

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: Ebulição e condensação

Semestre: 2014/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 45 Carga horária prática: 0

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 108652

Requisitos de matrícula: nenhum

Professor: Jacqueline Biancon Copetti

EMENTA

Processos de mudança de fase: ebulição e condensação e aplicações.

Ebulição em vaso e em convecção forçada. Condensação sobre tubos e no interior de tubos.

Modelos. Evaporadores e condensadores. Ebulição e condensação em microescala.

Escoamentos multifásicos.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Introdução: Transferência de calor com mudança de fase, fenômenos de ebulição e condensação.
- Ebulição: Curva de ebulição, estabilidade e regimes de ebulição. Ebulição em vaso, nucleação e dinâmica de bolhas. Ebulição em espaços confinados. Modelos bifásicos.
- Ebulição em convecção forçada, regimes, modelos, ebulição subresfriada e saturada.
- Condensação: em gotas e em película sobre tubos horizontais e verticais e no interior de tubos. Condensação em presença de gases não condensáveis. Modelos.
- Evaporadores e condensadores e aplicações industriais.
- Ebulição e condensação em micro escala.
- Escoamentos multifásicos.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

1. CAREY, V.P. **Liquid-vapor phase-change phenomena: An Introduction to the Thermophysics of Vaporization and Condensation Processes in Heat Transfer Equipment**. 2. ed. New York: Taylor & Francis, 2008.

2. ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A.J. **Transferência de Calor e Massa: uma abordagem prática**. McGraw Hill, 4. Ed. 2011.
3. COLLIER, J. G. **Convective Boiling and Condensation**. USA: McGraw-Hill, 1994.
4. INCROPERA, F.; WITT, D. **Fundamentos da Transferência de Calor e Massa**. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
5. KAKAÇ, S. **Boiler, Evaporators and Condensers**. John Wiley & Sons, 1991.
6. KANDLIKAR, S. G.; SHOJI, M.; DHIR, V. **Handbook of Phase Change: Boiling and Condensation**. Philadelphia: Taylor & Francis, 1999.
7. KANDLIKAR, S. G.; GARIMELLA, S.; LI, D., COLIN, S., KING, M.R. **Heat transfer and fluid flow in minichannels and microchannels**. Elsevier, 2007.
8. RODRIGUEZ, O.M.H., **Escoamento Multifásico**. ABCM, 2011.
9. ROHSENOW, W. M.; HARTNETT, J.; CHO, Y. **Handbook of Heat Transfer**. USA: McGraw Hill, 1998.
10. WHALLEY, P. B. **Two-phase flow and heat transfer**. 1. ed. Oxford: Oxford University Press, 1996.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

Opcional

AVALIAÇÃO

Trabalhos individuais e em grupos, prova individual ao final.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: Energia Solar Fotovoltaica

Semestre: 2014/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 35 Carga horária prática: 10

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 108653

Requisitos de matrícula: nenhum

Professor: João Batista Dias

EMENTA

Energia solar fotovoltaica: Problemas de energia e soluções fotovoltaicas, tecnologia e mercado fotovoltaico na atualidade em nível mundial e nacional, cenários futuros. Irradiação diária sobre superfícies. Instrumentos de solarimetria. Medição da irradiância solar. A célula e o módulo fotovoltaico: princípios básicos, características. Inversores: Características técnicas e modelos. Tipos de sistemas fotovoltaicos. Estocagem de energia. Aplicações. Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

OBJETIVOS

1. Desenvolver a base teórica da energia solar fotovoltaica por meio de conceitos físicos fundamentais;
2. Promover a discussão, questionamento, investigação e interpretação da teoria por meio de demonstrações práticas.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

UNIDADE I: Introdução e Radiação Solar

- Problemas de energia e soluções fotovoltaicas, tecnologia e mercado fotovoltaico na atualidade a nível mundial e nacional, cenários futuros.
- Normatização da ANNEL.
- Irradiação diária sobre superfícies. Instrumentos de solarimetria. Medição da irradiação solar.

