetivo de se obter a otimização das tarefas de manutenção. Atualmente, a manutenção preditiva tem sido o foco principal dos vários segmentos industriais, principalmente, em sistemas rotativos, pois a mesma consegue eliminar as falhas através da monitoração das condições operacionais de um equipamento, identificando falhas no estado inicial de evolução e também o melhor momento de intervenção (*LIMA, 2014*).

A manutenção preditiva consegue analisar parâmetros como: consumo de energia, temperatura, vibração, desgaste, ruído, condição do lubrificante, desalinhamento e desbalanceamento e as possíveis falhas futuras em sistemas rotativos com a utilização de equipamentos, como: analisador de vibrações, câmara termográfica, espectrômetro, dentre outros (*LIMA, 2014*).

Muitos cursos voltados para a área da mecânica desenvolvem bancadas didáticas para avaliar os mecanismos, materiais, técnicas e controle, aplicando todo conhecimento das matérias estudadas durante os cinco anos do curso de Engenharia Mecânica

1.1 OBJETIVOS

Com destaque na importância de aliar a teoria à prática e de otimizar o processo de aprendizagem, este trabalho constitui o projeto e a construção de uma bancada didática de um conjunto de sistema rotativo, motor-eixo-mancal, com o objetivo de analisar os possíveis mecanismos de falhas e aplicação na prática do conteúdo visto, durante a formação do engenheiro.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo apresenta-se a revisão de literatura sobre a necessidade de se desenvolver novas metodologias de ensino, através da utilização de bancadas didáticas. É feita também, uma abordagem das principais falhas ocorridas em sistemas rotativos e as maneiras de se prevenir as mesmas.

Pesquisadores, engenheiros e projetistas estão buscando constantemente técnicas para entender e aperfeiçoar máquinas e seus mecanismos. Esse capítulo apresenta referências teóricas, para uma melhor análise do projeto.

1.2.1 Utilização de bancadas didáticas para otimização do ensino

Tendo em vista a necessidade de colocar em prática conteúdos aplicados, em sala de aula e aumentar o interesse do acadêmico, evidencia-se o desenvolvimento da bancada didática, proporcionando maior interação dos estudantes (DARONCH et al, 2013).

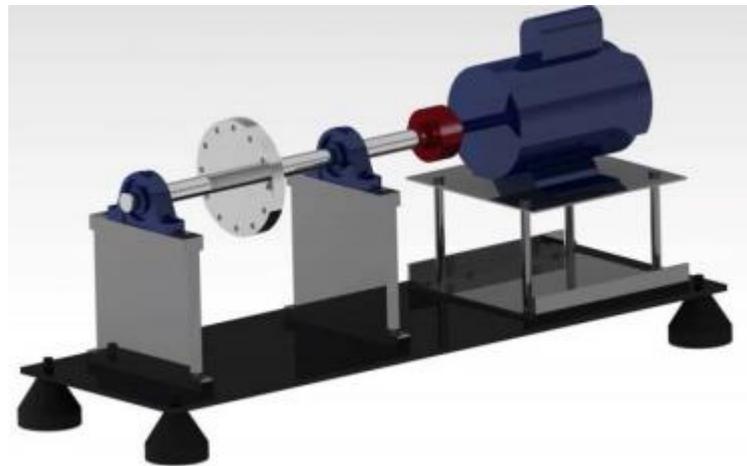
Apenas com a aula teórica o aluno não sai do ponto de partida, o que acaba prejudicando o mesmo, tornando-o um objeto de ensino e não em um sujeito ativo na aprendizagem (FONFOKA, et al2013).

As universidades e empresas procuram vivenciar e levar aos acadêmicos e funcionários uma qualificação e aprendizado, do que realmente acontece com máquinas preparando-os para solucionar problemas, trazendo benefícios ao meio produtivo modernizado, fazendo com que não haja parada de máquinas e nem intervenção sem planejamento e aumentando as horas trabalhadas do maquinário, reduzindo os custos organizacionais e aumentando a vida útil dos equipamentos (LEITE, 2012).

