



Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Mecânica



## PLANO DE ENSINO

Em caráter excepcional e transitório, para substituição do ensino presencial pelo ensino não presencial, enquanto durar a pandemia do novo coronavírus (COVID-19), em atenção à Portaria MEC No 544, de 16 de junho de 2020, à Resolução Normativa No 140/2020/CUn, de 21 de julho de 2020, à Portaria Normativa No 379/2020/GR, de 9 de novembro de 2020, e à Resolução N° 30/2020/CUn, de 1° de dezembro de 2020.

### EMC5235 – Metrologia Industrial

#### 1) Identificação

Carga horária: 72 horas-aula, das quais: Teóricas: 72 horas-aula.

Turma(s): 05220

Nome do professor: Marco Antonio Martins Cavaco, Email: m.cavaco@ufsc.br

Período: 1° semestre de 2020

#### 2) Cursos

Engenharia de Controle e Automação

#### 3) Requisitos

Engenharia Mecânica (203): EMC5223

#### 4) Ementa

Processo de medição. Vocabulário típico da área de metrologia; características metrológicas. Sistema internacional de unidades. Procedimentos padronizados para avaliação de incertezas de medição. Confiabilidade metrológica; rastreabilidade; calibração. Definição de limites de conformidade em medições. Princípio de funcionamento e especificação dos principais transdutores empregados para automação da medição de temperatura (termopares, termistores, termoresistores), deformação (extensômetros de resistência em circuitos de ponte), força (células de carga extensométricas e piezelétricas), pressão (manômetros com saída em grandezas elétricas), rotação (encoders digitais, tacogeradores, relutância variável), vazão (deprimogênios, deslocamento positivo, turbinas, eletromagnéticos, ultrassônicos, vórtices, Coriolis, térmicos), nível (flutuadores, ultrassônicos, radar, capacitivos, baseados em força ou pressão) e deslocamento (resistivos, capacitivos, indutivos, óticos). Principais sistemas de medição óticos. Principais transdutores com saída discreta aplicados em automação de processos: detectores de presença, termostatos, pressostatos, chaves de nível. Tecnologias emergentes para automação do processo de medição.

#### 5) Objetivos

O curso fornece uma introdução à Metrologia, envolve uma discussão sobre processamento de sinais em instrumentação destacando: introdução aos Sistemas de Medição e Controle, Transdutores e Sensores Aplicação de Circuitos Ponte, Amplificação e automação: medição de deslocamento, medição de força, medição de pressão, medição de rotação, medição de temperatura e automação aplicada a controle dimensional.

Específicos:

1. Apresentar os conceitos fundamentais da metrologia e suas aplicações em medições de grandezas mecânicas.
2. Capacitar o aluno a analisar problemas de engenharia que envolvam medições e cálculos de incerteza.
3. Uma visão geral sobre a instrumentação voltada para engenharia e suas aplicações industriais.

## 6) Conteúdo Programático

(2h) Medir: De onde veio e para onde vai a metrologia? O que é medir? Para que medir? O processo de medição e o resultado da medição. A linguagem da metrologia

(2h) Sistema internacional de unidades: As unidades do sistema internacional. A grafia correta.

(4h) Erros e incertezas de medição: Tipos de erros de medição. Erro sistemático, tendência e correção. Erro aleatório, incerteza padrão e repetitividade. Curva de erros e erro máximo. Erro e incerteza. Fontes de erros. Superposição de erros

(4h) O sistema de medição. Métodos básicos de medição. Módulos básicos de um sistema de medição. Características metrológicas dos sistemas de medição

(2h) Calibração e rastreabilidade: Verificação, ajuste e regulagem. Métodos de calibração. Rastreabilidade. O sistema metrológico brasileiro. Intercomparações. Intervalo entre calibrações. Certificado de calibração.

(4h) Resultados de medições diretas: Medições diretas e indiretas. Caracterização do processo de medição. A variabilidade do mensurando. A determinação do resultado da medição. A grafia do resultado da medição.

(3h) Resultados de medições indiretas: Considerações preliminares. Estimativa da correção combinada de medições não correlacionadas

(3h) Propagação de incertezas através de módulos: O modelo matemático. Determinação dos parâmetros equivalentes.

(4h) Controle de qualidade: Tolerâncias. Aspectos econômicos do controle da qualidade. Aspectos técnicos do controle de qualidade. Controle de qualidade em 100% versus por amostragem. Posicionamento do controle de qualidade

(2h) Metrologia e cidadania: a proteção do consumidor.

(8h) Medição de Deformação.

(4h) Métodos óticos.

(4h) Medição de Temperatura.

(4h) Medição de Vazão.

(4h) Medição de deslocamento.

(4h) Medição de Pressão.

(4h) Medição por Fibra Ótica.

(4h) Seminários Instrumentação Tecnologias Emergentes.

## 7) Metodologia

Os aspectos teóricos da disciplina serão abordados ao longo do semestre em aulas expositivas síncronas no horário habitual da disciplina e serão gravados para acesso assíncrono pelos alunos, assim como através de seminários ao final do semestre apresentados em grupo de forma síncrona.

## 8) Avaliação

Ocorrerá através de 4 (quatro) avaliações, a saber: 2 provas (P1 e P2), 1 trabalho escrito (T), e 1 seminário (S). A média final (MF) será calculada pela média ponderada destas avaliações com pesos 3, 3, 2 e 2, respectivamente, ou seja:

$$MF = (P1 \times 3 + P2 \times 3 + T \times 2 + S \times 2) / 10$$

Conforme parágrafo 2º do artigo 70 da Resolução 17/CUn/97, o aluno com frequência suficiente (FS) e média final no período (MF) entre 3,0 e 5,5 terá direito a uma nova avaliação ao final do semestre (REC), sendo a nota final (NF) calculada conforme parágrafo 3º do artigo 71 desta resolução, ou seja:  $NF = (MF + REC) / 2$ .

## 9) Cronograma

1. As aulas síncronas serão realizadas no horário habitual da disciplina nas quartas feiras, entre 10h10min e 11h50min e as sextas feiras entre 10h10min e 11h50min.
2. As avaliações ocorrerão online, no horário habitual da disciplina, entre 10h10min e 11h50min, na metade do período e no final do curso. A avaliação de recuperação ocorrerá da mesma forma uma semana após a divulgação das notas. As avaliações assíncronas (trabalhos fora do horário de aula) serão realizadas com início às 8h00min e término às 22h00min.
3. Os seminários serão apresentados durante as duas últimas semanas de aula, em datas e horários a serem definidos para cada grupo.

## 10) Bibliografia Básica

1. Cavaco, M. A M., Notas de Shadow Moire, Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, 2020.
2. Cavaco, M. A M, , Gonçalvez Jr. Albertazzi, Apostila Metrologia I e II., UFSC, 2000.

## 11) Bibliografia Complementar

1. GONÇALVES Jr., Armando Albertazzi; SOUSA, André Roberto de. Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial. Barueri: Manole, 2008. ISBN 978-85-20421-16-1. LIRA,
2. Francisco Adval de. Metrologia na indústria. 8. ed. São Paulo: Érica, 2010. ISBN 978-85-36503-89-9.
3. Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais de termos associados (VIM 2012). 1. ed. luso-brasileira. Duque de Caxias: INMETRO, 2012. ISBN 978-85-86920-09-7. Disponível em [http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/vim\\_2012.pdf](http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/vim_2012.pdf). Traduzido de: International Vocabulary of Metrology: basic and general concepts and associated terms – JCGM 200:2012. 3. ed. 2012.
4. DALLY, J. W.; RILEY, W. F.; MCCONELL, K. G. ,Instrumentation for Engineering Measurements,John Wiley & Sons,1984
5. FIGLIOLA, R.S.; BEASLEY, D.E. ,Theory and Design for Mechanical Measurements,John Wiley & Sons