

PLANO DE ENSINO

Disciplina	ENM0183 – Vibrações: aplicações industriais e tecnológicas (ex ENM170852)
Curso	ENGENHARIA MECÂNICA
Professor(es)	<i>Alberto Carlos Guimarães Castro Diniz</i> – Sala: G1 10/8 Tel. na UnB: 3107-5709, E-Mail: adiniz@unb.br
Semestre	2022/2
Pré-requisitos	ENM0109 – Vibrações 1
Horário de aulas	Aulas segundas e quartas-feiras das 16 às 18 h totalizando 4 créditos semanais
Local	Aulas síncronas : MS Teams “Vibrações Industriais (2021/1)”; Material didático disponível no Aprender 3 da UnB – link da disciplina: https://aprender3.unb.br/course/view.php?id=16052 (código de acesso: VibInd222)
Atendimento aos alunos	Terças-feiras das 16 às 18 h e ferramentas de comunicação (via MS TEAMS, ou e-mail do Professor: adiniz@unb.br)
Ementa	Disciplina voltada para a aplicação prática da teoria de vibrações no monitoramento, manutenção e controle do funcionamento de máquinas e equipamentos. São apresentados os princípios básicos dos sistemas industriais para medição, monitoramento e diagnóstico de vibrações em máquinas. Por meio de exemplos práticos serão estudadas as técnicas de manutenção preditiva usando medição de vibrações, bem como os fundamentos do balanceamento de rotores e isolamento de vibração em máquinas industriais e sistemas de AVAC (HVAC no inglês), bem como da técnica de análise modal.
Objetivos da Disciplina	<ol style="list-style-type: none"> 1.) Apresentar aos estudantes os sistemas mais usuais de medição e monitoramento de vibrações em máquinas e equipamentos, considerando as necessidades funcionais e técnicas das plantas industriais onde eles são empregados; 2.) Desenvolver a capacidade do estudante utilizar técnicas adequadas de medição, tratamento de sinais, registro e acompanhamento dos níveis de vibração em máquinas e equipamentos para fins de análise de tendência e manutenção preditiva, reduzindo os custos da manutenção; 3.) Analisar e compreender os fenômenos vibratórios em máquinas e equipamentos de modo a identificar defeitos, desbalanceamento e necessidades de isolamento e do uso de absorvedores, bem como selecionar e/ou projetar isoladores e absorvedores quando necessários. Aplicar corretamente as técnicas de balanceamento de rotores rígidos e flexíveis; 4.) Desenvolver competências em dinâmica de rotores e análise modal de modo a avaliar o estado vibratório de máquinas e equipamentos e propor soluções técnicas para melhoria do estado de funcionamento dessas máquinas e equipamentos.
Metodologia de Ensino	<p>A disciplina é presencial com aulas duas vezes na semana. São previstas atividades práticas no Laboratório de Vibrações e em sala de aula. Para complementar as exposições e discussões orais presenciais são disponibilizados vídeos na WEB com aulas gravadas pelos professores.</p> <p>De forma a atender os objetivos da disciplina, os estudantes deverão realizar as tarefas propostas conforme o calendário semanal da disciplina.</p> <p>Os diferentes seminários (individuais, em dupla e em grupos) a serem apresentados pelos estudantes para avaliação serão realizados nas datas previstas no calendário da disciplina, favorecendo o desenvolvimento de habilidades na realização de trabalho colaborativo.</p> <p>Os professores da disciplina, cientes de suas responsabilidades docentes, estarão disponíveis para atendimento de dúvidas e a resolução dos casos específicos no dia e horário previsto nesse plano.</p> <p>Cada um dos tópicos do programa do curso já é coberto por um módulo específico da disciplina na Plataforma Aprender onde os materiais de estudo e tarefas já estão disponibilizados.</p>
Programa	<ol style="list-style-type: none"> 1- Sistemas Industriais para medição de vibrações <ol style="list-style-type: none"> 1.1- Princípios de medição e análise de vibrações em máquinas e equipamentos; 1.2- Sistema de medição de vibrações; <ol style="list-style-type: none"> 1.2.1- transdutores de vibração (seleção, instalação e especificação); 1.2.2- amplificadores, indicadores, filtros e condicionadores; 1.2.3- analisadores de sinais dinâmicos; 1.3- Técnicas de medição e análise <ol style="list-style-type: none"> 1.3.1- amostragem, resolução, médias; 1.3.2- uso de janelas e filtros;

-
- 1.3.3- formas de apresentação;
- 2- Monitoração e diagnóstico de vibrações em máquinas**
- 2.1- Técnicas no Domínio do Tempo (médias de séries temporais, envelope do sinal, curtose, crista);
- 2.2- Técnicas no Domínio da Frequência (espectros de potência, espectros cruzados, FRF, *Cepstrum*, Diagramas em cascata, Diagramas de Campbell);
- 2.3- Identificação de frequências de defeitos (desbalanceamento, desalinhamento, folgas, pretensões, trincas, frequências de defeitos em rolamentos e engrenagens e frequências induzidas por instabilidade do fluxo de fluidos);
- 2.4- Manutenção Preditiva usando medição de vibrações (filosofia, aplicações, identificação dos pontos de medida, frequência de medição, equipamentos de uso industrial, níveis de vibração aceitáveis e cartas de severidade);
- 3- Isolamento e Amortecimento de vibrações**
- 3.1- Isolamento de vibrações: fundações;
- 3.2- Amortecimento e tipos de amortecedores usados na indústria;
- 3.3- Isoladores de choques;
- 3.4 - Absorvedores dinâmicos;
- 3.5 – Isolamento da vibração em sistemas HVAC;
- 4- Balanceamento de máquinas rotativas**
- 4.1- Causas do desbalanceamento;
- 4.2- Qualidade do balanceamento;
- 4.3- Balanceamento estático e dinâmico de rotores rígidos;
- 4.4- Balanceamento de rotores com eixo flexível;
- 4.5- Máquinas de balancear;
- 5- Introdução à Dinâmica de Rotores** (fundamentos, importância na indústria, princípios de modelagem, principais problemas e técnicas utilizadas)
- 6- Introdução à Análise Modal** (fundamentos, importância na indústria, princípios de modelagem, técnicas experimentais e numéricas, noções de identificação de parâmetros e de correção de modelos usando resultados experimentais).
-

