

## **IDENTIFICAÇÃO**

### **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica**

Nível: ☒ Mestrado ☒ Doutorado

Disciplina: **Biomassa para Energia – Tecnologias e Meio Ambiente**

Semestre: **2020/2**

Carga horária: **45h**

Créditos: **03**

Área temática: **ENGMEC**

Código da disciplina: **119210 e 120231**

Professor: **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Regina Célia Espinosa Modolo**

## **EMENTA**

Tipos de biomassa para a produção de energia. Processos de beneficiamento de biomassa. Tecnologias para a conversão termoquímica de biomassa. Métodos de tratamento de emissões atmosféricas. Características e gestão de cinzas. Avaliação de Impacto Ambiental de resíduos da combustão de biomassa.

## **CONTEÚDO PROGRAMÁTICO**

Características de diferentes tipos de biomassa para uso como combustível na produção de energia.

Pré-tratamento e processos de beneficiamento de biomassa para conversão termoquímica.

Tecnologias de conversão termoquímica de biomassa.

Caracterização e tratamento de emissões atmosféricas da conversão termoquímica de biomassa.

Características e gestão de cinzas da conversão termoquímica de biomassa.

Tratamento e beneficiamento de cinzas para valoração como coproduto e mitigação de impactos ambientais.

Avaliação de impacto ambiental de cinzas do processo de conversão termoquímica de biomassa.

## **AVALIAÇÃO**

- Trabalhos e Seminários e Prova

### **BIBLIOGRAFIA BÁSICA**

CORTEZ, Luis A. B.; LORA, Electo E. S.; GÓMEZ, Edgardo O. (org.). **Biomassa para energia**. Campinas: Ed. UNICAMP, 2009.

van Loo, S. KOPPEJAN, J. (ed.). **The handbook of biomass combustion and co-firing**. London: Earthscan, 2008.

### **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

MODOLO, R. C. E. *et al.* Treatment and use of bottom bed waste in biomass fluidized bed combustors. **Fuel Processing Technology**, [s. l.], v. 125, p. 170-181, Sept. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2014.03.040>. Acesso em: 12 jun 2020.

STEENARI, B-M; KARLFELDT FEDJE, K. Addition of kaolin as potassium sorbent in the combustion of wood fuel – Effects on fly ash properties. **Fuel**, [s. l.], v. 89, n. 8, p. 2026-2032, Aug. 2010.

STEENARI, B. M.; LINQVIST, O. Stabilisation of biofuel ashes for recycling to forest soil. **Biomass and Bioenergy**, [s. l.], v. 13, n. 1-2, p. 39-50, 1997.

VASSILEV, S. V. *et al.* An overview of the Chemical composition of biomass. **Fuel**, [s. l.], v. 89, n. 5, p. 913-933, May 2010.

## **IDENTIFICAÇÃO**

### **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica**

Nível: ☒ Mestrado ☒ Doutorado

Disciplina: **Ebulição e condensação**

Semestre: **2020/2**

Carga horária: **45h**

Créditos: **03**

Área temática: **ENGMEC**

Código da disciplina: **108652 e 120222**

Professor: **Profa. Dra. 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**

CAREY, V. P. **Liquid-vapor phase-change phenomena**: an introduction to the thermophysics of vaporization and condensation processes in heat transfer equipment. 2nd ed. New York: Taylor & Francis, 2008.

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de calor e massa**: uma abordagem prática. 4. ed. São Paulo: McGraw Hill, 2011.

COLLIER, J. G. **Convective boiling and condensation**. USA: McGraw-Hill, 1994.

INCROPERA, F.; WITT, D. **Fundamentos da transferência de calor e massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

KAKAÇ, S. **Boiler, evaporators and condensers**. [S. l.]: John Wiley & Sons, 1991.

KANDLIKAR, S. G. *et al.* **Heat transfer and fluid flow in minichannels and microchannels**. [S. l.]: Elsevier, 2007.