1.2.2 Principais falhas em sistemas rotativos

Como visto na **Figura 1**, as articulações das máquinas são componentes, que sofrem esforços que podem desencadear vibração que se propaga em componentes adjacentes, na estrutura mecânica. Com isso a vibração agrega frequências próprias do equipamento. Quando se propaga a vibração vida da máquina desencadeia um desgaste, roçamento, trincas nas estruturas, entre outros. (LIMA,2014).

Figura 1 – Exemplo de um sistema Rotativo bancada didática motor, eixo e mancal



Fonte: LIMA, 2014

Após algum tempo de uso, todo equipamento rotativo começa a ter o seu tempo de vida útil corrompido e apresenta sinais de desgaste (erosão, sujeira acumulada em seus componentes e a presença de efeitos térmicos. (ARCO – VERDE, 2008). Essas avarias com o tempo vão prejudicando todos os componentes do sistema, sendo as principais avarias destacadas a seguir:

- Desbalanceamento;
- Desalinhamento;
- Defeitos em rolamentos;
- Deformação no eixo;
- Fratura mecânica;
- Roçamento nas peças;
- Falhas em engrenamento;
- Falha de lubrificação

1.2.2.1 Desbalanceamento

De acordo com (ARCO-VERDE, 2008) nas máquinas rotativas o desbalanceamento é um problema comum, identificado por uma vibração senoidal na direção radial.

O desbalanceamento é quando o centro de rotação não coincide com o balanço da massa do conjunto.

Esse ocorre por vários fatores como: desgaste, acúmulo de material, erros de fabricação, erros de montagem. Sendo assim o desbalanceamento tem características de vibração como:

- Vibração senoidal (corresponde a frequência de rotação.);
- Amplitude é proporcional à quantidade de desbalanceamento.

Sendo assim, o desbalanceamento é provocado, por uma massa em maior proporção em um ponto da peça, que gera centrífuga.

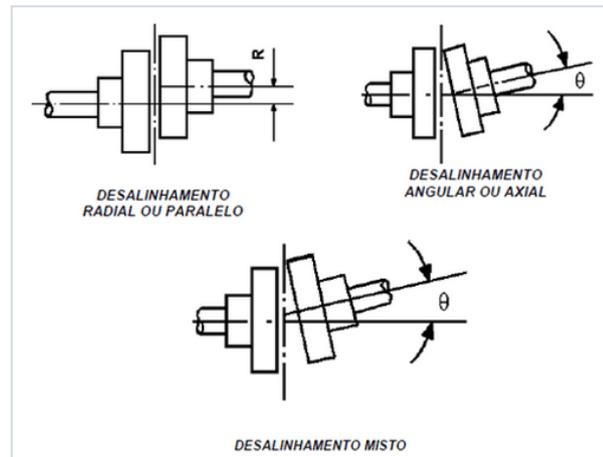
Em rotores longos o fenômeno provoca dois ou mais pontos de desbalanceamento, faz com que o centro de massa se desloque para fora do centro geométrico, de rotação e faz com que a máquina tenha uma vibração constante.

1.2.2.2 Desalinhamento

De acordo com Lima (2014), nas máquinas rotativas o desalinhamento também é um erro comum, que ocasiona a vibração. O desalinhamento é constituído, por vibração de um componente, com dupla frequência de rotação.

Um tipo de desalinhamento é quando o eixo for acoplado em mancais de rolamento, a frequência da vibração do sistema pode aparecer na frequência do rolamento em sinal de vibração. Basicamente o desalinhamento do sistema vem como: paralelo ou angular. Quando os eixos da máquina não coincidem e não estão alinhados chama de desalinhamento paralelo, e quando as linhas do eixo se interceptam formando um ângulo entre si chama-se desalinhamento angular, conforme mostra a figura 2 (LIMA, 2014),

Figura 2 – desalinhamento radial, angular e misto



Fonte: mmtec.com.br

1.2.2.3 Empenamento de Eixo

Uma elevada vibração é ocasionada pelo empenamento do eixo confundido com desalinhamento e desbalanceamento, podendo ser corrigido com um aquecimento, prensagem ou a usinagem.