UNIDADE II: Fundamentos da Energia Solar Fotovoltaica

Princípios básicos

- O efeito fotovoltaico
- Foto-geração de corrente
- Célula solar
- Curva IV da célula e do módulo
- Circuito equivalente
- Influência da temperatura
- Intensidade de iluminação
- Módulos: Aspectos sobre a construção do módulo
- Associação de células e módulos série e paralelo

Perdas

- Por efeito da temperatura e da radiação
- Perdas óticas e por efeito joule
- Perdas por sombreamento

Equipamentos

- Baterias
- Controladores e reguladores de carga
- Inversores DC-AC para sistemas isolados
- Inversores DC-AC para conexão à rede
- Sistemas de proteção
- Unidades de aquisição de dados

UNIDADE III: Tipos de Sistemas e Aplicações fotovoltaicas

- Tipos de sistemas fotovoltaicos: Isolado, híbrido isolado, conectado à rede, híbrido conectado à rede, Centrais híbridas isoladas.
- Aplicações fotovoltaicas: telecomunicações, eletrificação rural, bombeamento de água, conexão à rede elétrica.

UNIDADE IV: Tipos de Sistemas e Aplicações fotovoltaicas

- Sistema de aquisição de dados.
- Calibração da célula de referência.
- Análise da performance energética de sistemas fotovoltaicos.
- Dimensionamento de sistemas conectados à rede.
- Programas para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

DUFFIE, J.A.; BECKMAN, W.A. **Solar engineering of thermal processes**. 2nd ed. New York: John Wiley, 2006.

HULSTRON, R. L. **Solar resources**. Massachusetts: The MIT, 1989.

IQBAL, H. **An introduction to solar radiation**. Toronto: Academic, 1983.

LORENZO, E. **Electricidad solar**: ingenieria de los sistemas fotovoltaicos. Sevilla: Progenza, 1994.

LUQUE, A.; HEGEDUS, S. (ed.). **Handbook of photovoltaic science and engineering**. Chichester: John Wiley, 2003.

MARKVART, T.; CASTAFIER, L. **Practical Handbook of Photovoltaics**: Fundamentals and Applications. New York: Elsevier, 2003.

RABL, A. **Active solar collectors and their applications**. New York: Oxford University, 1985.

SMA SOLAR TECHNOLOGY. Disponível em: <http://www.sma-america.com/en_US.html>. Acesso em: 20 de outubro de 2012.

SMA SOLAR TECHNOLOGY. Disponível em: <<https://www.sma-france.com/fr/sma-solar-academy/apercu.html>>. Acesso em: 20 de outubro de 2012.

WENHAM, Stuart R.; GREEN, Martin A.; WATT, Muriel E.; CORKISH, Richard. **Applied Photovoltaics**. 2nd ed. USA: Copyrighted, 2007.

AVALIAÇÃO

A avaliação é composta por uma prova ou projeto e atividades complementares dos conteúdos fundamentais estudados e acumulados, conforme o cronograma. O desempenho do aluno também será avaliado em atividades complementares, tais como apresentação de exercícios, apresentação em *PowerPoint* de resultados simulados, etc.

Cálculo da Média Final

$$MF = \frac{7,0 * P1 + 3,0 * \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ATP_i}{10}$$

onde,

P1 é a prova ou projeto, com peso 7,0.

ATP são atividades de apresentação de trabalhos, com peso 3,0.

N é o número de atividades desenvolvidas no período letivo.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: Energia Solar Térmica

Semestre: 2014/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 45 Carga horária prática: 0

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 108654

Requisitos de matrícula: nenhum

Professor: Mario Henrique Macagnan

EMENTA

Conceitos de radiação solar e disponibilidade. Transferência de calor em sistemas de energia solar. Radiação em meios opacos e transparentes. Absorção da radiação em coletores. Teoria dos coletores planos. Teoria dos coletores concentradores. Sistemas de aquecimento de água. Dimensionamento de sistemas solares térmicos. Processos industriais de aquecimento solar. Sistemas de potência com energia solar.

OBJETIVOS

O objetivo dessa disciplina é obter a formação necessária relacionada com o aproveitamento térmico da energia solar. Os objetivos específicos podem ser enumerados como:

- Aplicar os conceitos de transferência de calor por radiação e da geometria solar na caracterização do recurso solar;
- Estudar os diversos sistemas de aproveitamento térmico da energia solar (tipos de instalações de baixa, média e alta temperatura);
- Quantificar a produção de energia térmica produzida por esses sistemas e avaliar as metodologias existentes para estimar a área necessária de coletores solares.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

DUFFIE, J.A.; BECKMAN, W.A. **Solar engineering of thermal processes**. 3rd ed. New York: John Wiley, 2006.

