



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**RESOLUÇÃO PPGEM Nº 001/2025**

Estabelece as áreas de concentração e linhas de pesquisa do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo.

**O COORDENADOR DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA - PPGEM/UFES**, no uso de suas atribuições legais, considerando a reunião ordinária do Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica realizada no dia 14 de agosto de 2024 informar que a estrutura do PPGEM/UFES ficará assim a partir de 2025:

**TÍTULO I**  
**DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE CONCENTRAÇÃO E LINHAS DE PESQUISA POR DOCENTE**

Área de Concentração	Linhas de Pesquisa	Docentes
Materiais e Processos de Fabricação	Processamento de Materiais	Carlos Augusto Cardoso Passos, Marcelo Bertolete Carneiro, Marcelo Camargo Severo de Macêdo, Marcos Tadeu D'Azeredo Orlando, Patrícia Alves Barbosa
	Tribologia	Cherlio Scandian, Nathan Fantecelle Strey
Mecânica dos Sólidos	Métodos Matemáticos Aplicados à Mecânica dos Sólidos	Carlos Friedrich Loeffler Neto, Guilherme Fabiano Mendonça dos Santos, Luciano de Oliveira Castro Lara
	Robótica, Controle e Automação	Arnaldo Gomes Leal Junior, Rafael Milanezi de Andrade
Termofluidos	Dinâmica dos Fluidos	Edson José Soares, Humberto Belich Junior, Juan Sergio Romero Saenz, Ramon Silva Martins, Renato Nascimento Siqueira, Rogério Ramos, Wellington Betencurte da Silva
	Sistemas Térmicos e Energia	José Joaquim Conceição Soares Santos, Marcio Ferreira Martins

**TÍTULO II**

## **DAS ÁREAS DE CONCENTRAÇÃO E LINHAS DE PESQUISA**

**Art. 1º:** As áreas de concentração e linhas de pesquisa do PPGEM/UFES ficam assim definidas:

### **1 - Área: Materiais e Processos de Fabricação**

Linhas de Pesquisa:

1.1 Processamento de Materiais

1.2 Tribologia

### **2 - Área: Mecânica dos Sólidos**

Linhas de Pesquisa:

2.1 Métodos Matemáticos Aplicados à Mecânica dos Sólidos

2.2 Robótica, Controle e Automação

### **3 - Área: Termofluidos**

Linhas de Pesquisa:

3.1 Dinâmica dos Fluidos

3.2 Sistemas Térmicos e Energia

## **TÍTULO III**

### **DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE CONCENTRAÇÃO E LINHAS DE PESQUISA**

**Art. 2º:** Descrição das áreas de concentração de linhas de pesquisa do PPGEM/UFES:

#### **1. Materiais e Processos de Fabricação**

A área de concentração em Materiais e Processos de Fabricação tem aspecto multidisciplinar e está voltada para PD&I em temas relacionados à síntese, ao processamento e caracterização de materiais metálicos, cerâmicos, poliméricos ou compósitos e à tribologia, cujos preceitos envolvem as engenharias mecânica e de materiais, versando sobre atrito, desgaste e lubrificação. Esta área está subdividida em duas linhas de pesquisa: (i) Processamento de materiais e (ii) Tribologia.

##### **1.1 Processamento de Materiais:**

Linha de pesquisa voltada para os interesses de desenvolvimento e caracterização de materiais, bem como dos processos de síntese e fabricação envolvidos. Abrange o estudo de materiais metálicos, cerâmicos, poliméricos e compósitos. Em que se faz a caracterização física, mecânica e metalúrgica, assim como, análise dos parâmetros de processamento empregados relacionados com as características do material investigado. As técnicas de caracterização comumente utilizadas são: difração de raios X, densidade, metalografia para identificação e quantificação de fases,

microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura e de transmissão, ensaios mecânicos, ensaios de usinabilidade e desempenho de ferramentas de corte. Os processos de fabricação que se tem investigado são metalurgia do pó, manufatura aditiva, soldagem e usinagem.

### **1.2 Tribologia:**

A linha de pesquisa em tribologia foca no estudo multidisciplinar dos fenômenos de atrito, desgaste e lubrificação, integrando áreas como engenharia mecânica e ciência dos materiais. A pesquisa envolve a análise das interações entre corpos em contato e movimento relativo entre si através da seleção de materiais, revestimentos, simulações computacionais, lubrificantes e superlubricidade. Além disso, há uma ênfase na caracterização mecano-metalúrgica e tribológica, abordando as propriedades físico-químicas e de topografia das superfícies.

## **2. Mecânica dos Sólidos**

A área de Mecânica dos Sólidos do PPGEM abrange uma diversidade de conhecimentos concentrando-se em linhas de pesquisa como Métodos Matemáticos Aplicados à Mecânica dos Sólidos, Robótica, Controle e Automação. As disciplinas oferecidas, que incluem Dinâmica dos Sólidos e Estruturas, Teoria da Elasticidade, Mecânica Clássica e Mecânica do Contínuo, proporcionam uma sólida formação teórica sobre o assunto. Os alunos também estão em contato com áreas aplicadas como a Robótica e Automação, além de técnicas de Controle e Instrumentação que permitem a análise e controle de sistemas dinâmicos. Essa combinação de fundamentos teóricos com aplicações práticas prepara os estudantes para enfrentar desafios atuais da Engenharia Mecânica, promovendo inovações significativas nas indústrias e na pesquisa acadêmica.

### **2.1 Métodos Matemáticos Aplicados à Mecânica dos Sólidos:**

A linha de pesquisa Métodos Matemáticos Aplicados à Mecânica dos Sólidos da Área Mecânica dos Sólidos explora abordagens matemáticas avançadas para resolver problemas complexos na área, utilizando técnicas como o Método de Elementos de Contorno e o Método de Elementos Finitos. Além dessas ferramentas, a linha integra Aprendizado de Máquinas e Ciência de Dados, permitindo a análise de grandes volumes de dados e a modelagem de incertezas por meio de análises estatísticas. O foco é desenvolver métodos inovadores e capacitar os alunos a enfrentarem desafios reais da engenharia, promovendo avanços significativos na compreensão e projeto de materiais e estruturas.

### **2.2 Robótica, Controle e Automação:**

A linha de pesquisa Robótica, Controle e Automação na Área de Mecânica dos Sólidos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica utiliza conceitos de modelagem cinemática e dinâmica de corpos rígidos e sistemas multicorpos para estudo, design e controle de sistemas dinâmicos, incluindo sensores para parâmetros físicos, com aplicações tanto na indústria quanto na área da saúde. Esta linha integra técnicas de instrumentação e ciência de dados, proporcionando avanços

científicos e tecnológicos no projeto, análise e controle desses sistemas. Ao combinar fundamentos teóricos com práticas inovadoras, os alunos são preparados para enfrentar desafios atuais da Engenharia Mecânica, contribuindo para o desenvolvimento de soluções que melhoram a eficiência e a segurança em diversas aplicações, desde automação industrial até dispositivos médicos avançados.

### **3. Termofluidos**

Termofluidos abrange conhecimentos e competências em termodinâmica, mecânica dos fluidos e transferência de calor.

A área de concentração em Termofluidos é um dos pilares fundamentais da pós-graduação em Engenharia Mecânica, abrangendo o estudo detalhado dos fenômenos termomecânicos, termoquímicos e fluidodinâmicos em diversos sistemas. Esse campo é essencial para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras em setores como geração e conversão de energia, indústria de petróleo e gás, aeroespacial, refrigeração, processos industriais e veiculares.

#### **3.1 Dinâmica dos Fluidos:**

A linha de pesquisa em Dinâmica dos Fluidos no PPGEM/UFES aborda temas como:

- Transferência de Calor e Massa: Estudo dos mecanismos de condução, convecção e radiação térmica em diferentes materiais e condições operacionais.
- Mecânica dos Fluidos Computacional (CFD): Modelagem e simulação numérica para previsão do comportamento de escoamentos complexos.
- Escoamento Multifásico: Investigação de misturas de fluidos, bolhas e gotas em diversas aplicações industriais.
- Dinâmica dos Fluidos: Análise do comportamento dos fluidos em diferentes regimes de escoamento, incluindo turbulência, aerodinâmica e hidrodinâmica aplicada.
- Reologia: Estudo do comportamento de materiais complexos, como fluidos não newtonianos, e suas aplicações na engenharia.
- Tecnologias em Medição da Vazão: Desenvolvimento e aprimoramento de técnicas para medição precisa do escoamento de fluidos em sistemas industriais.