Um equipamento que detecta os pequenos empenamentos, que às vezes são imperceptíveis a olho nu, é o relógio comparador (ARCO – VERDE, 2008).

1.2.2.4 Falhas nos Rolamentos

Os rolamentos com falhas provocam vibração, em longas frequências, esses tipos de falhas em rolamentos têm frequências específicas e pode ser facilmente corrigidas. As causas que levam essas falhas nos rolamentos são desgastes, lubrificação deficiente, defeitos de fabricação, folgas, vedações ineficientes, montagem incorreta entre outros (LIMA, 2014).

1.2.2.5 Ressonância

Quando a frequência do eixo coincide com a frequência de excitação ocorre à ressonância. Com a vibração da estrutura da máquina a ressonância é altamente prejudicial, ao equipamento, comprometendo o seu desempenho.

Quando se tem alteração no funcionamento das máquinas pode ocorrer comumente falhas de vibração, como empenamento de eixos, falhas de mancais de rolamentos, desbalanceamento e desalinhamento. Todas as falhas citadas podem ter um controle, por

acompanhamento constante da máquina e manutenção prevista, antes da parada do equipamento (LEITE, 2010).

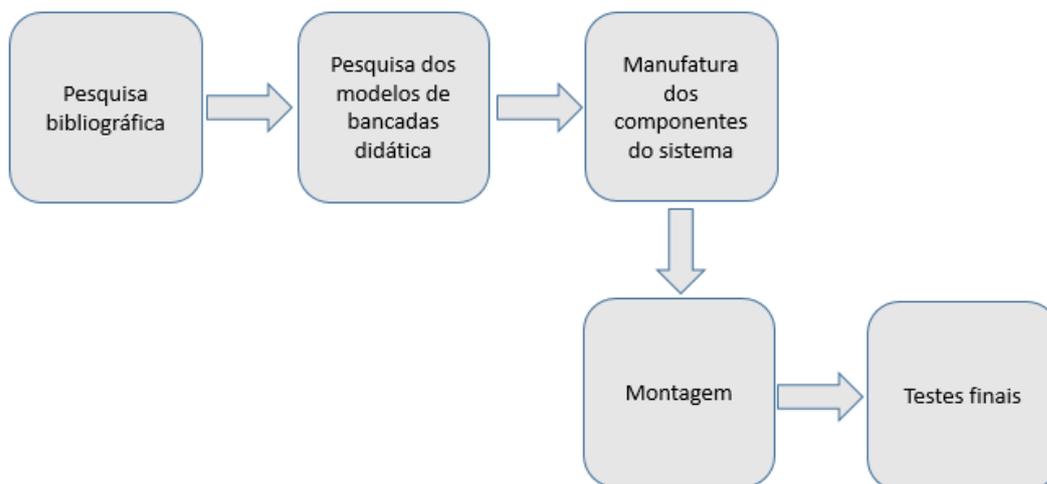
Os equipamentos quando submetidos ao trabalho tem desgaste e em muitas vezes são prematuros, principalmente nos seus componentes rotativos em que estão tendo a função de transmitir movimento, de um componente ao outro (ALEGRANZI, 2012).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Buscado aplicar a teoria com a prática, será desenvolvida neste trabalho uma bancada didática, que será projetada com materiais, recursos e métodos adquiridos, durante todo o curso de Engenharia Mecânica da UNIRV, foi feita uma pesquisa de outros modelos de bancadas didáticas existentes.

Para um melhor entendimento da metodologia utilizada, para a construção da bancada, pode-se analisar no fluxograma abaixo, o passo a passo, para o desenvolvimento da mesma, **Figura 3**.

Figura 3 – Fluxograma bancada didática motor, eixo e mancal



Fonte: Alessandro M. Gordinho, 2017.