HULSTRON, R. L. **Solar resources**. Massachusetts: The MIT, 1989.

- IQBAL, H. **An introduction to solar radiation**. Toronto: Academic Press, 1983.
- KALOGIROU, S. A. Solar thermal collectors and applications. **Progress in Energy and Combustion Science**, Amsterdam, v. 30, p. 231–295, 2004.
- KALOGIROU, S. A.; KALOGIROU, S.. **Solar energy engineering**: processes and systems. Burlington: Academic Press, 2009.
- RABL, A. **Active solar collectors and their applications**. New York: Oxford University, 1985.
- SHUKLA, R.; SUMATHY, K.; ERICKSON, P.; GONG, J.. Recent advances in the solar water heating systems: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 19, pp. 173–190, 2013.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

AVALIAÇÃO

A avaliação será feita por meio de trabalhos individuais e em grupo.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: Gestão ambiental da energia

Semestre: 2014/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 45 Carga horária prática: 0

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 99387

Requisitos de matrícula: nenhum

Professor: Carlos Alberto Mendes Moraes

EMENTA

Energia e economia ambiental: economia e o mercado global de energia; regulamentações ambientais; mercado “verde” de energia; externalidades ambientais; economia da conservação de energia; tecnologia em desenvolvimento; futuro das energias sustentáveis.

OBJETIVOS

A disciplina tem como objetivo desenvolver no aluno a utilização de ferramentas ambientais como avaliação de aspectos e impactos ambientais associados a energia convencional, substituição por energia alternativas na indústria e sociedade em geral, utilizar ferramentas ambientais para avaliar impactos ambientais das diferentes formas de energia, analise econômica, e social das novas formas de energia.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Ecologia Industrial
- Produção mais limpa
- Simbiose Industrial
- Análise de fluxo de materiais e energia
- Indicadores de sustentabilidade ambiental, econômico e social.
- Estudos de caso, e projetos de implementação destas ferramentas.
- Resultados referentes a valorização de materiais excedentes como coprodutos.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

ASHBY, Michael F. **Materials and the Environment: Eco-informed Material Choice**. 2 ed. Oxford: Butterworth Heinemann, 2012.

FRANCHETTI, Matthew J. **A system approach - solid waste:** analysis & minimization. 1. Ed. EUA: McGraw Hill Companies, 2009. 545 p.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Comissão de Estudo Especial Temporária de Resíduos Sólidos. **Resíduos sólidos:** coletânea de normas. Rio de Janeiro, 2004.

BANAR, Mufide; COKAYGIL, Zerrin; OZKAN, Aysun. Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey. **Waste Management**, Amsterdam, v. 29, n. 1, p. 54-62, 2009.

EKVALL, Tomas et al. What life-cycle assessment does and does not do in assessments of waste management. **Waste Management**, Amsterdam, v. 27, n. 8, p. 989–996, 2007.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa**. Meio Ambiente e Competitividade. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2009. 240 p.

MORAES, C. A. M. et al. Influência da segregação e caracterização no gerenciamento e valorização de resíduos sólidos industriais. In: Congresso Anual da ABM, 63, 2008, São Paulo. **Anais...** Santos: Congresso Anual da ABM, 2008, v. 1, p. 1801-1809.

RCRA ORIENTATION MANUAL. **Environmental protection agency**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epaoswer/general/orientat>>. Acesso em: 05 mar. 2007.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produto:** uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006. 576 p.

WAGNER, Bernd ; e ENZLER, Stefan. **Material flow management:** Improving cost efficiency and environmental performance. Heidelberg: Physica-Verlag, 2005. 206 p.

