



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ-ARA
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIA
PLANO DE ENSINO

SEMESTRE 2015.1

I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS		TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS
		TEÓRICAS	PRÁTICAS	
ARA 7308	HIDROGÊNIO E PILHAS À COMBUSTÍVEL	04	00	72

HORÁRIO

TURMAS TEÓRICAS	TURMAS PRÁTICAS	MODALIDADE
10653 - 3.1420(2) 5.1620(2)	-	Presencial

II. PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)

ELISE SOMMER WATZKO (elise.sommer@ufsc.br)

III. PRÉ-REQUISITO(S)

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA
ARA7170	Circuitos Elétricos
ARA7351	Termodinâmica I
ARA7355	Transferência de Calor e Massa II

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

Graduação em Engenharia de Energia

V. JUSTIFICATIVA

Esta disciplina é necessária para uma complementação na formação do profissional de engenharia de energia, apresentando uma fonte alternativa de energia: as células de combustível e o seu principal combustível, o hidrogênio, que tem potencial para ser um importante vetor energético.

VI. EMENTA

Introdução, Princípios termodinâmicos de células a combustível. Transporte em membranas. Catálise. Transferência de calor, massa e cargas elétricas. Desempenho de células a combustível. Eletroquímica. Curva de polarização. Sistemas de geração de eletricidade. Testes de desempenho. Materiais e processos de fabricação. Produção, armazenamento e transporte de hidrogênio. Aspectos de segurança. Exemplos em geração estacionária e em mobilidade. Análise de ciclo de vida.

VII. OBJETIVOS

Objetivos Gerais:

Capacitar o aluno para conhecer os conceitos básicos sobre o projeto e o funcionamento das células de combustível, além da produção e armazenamento de hidrogênio.

Objetivos Específicos:

- Despertar nos acadêmicos o interesse pela tecnologia de Células de Combustíveis, destacando os benefícios da mesma;

OSW

- Explicar o princípio básico de funcionamento da geração de energia por células de combustível;
- Contextualizar os métodos de produção e armazenamento de hidrogênio;
- Capacitar os alunos para calcular a potência produzida por uma célula de combustível, considerando o potencial irreversível produzido e as perdas de potencial devido às irreversibilidades: sobrepotenciais de ativação, concentração e ôhmico;
- Apresentar os diversos tipos de células de combustível existentes;
- Identificar os métodos de caracterização de células de combustível;
- Conhecer os componentes das células de combustíveis e os materiais utilizados;
- Estimular nos acadêmicos a busca e compreensão de artigos científicos na área da disciplina.

VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

UNIDADE 01: Introdução

- O que é uma célula de combustível
- Funcionamento de células de combustível
- Vantagens e desvantagens
- Desempenho de uma célula de combustível
- Componentes de células de combustível
- Células de combustível e o meio ambiente

UNIDADE 02: Termodinâmica das células de combustível

- Revisão de Termodinâmica
- Entalpia de Reação
- Energia livre de Gibbs
- Cálculo do potencial reversível para diferentes condições
- Equação de Nernst

UNIDADE 03: Cinética de reação para células de combustível

- Eletrocatalise
- Energia de ativação
- Densidade de corrente de troca
- Equação de Butler-Volmer
- Equação de Tafel
- Desenvolvimento de eletrodos para células de combustível

UNIDADE 04: Transporte de carga em células de combustível

- Densidade de corrente
- Resistência ao transporte de carga
- Condutividade iônica
- Sobrepotencial ôhmico
- Eletrólitos para células de combustível

UNIDADE 05: Transporte de massa em células de combustível

- Difusão mássica
- Densidade de corrente limite
- Canais de entrada de gases
- Resistência ao transporte de carga

UNIDADE 06: Modelagem matemática de células de combustível

- Construção do modelo matemático
- Hipóteses
- Equações Governantes
- Exemplos e aplicações

UNIDADE 07: Caracterização de células de combustível

05W

- Caracterizações *in situ*
- Caracterizações *ex situ*

UNIDADE 08 Sistemas de células de combustíveis

- *Stacks*
- Equipamentos utilizados

UNIDADE 9 Tipos de Células de Combustíveis

- Célula de Combustível de Membrana Polimérica
- Célula de Combustível Alcalina
- Célula de Combustível de Ácido Fosfórico
- Célula de Combustível de Óxido Sólido

UNIDADE 10 Hidrogênio

- Produção
- Armazenamento e transporte
- Perspectivas para o uso energético do hidrogênio
- Hidrogênio como vetor energético

UNIDADE 11 Análise de ciclo de vida

IX. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

Aulas expositivas intercaladas com discussões. Material de apoio postado no Moodle. Desenvolvimento de exercícios, trabalhos e seminários.

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 Escritas**
Serão realizadas duas provas escritas:
- Prova Escrita 1 será referente aos conteúdos das **Unidades 1, 2, 3, 4 e 5: P1**
- Prova Escrita 2 será referente ao conteúdo discutido durante às apresentações dos Seminários S1 e S2: **P2**
- **Seminários**
Serão realizados dois Seminários, dos quais o aluno receberá uma nota (**S1 ou S2**) referente à média das notas de apresentação individual e trabalho escrito.
- **Média Final**

CSW

$$\text{Média Final: MF} = 0,3 * P_1 + 0,1 * P_2 + 0,3 * S_1 + 0,3 * S_2$$

Avaliação de Reposição

• O pedido de avaliação substitutiva poderá ocorrer somente em casos em que o aluno, por motivo de força maior e plenamente justificado, deixar de realizar avaliações previstas no plano de ensino. O aluno deverá formalizar pedido de avaliação à Direção do Campus Araranguá dentro do prazo de 3 dias úteis apresentando comprovação.