Calendário de Atividades

- 26-out Introdução e Apresentação do Curso
- 31-out Princípios Fundamentais: caracterização dos sinais de vibração
- 2-nov Feriado
- 7-nov Fundamentos da medição e caracterização dos sinais de vibração
- 9-nov Instrumentação para medição de vibrações
- 14-nov imersão em transformada de Fourier e preparação do S2
- 16-nov imersão em transformada de Fourier e preparação do S2
- 21-nov Sistemas industriais para medição de vibrações
- 23-nov Aquisição e tratamento de sinais – Transformada de Fourier
- 28-nov Aquisição e tratamento de sinais – Transformada de Fourier
- 30-nov Feriado
- 5-dez Amostragem e conversão digital de sinais de vibração
- 7-dez Formas de apresentação dos sinais de vibração e aplicações
- 12-dez Análise Modal Experimental
- 14-dez Análise Modal Experimental
- 19-dez Demonstrações no Lab. de Vibrações
- 21-dez Recesso
- 26-dez Recesso
- 28-dez Recesso
- 2-jan Recesso
- 4-jan Isolamento de Vibrações
- 9-jan Isolamento de Vibrações & Balanceamento de Rotores
- 11-jan Balanceamento de Rotores
- 16-jan Demonstrações no Lab. de Vibrações
- 18-jan Gestão da Manutenção e Manutenção Preditiva
- 23-jan Manutenção preditiva – Análise Global
- 25-jan Manutenção preditiva – Análise Espectral
- 30-jan reservado para finalização do seminário 5 (sem aula)
- 1-fev Estudo de casos de Manutenção preditiva
- 6-fev Técnicas para identificação de defeitos em rolamentos
- 8-fev Técnicas para identificação de defeitos em engrenagens
- 13-fev ajuste no programa – parte manutenção preditiva
- 15-fev Prevista a divulgação das menções finais
- 20-fev fim do período
-

Critério de Avaliação

A avaliação do aprendizado será realizada mediante trabalhos escritos e orais realizados ao longo do período e também por um seminário final. Esses trabalhos serão propostos pelos professores ao longo do período, segundo o programa e conforme o calendário da disciplina.

$$\text{Menção Final } \Leftrightarrow \text{NF} = (S1 + 1,5S2 + 2S3 + 2,5S4 + 3S5)/10$$

sendo: Si a nota obtida no i-ésimo seminário e NF a nota final.

A menção final do estudante será atribuída considerando a nota final obtida pelo mesmo, seguindo a conversão de pontuação e menção oficial da UnB.

O estudante será considerado aprovado se obter menção igual ou superior a MM e não exceder o valor máximo de 25% de faltas. Estudantes com mais de 25 % de faltas receberão a menção SR.

Controle de frequência

A frequência dos alunos será determinada por meio de chamada nas aulas. **Para ser aprovado na disciplina, o aluno deverá ter número de faltas inferior a 25% do total de atividades.**

Bibliografia Recomendada**Principal:**

Autor: ADYLES ARATO JUNIOR

Obra **Manutenção Preditiva usando Análise de Vibrações.**

Editor: MANOLE Edição: 1ª

Ano: 2003 ISBN: 8520415962

Autor: CORNELIUS SCHEFFER and PARESH GIRDHAR

Obra: **Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance**

Editor: NEWNES (ELSEVIER) Edição: 1ª

Ano: 2004 ISBN: 0750662751

Complementar:

Autor: KIHONG SHIN & JOSEPH K. HAMMOND

Obra: **Fundamentals of Signal Processing for Sound and Vibration Engineers**

Editor: John Wiley Edição: 1ª

Ano: 2008 ISBN: 978-0-470-51188-6

Autor: ALAN V. OPPENHEIM e ALAN S. WILLSKY

Obra **Sinais e Sistemas**

Editor: Pearson Education do Brasil Edição: 2ª

Ano: 2010 ISBN: 978-85-4301-380-0

Autor: WENZEL, HELMUT and PICHLER, DIETER

Obra: **Ambient Vibration Monitoring**

Editor: John Wiley. Edição: 1ª

Ano : 2005 ISBN: 0470024305

Autor : VICTOR WOWK

Obra : **Machinery Vibration - Balancing**

Editor: McGraw-Hill Edicao: 1ª

Ano : 1998 ISBN: 978-0071348614

Autor : L. X. NEPOMUCENO

Obra : **Técnicas de Manutenção Preditiva – Volume 1**

Editor: Edgard Blucher Ltda Edicao: 1ª

Ano : 1989 ISBN: 0070719365

Autor : ANDREW D. DIMAROGONAS and SAM HADDAD.

Obra : **Vibration for Engineers**

Local : USA Editor: Prentice-Hall International Editions Edição: 1ª

Ano : 1992 ISBN: 0139526803