AVALIAÇÃO

- 1- análise crítica de trabalhos científicos e dissertações/teses
- 2 - trabalho final na forma de artigo, com foco no seu tema de mestrado, utilizando pelo menos uma ferramenta ambiental.
- Avaliação escrita, englobando todo o conteúdo da disciplina.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: Introdução à Simulação Numérica

Semestre: 2014/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 45 Carga horária prática: 0

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 99386

Requisitos de matrícula: nenhum

Professor: FLAVIA SCHWARZ FRANCESCHINI ZINANI

EMENTA

Lógica de programação. Equação geral de conservação de uma variável genérica escalar. Problemas elípticos, parabólicos e hiperbólicos. Conceitos de consistência, estabilidade, convergência e difusão numérica. Métodos de discretização das equações diferenciais em diferenças finitas. Aplicação das condições de contorno. Solução de sistemas de equações algébricas. Sistemas uni e bidimensionais, em regimes permanente e transiente. Solução de problemas convectivos-difusivos em campos de velocidade conhecidos.

OBJETIVOS

Introduzir conceitos básicos relacionados à Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD). Capacitar o aluno para o desenvolvimento de códigos de CFD. Capacitar o aluno para o uso adequado de códigos de CFD. Capacitar o aluno para a avaliação crítica de resultados gerados em CFD.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Lógica de programação. Programação estruturada. Sequência, seleção e repetição (laços). Representação dos números no computador. Erros de truncamento e arredondamento. Equação geral de conservação de uma variável genérica escalar. Problemas elípticos, parabólicos e hiperbólicos.

Métodos de discretização das equações diferenciais em diferenças finitas. Esquemas de diferenças adiantadas, atrasadas e centrais. Esquemas de discretização no tempo implícitos e explícitos. Condição de estabilidade e convergência.

Sistemas uni e bidimensionais, em regimes permanente e transiente.

Conceitos de consistência, estabilidade, convergência. Advecção e difusão, funções de interpolação. Difusão numérica.

Códigos livres e comerciais de Dinâmica dos Fluidos Computacional. Pós-processamento, métodos de solução e condições de contorno. Classificação de escoamentos. Transferência de calor.

Validação e verificação em Dinâmica dos Fluidos Computacional. Determinação da incerteza de resultados numéricos.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

CELIK, I.B.; GHIA, U.; ROACHE, P.J.; FREITAS, C.J.; COLEMAN H.; RAAD, P.E. Procedure for estimation and reporting of uncertainty due to discretization in CFD applications. **Journal of Fluids Engineering**, New York, v. 130, p. 078001-4, julho 2008.

CHAPRA, S. C.; CANALE, R. **Numerical Methods for Engineers**. 6. ed. Columbus: McGraw-Hill, 2009.

PATANKAR, S.V. **Numerical Heat Transfer and Fluid Flow**. New York: McGraw Hill, 1980.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ATKINSON, K. E. **An Introduction to Numerical Analysis**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1989.

AYYUB, B. M.; MCCUEN, R.H. **Numerical Methods for Engineers**. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

CHAPRA, S. C.; CANALE, R. **Métodos Numéricos para Engenharia**. 5. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

INCROPERA, F.; WITT, D. **Fundamentos da Transferência de Calor e Massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MALISKA, C.R. **Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

VERSTEEG, H. K.; MALALASEKERA, W. **Introduction to Computational Fluid Dynamics**. Harlow, England: Longman Scientific & Technical, 1995.

AValiação

A avaliação será feita por meio de trabalhos individuais, em grupo e uma prova no final do curso.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: Otimização de sistemas de energia

Semestre: 2014/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 45 Carga horária prática: 0

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 99391

Requisitos de matrícula: nenhum

Professor: MARIA LUIZA SPERB INDRUSIAK

EMENTA

Problema de projeto ótimo. Variáveis de projeto, função desempenho, objetivo, restrição. Classificação: Problemas lineares, não lineares. Com restrições, sem restrições. Programação matemática. Conceitos básicos de algoritmos. Algoritmos para minimização sem restrições. Incorporação de restrições. Condições de otimalidade com restrições de igualdade e desigualdade. Penalização. Formulação de problemas de ótimo em sistemas térmicos. Análise de sensibilidade.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Otimização: conceitos básicos;
Fundamentos Matemáticos;
Otimização com e sem restrições;
Otimização multiobjetivo;
Métodos Clássicos;
Otimização heurística.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

CHAPRA, S. C.; CANALE, R. P. **Métodos Numéricos Para Engenharia**. 5. ed. São Paulo: Mc Graw Hill, 2008

JALURIA, Y. **Design and optimization of thermal systems**. 2nd ed. Piscataway, New Jersey: CRC, 2007.