Analisando o fluxograma acima, analisa-se que primeiramente, diante da revisão bibliográfica dos principais conceitos teóricos vistos, em sala de aulas nas disciplinas do curso de Engenharia Mecânica e as formas de aplicação prática, com o uso de bancadas didáticas, para melhor aprendizagem do conteúdo.

Para o desenvolvimento da bancada com o sistema motor-eixo-mancal, foi pesquisado também, modelos já existentes e que são utilizados, em máquinas e equipamentos em linhas industriais.

Diante destas etapas, começou-se o processo de manufatura dos componentes para a construção da bancada, cabe destacar, que muitos dos componentes utilizados, foram materiais que se encontravam no laboratório da faculdade de engenharia mecânica, pois os mesmos não eram utilizados em outros projetos, e com o objetivo de reduzir custos, os mesmos são descritos, na tabela 1.

Quadro 1 – Relação dos principais materiais e componentes da bancada e suas especificações.

Componente	Especificações
Motor branco B2T 3.5 HP (motor estacionário).	Monocilíndrico, 2 tempos, refrigeração a ar, combustível, cilindrada 106 cm ³ , potência máxima 3,5 e 4,3 CV, torque máximo 0,70.
Eixo em aço 1020	19x60mm
Acoplamentos	Rolamento blindado 55x30x30mm
Mancais de rolamentos	Em aço carbono 145x90mm
Base para apoio do mancal	Tamanho da mesa 0,9x0,5x1 m dimensões do furo 11mm para apoio do motor, 13mm para junção do apoio na estrutura. Dimensões do furo 19mm para ajustagem.
Base para apoio do motor	Chapa em aço carbono 610x40x30mm.
Contrapeso ou volante (vai na ponta do eixo)	170x45mm
Cruzeta	Acompanha bucha 46x35mm com chaveta de aço carbono
Calços anti impacto	Calço em borracha

Após a manufatura de todos os componentes necessários, foi feita a montagem da bancada, começando, pela fixação do motor a base, acoplagem do eixo ao motor, fixação do mancal a base e acoplagem do eixo ao mancal, em conjunto a esse sistema o “volante” ou

contrapeso, para dar torque ao giro do motor. Seguem nas **Figuras 4 e 5** o motor e o mancal com o contrapeso (volante).

Figura 4 – motor 3,5cv



Fonte: Alessandro M. Gordinho, 2017.

Figura 5 - mancal “volante”



Fonte: Alessandro M. Gordinho, 2017.

Para o alinhamento do sistema motor mancal foi utilizado os seguintes procedimentos: para o alinhamento no sentido axial ao eixo, utilizou-se um “nível de mão”. Como demonstrado na Figura 6.

