



PLANO DE ENSINO

1. IDENTIFICAÇÃO

Componente Curricular:	DISPOSITIVOS DE MICRO-ONDAS								
Unidade Ofertante:	FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA								
Código:	FEELT36805	Período/Série:	8º PERÍODO		Turma:	U			
Carga Horária:				Natureza:					
Teórica:	45	Prática:	15	Total:	60	Obrigatória:	(X)	Optativa:	()
Professor(A):	Renan Alves dos Santos				Ano/Semestre:	2023/2			
Observações:									

2. EMENTA

Projetos e análises de dispositivos operando na faixa de frequência de micro-ondas.

Esta disciplina oferece ao aluno os seguintes conhecimentos sobre engenharia de micro-ondas:

1. Análise de redes de micro-ondas.
2. Estudos sobre guias de ondas metálicos.
3. Estudos sobre ressonadores em micro-ondas.
4. Estudos sobre atenuadores.
5. Estudos sobre linhas de microfita.
6. Estudos sobre acopladores direcionais.
7. Estudos sobre divisores de potência.
8. Estudos sobre circuladores.
9. Estudos sobre amplificação linear com transistores em micro-ondas.

3. JUSTIFICATIVA

Além de novos conceitos, a disciplina utiliza diversos conteúdos já vistos anteriormente no curso (circuitos elétricos, conceitos de eletromagnetismo, ondas planas e linhas de transmissão) com aplicação nas análises e projetos de dispositivos operando na faixa de frequência de micro-ondas. Assim, tem-se uma grande contribuição para a formação de engenheiros que irão atuar nos modernos sistemas de telecomunicações.

4. OBJETIVO

Ao final da disciplina o estudante será capaz de:

1. Analisar diversos conceitos aplicados a engenharia de micro-ondas.
2. Projetar e analisar diversos dispositivos operando na faixa de frequências de micro-ondas.

Entre as competências a serem desenvolvidas no estudante destacam-se:

1. Ser capaz de utilizar técnicas adequadas de observação, compreensão, registro e análise das necessidades dos usuários e de seus contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos;
2. Formular, de maneira ampla e sistêmica, questões de engenharia, considerando o usuário e seu contexto, concebendo soluções criativas, bem como o uso de técnicas adequadas;
3. Ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras;
4. Prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;
5. Conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo;
6. Verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas;
7. Ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas;
8. Projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia;
9. Ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis;
10. Ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;
11. Gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;
12. Aprender a aprender.

5. PROGRAMA

1. Introdução a engenharia de micro-ondas

- 1.1 Ocupação do espectro eletromagnético
- 1.2 As frequências de micro-ondas.
- 1.3 Aplicações importantes para micro-ondas.
- 1.4 Limitações dos elementos de circuitos em micro-ondas.

2. Ressonadores em micro-ondas

- 2.1 Características gerais das cavidades ressonantes
- 2.2 Cavidade retangular
- 2.3 Apresentação do fator de mérito nas cavidades ressonantes

3. Análises de redes de micro-ondas

- 3.1 Matrizes impedância e admitância

3.2 Matriz de espalhamento

3.3 Matriz de transmissão (ABCD)

3.4 Gráfico de fluxo de sinais

4. Junções em micro-ondas

4.1 Análise da junção de dois acessos

4.2 Análise da junção de três acessos

4.3 Análise da junção de quatro acessos

5. Acopladores direcionais

5.1 Descrição do acoplador direcional

5.2 Acopladores em microfita

6. Componentes em guias de ondas

6.1 Atenuadores

6.2 Divisores de potência

6.3 Filtros de micro-ondas

7. Dispositivos passivos não recíprocos

7.1 Materiais ferromagnéticos

7.2 Comportamento da ferrita imantada

7.3 Circulador de micro-ondas

8. Diodos especiais para micro-ondas

8.1 Diodo túnel

8.2 Diodo de capacitância variável

8.3 Diodo baseado no efeito Gunn

9. Amplificação linear com transistores

9.1 Relações entre sinais de entrada e de saída

9.2 Estabilidade do amplificador

9.3 Conceitos de ruídos em amplificadores: Figura de Ruído e Temperatura de Ruído

9.3 Redes de adaptação de impedâncias

6. METODOLOGIA

Disponibilização de materiais e dinâmica da disciplina:

As aulas teóricas (com carga de 3 aulas semanais) e práticas (com carga de 1 aula semanal) serão nos seguintes locais e horários:

1. As aulas teóricas serão ministradas na sala 403 do Bloco G da UNIPAM as quintas-feiras das 07:10 - 09:40.

2. As aulas práticas serão ministradas no laboratório de informática do Bloco Alfa da Unipam as sextas-feiras das 08:50 - 09:40.

Todo conteúdo utilizado na disciplina (slides, roteiros e códigos para as atividades práticas) é baseado na bibliografia prevista para a disciplina. Esses materiais serão disponibilizado para que o aluno possa ter como fonte de estudos na forma de postagens na sala virtual Dispositivos de Micro-ondas do Microsoft Teams (**os alunos serão adicionados na sala assim que for disponibilizado a lista de matriculados no portal docente**).

Caso necessário, os discentes terão acesso à materiais para complementares os estudos. Todo material extra utilizado na disciplina também será disponibilizado na forma de postagens na sala virtual Dispositivos de Micro-ondas do Microsoft Teams.

Controle de frequências:

É necessário obter ao menos 75% de presença na disciplina para aprovação. **O controle de frequência será realizado via chamada nas aulas.**

Atendimento:

A participação do discente no atendimento é opcional. O atendimento poderá ser realizado de forma presencial sala 12 do Bloco Alfa ou via chamada do Microsoft Teams as quartas-feiras das 08:50 - 11:00, ou outro dia desde que agendado com o professor previamente.

Dúvidas também poderão ser tiradas no chat do Microsoft Teams durante todo o período da disciplina.

Cronograma das partes teórica e prática:

A disciplina tem carga horária de 60 horas (45 horas de teoria e 15 horas de prática) ou 72 horas-aula (54 horas-aula de teoria e 18 horas-aula de prática).

O cronograma (dividido em aulas presenciais e reposições) dessas aulas é dado por:

Aulas	Data	Regime	Conteúdo
1-3	11/01	Presencial	Apresentação da disciplina - Conteúdo programático - Método de avaliação - Datas das provas Capítulo 1: Introdução a engenharia de micro-ondas - Ocupação do espectro eletromagnético - Objetivos da disciplina
4-6	18/01	Presencial	Capítulo 2: Análise de redes de micro-ondas - Matrizes de impedância e admitância - Matriz de espalhamento
7-9	25/01	Presencial	Capítulo 2: Análise de redes de micro-ondas - Análise da matriz de espalhamento de dois acessos com impedâncias arbitrárias - Matriz de transmissão
10-12	01/02	Presencial	Capítulo 3: Guia de ondas metálico retangular - Definições - Princípio de funcionamento - Solução da equação de onde em coordenadas retangulares - Frequência de corte o comprimento de onda guiado - Descrição dos modos de propagação - Matriz de espalhamento

13-15	08/02	Presencial	Capítulo 4: Ressonadores em micro-ondas - Características gerais - Cavidade retangular
16-18	15/02	Presencial	Capítulo 5: Atenuadores - Características gerais - Atenuador circuital em Pi - Atenuador circuital em T - Atenuador em guia de ondas
19-21	22/02	Presencial	Prova 1
22-24	29/02	Presencial	Capítulo 6: Linhas de microfita - Características gerais - Relações de projeto - Matriz de espalhamento
25-27	29/02	Reposição	Capítulo 7: Acopladores direcionais - Características gerais - Matriz de espalhamento - Projeto de acoplador direcional em microfita
28-30	07/03	Presencial	Capítulo 8: Divisores de potência - Descrição geral - Projeto do divisor de Wilkinson - Matriz de espalhamento do divisor de Wilkinson
31-33	14/03	Presencial	Capítulo 9: Circulador - Descrição geral - Propriedades básicas dos materiais ferrimagnéticos - Relações de projeto - Matriz de espalhamento
34-36	21/03	Presencial	Prova 2
37-39	28/03	Presencial	Capítulo 10: Amplificação linear com transistores - Relações entre sinais de entrada e de saída em amplificadores
40-42	04/04	Presencial	Capítulo 10: Amplificação linear com transistores - Estruturas de casamento de impedância na entrada e saída - Estabilidade
43-45	04/04	Reposição	Capítulo 10: Amplificação linear com transistores - Descrição de ruídos em amplificadores
46-48	11/04	Presencial	Capítulo 10: Amplificação linear com transistores - Distorção não linear - Faixa dinâmica
49-51	18/04	Presencial	Prova 3
52-54	25/04	Reposição	Prova de recuperação