STOECKER, W. F. **Design of Thermal Systems**. 3rd ed. New York: McGraw Hill, 1989.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ARORA, J. S. **Introduction to Optimum Design**. 2nd ed. New York: Academic, 1989.

MARTINEZ, M.; SANTOS, S. **Métodos Computacionais de Otimização**. Campinas: IMEECC-UNICAMP, 1995.

RAVINDRAN, A.; RAGSDELL, K. M.; REKLAITIS, G. V. **Engineering Optimization: methods and applications**. 2nd ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2006.

YANG, X. S. **Engineering Optimization**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.

AVALIAÇÃO

Trabalhos individuais e em grupo;

Seminários;

Avaliação escrita individual.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: Projeto e Simulação de Sistemas Térmicos

Semestre: 2014/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 45 Carga horária prática: 0

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 108651

Requisitos de matrícula: nenhum

Professor: MARIO HENRIQUE MACAGNAN

EMENTA

Projeto de trocadores de calor: classificação; princípios teóricos, integração de processos, projeto, recuperação de resíduos térmicos, acumulação térmica, isolamento térmico. Refrigeração e ar condicionado: sistemas de compressão mecânica do vapor, refrigerantes, compressores, dispositivos de expansão, ciclo de absorção, psicrometria e processos de condicionamento de ar, umidificadores, lavadores e torres de arrefecimento.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. Projeto e simulação em engenharia. Sistemas térmicos: conceituação, classificação e modelagem de equipamentos e sistemas.
2. Trocadores de calor: tipos; princípios teóricos, métodos de análise e projeto térmico-hidráulico.
3. Refrigeração e ar condicionado: sistemas de compressão mecânica a vapor: compressores, dispositivos de expansão, refrigerantes; ciclo de absorção.
4. Sistemas de geração de potência: ciclos Rankine e Brighton. Bombas e turbinas.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

1. LAW, A.M. **Simulation Modeling and Analysis**. 4. ed. Boston: McGraw-Hill, 2007.
2. ASHRAE Handbook. **Refrigeration**. Atlanta: Ashrae, 2010.
3. BEJAN, A. **Advanced engineering thermodynamics**. 3. ed. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2006.

4. GARCIA, C. **Modelagem e Simulação de Processos Industriais e Sistemas Eletromecânicos**. 2. Ed. São Paulo: EDUSP, 2009.
5. HEROLD, K.E.; RADERMACHER, R.; KLEIN, S.A. **Absorption chillers and heat pumps**. Boca Raton: CRC Press, 1996.
6. JALURIA, Y., **Design and Optimization of Thermal Systems**. CRC Press - Taylor & Francis Group 2. ed., 2008.
7. JANNA, W. S. **Design of Fluid Thermal Systems**. 3. Ed. Stamford: Cengage Learning, 2011.
8. KUPPAN, T. **Heat Exchanger Design Handbook**. New York: Marcell Dekker, 2000.
9. NEE, M. J. **Heat exchanger engineering techniques: process, air conditioning and electronic systems: a treatise on heat exchanger installations that did not meet performance**. New York: ASME Press, 2003.
10. STOECKER, W. F. **Design of Thermal Systems**. 3. ed. New York: McGraw Hill, 1989.

AVALIAÇÃO

Trabalhos individuais e em grupos.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: Simulação de Edificações

Semestre: 2014/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 45 Carga horária prática: 0

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 108655

Requisitos de matrícula: nenhum

Professor: Paulo Roberto Wander

EMENTA

Sistemas térmicos em processos industriais: conceituação, identificação, classificação; identificação e modelagem dos componentes de uma instalação industrial; sistemas de geração de energia; sistemas auxiliares: utilidades; tópicos em manutenção de instalações industriais; comissionamento e descomissionamento de instalações e equipamentos; operação de instalações industriais; modelagem e simulação de plantas industriais; uso de aplicativos.

OBJETIVOS

Capacitar o aluno a simular o comportamento de edificações de modo a permitir uma análise integrada de aspectos de conforto, uso de equipamentos e características da envoltória visando redução do consumo de energia. Mostrar a influência da dinâmica dos processos ao longo do tempo, permitindo uma interpretação completa dos parâmetros de análise.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Conforto térmico. Transferência de calor em superfícies planas (condução, convecção e radiação), equações, propriedades de materiais. Carga térmica de edificações, métodos e programas de simulação. Sistemas de condicionamento de ar. Modelos de desempenho de equipamentos diversos. Solução de problemas e estudos de caso.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS.
Ashrae Handbook: Fundamentals. Atlanta: SI Edition, 2009.