#### **3.2 Sistemas Térmicos e Energia:**

A linha de pesquisa em Sistemas Térmicos e Energia no PPGEM/UFES aborda temas como:

- Termodinâmica: Análise energética e exergética de sistemas térmicos, incluindo motores térmicos, turbinas a gás e a vapor e ciclos de refrigeração. Além de termodinâmica estatística na relação das propriedades macroscópicas e microscópicas da matéria.

- Sistemas Térmicos: Investigação de sistemas térmicos avançados para otimização da eficiência energética e sustentabilidade ambiental.
- Processos de Conversão e Sustentabilidade Energética: Estudo de processos de combustão, gaseificação, pirólise e sustentabilidade na geração e conversão de energia térmica.

#### **TÍTULO IV DAS RECOMENDAÇÕES FINAIS**

**Art. 4º** A lista das disciplinas está elencada no Anexo I desta resolução;

**Art. 5º** A ementa das disciplinas está elencada no Anexo II desta resolução;

**Art. 6º** Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

Vitória, 22 de março de 2025.

### **ANEXO 1 - DISCIPLINAS DO PPGEM**

#### **Quadro Resumo das Disciplinas do PPGEM/UFES**

Nº	Disciplina
	<b>Área Materiais e Processos de Fabricação</b>
1	Abrasão e Erosão
2	Ciência dos Materiais
3	Comportamento Mecânico dos Materiais
4	Engenharia de Superfícies
5	Forças Interfaciais e de Superfície
6	Manufatura Aditiva
7	Materiais Cerâmicos
8	Mecânica da Fratura
9	Metalurgia do Pó

10	Metalurgia Física
11	Metrologia de Superfícies
12	Processamento e Análise de Imagem Digital
13	Processamento Termomecânico em Altas Pressões
14	Técnicas Cristalográficas
15	Tensão Residual
16	Tribologia
17	Usinagem dos Materiais
18	Tópicos Especiais em Materiais e Processos de Fabricação I
19	Tópicos Especiais em Materiais e Processos de Fabricação II
20	Tópicos Especiais em Materiais e Processos de Fabricação III
<b>Área Mecânica dos Sólidos</b>	
21	Ciência de Dados e Aprendizado de Máquina
22	Dinâmica dos sólidos e estruturas
23	Mecânica clássica
24	Mecânica do contínuo
25	Método dos elementos de contorno
26	Método dos elementos de contorno avançado
27	Robótica de reabilitação
28	Robótica industrial
29	Sensores para parâmetros físicos
30	Teoria da elasticidade
31	Tópicos Especiais em Mecânica dos Sólidos I
32	Tópicos Especiais em Mecânica dos Sólidos II
33	Tópicos Especiais em Mecânica dos Sólidos III
<b>Área Termofluidos</b>	
34	Computação científica
35	Descarbonização de Sistemas de Geração e Poligeração
36	Escoamento Compressível
37	Física Estatística em Fenômenos de Transporte
38	Mecânica dos Fluidos
39	Mecânica dos Fluidos Não Newtonianos
40	Método dos Elementos Finitos
41	Métodos de Simulação e Modelagem Termoeconômica de Sistemas
42	Método dos Volumes Finitos
43	Modelagem com OpenFOAM
44	Otimização e Problemas Inversos
45	Redução de Arrasto em Escoamentos Turbulentos
46	Simulação CFD de combustão

47	Teoria e Projeto de Instrumentação Termo-Fluida
48	Termodinâmica básica
49	Termodinâmica de Máquinas e Sistemas Térmicos
50	Turbulência
51	Transferência de calor computacional
52	Tópicos Especiais em Termofluidos I
53	Tópicos Especiais em Termofluidos II
54	Tópicos Especiais em Termofluidos II
<b>Disciplinas e atividades gerais</b>	
55	Cálculo Avançado
56	Planejamento de Experimentos
57	Estudo Dirigido I
58	Estudo Dirigido II
59	Aproveitamento de Crédito Interno
60	Aproveitamento de Crédito Externo
61	Estágio de Docência I
62	Estágio de Docência II
63	Seminário em Ciências Mecânicas
64	Exame de Qualificação Teórica
65	Artigo base SCOPUS de 87,5 a 99,9
66	Artigo base SCOPUS de 75,0 a 87,4
67	Artigo base SCOPUS de 62,5 a 74,9
68	Artigo base SCOPUS de 50,0 a 62,4
69	Artigo base SCOPUS de 37,5 a 49,9
70	Artigo base SCOPUS de 25,0 a 37,4

## **ANEXO 2 – EMENTAS DAS DISCIPLINAS DO PPGEM**

### **1. ABRASÃO E EROSÃO**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Terminologia; Propriedades das partículas: Dureza, forma e tamanho; Mecanismos de desgaste em abrasão (mecanismos dúcteis e frágeis); Abrasão em metais e ligas (propriedades físicas, dureza, tenacidade à fratura, encruamento e ductilidade, distribuição de deformação, instabilidade mecânica, elementos microestruturais, inclusões, segundas fases, estrutura da matriz, defeitos cristalinos, entalhes internos, anisotropia cristalina); Abrasão em polímeros, cerâmicos e compósitos; Mecanismos de desgaste em erosão; Variáveis importantes na erosão; Propriedades físicas dos materiais e erosão; Elementos microestruturais dos materiais e erosão.

Bibliografia:

- Ian Hutchings and Philip Shipway. Tribology. Friction and Wear of Engineering Materials- Butterworth-Heinemann, 2017;
- Zum Gahr, K. H., Microstructure and Wear of Materials, Tribology Series - 10, Elsevier; Amsterdam, 1987.
- Bhushan, B., Introduction to Tribology, John Wiley & Sons, New York, 2002;
- Stachowiak, G. W. and Batchelor., A. W., Engineering Tribology, 3rd Edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, Amsterdam, 2005.

## **2. CIÊNCIA DOS MATERIAIS**

CH: 60 / Créditos: 4

### Ementa:

Aspectos como a estrutura atômica, organização espacial da matéria, defeitos cristalinos, difração de raios X, materiais amorfos (não-cristalinos), difusão no estado sólido, dependência da microestrutura-propriedades.

### Bibliografia:

- William D. Callister Jr., Materials Science and Engineering an Introduction, 5ª Ed., John Wiley & Sons, 1999.
- Van Vlack L.H., Princípios de Ciência dos Materiais, Ed. Edgard Blücher S.P.
- Russ, Materials Science: A multimedia Approach, windows version, 1996. (VIMS - Visualizations in Materials Science: <http://vims.ncsu.edu/cgi/index.acgi>).

## **3. COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS MATERIAIS**

CH: 60 / Créditos: 4

### Ementa:

Introdução, Elasticidade e Plasticidade. Deformação Plástica. Teoria das Discordâncias. Mecanismos de Endurecimento. Fratura. Aspectos Microestruturais da Fluência. Ensaio (aspectos experimentais).

### Bibliografia:

- Dieter, G.E. Metalurgia Mecânica
- Bannantine , Julie A., Comer, Jess J., HandRook, James L., Fundamentals of Metal Fatigue Analysis, 1990 by Prentice Hall, Inc (Mediateca EST MM.CMM 2539.0)
- Branco, Carlos M., Mecânica dos Materiais, 3ª Edição, Fundação Calouste Gulbenkian (Mediateca EST; MM.CMM (M4805) ES TSM M4805; MM.CMM (M4808) ESTSM M4808;
- MM.CMM (M4809) ESTSM M4809) Dowling, Norman E., ;Mechanical Behaviour of Materials, 2nd Edition, Prentice Hall (Mediateca EST MM.AERM M1962)
- Branco, Carlos M., Fernandes, A. A., Castro, Paulo M. S., Fadiga de Estruturas soldadas, Fundação Calouste Gulbenkian (Mediateca EST MM.CMM 1312.0 ESTSM M3075; MM.CMM 1312.1 ESTSM M3076)
- Souza, S. A., Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos, Ed. Edgard Blucher. 1999.