KANDLIKAR, S. G.; SHOJI, M.; DHIR, V. **Handbook of phase change**: boiling and condensation. Philadelphia: Taylor & Francis, 1999.

RODRIGUEZ, O. M. H. **Escoamento multifásico**. [S. l.]: ABCM, 2011.

ROHSENOW, W. M.; HARTNETT, J.; CHO, Y. **Handbook of heat transfer**. USA: McGraw Hill, 1998.

WHALLEY, P. B. **Two-phase flow and heat transfer**. Oxford: Oxford University Press, 1996.

## **AVALIAÇÃO**

Trabalhos individuais e em grupos, prova individual ao final.

## **IDENTIFICAÇÃO**

### **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica**

Nível: ☒ Mestrado ☒ Doutorado

Disciplina: **Energia Solar Fotovoltaica**

Semestre: **2020/2**

Carga horária: **45h**

Créditos: **03**

Área temática: **ENGMEC**

Código da disciplina: **108653 e 120227**

Professor: **Prof. Dr. 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 irradiância solar.

## **UNIDADE II: Fundamentos da Energia Solar Fotovoltaica**

### **Princípios básicos**

- O efeito fotovoltaico
- Fotogeração 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.

### **AVALIAÇÃO**

A avaliação é composta de exercícios práticos e projetos realizados no laboratório e extraclasse. Todos os exercícios são apresentados oralmente e postados em *PDF* na respectiva pasta do aluno. A nota final será atribuída com base na média ponderada das apresentações e projetos

realizados, conforme a equação abaixo: Os exercícios e/ou projetos não apresentados oralmente não farão parte da composição da média final.

### Cálculo da Média Final

$$MF = \frac{4,0 * P1 + 6,0 * \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ATPi}{10}$$

Onde:

*P1* é a prova ou projeto, com peso 4,0.

*ATP* são exercícios práticos, com peso 6,0.

*N* é o número de exercícios desenvolvidos no período letivo.

### BIBLIOGRAFIA BÁSICA

BALFOUR, J.; SHAW, M.; NASH, N. B. **Introdução ao projeto de sistemas fotovoltaicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2016.

BELESSIOTIS, V.; KALOGIROU, S.; DELYANNIS, E. **Thermal solar desalination**: methods and systems. 1st ed. [S. l.]: Academic Press, 2016.

BOXWELL, M. **Solar electricity handbook**: a simple, practical guide to solar energy: designing and installing solar photovoltaic systems. [S. l.]: Greenstream Publishing, 2017.

D'ADDARIO, M. **Manual de energía solar fotovoltaica**: usos, aplicaciones y diseño. 2ª ed. [S. l.]: Createspace, 2015.

ISABELLA, O. *et al.* **Solar energy**: the physics and engineering of photovoltaic conversion, technologies and systems. Cambridge: UIT Cambridge, 2016.

KALOGIROU, S. **Engenharia de energia solar**: processos e sistemas. [S. l.]: Elsevier Academic, 2016.

KALOGIROU, S. **McEvoy's handbook of photovoltaics**: fundamentals and applications. [S. l.]: Academic Press, 2017.

KINKAID, C. **Solar PV off-grid power**: how to build solar pv energy systems for stand alone LED lighting, cameras, electronics, communication, and remote site home power systems. [S. l.]: Solardyne LLC, 2014.

PIPE, J.; MENEZES, B. **Energia solar**. 1. ed. [S. l.]: Callis, 2016.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica**: conceitos e aplicações: sistemas isolados e conectados à rede. 2. ed. [S. l.]: Érica, 2015.

## **IDENTIFICAÇÃO**

### **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica**

Nível: ☒ Mestrado ☒ Doutorado

Disciplina: **Energia Solar Térmica**

Semestre: **2020/2**

Carga horária: **45h**

Créditos: **03**

Área temática: **ENGMEC**

Código da disciplina: **108654 e 120230**

Professor: **Prof. Dr. 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.

