



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE
PLANO DE ENSINO

SEMESTRE 2022.1

I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS		TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS
		TEÓRICAS	PRÁTICAS	
EES7306	CONVERSÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS	04	00	72

HORÁRIO

TURMAS TEÓRICAS	TURMAS PRÁTICAS	MODALIDADE
07653 - 3.1420(2) 6.1420(2)	-	Presencial

II. PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)

ELAINE VIRMOND (elaine.virmond@ufsc.br)

III. PRÉ-REQUISITO(S)

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA
EES7354	Transferência de Calor e Massa I
EES7366	Termodinâmica II
EES7369	Geologia de Carvão e Petróleo

IV. CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA

Bacharelado em Engenharia de Energia

V. JUSTIFICATIVA

Combustão é o processo mais antigo aplicado a materiais sólidos para a produção de energia térmica, mas há outros processos aplicáveis, tais como pirólise e gaseificação. Considerando-se a atual dependência mundial de combustíveis sólidos convencionais (carvão mineral e madeira, por exemplo) para produção de energia térmica e elétrica; a dificuldade de disposição adequada de resíduos sólidos e o elevado custo associado; a disponibilidade de grande diversidade e quantidade de resíduos sólidos com potencial energético, tornam-se imprescindíveis ao Engenheiro de Energia o conhecimento e a capacidade de análise, operação e otimização de sistemas de conversão térmica de sólidos com vistas ao aumento da eficiência energética de sistemas já instalados, da exploração de fontes alternativas, e do desenvolvimento de novos processos, mais eficientes e com menores impactos social e ambiental.

VI. EMENTA

Panoramas mundial e brasileiro em fósseis, biomassa e resíduos. Caracterização de sólidos como combustíveis. Processos de conversão térmica de sólidos: pirólise, gaseificação e combustão. Aplicação dos produtos da conversão térmica.

VII. OBJETIVOS

Objetivo Geral: Fornecer subsídios para análise, projeto, operação e otimização de processos de conversão térmica de sólidos.

Objetivos Específicos:

- Apresentar os processos de conversão térmica de sólidos, sua importância e sua aplicabilidade no cenário energético local, nacional e mundial;
- Relacionar e caracterizar os principais sólidos utilizados como fonte de energia em processos de conversão térmica;
- Descrever características, propriedades físico-químicas e metodologias aplicáveis à avaliação do potencial de aplicação de sólidos como combustíveis;
- Descrever processos genéricos de pirólise, de gaseificação e de combustão;

- Apresentar os principais sistemas de conversão térmica utilizados industrialmente, relacionando propriedades dos sólidos combustíveis a parâmetros operacionais, produtos, resíduos e possibilidades de aplicação.

VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Conteúdo Teórico:

1. INTRODUÇÃO
 - 1.1 Combustíveis sólidos: definição, origem e tipos;
 - 1.2 Panoramas mundial e brasileiro em fósseis, biomassa e resíduos;
2. CARACTERIZAÇÃO DE SÓLIDOS COMO COMBUSTÍVEIS
 - 2.1 Tipos, classificação e propriedades físico-químicas;
 - 2.2 Disponibilidade, logística de coleta, transporte e armazenamento;
 - 2.3 Pré-tratamento de sólidos: redução de tamanho de partícula, compactação, torrefação, outros;
3. PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DE SÓLIDOS
 - 3.1 Introdução e definições fundamentais;
 - 3.2 Combustão;
 - Etapas do processo de combustão e produtos formados;
 - Parâmetros e controle operacional do processo de combustão;
 - Cálculos estequiométricos da combustão;
 - Tipos, projeto e operação de reatores de combustão (combustores);
 - Emissões e análise do processo de combustão;
 - 3.3 Pirólise;
 - Etapas do processo de pirólise e produtos formados;
 - Pirólise lenta ou carbonização: tecnologias e sistemas de carbonização;
 - Pirólise rápida: tecnologias e sistemas de pirólise rápida;
 - 3.4 Gaseificação;
 - Etapas do processo de gaseificação e produtos formados;
 - Tecnologias e sistemas de gaseificação;
4. APLICAÇÃO DOS PRODUTOS DA CONVERSÃO TÉRMICA
 - 4.1 Produtos da pirólise;
 - 4.2 Produtos da gaseificação;
 - 4.3 Produtos da combustão.