## **4. ENGENHARIA DE SUPERFÍCIES**

CH: 60 / Créditos: 4

### Ementa:

Processos de deposição de revestimentos. Estrutura e propriedades de revestimentos. Tribologia de revestimentos. Caracterização de revestimentos. Seleção de revestimentos. Aplicações.

### Bibliografia:

- HOLMBERG, Kenneth; MATTHEWS, Allan. Coatings Tribology: Properties, Mechanisms, Techniques and Applications in Surface Engineering. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 2009.
- DWIVEDI, Dheerendra Kumar. Surface Engineering: Enhancing Life of Tribological Components. Cham: Springer, 2018.
- DAVIS, J. R. Surface Engineering for Corrosion and Wear Resistance. Ohio: ASM International, 2001. 279 p.

## **5. FORÇAS INTERFACIAIS E DE SUPERFÍCIE**

CH: 60 / Créditos: 4

### Ementa:

Introdução; Forças de Van der Waals; Métodos Experimentais; Forças eletroestáticas de dupla-camada elétrica; Forças DLVO; Forças de capilaridade; Forças hidrodinâmicas; Forças interfaciais entre fluidos e através de filmes finos; Mecânica do contato e adesão; Forças de solvatação e Forças Não-DLVO na água.

### Bibliografia:

- Hans-Jürgen Butt, Michael Kappl, Surface and Interfacial Forces, ISBN: 978-3-527-40849-8;
- ISRAELACHVILI, Jacob N. Intermolecular and surface forces. Academic press, 2011;
- Artigos técnicos.

## **6. MANUFATURA ADITIVA**

CH: 60 / Créditos: 4

### Ementa:

Introdução à Manufatura Aditiva. Classificação das Tecnologias de Manufatura Aditiva. Manufatura Híbrida. Manufatura Aditiva por Deposição à Arco. Materiais para Manufatura Aditiva. Planejamento do Processo. Caracterização de Peças Fabricadas por Manufatura Aditiva.

### Bibliografia:

- VOLPATO, N. Manufatura aditiva; Tecnologias e Aplicações da Impressão 3D. Editora Blucher, 2017. E-book. ISBN 9788521211518.
- Gibson, I.; Rosen, D.; Stucker, B. Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing, 2ed. Springer, 2017. E-book. ISBN 978-1-4939-2113-3. DOI: 10.1007/978-1-4939-2113-3
- ABNT NBR ISO/ASTM 52900:2018 - Manufatura Aditiva — Princípios Gerais — Terminologia.
- ASTM F3529 – 21 - Guide for Additive Manufacturing — Design — Material Extrusion of Polymers1
- ASTM F3187 – 16 - Standard Guide for Directed Energy Deposition of Metals.
- ASTM F3122 – 14 - Standard Guide for Evaluating Mechanical Properties of Metal Materials Made via Additive Manufacturing Processes.

## **7. MATERIAIS CERÂMICOS**

CH: 60 / Créditos: 4

### Ementa:

Classificação e aplicações dos materiais cerâmicos. Matérias-primas para obtenção de cerâmicas tradicionais e avançadas. Processamento, secagem e sinterização das cerâmicas tradicionais e avançadas. Estrutura cristalina e de diagrama de equilíbrio de fases aplicados aos materiais

cerâmicos. Propriedades físicas, térmicas, óticas, mecânicas e mecanismos de tenacificação. Processamento e propriedades dos materiais refratários.

#### Bibliografia:

- RICHERSON, D. W. Modern ceramic engineering: properties, processing, and use in design. 3. ed. New York: CRC Press, 2005.
- BARSOUM, M. Fundamentals of ceramics. New York: Taylor & Francis, 2002.
- CALLISTER, W.D.JR., Materials sciences and engineering: an introduction. Ed. John Wiley & Sons, Inc. Ed.3, 811p, 1994.

### **8. MECÂNICA DA FRATURA**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Micro-mecanismos de fratura monotônica: fratura dútil e frágil; Transição dútil-frágil: ensaio de impacto comum e instrumentado; Frato-Mecânica linear elástica; Tensão teórica de ruptura dos materiais; Concentradores de tensões; Campo de tensões nas proximidades de trincas; Teoria de Griffith; Noções de K e G; Determinação experimental de KIC e KID; Influência de variáveis dos materiais e externas; Frato-Mecânica elasto-plástica: conceitos de COD, curvas R e integral J; Crescimento sub-crítico de trincas: Frato-Mecânica aplicada à fadiga: curvas (da/dn) versus \*K e seus três estágios; Fadiga e corrosão; Corrosão sob tensão: conceito de KISCC.

#### Bibliografia:

- ANDERSON, Ted L. Fracture mechanics: fundamentals and applications. Fourth Edition, CRC Press, 2017;
- Lawn, B., Fracture of Brittle Solids. Second Edition, Cambridge Solid State Science Series, 1993;
- Hertzberg, R.W., Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials, 5th Edition, 2012.
- Artigos técnicos.

### **9. METALURGIA DO PÓ**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Introdução ao processo de metalurgia do pó. Métodos de produção de pós. Compactação de pós. Sinterização (definição e nomenclatura). Características da operação de sinterização. Categorias de sinterização (sem pressão e com pressão). Sinterização estado-sólido e estágios clássicos da sinterização. Sinterização com presença de fase líquida e estágios de sinterização. Principais parâmetros de sinterização. Equipamentos para sinterização. Caracterização de sinterizados.

#### Bibliografia:

- German, R.M., 1996, "Sintering theory and practice", New York: John Wiley & Sons Inc, 550 p.
- Upadhyaya, G.S., 2002, "Powder metallurgy technology", Cambridge: Cambridge International Science Publishing, 160 p.
- Kalpakjian, S., Schmid, S.R., 2009, "Manufacturing, Engineering and Technology", London: Prentice Hall, 6th ed., 1180 p.

### **10. METALURGIA FÍSICA**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

1. Nucleação homogênea e heterogênea; 2. Interfaces coerentes, semicoerentes e incoerentes: energia, estabilidade e aspectos termodinâmicos; 3. Crescimento: movimentação das interfaces e leis da cinética; 4. Solidificação: regra das fases de Gibbs, tipos de nucleação, estruturas de solidificação: metais puros, ligas, eutéticos, controle do tamanho de grão; 5. Precipitação: estável e meta-estável, contínua e descontínua; 6. Recuperação e Recristalização; 7. Transformação de fases: difusionais, massivas civis e militares.

#### Bibliografia:

- William D. Callister and David G. Rethwisch, Materials Science and Engineering: An Introduction, Wiley; 8 edition (January 5, 2010).
- Porter, D. A and Easterling, K.E., Phase Transformations in Metals and Alloys., CRC Press; 3 edition (February 10, 2009).
- Reed-Hill, R. Princípios de Metalurgia Física. 2 ed., Ed. Guanabara Dois, RJ, 1982(BC)
- Barrett C. R., Nix W. D. and Tetelman A.S. The principles of Engineering Materials.
- Martin, J. W. e Dorety, R.D., Stability of Microstructure in Metallic Systems.
- Novikov, I., Teoria dos Tratamentos Térmicos dos Metais . Ed. UFRJ, 1994.
- Charles, J.A and Crane, F. A A , Selection and Use of Engineering Materials.

### **11. METROLOGIA DE SUPERFÍCIES**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Natureza de superfícies. Parâmetros geométricos de superfícies. Processamento, operações e simulações. Métodos de medição. Normatização, rastreabilidade e incertezas. Superfícies e sua fabricação. Superfícies e suas funções. Efeitos de escalas de tamanho de superfícies.

#### Bibliografia:

- WHITEHOUSE, David J. Handbook of Surface and Nanometrology. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.
- QUINTEN, Michael. A Practical Guide to Surface Metrology. Cham: Springer, 2019.
- MAINSHAH, E.; GREENWOOD, J. A.; CHETWYND, D. G. (Eds.). Metrology and Properties of Engineering Surfaces. Londres: Springer, 1998.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 21920: Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Profile — Part 1, 2 and 3. Geneva: ISO, 2021.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 25178: Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal. Geneva: ISO, 2016.

