

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

DISCIPLINA: Integração de sistemas de armazenamento de energia no sistema elétrico de potência

CÓDIGO:

Validade: A partir do 2º semestre de 2020.

Carga Horária: 60 horas-aula

Créditos: 04

Área de Concentração / Módulo: Modelagem e Controle de Sistemas / Disciplinas de Formação Específica

Ementa:

Introdução aos sistemas de armazenamento de energia; Tecnologias de baterias; Modelos elétricos de baterias; Estimadores de estado de carga; Envelhecimento e degradação de baterias; Topologias de conversores para sistemas de armazenamento; Controle de sistemas de armazenamento de energia; Dimensionamento; Aplicação dos sistemas de armazenamento no sistema elétrico de potência.

INTERDISCIPLINARIDADES

Inter-relações desejáveis

É desejável que os conteúdos abordados na disciplina *Integração de sistemas de armazenamento de energia no sistema elétrico de potência* tenham relações diretas, principalmente, com as seguintes disciplinas e linhas de pesquisa:

- **Disciplinas** □ Modelagem e Controle de Sistemas Fotovoltaicos, Fontes Chaveadas, Eletrônica de Potência, Geração Distribuída

- **Linhas de Pesquisa** □ Análise e Modelagem de Sistemas e Sistemas de Controle (área de concentração: Modelagem e Controle de Sistemas).

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

Objetivos - Possibilitar ao estudante os seguintes conhecimentos:

- Conhecer os princípios fundamentais dos sistemas de armazenamento de energia;
- Compreender os fundamentos dos sistemas de armazenamento de energia;
- Conhecer as principais químicas de baterias, suas limitações e aplicações;
- Conhecer as principais topologias de conversores eletrônicos aplicados em sistemas de armazenamento, suas vantagens e desvantagens;
- Projetar sistemas de armazenamento de energia.

Métodos Didáticos Utilizados

Marque com um X no quadro:

- | | |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Aula expositiva em quadro | <input checked="" type="checkbox"/> Seminário |
| <input type="checkbox"/> Aula com uso de transparência | <input checked="" type="checkbox"/> Pesquisa |
| <input checked="" type="checkbox"/> Aula com uso de multimídia | <input checked="" type="checkbox"/> Trabalho individual |
| <input type="checkbox"/> Aula prática | <input checked="" type="checkbox"/> Trabalho em grupo |
| <input type="checkbox"/> Discussão de texto | <input type="checkbox"/> Visita técnica |
| <input type="checkbox"/> Filme | <input type="checkbox"/> Outros: _____ |

Unidades de ensino		Carga-horária Horas-aula
1	Introdução aos sistemas de armazenamento <ul style="list-style-type: none">• Armazenamento de energia• Tecnologias de baterias• Figuras de mérito• Parâmetros típicos• Aplicações	4

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

2	Comportamento das baterias <ul style="list-style-type: none">• Modelos elétricos de baterias• Modelos térmicos de baterias• Mecanismos de envelhecimento típicos• Indicadores de performance• Modelos de vida útil de baterias• Estimadores de estado de carga	12
3	Topologias de conversores <ul style="list-style-type: none">• Objetivos de controle• Conversores c.c./c.c.• Conversores c.c./c.a. 2 níveis• Conversores c.c./c.a. multiníveis	12
4	Modelagem e controle <ul style="list-style-type: none">• Estrutura de um estágio• Estrutura de múltiplos estágios• Modelo para controle de corrente• Modelo para controle do estado de carga• Controle do carregamento da bateria• A importância do BMS (<i>Battery management system</i>)	12
5	Dimensionamento <ul style="list-style-type: none">• Variáveis de entrada• Caracterização do perfil de operação• Escolha da tecnologia• Escolha da quantidade de baterias• Impacto do envelhecimento• Estudos de caso	12
7	Sistemas de armazenamento no sistema elétrico <ul style="list-style-type: none">• Contexto do sistema elétrico• Regulação de frequência• Suavização de potência de plantas fotovoltaicas• Deslocamento de demanda• Modelo de autoconsumo• Estudos de caso	8
Total		60

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

Métodos de Avaliação

4 projetos com valor individual e um seminário no valor de 20 pontos. Cada atividade tem valor igual a 20 pontos. Os projetos envolverão problemas práticos relacionados à disciplina e vão requerer análise crítica e realização de cálculos e simulações computacionais.

Nota: Para a realização das atividades é obrigatório o uso de recursos computacionais e softwares de programação (de preferência do aluno) além de softwares especializados para análise de conversores eletrônicos (sendo estes fornecidos pelo professor). O professor não ensinará linguagem de programação, sendo este conhecimento um pré-requisito para cursar a disciplina. Já para o uso dos softwares especializados, o professor fornecerá links de videoaulas no [youtube](#).

Informações adicionais

A disciplina será realizada de **forma híbrida** com base na Instrução normativa PPGEL 003/2023, DE 28 DE ABRIL DE 2023.

DIVISÃO DE HORAS:

- Atividades Presenciais:
 - Total de Horas: 4 horas/aula (um encontro presencial);
 - Local: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) no Campus Nova Gameleira em sala informada pelo PPGEL;
 - Dedicado às atividades avaliativas (seminário apresentado pelos alunos).
 - O calendário será informado no início do semestre com base no calendário da instituição.
- Atividades Remotas:
 - Total de Horas: 56 horas (14 semanas);
 - Síncronas: 42 horas de encontros síncronos ministrados pelo docente (3 horas/aula nas semanas em que não ocorrer as atividades presenciais);

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

- **Assíncronas:** 14 horas para os alunos se prepararem para os encontros síncronos (1 hora nas semanas em que não ocorrer as atividades presenciais);
- O professor vai disponibilizar material didático e os alunos deverão se preparar para os encontros síncronos.
- **Endereço:** Será disponibilizado antes do início do semestre

PLATAFORMA A SER UTILIZADA: As atividades síncronas na plataforma Microsoft Teams;

PRESENÇA: É obrigatória a presença nos encontros presenciais e síncronos (usados para quantificar a presença nas atividades remotas).

RECURSOS: Nesta disciplina, o uso de áudio (microfone) é obrigatório nos encontros síncronos por parte dos discentes. Por outro lado, o uso de câmera é facultativo (mas recomendado).

CRITÉRIOS DE APROVAÇÃO: O discente será aprovado se simultaneamente obtiver:

- Mínimo de 75% de presença;
- Mínimo de 60% da nota final, obtida por soma simples.

Bibliografia Básica

1. D. Linden, T. Reddy – “Handbook of Batteries”. Quinta edição. Mc-Graw-Hill Handbook, 2019 – 1456 páginas.
2. Fu-Bao Wu, Bo Yang Ji-Lei Ye – “Grid-Scale Energy Storage Systems and Applications”. Elsevier, 2019 – 322 páginas.
3. C Menictas M Skyllas-Kazacos T M Lim – “Advances in Batteries for Medium and Large-Scale Energy Storage”. Elsevier 2014 – 634 páginas.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Plano de Ensino

Bibliografia Complementar

1. W. Van Schalkwijk, B. Scrosati – “Advances in Lithium-ion Batteries”, Springer, 2002 – 513 páginas.
2. Teses de doutorado e artigos científicos disponibilizados ao longo do curso.