Conteúdo Prático: Não se aplica.

IX. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

- O processo de ensino/aprendizagem será composto por:
 1. Aulas teóricas com utilização de recursos áudio visuais e quadro;
 2. Atividades dirigidas em sala de aula ou extraclasse (seminários individuais ou em grupo, elaboração de trabalhos escritos, resolução de listas de exercícios, estudo de tópico para apresentação ou arguição oral em sala de aula, palestras, entre outras).As atividades dirigidas serão realizadas em data/prazo indicado no cronograma. Visita(s) técnica(s) de estudos a empresas do setor de energia prevista(s) em outra(s) disciplina(s) poderá(ão) ser incorporada(s) ao cronograma desta disciplina por apresentar(em) interesses comuns no âmbito de seus conteúdos.
- A plataforma Moodle-UFSC será canal auxiliar de comunicação entre professora e estudantes. Todo o material didático e de apoio será postado no ambiente da disciplina no Moodle ou, alternativamente, enviado por e-mail ou disponibilizado na forma impressa quando necessário.
- **Horário de atendimento aos estudantes:** A professora estará disponível para atendimento aos alunos em sua sala no seguinte dia da semana e horário: segunda-feira, 16h00min às 17h00min na Unidade Jardim das Avenidas, Bloco C1, Sala 02.
- As atividades da disciplina serão realizadas conforme descrito a seguir e indicado no cronograma.
- **Observações:**
 - a) Espera-se dos(as) discentes condutas adequadas ao contexto acadêmico. Atos que sejam contra: a integridade física e moral da pessoa; o patrimônio ético, científico, cultural, material e, inclusive o de informática; e o exercício das funções pedagógicas, científicas e administrativas, poderão acarretar abertura de processo disciplinar discente, nos termos da Resolução nº 017/CUn/97, que prevê como penalidades possíveis a advertência, a repreensão, a suspensão e a eliminação (desligamento da UFSC).
 - b) Devem ser observados os direitos de imagem tanto de docentes, quanto de discentes, sendo vedado disponibilizar, por quaisquer meios digitais ou físicos, os dados, a imagem e a voz de colegas e do(a) professor(a), sem autorização específica para a finalidade pretendida e/ou para qualquer finalidade estranha à atividade de ensino, sob pena de responder administrativa e judicialmente.
 - c) Todos os materiais disponibilizados no ambiente virtual de ensino-aprendizagem são exclusivamente para

fins didáticos, sendo vedada a sua utilização para qualquer outra finalidade, sob pena de responder administrativa e judicialmente.

d) Somente poderão ser gravadas pelos discentes as atividades propostas mediante concordância prévia dos docentes e colegas, sob pena de responder administrativa e judicialmente.

e) A gravação das aulas pelo(a) docente deve ser informada aos discentes, devendo ser respeitada a sua liberdade quanto à exposição da imagem e da voz.

f) A liberdade de escolha de exposição da imagem e da voz não isenta o(a) discente de realizar as atividades avaliativas originalmente propostas ou alternativas, devidamente especificadas no plano de ensino.

g) Os materiais disponibilizados no ambiente virtual possuem licenças de uso e distribuição específicas, a depender de cada situação, sendo vedada a distribuição do material cuja licença não o permita, ou sem a autorização prévia dos(as) professores(as) para o material de sua autoria.