### **12. PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE IMAGEM DIGITAL**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Definição de processamento de imagens e imagens. Processo de aquisição de imagens digitais. Transformações geométricas e afins. Interpolação de pixels. Convolução e correlação. Histograma de imagens. Filtragem no domínio espacial. Formatos e operações sobre imagens Coloridas. Bordas e gradientes. Morfologia. Segmentação de regiões. Descritores de imagens. Transformadas no domínio da frequência. Manipulação de Imagens de materiais cerâmicos, metais e compósitos.

#### Bibliografia:

- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E., Processamento de imagens digitais. São Paulo, SP: E. Blücher, 2000. 509p. ISBN 8521202644.

- PEDRINI, H.; SCHWARTZ WILLIAM R. Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações. São Paulo: Thomson, 2008. 508 p. ISBN 978-85-221-0595-3.
- Anil K. Jain. Fundamentals of Digital Image Processing. Prentice Hall, 1989.
- Artigos e teses selecionados pelo professor.

### **13. PROCESSAMENTO TERMOMECÂNICO EM ALTAS PRESSÕES**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Potenciais termodinâmicos. Compressão adiabática de líquidos e sólidos. Transmissão de pressão. Geração e aferição da pressão hidrostática. Sólidos sob pressão. Medidas cinéticas e termodinâmicas. Técnicas experimentais em pesquisas de altas pressões e temperaturas variadas.

#### Bibliografia:

- Wilfried B. Holzapfel and Niel S. Isaacs, High-Pressure Techniques in Chemistry and Physics, ISBN 0-19-855811-2 – Oxford University Press Inc. 1997.
- W. F. Sherman and A. A. Stadtmuller, Experimental Techniques in High-Pressure Research, ISBN 0-471-10313-6, John Wiley & Sons LTD. 1987.
- M. Eremets, High Pressure Experimental Methods, ISBN 0-19-856269-1, Oxford University Press.1996.
- Kai Knoerzer and Robert Sevenich, High Pressure Thermal Processing, ISBN 978-0-12-823972-1, Elsevier Inc. 2023.

### **14. TÉCNICAS CRISTALOGRÁFICAS**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Propriedade de raios-X, elétrons e nêutrons. Cristalografia. Difração. Rede recíproca. Métodos de Difração. Padrões de difração. Teoria do Espalhamento. Análise de fases. Avaliação de expansão térmica. Textura. Difração sob incidência rasante, SAXS, XANES, EXAFS, SANS, MEV-EBDS.

#### Bibliografia:

- Elements of X-Ray Diffraction 3rd Edition, B. D. Cullity, S. R. Stock - ISBN 978- 0201610918.
- X-Ray Diffraction: In Crystals, Imperfect Crystals, and Amorphous Bodies, A. Guinier, Dover Books on Physics, ISBN 978-0486680118.
- X-Ray Diffraction B. E. Warren, Dover Books on Physics, ISBN - 978-048666317.

### **15. TENSÃO RESIDUAL**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Introdução. Tensões macroscópicas. Tensões microscópicas. Princípios de medida de tensões por difração de raio-x. Modelo elástico de tensão plana. Técnicas de medidas. Preparação de amostras. Determinação de micro-tensão e alargamento de pico. Fontes de erro.

#### Bibliografia:

- M.E. Hilley, Ed., Residual Stress Measurement by X-Ray Diffraction, SAE J784a, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, 1971, p 21-24
- B.D. Cullity, Elements of X-Ray Diffraction, Addison Wesley, 2nd ed., 1978, p 470

- M.E. Hilley, Ed., Residual Stress Measurement by X-Ray Diffraction, SAE J784a, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, 1971, p 19
- M.E. Hilley, Ed., Residual Stress Measurement by X-Ray Diffraction, SAE J784a, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, 1971, p 20
- R.H. Marion and J.B. Cohen, Adv. X-Ray Anal., Vol 18, 1975, p 4666. P.S. Prevéy, Adv. X-Ray Anal Vol 19, 1976, p 709
- H. Dölle and J.B. Cohen, Met. Trans., Vol 11A, 1980, p 159
- H. Dölle, J. Appl. Cryst., Vol 12, 1979, p 4989. M.E. Hilley, Ed., Residual Stress Measurement by X-Ray Diffraction, SAE J784a, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, 1971, p 61

## **16. TRIBOLOGIA**

CH: 60 / Créditos: 4

### Ementa:

Topografia Superficial e Superfícies em Contato (medidas da topografia superficial, quantificação da rugosidade superficial, topografia de superfícies em engenharia, contato entre superfícies); Atrito (definição, leis e teorias do atrito, atrito em metais e ligas, em materiais cerâmicos, em sólidos lamelares e em polímeros); Lubrificantes e Lubrificação (viscosidade, composição e propriedades de óleos e graxas, lubrificação hidrodinâmica, elastohidrodinâmica, limítrofe e sólida); Desgaste por Deslizamento (terminologia, ensaios, teoria simples do desgaste por deslizamento: a equação de Archard, desgaste lubrificado e não lubrificado de metais ferrosos e não-ferrosos, mapas de desgaste para metais, mecanismos de desgaste para metais, fretting, desgaste de cerâmicos e polímeros).

### Bibliografia:

- Ian Hutchings and Philip Shipway. Tribology. Friction and Wear of Engineering Materials- Butterworth-Heinemann, 2017;
- Zum Gahr, K. H., Microstructure and Wear of Materials, Tribology Series - 10, Elsevier; Amsterdam, 1987.
- Bhushan, B., Introduction to Tribology, John Wiley & Sons, New York, 2002;
- Stachowiak, G. W. and Batchelor, A. W., Engineering Tribology, 3rd Edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, Amsterdam, 2005.

## **17. USINAGEM DOS MATERIAIS**

CH: 60 / Créditos: 4

### Ementa:

Grandezas Físicas do Processo de Corte. Ferramentas de Usinagem. Teoria da Formação do Cavaco. Interface cavaco-ferramenta. Controle do Processo/Usinabilidade. Desgaste e Vida de Ferramentas de corte. Qualidade de Superfícies Usinadas.

### Bibliografia:

- MACHADO, A.M.; ABRÃO, A.M.; COELHO, R.T.; DA SILVA, M.B. Teoria da Usinagem dos Materiais. Editora Blucher, 2015. ISBN 9788521208440.
- FERRARESI. Fundamentos da Usinagem dos Metais. Editora Blucher, 2018. ISBN 9788521214199.
- TRENT, P.K.; WRIGHT, E.M. Metal Cutting. Butterworth-Heinemann, 2000. ISBN 9780750670692.
- SHAW, M. Metal Cutting Principles. Oxford University Press, 2005. ISBN 0195142063.

## **18. TÓPICOS ESPECIAIS EM MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO I**

## **19. TÓPICOS ESPECIAIS EM MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO II**

## 20. TÓPICOS ESPECIAIS EM MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO III

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Variável

Bibliografia:

Variável

## 21. CIÊNCIA DE DADOS E APRENDIZADO DE MÁQUINA

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Visão geral e conceitos básicos em aprendizagem de máquinas. Conceitos de análise de distribuições de dados multivariados. Modelos de regressão linear e logística. Regressão regularizada. Aplicação em problemas de engenharia.

Bibliografia:

- Johnson, R. A. and Wichern, D. W.: Applied Multivariate Statistical Analysis. 6 th ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall (2007).
- Murphy, K.P.: Machine learning: a probabilistic perspective. Cambridge, MA: MIT Press (2012).
- Friedman, J., Hastie, T., and; Tibshirani, R.: The elements of statistical learning. New York, NY, USA: Springer Series in Statistics (2001).
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R.: An introduction to statistical learning (with applications in R). New York: Springer (2013).
- Montgomery, D. C.; Pech, E. A; Vining, G. G.: Introduction to Linear Regression Analysis. 5 th ed. Hoboken, N.J. : Wiley (2012).
- Rajaraman, A. and Jeffrey D. U.: Mining of massive datasets. Cambridge University Press (2011).
- Hair J. F. et. al.: Análise multivariada de dados. 6 th ed. Porto Alegre: Bookman editora (2009).
- Montgomery, D. C., and George C. R.: Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. 2 th ed. Rio de Janeiro: Editora LTC (2003).

## 22. DINÂMICA DOS SÓLIDOS E ESTRUTURAS

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

A abordagem da dinâmica estrutural e da física ondulatória. Tipos de ondas: ondas de dilatação e ondas cisalhantes. Ondas de Rayleigh. Ondas hidrodinâmicas. Fenômenos ondulatórios: propagação, reflexão, dispersão, refração. A sísmica de prospecção. Outros exemplos.

O problema elástico linear: as equações da elastostática e da elastodinâmica. A equação da onda acústica e da onda em meios elásticos. Dedução da equação acústica a partir do modelo elástico e a dedução a partir do modelo fluidodinâmico.

O problema vibracional amortecido e forçado. A representação da fase e do amortecimento estrutural. A notação complexa. Significado da parte imaginária e da parte real. Ressonância e espalhamento.

A Equação de Helmholtz: problemas de resposta estacionária direta e cálculo de autovalores e autovetores. Interpretação do significado das frequências. As frequências complexas.

Abordagem estrutural de problemas dinâmicos escalares e acústicos através da solução das equações acústicas em duas dimensões usando o método de separação de variáveis. Exemplos.

O Método de Superposição Modal e a análise modal. Cálculo de frequências e resposta. Energia nos modos superiores. Técnicas para solução de problemas matriciais não simétricos. A integral de Duhamel. Exemplos.

A discretização temporal. Esquemas de avanço no tempo. Método das diferenças finitas, Newmark e Houbolt. Conceitos de consistência, precisão e estabilidade. Critérios de estabilidade. A condição de Courant-Friedrich-Levi. Relação com os conceitos de mal condicionamento, positividade e simetria matricial. específicas da área de sólidos (Teoria da Elasticidade, Mecânica dos Corpos Rígidos, p. ex)

#### Bibliografia:

- CLOUGH RW, PENZIEN J. Dynamic of Structures, MacGraw-Hill, 1982.
- GRAFF KF. Wave motion in elastic solids. Dover Publications, 1994.
- BATHE KJ. Finite Element Procedures in Engineering Analysis, Prentice-Hall, 1982.
- WILKINSON JH. The Algebraic Eigenvalue Problem, Oxford University Press, 1965.
- BUTKOV, E., 1968. Mathematical Physics. 1ª ed. Massachusetts: Addison-Wesley Co.

### **23. MECÂNICA CLÁSSICA**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Revisão de cinemática. Fundamentos da mecânica Newtoniana, sistemas de partículas. Fundamentos da mecânica analítica, sistemas de referência, coordenadas generalizadas. Funções de Lagrange e de Hamilton. Movimento relativo a referenciais rotativos. Dinâmica do corpo rígido. Aplicações.

#### Bibliografia:

- MEIROVITCH, L. Methods of Analytical Mechanics; McGraw Hill, 1970.  
GOLDSTEIN, R. Classical Mechanics; Addison Wesley; 1950

### **24. MECÂNICA DO CONTÍNUO**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Introdução a Teoria do Contínuo. Elementos de álgebra e análise tensorial para Mecânica do Contínuo. Tensores. Cinemática dos meios Contínuos. Deformação no Contínuo. Tensão no Contínuo. Aplicações.

#### Bibliografia:

- Lai, W. M. et al., Introduction to Continuum Mechanics. Elsevier, 4 th ed., 2010.
- Malvern, L., Introduction to the Mechanics of Continuous Medium, New Jersey: Prentice-Hall, 1969.
- Reddy, J. N. Principles of continuum mechanics: A study of conservation principles with applications. Cambridge University Press, 2010.
- Sokolnikoff, I., Mathematical Theory of Elasticity, McGraw-Hill Book Co., NY, 1965.

### **25. MÉTODO DOS ELEMENTOS DE CONTORNO**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Introdução histórica e descrição das principais características do método. Conceitos matemáticos preliminares. Formulações integrais. Método de resíduos Ponderados. Aplicação do Método em

Problemas de Campo Escalar: Equação de Laplace, Poisson e Helmholtz. Técnicas Auxiliares e esquemas incrementais de avanço no tempo.

Bibliografia:

- BREBBIA, C.A.; TELLES, J.C.F.; WROBEL, L.C. Boundary Element Techniques Springer-Verlag, Berlin, 1984.
- BREBBIA, C. A.; DOMINGUEZ, J. Boundary elements: an introductory course. WIT press, 1994.
- PARTRIDGE, P.W.; BREBBIA, C.A.; WROBEL, L.C. The Dual Reciprocity Boundary Element Method. Computational Mechanics Publications, Southampton 1992.

## **26. MÉTODO DOS ELEMENTOS DE CONTORNO AVANÇADO**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

A Equação de Campo Escalar Generalizada. Problemas difusivos, reativos, proativos e advectivos. Casos dependentes do tempo. Transmissão transiente de calor, propagação de ondas acústicas e elastodinâmica.

Operadores auto-adjuntos e formulação Integral Inversa. A formulação clássica do MEC. Soluções fundamentais correlatas. Vantagens e limitações. Aplicação aos problemas de Helmholtz, Difusão-advecção e Onda acústica.

Problemas axissimétricos escalares e elásticos. A integração da solução fundamental tridimensional. Exemplos de aplicação.

Problemas setorialmente homogêneos e suavemente heterogêneos. Limitações da formulação clássica. O método das sub-regiões e o método da superposição de domínios.

O Método dos elementos de contorno aplicado à elasticidade. O Teorema de Betti e a forma integral inversa de problemas vetoriais. A solução fundamental diádica. Aplicações. Métodos para transformação de integrais de domínio em integrais de contorno. O Tensor de Galerkin. As formulações que usam funções da base radial: MECDR e MECID. O método de Gao.

Esquema recursivo do método dos elementos de contorno. Significado de sentença de resíduos ponderados associada à formulação inversa do MEC. O método das soluções fundamentais.

Bibliografia:

- BREBBIA, C.A., 1978. "The Boundary Element Method for Engineers". Pentech Press, New York.
- BREBBIA, C.A. and WALKER S., 1980. "Boundary Element Techniques in Engineering". Newnes-Butterworths, London.
- BREBBIA, C.A., TELLES J.C.F. and WROBEL L.C., 1984. "Boundary Element Techniques, Theory and Applications in Engeniering". Springe-Verlag, Berlin.
- BUHMANN, M.D., 2003. "Radial Basis Function: Theory and Implementations". Cambridge University Press, Cambridge.
- PARTRIDGE, P.W., BREBBIA, C.A. and WROBEL, L.C., 1992. "The Dual Reciprocity Boundary Element Method". Computational Mechanics Publications and Elsevier, London.
- KYTHE, P.K., An Introduction to Boundary Element Methods, CRC Press, BocaRaton, 1995.

## **27. ROBÓTICA DE REABILITAÇÃO**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Biomecânica do Movimento: Parâmetros espaço-temporais da marcha, Força de reação do solo, Classificações e subdivisões de padrões de marcha, Contração muscular. Reabilitação Robótica:

Conceitos gerais, Graus de liberdade das articulações, Interação humano-robô: física e cognitiva. Conceitos em Projeto de Robôs para Reabilitação: Robôs e Robôs vestíveis, Atuadores, Comunicação e controle.

Bibliografia:

- J. L. PONS, "Wearable Robots: Biomechatronic Exoskeletons," John - Wiley & Sons, Mar. 2008;
- JOHN J. CRAIG. "Introduction to Robotics: Mechanics and Control" Pearson Education, 3rd Edition, 2005
- KEVIN M. LYNCH AND FRANK C. PARK, Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control, Cambridge University Press, 2017.

## **28. ROBÓTICA INDUSTRIAL**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Introdução a robótica e automação. Introdução aos mecanismos e controles de manipuladores mecânicos. Descrição espacial e transformações. Descrição, mapeamento e operadores. Cinemática de um manipulador Jacobiano: velocidades e forças estáticas. Dinâmica de um manipulador. Geração de trajetória. Projeto de mecanismo de um manipulador. Controle de forças de um manipulador

Bibliografia:

- JOHN J. CRAIG. "Introduction to Robotics: Mechanics and Control" Pearson Education, 3rd Edition, 2005
- KEVIN M. LYNCH AND FRANK C. PARK, Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control, Cambridge University Press, 2017.

## **29. SENSORES PARA PARÂMETROS FÍSICOS**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Sistemas de instrumentação. Análise de erros e incertezas de medição. Princípio de funcionamento e formas construtivas de encoders e potenciômetros. Conceitos básicos de extensometria. Princípio de funcionamento de acelerômetros e giroscópios. Conceitos básicos de unidades de medição inercial. Princípio de funcionamento e formas construtivas de sensores em fibra óptica: Variação de intensidade, interferômetros, redes de difração, efeitos não lineares. Técnicas de aquisição de dados e multiplexação de sistemas ópticos para sensoriamento.

Bibliografia:

- Othonos, Andreas; Kalli, Kyriacos: Fiber bragg gratings: fundamentals and applications in telecommunications and sensing. 1ª ed. Boston: Artech house (1999)
- Window, A. L.: Strain gauge technology. 2a ed. New York: Elsevier Applied Science (1992)
- Thomazini, Daniel, Albuquerque, Pedro U. B. de: Sensores industriais :fundamentos e aplicações. 8ª ed. São Paulo: Érica (2011)

## **30. TEORIA DA ELASTICIDADE**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

O problema elástico. As equações fundamentais da elasticidade: equações de equilíbrio, equações cinemáticas, relações tensão-deformação e condições de compatibilidade. Solução de problemas

bidimensionais usando a função tensão de Airy: solução de problemas retangulares e problemas com geometria circular. Torção de barras prismáticas. Flexão de vigas. Problemas axissimétricos. Introdução a termoelasticidade.

Bibliografia:

- TIMOSHENKO, S.; GOODIER, J. N. Theory of elasticity, McGraw-Hill, New York, 1951.
- FUNG, Y.C. Foundation of Solids mechanics, Prentice-Hall, 1968.
- LOVE, A.E.H. Mathematical Theory of Elasticity, 4a Ed. New York, Dover Publications, 1944.
- BORESI, A. P.; CHONG, K. P. Elasticity in engineering mechanics, New York: Elsevier, 1987.
- MASE, G.T. Continuum mechanics for engineers, CRC Press, NY, 1999.

**31. TÓPICOS ESPECIAIS EM MECÂNICA DOS SÓLIDOS I**

**32. TÓPICOS ESPECIAIS EM MECÂNICA DOS SÓLIDOS II**

**33. TÓPICOS ESPECIAIS EM MECÂNICA DOS SÓLIDOS III**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Variável

Bibliografia:

Variável

**34. COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Equações diferenciais: classificação física e matemática;  
Introdução ao Métodos das Diferenças Finitas;  
Armazenamento de Matrizes Esparsas;  
Métodos de Solução de Sistemas Lineares: Diretos (Decomposição LU);  
Iterativos estacionários (Jacobi, Seidel, SOR), Iterativos Não-Estacionários (Gradiente Conjugado, GMRES, LCD), Precondicionadores;  
Solução de Sistemas Não-Lineares: Método de Picard, Método de Newton e variantes.

Bibliografia:

- Armando de Oliveira Fortuna, "Técnicas Computacionais para Mecânica dos Fluidos - Conceitos Básicos e Aplicações", Editora da USP, 2000.
- Griebel, M. et al., Numerical Simulation Fluid Dynamics, SIAM, Philadelphia, PA, 1998.
- Barret, R, et al., "Templates for the Solution of Linear Systems: Building Blocks for Iterative Methods", SIAM, 1994.
- Shewchuk, J. R., "An Introduction to the Conjugate Gradient Method Without the Agonizing Pain", 1994.
- Trefethen, L.N. and Bau III, D., "Numerical Linear Algebra", SIAM, 1997.
- Numerical Methods for Engineers - Steven C. Chapa e Raymond P. Canale - Ed. McGraw-Hill - 2a.Edição - 1990
- Dongarra, J.J., Duff, I.S., Sorasen, D.C., Van der Vorst, H.A., Numerical Linear Algebra for High-Performance Computers, SIAM, 1998.
- Golub, G. and Van Loan, C., "Matrix Computations", The John Hopkins University Press, 1993.
- Kelley C.T., "Iterative Methods for Linear and Nonlinear Equations", SIAM, 1995.

- Saad, Y., "Iterative Methods for Sparse Linear Systems", PWS Publishing Company, 1996.
- White, R.E., "Computational Modeling with Methods and Analysis", 2003.
- Cunha, M.C.C., "Métodos Numéricos", 2a. Edição, 2000.
- Briggs, W.L., A Multigrid Tutorial, SIAM, Philadelphia, PA, 1987.

### **35. DESCARBONIZAÇÃO DE SISTEMAS DE GERAÇÃO E POLIGERAÇÃO**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Definições e Conceitos. Rotas Convencionais de Geração e Poligeração. Fontes Renováveis, Limpas e Alternativas de Energia. Rotas Avançadas de Geração e Poligeração. Conversão Energética da Biomassa. Conversão Termoquímica da Biomassa. Biocombustíveis e Novos Combustíveis. Sistema Solar Térmico. Energia Geotérmica. Energia Térmica dos Oceanos. Aproveitamento de Resíduos Térmicos e Químicos. Resíduos Sólidos Urbanos. Economia Circular e Captura de Carbono. Análise Termoeconômica e de Ciclo de Vida. Modelagem e Simulação para Otimização. Avaliação Energética, Ambiental e Econômica.

#### Bibliografia:

- Yahyaoui, I. Advances in Renewable Energies and Power Technologies: Volume 1 and Volume 2, 1st Edition. Elsevier. 2018.
- Escobar, J., Santos, J., Renó, M., Furtado Junior, J., Carvalho, M., Reyes, A., Orozco, D. Municipal Solid Waste Management and Energy Recovery. In: Ibrahim H. Al-Bahadly. (Org.). Energy Conversion: Current Technologies and Future Trends. 1ed. London, England: IntechOpen Limited, 2019, v. 1, p. 106-126.
- Lora, E., Venturini, O. Biocombustíveis: Volume 1 e Volume 2. 1st edn. Interciência. 2012

### **36. ESCOAMENTO COMPRESSÍVEL**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Conceitos básicos e revisão de Mecânica dos Fluidos, Processo de escoamento permanente isoentrópico, Escoamento Isoentrópico com Variações de Área, A Onda de Choque Normal, Operações de Bocais, Escoamento Compressível com Atrito em Dutos, Escoamento em dutos com troca de calor

#### Bibliografia:

- Mecânica dos Fluidos, Frank M. White, McGraw Hill, 4a. ed.
- Compressible fluid dynamics with personal computer applications, B K Hodge / Keith Koenig, Prentice Hall, 1995
- Fundamentals of Compressible Fluid Mechanics, Genick Bar-Meir, Potto Project, freeware access
- Modern Compressible Flow with Historical Perspective, John D. Anderson, McGraw-Hill

### **37. FISICA ESTATÍSTICA EM FENÔMENOS DE TRANSPORTE**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Variáveis Aleatórias-distribuição Binomial; Distribuições de Gauss e Poisson; Movimento Browniano; Equações de Langevin e Fokker-Planck; Teoria cinética de Boltzmann; Física de não-equilíbrio e Aplicações; Soluções poliméricas-modelos termodinâmicos; Sistemas mesoscópicos.

#### Bibliografia:

- Brownian Motion: Elements of Colloid Dynamics [1st ed.] Albert P. Philipse, Undergraduate Lecture Notes in Physics, Springer International Publishing-2018.
- Kinetic Theory and Transport Phenomena- Rodrigo Soto, Oxford Master Series in Physics - 2016.3-
- Understanding Viscoelasticity: An Introduction to Rheology [3ed.], Nhan Phan-Thien, Nam Mai-Duy, Graduate Texts in Physics, Springer 2017
- Microhydrodynamics, Brownian Motion, and Complex Fluids MICHAEL D. GRAHAM, Cambridge Texts in Applied Mathematics-2018

### **38. MECÂNICA DOS FLUIDOS**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Notação indicial; Revisão de álgebra tensorial; Teoremas; Equações de conservação na forma; Aplicação das equações na forma integral; aplicação das equações na forma diferencial; Cinemática dos meios deformáveis; Escoamento Potencial; Camada limite.