CLARKE, J. A. **Energy Simulation in Building Design**. 2nd. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001.

CRAWLEY, D.B.; LAWRIE, L.K.; PEDERSEN, C.O.; WINKELMANN, F.C. EnergyPlus: Energy Simulation Program. **ASHRAE Journal online**, Atlanta, v. 42, n. 4, p. 49-56, 2000,

MALKAWI, Ali; AUGENBROE, Godfried (Ed). **Advanced Building Simulation**. New York: Spon Press, 2004.

UNDERWOOD, Chris; YIK, Francis. **Modelling Methods for Energy in Buildings**. Oxford: Blackweel Pub., 2004.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. CARLO, J.; LAMBERTS, R. Development of envelope efficiency labels for commercial buildings: Effect of different variables on electricity consumption. In: **Energy and Buildings**, V. 40 (2008) p. 2002–2008.

2. CRAWLEY, D.B.; LAWRIE, L.K.; WINKELMANN, F.C.; BUHL, W.F.; HUANG, Y. J.; PEDERSEN, C.O.; STRAND, R.K.; LIESEN, R.J.; FISHER, D.E.; WITTE, M.J.; GLAZER, J. EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program. In: **Energy and Buildings**, V. 33 (2001), p. 319-331.

3. IHM, P.; KRARTI, M.; HENZE, G.P. Development of a thermal energy storage model for EnergyPlus. In: **Energy and Buildings**, V. 36 (2004), p. 807–814.

4. LOMBARD, L.P.; ORTIZ, J.; CORONEL, J.F.; MAESTRE, I.R. A review of HVAC systems requirements in building energy regulations. In: **Energy and Buildings**, V. 43 (2011), p. 255–268.

5. ZHOU, Y.P.; WU, J.Y.; WANG, R.Z.; SHIOCHI, S.Y.; LI, M. Simulation and experimental validation of the variable-refrigerant-volume (VRV) air-conditioning system in EnergyPlus. In: **Energy and Buildings**, V. 40 (2008), p. 1041–1047.

AVALIAÇÃO

Trabalhos e/ou apresentação de seminários, artigos e provas.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplina: Técnicas Experimentais

Semestre: 2014/2

Carga horária total: 45 Carga horária teórica: 25 Carga horária prática: 20

Créditos: 03

Área temática: ENGMEC

Código da disciplina: 099385

Requisitos de matrícula: nenhum

Professor: João Batista Dias

EMENTA

Estatística e processamento de dados experimentais. Características de distribuições probabilísticas. Processos de medições e erros. Estimativas de parâmetros. Propagação de erros. Ajuste de curvas. Fundamentos da aquisição de dados. Dispositivos analógicos e digitais. Técnicas de amostragem. Teorema de Nyquist. Tipos de sensores. Medição de grandezas fundamentais como: temperatura, pressão, velocidade, vazão, fluxo de calor e umidade relativa, envolvendo o sensor (sensibilidade, calibração), condicionamento dos sinais, aquisição e tratamento.

OBJETIVOS

1. Desenvolver o conhecimento teórico e habilidades na área experimental através do manuseio de instrumentos de medição bem como fazer a análise estatística de suas respectivas respostas;
2. Construir e analisar instrumentos de medições a partir dos conhecimentos adquiridos.

SEMANA	DATA	ASSUNTO
1 ^a	16/10/14	Apresentação da atividade acadêmica do trimestre. (Relatórios técnicos, apresentação, Avaliação). Equipamentos de medição: voltímetro, amperímetro, ohmímetro, capacímetro, frequencímetro. Agilent: Aquisição de dados manual e via computador. Atividade prática 1: Praticar o uso do multímetro na medida de resistência elétrica e tensão contínua.
2 ^a	17/10/14	Características de distribuições probabilísticas. Processos de medições e