XI. CRONOGRAMA PREVISTO		
AULA (semana)	DATA	ASSUNTO
1ª	09/03 a 14/03/2015	Apresentação da disciplina – Plano de Ensino UNIDADE 01: Introdução
2ª	16/03 a 21/03/2015	UNIDADE 02: Termodinâmica das células de combustível
3ª	23/03 a 28/03/2015	UNIDADE 03: Cinética de reação para células de combustível
4ª	30/03 a 04/04/2015	UNIDADE 04: Transporte de carga em células de combustível
5ª	06/04 a 11/04/2015	UNIDADE 05: Transporte de massa em células de combustível
6ª	13/04 a 18/04/2015	UNIDADE 06: Modelagem matemática de células de combustível
7ª	20/04 a 25/04/2015	FERIADO – Tiradentes Revisão
8ª	27/04 a 02/05/2015	Prova P1 – Unidades 1-6 Desenvolvimento do S1
9ª	04/05 a 09/05/2015	UNIDADE 07: Caracterização de células de combustível
10ª	11/05 a 16/05/2015	UNIDADE 08: Sistemas de células de combustíveis
11ª	18/05 a 23/05/2015	UNIDADE 09: Tipos de Células de Combustíveis UNIDADE 10: Hidrogênio Entrega dos trabalhos escritos (S1)
12ª	25/05 a 30/05/2015	Apresentação do S1 UNIDADE 11 Análise de ciclo de vida
13ª	01/06 a 06/06/2015	Células de Combustível e cogeração FERIADO - Corpus Christi
14ª	08/06 a 13/06/2015	Estudo de casos com a tecnologia de células de combustível e produção de hidrogênio
15ª	15/06 a 20/06/2015	Discussão dos artigos e desenvolvimento dos trabalhos
16ª	22/06 a 27/06/2015	Entrega e Apresentação dos Seminários (S2)
17ª	29/06 a 04/07/2015	Prova P2 NOVA AVALIAÇÃO
18ª	06/07 a 11/07/2015	RECUPERAÇÃO Publicação de Notas

XII. Feriados previstos para o semestre 2015.1	
DATA	
03/04	Paixão de Cristo e Aniversário de Araranguá
04/04	Dia não letivo
05/04	Páscoa
20/04	Dia não letivo
21/04	Tiradentes
01/05	Dia do Trabalhador
02/05	Dia não letivo
04/05	Dia da Padroeira de Araranguá
04/06	Corpus Christi
05/06	Dia não letivo
06/06	Dia não letivo

654

XIII. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

1. SOUZA, Mariana de Mattos Vieira Mello, **Tecnologia do Hidrogênio**, 1ª, ed. São Paulo: Synergia, 2009, 132 p.
2. LINARDI, M. **Introdução À Ciência e Tecnologia de Células a Combustível**. Editora Artliber, 2010.
3. O'HAYRE, R. et al. **Fuel Cell Fundamentals**. 2. ed, Estados Unidos da América: Editora John Wiley & Sons, 2006.
4. CODECCEIRA NETO, A. *et al.* **Células à Combustível**. 1. ed. São Paulo: ABM, 2005.

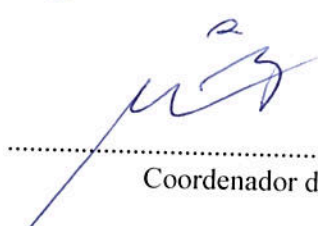
XIV. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. ALDABO, Ricardo. **Célula Combustível a Hidrogênio**. Porto Alegre: Artliber, 2004. 184 P.
2. GOMES-NETO, E. H. **Hidrogênio, Evoluir Sem Poluir**. Curitiba: Brasil H2, 2005. 240 p.
3. TICIANELLI, E. A.; GONZALEZ, E. R. **Eletroquímica**. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2005.
4. GOLDEMBERG, J.; PALETTA, F. C. (Coord.) **Série energia e sustentabilidade: Energias Renováveis**. São Paulo: Blucher, 2012.
5. LARMINIE, J.; DICKS, A. **Fuel Cell Systems Explained**. 2. ed. Estados Unidos da América: Editora John Wiley & Sons, 2006.

Obs: Os livros acima citados constam na Biblioteca Setorial de Araranguá ou estão em fase de compras pela UFSC. Algumas bibliografias também podem ser encontradas no acervo da disciplina, impressos ou em CD, disponíveis para consultas em sala.


.....
Professora Elise Sommer Watzko

Aprovado na Reunião do Colegiado do Curso 19/03/2015


.....
Coordenador do Curso

Prof. Dr. Fernando Henrique Milanese
Coordenador do Curso de Graduação
em Engenharia de Energia
SIAPE: 1606552 Portaria nº 759/2013/GR