#### Bibliografia:

- R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot, O. Hassager, Fenômenos de Transporte, LTC, segunda edição, 2004.
- Vector, Tensor and the Basic Equations of Fluid Mechanics, Aris, R., DOVER, 1962
- An Introduction to Fluid Dynamics, G K. Batchelor, Cambridge, 1967
- Boundary layer theory, Schlichting, H., 7th ed., McGraw-Hill, 1972
- Continuum Mechanics, P. Chadwick, ed. Dover, 1999
- Fox & McDonald, 1998, Introdução à Mecânica dos Fluidos, 8° Edição, Wiley& Son

### **39. MECÂNICA DOS FLUIDOS NÃO NEWTONIANOS**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Introdução; Cálculo tensorial; Equações de Conservação; O fluido newtoniano; Fluido Newtoniano Generalizado; Fluidos Viscoelásticos; Fluidos Elasto-viscoplásticos; Tixotropia; Reometria.

#### Bibliografia:

- E.J. Soares e L. H. P. Deoclécio 2023, Introdução à Reologia: Escoamento e caracterização de materiais complexos, Editora Edgad Blucher Ltda.
- R. B. Bird, R. C. Armstrong, O. Hassager 1987, Dynamics of polymeric liquids, Vol1, Wiley.
- H. A. Barnes 2000, A Handbook of Elementary Rheology, Institute of Non-Newtonian Fluid Mechanics of University of Wales.
- R. I. Tanner and K. Walters 1998, Rheology: An Historical Perspective, Elsevier.
- R. Aris 1962, Vectors, Tensors and The basic Equations of Fluid Mechanics, Dover Publications, Inc, New York.
- R I. Tanner 2000, Engineering Rheology, Second Edition, Oxford University Press.

### **40. MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS**

CH: 60 / Créditos: 4

#### Ementa:

Introdução aos métodos variacionais; Formulação integral; Condição de contorno: essencial, natural e mista; Discretização e funções bases; Problema unidimensional e bidimensional; Mapeamento

isoparamétrico; Aplicações: problemas de transferência de calor; Elasticidade linear; Elementos mistos; Solução de sistemas de equações; método de Newton.

Bibliografia:

- Jacob Fish and Ted Belytschko. Um Primeiro Curso em Elementos Finitos. LTC, 2009.
- Thomas JR Hughes. The finite element method: linear static and dynamic finite element analysis. Courier Corporation, 2012.
- J. N. Reddy. An Introduction to the Finite Element Method. McGraw-Hill, 1993.
- J. N. Reddy and David K. Gartling. The Finite Element Method In Heat Transfer and Fluid Dynamics, Third Edition. CRC Press, 2000.

#### **41. MÉTODOS DE SIMULAÇÃO E MODELAGEM TERMoeCONÔMICA DE SISTEMAS**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Níveis de Complexidade na Modelagem de Ciclos a Gás. Softwares Comerciais de Simulação de Sistemas Térmicos. Metodologias Termoeconômicas. Alocação de Custos, Otimização e Diagnóstico Termoeconômico. Avaliação Termoambiental.

Bibliografia:

- Çengel, Y. A. e Boles, M. A. (2006). Thermodynamics: An Engineering Approach. 5th ed, McGrawHill.
- Santos, J. J. C. S. (2009). Aplicação da Neguentropia na Modelagem Termoeconômica de Sistemas. Tese de Doutorado. Instituto de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Itajubá. Brasil. Brasil.
- Moran, M. e Shapiro, H. (2006). Fundamentals of Engineering Thermodynamics, 5th ed. New York: Wiley.
- BARONE, M. A, Diagrama Abrangente e Desagregação da Exergia: uma proposta de sistematização generalizada da modelagem termoeconômica. Doutorado: PPGEM/UFES (2021);
- FARIA, P. R, Modelagem Termoeconômica Generalizada e Sistemática para o Tratamento de Resíduos e Internalização de Encargos Ambientais em Sistemas Térmicos. Doutorado: PPGEM/UFES (2023)

#### **42. MÉTODO DOS VOLUMES FINITOS**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Introdução ao método dos volumes finitos. Solução de problemas de difusão (1D e 2D) permanentes. Solução de problemas de difusão transientes. Solução de problemas de advecção (1D e 2D). Solução de problemas advectivo-difusivos. Métodos de acoplamento pressão-velocidade. Solução de casos tridimensionais aplicados.

Bibliografia:

- H. K. Versteeg and W. Malalasekera, An Introduction to Computational Fluid Dynamic: The Finite Volume Method, Prentice Hall, 2nd Ed., 2007.
- C. R. Maliska, Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional, LTC, 2ª ed., 2017.

#### **43. MODELAGEM COM OpenFOAM**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Introdução ao ambiente do OpenFOAM (instalação e organização de pastas e arquivos). Utilização do blockMesh para geração de geometrias simples e malhas. Simulação de tutoriais. Pós-processamento com ParaView. Análises paramétricas.

Bibliografia:

- F. Moukalled, L. Mangani, M. Darwish. The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics: An Advanced Introduction with OpenFOAM® and Matlab®, Springer, 2016.
- L. De Lorenzis, A. Düster, Modeling in Engineering Using Innovative Numerical Methods for Solids and Fluids, Springer, 2020.

#### **44. OTIMIZAÇÃO E PROBLEMAS INVERSOS**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Conceitos básicos, Técnicas determinísticas de otimização, Técnicas evolucionárias e estocásticas de otimização, Técnica para resolver problemas inversos em transferência de calor, Aplicação de técnicas de otimização à estimativa de parâmetros e funções.

Bibliografia:

- A. D. Belegundu and T. R. Chandrupatla, Optimization Concepts and Applications In Engineering, Prentice Hall, (1999)
- Y. Jaluria, Design and optimization of Thermal Systems, Mc Graw- Hill, 1998.
- M.N. Ozisik e H. R. B. Orlande, Inverse Heat Transfer: Fundamentals and Applications, Taylor & Francis, New York, 2000.
- M.N. Ozisik e H. R. B. Orlande, Inverse Heat Transfer: Fundamentals and Application. Taylor & Francis, New York, 2021.
- H. R. B. Orlande, M.J., Colaço, C.P Naveira-Cotta,, G. Guimarães, e V.L. Borges, Problemas Inversos em Transferência de Calor. SBMAC, São Carlos, SP, Brasil, 2011.

#### **45. REDUÇÃO DE ARRASTO EM ESCOAMENTOS TURBULENTOS**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Introdução; Conceitos fundamentais de turbulência; Conceitos fundamentais de polímeros para redução de arrasto; Modelagem de escoamento com redução de arrasto; Variáveis importantes em redução de arrasto por polímeros; Degradação de polímeros em escoamento lamina e turbulento; Agregação e desagregação de polímeros e sua consequência em redução de arrasto; Redução de arrasto por biopolímeros

Bibliografia:

- E.J. Soares 2023, Active Drag Reduction by Polymers - livro em fase de revisão pela Blucher.

#### **46. SIMULAÇÃO CFD DE COMBUSTÃO**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Apresentação das ferramentas CFD, Escoamentos Reativos com Combustão, combustão não-premisturada, combustão não- e parcialmente premisturada, transporte de espécies e modelagem da combustão em meio poroso.

Bibliografia:

Versteeg, H. K.; Malalasekera, W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method. Pearson Education Ltd., 2ª edição, 2007.

Patankar, S. V. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow. Hemisphere Publishing Corporation, 1980.

Poinsot, T.; Veynante, D. Theoretical and Numerical Combustion. R.T. Edwards, 2ª edição, 2005.

Turns, S. R. An Introduction to Combustion: Concepts and Applications. McGraw-Hill, 3ª edição, 2011.

Warnatz, J.; Maas, U.; Dibble, R. W. Combustion: Physical and Chemical, Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation. Springer, 4ª edição, 2006.

Kuo, K. K. Principles of Combustion. Wiley, 2ª edição, 2005.

Kaviany, M. Principles of Heat Transfer in Porous Media. Springer, 2ª edição, 1999.

Dunn-Rankin, D.; Fernandez-Pello, A. C.; et al. "Combustion in Porous Media," Progress in Energy and Combustion Science, vol. 19, 1993, pp. 527– 551.

ANSYS Fluent / OpenFOAM Manuals (Documentação Oficial).