		erros. Estimativas de parâmetros. Propagação de erros. Atividade prática 2: Determinar a incerteza propagada no cálculo da potência dissipada em um resistor. Apresentar resultados na próxima aula (3 alunos).
3 ^a	23/10/14	Condicionamento dos sinais, aquisição e tratamento. Dispositivos analógicos e digitais. Estatística e processamento de dados experimentais.
4 ^a	24/10/14	Tipos de sensores de temperatura: PT100, PT1000, Ni100, Termopares J, K, ..., Ad 592, LM 35. Calibração de sensores de temperatura: Ajuste de curvas, uso de programas para ajustes de curvas (CurveExpert, Grapher, Excel). Atividade prática 3: Calibrar um sensor de temperatura PT100 ou Termopar contra um termômetro de Hg de referência encontrando a curva de calibração com auxílio do programa Curve Expert. Apresentar resultados na próxima aula (3 alunos).
5 ^a	30/10/13	Projeto 1: Construção de um medidor de temperatura do ar: desenho do medidor, orientações sobre a montagem, calibração e uso.
6 ^a	31/10/13	Aval 1: Apresentação oral e escrita em PowerPoint do projeto 1, conforme a ficha de avaliação de projetos e experimentos
7 ^a	06/11/14	Medição de grandezas fundamentais como: umidade relativa. Medição de grandezas fundamentais como: pressão e velocidade
8 ^a	07/11/14	Atividade prática 4: Determinação da velocidade de escoamentos com utilização de tubo de Pitot e anemômetro digital. Medida da vazão de ar em um tubo. Apresentar resultados na próxima aula (3 alunos).
9 ^a	14/11/14	Projeto 2: Medição da umidade relativa do ar: Construção de um psicrômetro usando sensores de Tbu e Tbs. Desenho do medidor, orientações sobre a montagem, calibração e uso.
10 ^a	21/11/14	Aval 2: Medição da umidade relativa do ar (Apresentação oral com todos os passos da ficha de avaliação de projetos e experimentos)
11 ^a	28/11/14	Atividade prática 5: Determinação da força peso de um objeto com uso de strain gauges. Apresentar resultados na próxima aula (3 alunos).
12 ^a	05/12/14	Medidas de pressão estática, dinâmica e de estagnação com manômetros de coluna líquida, manômetros de Bourdon e transdutores de pressão.
13 ^a	11/12/14	Aval 3: Medidores de Vazão. Medição de grandezas fundamentais como: vazão e pressão. (Apresentação oral com todos os passos da ficha de avaliação de projetos e experimentos anexada)

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

Agilent Technologies. User's Guide: Data Acquisition/Switch Unit. USA, 3 Edition, 1999.
BENDAT, J. S.; PIERSOL, A. G. **Random Data**: analysis and measurement procedures. New York: John Wiley & Sons, 2000.
DOEBELIN, E.O. **Measurement Systems**: application and design. New York: McGraw-Hill, 1990.
HELENE, O. A. M.; VANIN, V. R. **Tratamento Estatístico de Dados em Física Experimental**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1991.
HOLLMANN, J.P. **Experimental Methods for Engineers**. McGraw Hill, 1996.
ISMAIL, K.A. **Técnicas de Medidas e Instrumentação em Engenharia Mecânica**. São

Paulo: UNICAMP, 1986.

KEITH C. **Fundamental of Test Measurement Instrumentation**. Pittsburgh: ISA, 2006.

RAMOS, L. A. M. **Física Experimental**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1984.

WHEELER, A. J.; GANJI, A. R. **Introduction to Engineering Experimentation**. USA: Prentice Hall, 1995.

AVALIAÇÃO

A avaliação é composta de três verificações Aval1, Aval2, Aval3 e da média do desempenho nas atividades práticas de laboratório MPR. As avaliações Aval1, Aval2 e Aval3 se referem a apresentação de trabalhos de construção e análise de medidores experimentais. No dia da avaliação, o aluno ou o grupo de alunos deverá apresentar um aparato experimental (objeto de seu estudo), realizar uma apresentação oral (PowerPoint) conforme modelo fornecido pelo professor. A nota final será atribuída com base na média ponderada das avaliações Aval1, Aval 2 e Aval 3 e da média do desempenho nas práticas:

$$MF = \frac{2,8 * Aval_1 + 2,8 * Aval_2 + 2,0 * Aval_3 + 2,4 * MPR}{10}$$