## **BIBLIOGRAFIA**

BLANCO, M. J.; SANTIGOSA, L. R. (ed.). **Advances in concentrating solar thermal research and technology**. Amsterdam: Elsevier, 2017.

CAMACHO, E. F.; BERENGUEL, M.; RUBIO, F. R.; MARTÍNEZ, D. **Control of solar energy systems**. London: Springer-Verlag Limited, 2012.

DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. **Solar engineering of thermal processes**. 4th ed. New York: John Wiley, 2013.

HELLER, P. (ed.). **The Performance of Concentrated Solar Power (CSP) systems**. Duxford: Elsevier, 2017.

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

KALOGIROU, S. A. **Solar energy engineering: processes and systems**. 2nd. ed. Amsterdam: Elsevier, 2014.

KALOGIROU, S. A. Solar thermal collectors and applications. **Progress in Energy and Combustion Science**, Amsterdam, v. 30, p. 231-295, 2004.

LOVEGROVE, K.; STEIN, W. **Concentrating solar power technology: principles, developments and applications**. [S. l.]: Woodhead Publishing, 2012.

RICHTER, C.; LINCOT, D.; GUEYMARD, C. A. (ed.). **Solar energy**. New York: Springer Science+Business Media, 2013.

SHUKLA, R. *et al.* Recent advances in the solar water heating systems: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 19, p. 173-190, 2013.

WANG, R. Z.; GE, T. S. (ed.). **Advances in solar heating and cooling**. Amsterdam: Elsevier, 2016.

## **AVALIAÇÃO**

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

## **IDENTIFICAÇÃO**

### **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica**

Nível: ☒ Mestrado ☒ Doutorado

Disciplina: **Introdução à Simulação Numérica**

Semestre: **2020/2**

Carga horária: **45h**

Créditos: **03**

Área temática: **ENGMEC**

Código da disciplina: **114040 e 120220**

Professor: **Profa. Dra. Flávia 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.

## **OBJETIVO**

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.

### **AVALIAÇÃO**

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

### **BIBLIOGRAFIA BÁSICA**

CELIK, I. B. *et al.* Procedure for estimation and reporting of uncertainty due to discretization in CFD applications. **Journal of Fluids Engineering**, New York, v. 130, p. 078001-4, 2008.

CHAPRA, S. C.; CANALE, R. **Numerical methods for engineers**. 6th 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**. 2nd 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: Longman Scientific & Technical, 1995.

## **IDENTIFICAÇÃO**

### **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica**

Nível: ☒ Mestrado ☒ Doutorado

Disciplina: **Simulação de Edificações**

Semestre: **2020/2**

Carga horária: **45h**

Créditos: **03**

Área temática: **ENGMEC**

Código da disciplina: **108655 e 120228**

Professor: **Prof. Dr. Paulo Roberto Wander**

## **EMENTA**

Noções de conforto térmico. Legislação referente a edificações. Programas para simulação de edificações. Propriedades físicas dos materiais e fluidos e modelos de desempenho de equipamentos diversos. Eficiência energética em edificações (envoltória, iluminação e sistemas de ar condicionado).

## **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. *et al.* Energy plus: energy simulation program. **ASHRAE Journal**, 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, 2004.

### **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

CARLO, J.; LAMBERTS, R. Development of envelope efficiency labels for commercial buildings: effect of different variables on electricity consumption. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 40, p. 2002-2008, 2008.

CRAWLEY, D. B. *et al.* EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 33, p. 319-331, 2001.

IHM, P.; KRARTI, M.; HENZE, G. P. Development of a thermal energy storage model for EnergyPlus. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 36, p. 807-814, 2004.

LOMBARD, L. P. *et al.* A review of HVAC systems requirements in building energy regulations. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 43, p. 255-268, 2011.

ZHOU, Y. P. *et al.* Simulation and experimental validation of the variable-refrigerant-volume (VRV) air-conditioning system in EnergyPlus. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 40, n. 1041-1047, 2008.

### **AVALIAÇÃO**

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