Pope, S. B. Turbulent Flows. Cambridge University Press, 2000.

#### **47. TEORIA E PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO TERMO-FLUIDA**

CH: 60 / Créditos: 4

##### Ementa:

Introdução, conceitos fundamentais de medição de parâmetros de processo, medidas e incertezas relacionadas à medição de temperatura, pressão, nível e vazão, processos de compensação de leituras, processos de calibração, estudos de caso

##### Bibliografia:

- BENEDICT, Robert P. -"Fundamentals of Temperature, Pressure, and Flow ` Measurements" - John Wiley & Sons. - New York

- LIPTÁK, B. G. (Ed.). Control Theory. Instrument Engineers' Handbook: Process Control and Optimization. 4. ed. New York: CRC Taylor & Francis, 2006. p. 109. v. 2.

- Experimental Methods for Engineers, J.P. Holman, McGraw Hill.

#### **48. TERMODINÂMICA BÁSICA**

CH: 60 / Créditos: 4

##### Ementa:

Conceitos Introdutórios e Definições. Energia e Primeira Lei da Termodinâmica. Avaliando Propriedades para Gás Ideal e para Fluido Real. Análise de Energia para Sistema e Volume de Controle. Escoamento Compressível através de Bocais e Difusores. Relações Termodinâmicas. Misturas de Gases Ideais e Aplicações à Psicrometria. Misturas Reagentes e Combustão. Equilíbrio de Fases e Químico.

##### Bibliografia:

- Moran, M., Shapiro, H. Princípios de Termodinâmica para Engenharia, LTC Editora, 6 ed. 2009;

- Çengel, Y., Boles, M. Thermodynamics – An Engineering Approach, 5th ed.; New York: McGraw-Hill. 2006;

- Van Wylen, G., Sonntag, R., Borgnakke, C. Fundamentos da Termodinâmica. 5ª ed. São Paulo: Edgard Blucher. 1998

#### **49. TERMODINÂMICA DE MÁQUINAS E SISTEMAS TÉRMICOS**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Conceitos e Definições. Sistemas de Potência e Refrigeração. Sistemas de Cogeração e Poligeração. Balanço de Energia e Eficiência Energética. Misturas, Separações e Reações Químicas. Segunda Lei da Termodinâmica. Entropia Absoluta e Terceira Lei da Termodinâmica. Células a Combustível e Exergia Química. Aplicações em Ciclos e Sistemas Reativos, de Misturas e Separação. Balanço de Exergia e Eficiência Exergética. Termoeconomia e Exergoeconomia. Aspectos Ambientais da Termoeconomia.

Bibliografia:

- Moran, M., Shapiro, H. Princípios de Termodinâmica para Engenharia, LTC Editora, 6 ed. 2009;
- Çengel, Y., Boles, M. Thermodynamics – An Engineering Approach, 5th ed.; New York: McGraw-Hill. 2006;
- Van Wylen, G., Sonntag, R., Borgnakke, C. Fundamentos da Termodinâmica. 5ª ed. São Paulo: Edgard Blucher. 1998

## **50. TURBULÊNCIA**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

1. Características gerais do escoamento turbulento; 2. Probabilidade, estatística e variáveis aleatórias; 3. Equações de Reynolds e o problema do fechamento; 4. Teorias fenomenológicas da turbulência; 5. Correlação; Escalas de turbulência; 6. Turbulência isotrópica e homogênea; 7. Difusão turbulenta; 8. Modelos de turbulência; 9. Métodos experimentais em turbulência.

Bibliografia:

- Tennekes, H. and Lumley, J.L., A First Course in Turbulence. Cambridge, Mass., Mit Press, 1972.
- Wilcox, D.C., Turbulence Modeling for CFD, DCW Industries, Inc, 1993.
- Lesieur, M., Turbulence in fluids: stochastic and numerical modelling. 2nd rev. ed. Fluid mechanics and its applications; Vol. 1.; Boston: Kluwer Academic Publishers, 1990.
- Landahl, and Mollo-Christensen, E. Turbulence and random processes fluid mechanics. 2nd ed. Cambridge: New York: Cambridge University Press, 1992.
- Hinze, J. O. Turbulence, 2nd ed., McGraw-Hill Companies, 1975.
- Stanisic, M.M. The Mathematical theory of turbulence. 2nd ed. Universitext. New York: Springer-Verlag, 1988.
- Cabeci, T and Smith, A.O. Analysis of turbulent boudary layers. Applied mathematics and mechanics, 15. New York, Academic Press, 1974.

## **51. TRANSFERÊNCIA DE CALOR COMPUTACIONAL**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Conceitos fundamentais de transferência de calor por condução, convecção e radiação, com ênfase em formulação matemática, propriedades térmicas e leis fenomenológicas. Análise de problemas estacionários e transientes, correlações empíricas e técnicas de simplificação, bem como uso de parâmetros adimensionais (Números de Reynolds, Prandtl, Biot, entre outros). Aplicação dos princípios em escoamentos internos e externos, trocadores de calor e processos envolvendo

mudança de fase. Estudos de casos ilustrativos para dimensionamento e avaliação de desempenho térmico.

Bibliografia:

Incropera, F.P.; DeWitt, D.P.; Bergman, T.L.; Lavine, A.S. Fundamentals of Heat and Mass Transfer.

Patankar, S.V. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow.

Versteeg, H.K.; Malalasekera, W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method.

Ozisk, M.N. Finite Difference Methods in Heat Transfer.

Jaluria, Y. Computational Heat Transfer.

**52. TÓPICOS ESPECIAIS EM TERMOFLUIDOS I**

**53. TÓPICOS ESPECIAIS EM TERMOFLUIDOS II**

**54. TÓPICOS ESPECIAIS EM TERMOFLUIDOS III**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Variável

Bibliografia:

Variável

**55. CÁLCULO AVANÇADO**

CH: 60 / Créditos: 4

Ementa:

Equações diferenciais ordinárias: problemas de valor inicial, problemas de valor de contorno;

Sistemas lineares, transformada de Laplace, estabilidade da solução;

Álgebra Linear;

Equações Diferenciais parciais: problemas de valor de contorno para equações hiperbólicas, parabólicas, elípticas;

Métodos analíticos de resolução: separação de variáveis, série de Fourier, transformadas integrais;

Autovalores e Auto vetores.

Bibliografia:

C. Henry Edwards and David E. Penney, Differential Equations Computing and Modeling, Prentice Hall; 4 edition (August 10, 2007).

C.H. Edwards. Jr., David e Denney, Equações Diferenciais Elementares - Printice - Hall do Brazil, 1993

Boyce, William E.. e Dprima Richard C. Equações Diferenciais Elementares e Problemas de Valores de Contorno - Editora Guanabara - 1990

Ogata. Engenharia de Controle Moderno - Printice - Hall do Brasil, 1982.

Braun, Martin. Equações Diferenciais e suas aplicações - Editora Campus.

Courant, Richard. Introduction to Calculus and Analysis. V. 2 - A Wiley international edition, 1974

Guelfand, I. M. e Fomin, S.V.- Análise Variacional - Moskou, 1961

Bellman, R. Introduction to Mathematical Theory of Control Process. - New York - Academic Press - 1967.

## **56. PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS**

CH: 60 / Créditos: 4

### Ementa:

Introdução (conceitos básicos de estatística descritiva). Comparação de dois tratamentos. Comparação de mais de dois tratamentos (Anova one way). Blocos aleatorizados. Planejamento fatorial com duas classificações (Anova two way). Quadrado latino. Experimentos fatoriais: modelos empíricos. Análise de regressão múltipla. Planejamentos fatoriais e regressão. Técnica das superfícies de respostas.

### Bibliografia:

- Box, G.; Hunter, W.; Hunter, J. 1978. Statistics for experiments. Ed. John Wiley & Sons Inc.
- Montgomery, D. 2001. Design and analysis of experiments. Ed. John Wiley & Sons Inc.
- Neto, B.; Scarminio, I.; Bruns, R. 2001. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Ed. Unicamp.

## **57. ESTUDO DIRIGIDO I**

## **58. ESTUDO DIRIGIDO II**

CH: 30 / Créditos: 2

### Ementa:

Variável

### Bibliografia:

Variável