X. METODOLOGIA E INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

- A verificação do rendimento escolar compreenderá **frequência e aproveitamento** nos estudos, os quais deverão ser atingidos conjuntamente. Será obrigatória a frequência às atividades correspondentes a cada disciplina, ficando nela reprovado o aluno que não comparecer, no mínimo a 75% das mesmas.
- A nota mínima para aprovação na disciplina será 6,0 (seis). (Art. 69 e 72 da Res. nº 17/CUn/1997).
- O aluno com frequência suficiente (FS) e média das notas de avaliações do semestre entre 3,0 e 5,5 terá direito a uma nova avaliação no final do semestre (REC), exceto as atividades constantes no art.70, § 2º. A nota será calculada por meio da média aritmética entre a média das notas das avaliações parciais (MF) e a nota obtida na nova avaliação (REC). (Art. 70 e 71 da Res. nº 17/CUn/1997).

$$NF = \frac{MF + REC}{2}$$

- Ao aluno que não comparecer às avaliações ou não apresentar trabalhos no prazo estabelecido será atribuída nota 0 (zero). (Art. 70, § 4º da Res. nº 17/CUn/1997).

Avaliações

- Serão realizadas 3 (três) atividades avaliativas, individuais ou em grupo (A1, A2 e A3), e 2 (duas) avaliações individuais escritas (AE1 e AE2) ao longo do período letivo.
- Cada atividade avaliativa receberá nota entre zero (0) e dez (10) e a média final (MF) da disciplina será calculada da seguinte forma:

$$MF = 0,20 * AE1 + 0,20 * A1 + 0,15 * A2 + 0,30 * AE2 + 0,15 * A3$$

- As avaliações individuais escritas (AE) poderão conter questões objetivas, objetivas mistas e dissertativas.
- Será atribuída nota zero para as atividades onde for verificado plágio.
- A avaliação de recuperação (REC) englobará todo o conteúdo do semestre e ocorrerá conforme indicado no cronograma a seguir.

Pedido de Nova Avaliação - Art. 74 da Res. nº 17/Cun/97

- O aluno, que por motivo de força maior e plenamente justificado, deixar de realizar atividades avaliativas previstas no plano de ensino, deverá fazer o pedido à Chefia do Departamento de Energia e Sustentabilidade (EES), dentro do prazo de 3 (três) dias úteis, apresentando documentação comprobatória. O pedido de Nova Avaliação deve ser formalizado na Secretaria Integrada de Departamentos (SID).

XI. Cronograma previsto

AULA (semana)	DATA	ASSUNTO	CARGA HORÁRIA
1ª	11/04/2022 a 16/04/2022	Semana de Integração Acadêmica da Graduação. 15/04/2022: Feriado (sexta-feira).	4
2ª	18/04/2022 a 23/04/2022	Apresentação da disciplina e do plano de ensino. 1) INTRODUÇÃO. 1.1 Combustíveis sólidos: definição, origem e tipos. 1.2 Panoramas mundial e brasileiro em fósseis, biomassa e resíduos. 21/04/2022: Feriado (quinta-feira).	4
3ª	25/04/2022 a 30/04/2022	1) INTRODUÇÃO. 1.2 Panoramas mundial e brasileiro em fósseis, biomassa e resíduos. 2) CARACTERIZAÇÃO DE SÓLIDOS COMO COMBUSTÍVEIS: 2.1 Tipos, classificação e	4