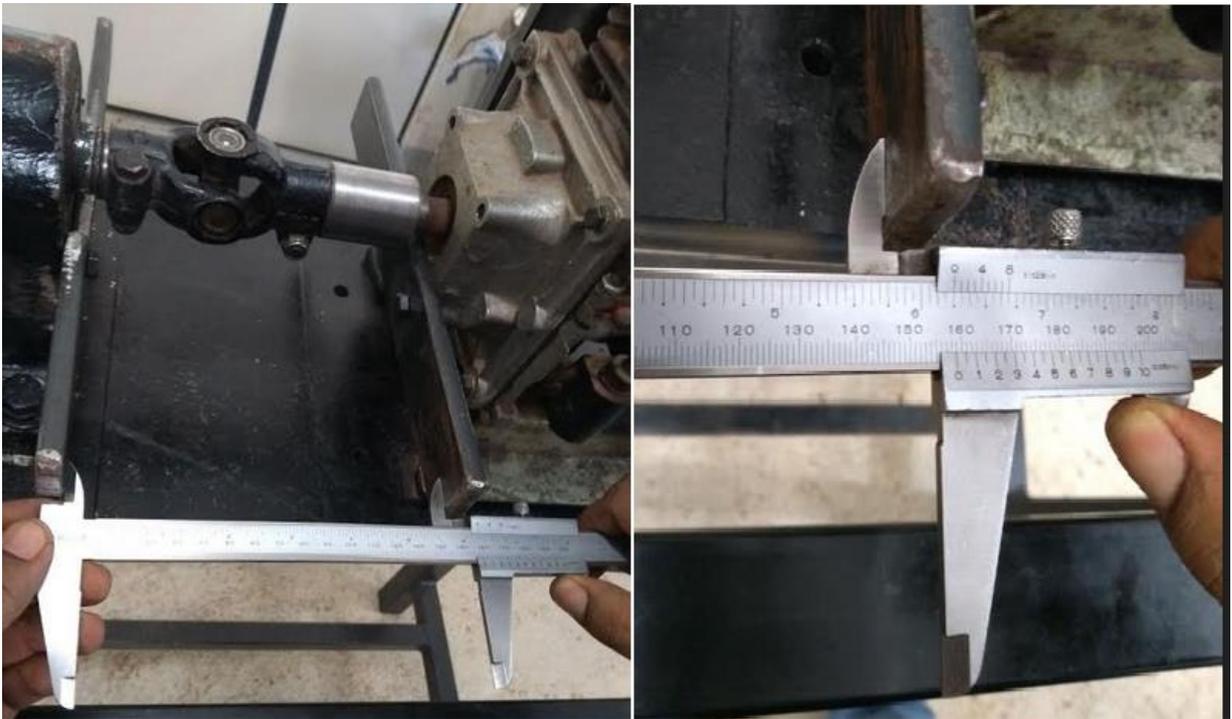
Figura 6 – alinhamento do sistema no sentido axial do eixo.



Fonte: Alessandro M. Gordinho, 2017

Para o alinhamento radial ao eixo, foi adaptado nas bases do mancal e do motor um suporte de chapa 3/8” para estabelecer as distâncias entre as bases do motor e do mancal, a qual essas distancias ficaram em 158,60 mm de acordo com o comprimento do eixo, a qual essas medidas foram obtidas dos dois lados do eixo, pode-se observar na Figura 7, a qual foi utilizado um paquímetro de 0,05 mm de precisão para a obtenção das medidas.

Figura 7 – Sistema de alinhamento utilizado



Fonte: Alessandro M. Gordinho, 2017.

Com a pesquisa de outras bancadas didáticas foi constatada, que o motor a combustão dois tempos iria ter uma grande vibração, pois mesmo sendo alinhado e balanceado, o motor possui uma vibração própria de seu funcionamento. Com isso foi feita a sua estrutura com metalões 50x50 e 40x40 para suportar tal esforço. Os eixos foram alinhados do centro, até a base com mesma altura, em ambos, e o mancal com o motor foi alinhado com o centro de simetria, do apoio da bancada para ter uma exatidão. Com isso foi testado o funcionamento do sistema mencionando, para avaliar os resultados.

Depois dos procedimentos realizados acima, pode-se analisar na Figura 8, a bancada já finalizada com todos os seus equipamentos, e com seus respectivos alinhamento e balanceamento.

Figura 8 – Projeto final da bancada



Fonte: Alessandro M. Gordinho, 2017.

Para melhor análise das dimensões da bancada, foi feito o projeto da mesma com a ajuda de um Software de desenho (AUTOCAD) para as especificações detalhadas da bancada, a mesma está em ANEXO neste trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise do funcionamento da bancada e do seu comportamento diante as propostas didáticas definidas neste trabalho, foi feito um desalinhamento mínimo e dentro da tolerância de funcionalidade deste sistema, a qual a bancada ficou em funcionamento durante o período de 5 horas seguidas, pois é típico de sistemas rotativos funcionarem, por longos períodos de tempos, notou-se com isso, o aumento da vibração, em toda estrutura da bancada. Posteriormente feito outro teste durante o período de 5 horas, mas com o sistema alinhado, de acordo com o que foi descrito na metodologia do capítulo anterior, observou-se a minimização da vibração da estrutura da bancada e também do motor, em marcha lenta, observa-se também, que foi colocado um franjo que serviu como volante para o motor, para distribuir uniformemente o esforço pelo sistema.

Portanto, diante dos procedimentos corretos de montagem de um sistema motor-eixo-mancal e dos testes de funcionalidade desta bancada, pode-se avaliar, que a mesma se comportou dentro dos parâmetros de um sistema rotativo, com poucas vibrações na base e

também poucas avarias no sistema, mas assim mesmo não foi possível eliminar por completo o fator vibração do sistema, pois é típico de motores estacionários a 2 tempos.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho vem a mostrar ao universitário que desde a pesquisa bibliográfica de outras bancadas, a fabricação de peças, a parte estrutural, os defeitos mais comuns mostrados no seu corpo descritivo são estudados e colocados em prática nos processos de fabricação, correção e projeção para uma melhor absorção dos conteúdos (mecanismos, vibrações, elementos de máquinas, segurança no trabalho, usinagem, soldagem, física e outros.). Vistos na engenharia mecânica.

Com trabalhos futuros é indicada uma gama de experiências, como o Alinhamento e balanceamento com laser, desgastes do mancal e rolamento, testes de torção de material, testes de materiais para absorver vibrações, dimensionamento de caixa redutora, fixação da bancada ao solo para tentar diminuir os índices de vibrações e outros. Sendo assim, contribuindo para uma metodologia atual, preparando profissionais com mais experiência para encarar os desafios do cotidiano, de uma indústria.

REFERÊNCIAS

ALEGRANZI, S. B. Dissertação de Mestrado. **Construção e adequação de uma bancada de ensaios para investigações de técnicas não destrutivas de detecção de falhas incipientes em rolamentos.** Universidade do Rio Grande do Sul – URGs. 2012. Disponível em: > Acesso em: 13/05/2017.

ARCO-VERDE, M. M. **Identificação de Falhas em Sistemas Rotativos Empregando Técnicas Não-Lineares.** 2008. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em:
https://scholar.google.com.br/scholar?q=identifica%C3%A7%C3%A3o+de+falhas+em+sistemas+rotativos+empregando+tecnicas+n%C3%A3o+lineares&btnG=&hl=pt-BR&lr=lang_pt&as_sdt=0%2C5> Acesso em 27/05/2017.

BRANDÃO, R.C.M, et al. Congresso Nacional de Pesquisa e Ciência: **A concretização pedagógica da harmonização entre teoria e prática nos cursos de engenharia de petróleo.** Instituto Federal de Educação, ciência e Tecnologia – IFPB. Disponível em:
http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV058_MD4_SA83_ID1929_17052016221156.pdf > Acesso em: 13/05/2017.

DARONCH, J. Et al. Monografia intitulada: **Desenvolvimento de uma bancada didática de hidráulica. Faculdade Horizontina** – FAHOR, 2013. Disponível em:
http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2013/Mec_Flavio_Jeferson.pdf Acesso em 13/05/2017.

FONFONKA, Revistaea. **A importância da aula prática para construção significativa do conhecimento: a visão dos professores das ciências da natureza.** Disponível em:
<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1754> > Acesso em: 30/05/2017.

GIANELLI, R. Et al. **Monografia intitulada: Vibração ruído em manutenção preditiva.** Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho – UNESP, 2010. Disponível em:
http://www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_12.pdf > Acessado em: 29/05/2017.

LEITE, J.A. Dissertação de Mestrado. **Bancada multifuncional para simulação de mecanismos de falhas em máquinas.** Universidade Estadual Paulista – UEP, 2012. Disponível em:
https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/97056/leite_ja_me_guara.pdf?sequence=1&isAllowed=y > Acesso em 20/05/2017.

LIMA, I. A. Monografia intitulada: **Proposição de uma bancada didática para análise de vibração em manutenção preditiva.** Universidade de Brasília – UnB, 2014. Disponível em:
<http://www.bdm.unb.br/handle/10483/9568> > Acesso em 20/05/2017.

ANEXO

PROJETO DA BANCADA DIDÁTICA COM SISTEMA MOTOR-EIXO-MANCAL