* As reposições das aulas teóricas serão ministradas as 14:00 - 16:40 na sala 403 do Bloco G da UNIPAM.

A atividade prática da disciplina consistirá de análises de princípios e dispositivos de micro-ondas usando os simuladores Ansys Electronics Desktop e Matlab. Após cada atividade os alunos deverão entregar um relatório (via chat do Microsoft Teams) com as análises previstas em roteiro. A avaliação da parte prática será via correção desses relatórios.

O cronograma das aulas práticas (dividido em aulas presenciais e reposições) é dado por:

Aulas	Data	Regime	Conteúdo
1	12/01	Presencial	Apresentação da parte prática da disciplina - Conteúdo programático - Método de avaliação
2	19/01	Presencial	Apresentação do simulador
3	26/01	Presencial	Relatório 1: Análises de redes de micro-ondas (parte 1) - Matriz de impedância para as redes de duas portas T e Pi - Matriz de admitância para as redes de duas portas T e Pi - Matriz de espalhamento para as redes de duas portas T e Pi
4	02/02	Presencial	Relatório 1: Análises de redes de micro-ondas (parte 2) - Matriz de espalhamento para impedâncias do gerador e carga arbitrários - Matriz de transmissão ABCD para as redes de duas portas T e Pi
5	09/02	Presencial	Relatório 2: Análises de guias de ondas metálico retangular (parte 1) - Fator de propagação e frequências de corte - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento
6	09/02	Reposição	Relatório 2: Análises de guias de ondas metálico retangular (parte 2) - Fator de propagação e frequências de corte - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento
7	16/02	Presencial	Relatório 3: Análises de ressonadores em micro-ondas - Fator de propagação e frequências de corte - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento
8	23/02	Presencial	Relatório 4: Análises de atenuadores (parte 1) - Atenuador T
9	01/03	Presencial	Relatório 4: Análises de atenuadores (parte 2) - Atenuador Pi
10	08/03	Presencial	Relatório 5: Análises de linhas de microfita - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento
11	15/03	Presencial	Relatório 6: Análises de acopladores direcionais - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento
12	22/03	Presencial	Relatório 7: Análises de divisores de potência (parte 1) - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento

13	22/03	Reposição	Relatório 7: Análises de divisores de potência (parte 2) - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento
14	05/04	Presencial	Relatório 8: Análises de circuladores (parte 1) - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento
15	05/04	Reposição	Relatório 8: Análises de circuladores (parte 2) - Distribuição de campos - Matriz de espalhamento
16	12/04	Presencial	Relatório 9: Análises de amplificação linear em micro-ondas (parte 1) - Matriz de espalhamento - Figura de ruído
17	19/04	Presencial	Relatório 9: Análises de amplificação linear em micro-ondas (parte 1) - Distorção não-linear
18	19/04	Reposição	Vista de notas

** As reposições serão ministradas as 14:00 - 14:50 no laboratório de informática do Bloco Alfa da Unipam.

Em resumo, a carga horária da disciplina será dividida em:

Carga horária	Teórica	Prática
Presencial	45 horas-aula	14 horas-aula
Reposições	9 horas-aula	4 horas-aula
Total da disciplina	54 horas-aula	18 horas-aula

7. AVALIAÇÃO

O(a) discente necessita obter no mínimo, 60 pontos de 100 para obter aproveitamento na disciplina. A avaliação da disciplina será dividida em quatro partes:

Prova 1: Esta avaliação será os sobre os Capítulos 2 a 5 da parte teórica da disciplina com valor de 25% da nota final da disciplina. Consistirá de uma prova individual com duração de 150 minutos (horário da respectiva aula).

Prova 2: Esta avaliação será os sobre os Capítulos 6 a 9 da parte teórica da disciplina com valor de 25% da nota final da disciplina. Consistirá de uma prova individual com duração de 150 minutos (horário da respectiva aula).

Prova 3: Esta avaliação será os sobre o Capítulos 10 da parte teórica da disciplina com valor de 25% da nota final da disciplina. Consistirá de uma prova individual com duração de 150 minutos (horário da respectiva aula).

Atividades práticas: Esta avaliação será os sobre a parte prática da disciplina e terá o valor de 25% da nota final da disciplina. Ao longo do semestre os discentes deverão entregar 15 atividades e nota final da parte prática será dada pela média aritmética dessas atividades. Os relatórios deverão ser enviadas via chat do Microsoft Teams até as 23:59 da sexta-feira da respectiva aula prática (em caso de não entrega a nota será nula). O arquivo deverá ser enviado em formato pdf.

Assim, o cronograma de atividades avaliativas da disciplina é:

Avaliação	Valor	Data
Prova 1	25	22/02
Prova 2	25	21/03
Prova 3	25	18/04
Relatórios	25	Entrega até as 23:59 da sexta-feira da respectiva aula prática
Total	100,0	-

Os resultados das avaliações serão divulgados como postagem na sala virtual Dispositivos de Micro-ondas do Microsoft Teams, sendo que as notas serão apresentadas pelos números de matrícula dos alunos. A divulgação das notas deve acontecer em até 15 dias após a sua realização. As revisões de notas poderão ser feitas nos horários de atendimento.

Resolução CONGRAD nº 46/2022, o discente que não obtiver média final igual ou superior a 60 pontos e **tiver uma frequência de no mínimo 75% da carga horária da disciplina** terá direito a uma atividade avaliativa de recuperação de aprendizagem. Tal atividade consistirá de uma prova em que será cobrada **toda a matéria do semestre**. A média final do aluno será:

$$MF = (\text{Média final do da disciplina}) * 0,6 + (\text{Prova final} * 0,4),$$

sendo limitado em 60 o valor máximo de MF obtido pelo aluno em recuperação.

8. BIBLIOGRAFIA

BÁSICA

- POZAR, D. M. **Microwave engineering**, 4th ed., JohnWiley & Sons, 2012.
 RIBEIRO, J. A. J. **Engenharia de micro-ondas: fundamentos e aplicações**, Érica, 2008.
 COLLIN, R. E. **Foundations for microwave engineering**, 2nd ed., JohnWiley & Sons, 2001.
 GUSTRAU, F. **RF and microwave engineering: fundamentals of wireless communications**, JohnWiley & Sons, 2012.
 DAS, S. K. **Microwave engineering**, 3rd ed., McGraw Hill, 2015.

COMPLEMENTAR

- BALANIS, C. A. **Advanced engineering electromagnetics**, John Wiley, 1989.
 STEER, M. **Microwave and RF design: a systems approach**, SciTech Publishing, 2010.
 CHATURVEDI, P. K. **Microwave, radar & RF engineering**, Springer, 2018.
 RIBEIRO, J. A. J. **Propagação das ondas eletromagnéticas: princípios e aplicações**, Érica, 2008.

9. APROVAÇÃO

Aprovado em reunião do Colegiado conforme Decisão Administrativa do Colegiado anexada ao processo referenciado.

Coordenação do Curso de Graduação: _____



Documento assinado eletronicamente por **Renan alves dos Santos, Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/02/2024, às 08:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Costa Ramos, Coordenador(a)**, em 15/02/2024, às 08:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4943179** e o código CRC **BOCD78EC**.