		propriedades físico-químicas.	
4 ^a	02/05/2022 a 07/05/2022	2) CARACTERIZAÇÃO DE SÓLIDOS COMO COMBUSTÍVEIS: 2.1 Tipos, classificação e propriedades físico-químicas. 04/05/2022: Feriado (quarta-feira).	4
5 ^a	09/05/2022 a 14/05/2022	2) CARACTERIZAÇÃO DE SÓLIDOS COMO COMBUSTÍVEIS: 2.1 Propriedades físico-químicas.	4
6 ^a	16/05/2022 a 21/05/2022	AValiação Escrita 1 (AE1). 2) CARACTERIZAÇÃO DE SÓLIDOS COMO COMBUSTÍVEIS: 2.2 Disponibilidade, logística de coleta, transporte e armazenamento. 2.3 Pré-tratamento de sólidos: redução de tamanho de partícula, compactação, torrefação, outros. ATIVIDADE 1 (A1).	4
7 ^a	23/05/2022 a 28/05/2022	ATIVIDADE 1 (A1).	6
8 ^a	30/05/2022 a 04/06/2022	ATIVIDADE 1 (A1). 3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DE SÓLIDOS. 3.1: Introdução e definições fundamentais. 3.2: Combustão.	4
9 ^a	06/06/2022 a 11/06/2022	3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS. 3.2: Combustão - Estequiometria e tipos de combustores.	4
10 ^a	13/06/2022 a 18/06/2022	3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS. 3.2: Combustão - Emissões do processo de combustão: Caracterização das emissões. Limites de emissão. ATIVIDADE 2 (A2). 16/06/2022: Feriado (quinta-feira).	4
11 ^a	20/06/2022 a 25/06/2022	ATIVIDADE 2 (A2).	6
12 ^a	27/06/2022 a 02/07/2022	ATIVIDADE 2 (A2). 3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS: Pirólise - carbonização.	4
13 ^a	04/07/2022 a 09/07/2022	3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS: Pirólise - carbonização; pirólise rápida.	4
14 ^a	11/07/2022 a 16/07/2022	3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DE SÓLIDOS. 3.4: Gaseificação.	4
15 ^a	18/07/2022 a 23/07/2022	3) PROCESSOS DE CONVERSÃO TÉRMICA DE SÓLIDOS. 3.4: Gaseificação. AValiação Escrita 2 (AE2).	4
16 ^a	25/07/2022 a 30/07/2022	4) APLICAÇÃO DOS PRODUTOS DA CONVERSÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS. 4.1 Produtos da pirólise. 4.2 Produtos da gaseificação. 4.3 Produtos da combustão. ATIVIDADE 3 (A3).	4
17 ^a	01/08/2022 a 03/08/2022	ATIVIDADE 3 (A3). NOVA AVALIAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RECUPERAÇÃO.	4

OBS: O calendário está sujeito a pequenos ajustes de acordo com as necessidades das atividades.

XII. Feriados e dias não letivos previstos para o semestre 2022.1	
DATA	FERIADO
15/04/2022	Sexta-Feira Santa
21/04/2022	Tiradentes
01/05/2022	Dia do Trabalho
04/05/2022	Dia da Padroeira da Cidade (Campus Araranguá).
16/06/2022	Corpus Christi

XIII. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- SAJWAN, K.S.; ALVA, A.K.; PUNSHON, T.; TWARDOWSKA, I. **Coal Combustion Byproducts and Environmental Issues**. New York, NY: Springer Science+Business Media, Inc., 2006. [Springer e-book]. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F0-387-32177-2.pdf>. Acesso em: 16/03/2022.
- SMOOT, L.D., SMITH, P.J. **Coal Combustion and Gasification**. Springer US, 1985. Disponível em: <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-1-4757-9721-3>. Acesso em: 16/03/2022.
- FIGUEIREDO, J.L., MOULIJN, J.A. **Carbon and Coal Gasification**. Springer Netherlands, 1986. Disponível em: <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-94-009-4382-7>. Acesso em: 16/03/2022.
- YUN, Y. **Gasification for Practical Applications**. IntechOpen, 2012. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/gasification-for-practical-applications>. Acesso em: 16/12/2020.
- BRIDGWATER, A.V., GRASSI, G. **Biomass Pyrolysis Liquids Upgrading and Utilization**. Imprensa Springer Netherlands, 1991. Disponível em: <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-94-011-3844-4>.

Acesso em: 16/03/2022.

XIV. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. HILSDORF, J.W. et al. **Química tecnológica**. São Paulo: Cengage Learning, c2004. viii, 340 p. ISBN 8522103526.
2. CORTEZ, L.A.B., LORA, E.E.S., OLIVARES GÓMEZ, E. (Org.). **Biomassa para energia**. Campinas: Ed. Unicamp, 2008, 734 p. ISBN 9788526807839.
3. LORA, E.E.S.; VENTURINI, O.J.(Coord.). **Biocombustíveis**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 2 v. ISBN 9788571962289 (obra completa).
4. BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. xvi, 114 p. ISBN 9788571932449.

Professor:

Aprovado pelo Colegiado do Curso em ___/___/___

Presidente do Colegiado: