



PLANO DE ENSINO

1. IDENTIFICAÇÃO

Componente Curricular:	COMUNICAÇÕES ÓPTICAS								
Unidade Ofertante:	FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA								
Código:	FEELT36807	Período/Série:	8º PERÍODO		Turma:	U			
Carga Horária:				Natureza:					
Teórica:	45	Prática:	15	Total:	60	Obrigatória:	(X)	Optativa:	()
Professor(A):	Pedro Luiz Lima Bertarini				Ano/Semestre:	2023/2			
Observações:									

2. EMENTA

Fibras ópticas, Fontes ópticas, Fotodetectores, Funcionamento de sistemas ópticos, Conceitos e componentes WDM, Amplificadores Ópticos, Efeitos não lineares e Redes ópticas.

3. JUSTIFICATIVA

Essa componente curricular é importante para o aluno do curso de Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações, pois apresenta os fundamentos de sistemas de comunicações ópticas, atualmente amplamente utilizados para suprir as demandas por largura de banda dos usuários de sistemas de telecomunicações. Além do conhecimento técnico mais associado ao projeto de sistemas de comunicações ópticas, o estudante deve melhorar sua capacidade de utilizar a matemática e a física para modelagem, pesquisar por soluções tecnológicas atuais e trabalhar em equipe para a resolução de projetos.

4. OBJETIVO

Ao final do curso o estudante deverá ser capaz de analisar tecnologias e projetos de sistemas de comunicações ópticas.

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. Ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias;
13. Aprender a aprender.

5. PROGRAMA

1. Fibras ópticas

- 1.1. Modos em fibras ópticas
- 1.2. Tipos de fibras ópticas
- 1.3. Equação transcendental
- 1.4. Propagação em fibras ópticas
- 1.5. Degradação do sinal guiado: dispersão e atenuação

2. Fontes ópticas

- 2.1. Tópicos de física de semicondutores
- 2.2. Diodos emissores de luz (LEDs)
- 2.3. Diodos LASER

3. Fotodetectores

- 3.1. Princípios físicos dos fotodetectores
- 3.2. Tipos de fotodetectores
- 3.3. Ruídos em fotodetectores

4. Funcionamento de sistemas ópticos

- 4.1. Operação fundamental do receptor óptico

4.2. Desempenho do receptor óptico: probabilidade de erro, sensibilidade do receptor e diagrama de olho

4.3. Links digitais

4.4. Links analógicos

5. Conceitos e componentes WDM

5.1. Panorama WDM

5.2. Acopladores ópticos passivos

5.3. Isoladores e circuladores

5.4. Filtros ópticos

5.5. Moduladores ópticos

5.6. Componentes ativos

6. Amplificadores Ópticos

6.1. Tipos de amplificadores ópticos e aplicações

6.2. Amplificadores ópticos semicondutores

6.3. Amplificadores de fibra dopada com érbio

6.4. Ruído de amplificadores

6.5. SNR óptica

6.6. Amplificadores Raman

7. Efeitos não lineares

7.1. Visão geral das não linearidades

7.2. Área e comprimento efetivos

7.3. Espalhamento Raman Estimulado

7.4. Espalhamento Brillouin Estimulado

7.5. Automodulação de fase

7.6. Modulação de fase cruzada

7.7. Mistura de quatro ondas

7.8. Solitons

7.9. Conversores de comprimento de onda

8. Redes ópticas

8.1. Exemplos de redes ópticas de transporte

8.2. Exemplos de redes ópticas de acesso

6. METODOLOGIA

• Conteúdo Programático para Atividades Teóricas Presenciais

A disciplina utiliza o Moodle (www.moodle.ufu.br) para envio de atividades e disponibilização de materiais. A inscrição no Moodle é obrigatória, poderá ser efetuada a partir do dia 08/01. Dados para inscrição:

Nome da Disciplina: GEE539 - Comunicações Ópticas

Link da disciplina: <https://www.moodle.ufu.br/course/view.php?id=6055>

chave de inscrição: gee539_2023_2

A disciplina usará a metodologia ativa de ensino, ou seja, o aluno participará ativamente do processo de aprendizagem. O aluno será o responsável pela própria aprendizagem. Espera-se que, estimulado pela autonomia, o aluno fique mais comprometido e participativo. O aluno aprenderá a aprender.

Em seus estudos, os alunos poderão utilizar as videoaulas da disciplina disponibilizadas no Moodle, assim como as referências bibliográficas e o material de apoio da disciplina.

Durante as aulas presenciais será empregada a metodologia ativa de aprendizado baseado em projetos (PBL - *project based learning*) para desenvolvimento dos conteúdos da disciplina, assim como as atividades avaliativas.

As aulas teóricas serão realizadas às segundas-feiras das 08h50min às 10h40min no Bloco G da UNIPAM, sala 403 e às terças-feiras das 07h10min às 08h00min, no Laboratório de Informática do Bloco Alfa, sala 317 do 3º andar.

Aula	Data	Conteúdo Teórico
01-02	08/01/2024	Módulo 1: 1) Apresentação do plano de ensino, metodologia e critérios de avaliação
03	09/01/2024	Módulo 1: 1) Apresentação do plano de ensino, metodologia e critérios de avaliação
04-05	15/01/2024	Módulo 2: 1) Conceitos fundamentais de eletromagnetismo aplicado 2) Reflexão e refração de ondas em interfaces dielétricas
06	16/01/2024	Módulo 2: 1) Conceitos fundamentais de eletromagnetismo aplicado 2) Reflexão e refração de ondas em interfaces dielétricas
07-08	22/01/2024	Módulo 3: 1) Guias de ondas retangulares 2) Equação transcendental da fibra óptica
09	23/01/2024	Módulo 3: 1) Guias de ondas retangulares 2) Equação transcendental da fibra óptica
10-11	29/01/2024	Módulo 4: 1) Análise de guias de onda retangulares 2) Implementação numérica de guias de ondas retangulares

12	30/01/2024	Módulo 4: 1) Análise de guias de onda retangulares 2) Implementação numérica de guias de ondas retangulares
13-14	05/02/2024	Módulo 5: 1) História das comunicações ópticas
15	06/02/2024	Módulo 5: 1) História das comunicações ópticas
	12/02/2024	Recesso - Carnaval
	13/02/2024	Carnaval
16-17	19/02/2024	Módulo 6: 1) Guias de ondas circulares 2) Diagrama de dispersão modal em guias circulares 3) Degradação do sinal em fibras ópticas: atenuação e dispersão
18	20/02/2024	Módulo 6: 1) Guias de ondas circulares 2) Diagrama de dispersão modal em guias circulares 3) Degradação do sinal em fibras ópticas: atenuação e dispersão
19-20	26/02/2024	Módulo 7: 1) Diagrama de bandas eletrônicas 2) Diodos Emissores de Luz - LEDs
21	27/02/2024	Módulo 7: 1) Diagrama de bandas eletrônicas 2) Diodos Emissores de Luz - LEDs
22-23	04/03/2024	Módulo 8: 1) LASER: propriedades, amplificação e ressonância 2) Lançamento e acoplamento de potência
24	05/03/2024	Módulo 8: 1) LASER: propriedades, amplificação e ressonância 2) Lançamento e acoplamento de potência
25-26	11/03/2024	Módulo 9: 1) Fotodetectores ópticos: MSM, PIN e APD 2) Receptores ópticos
27	12/03/2024	Módulo 9: 1) Fotodetectores ópticos: MSM, PIN e APD 2) Receptores ópticos
28-29	18/03/2024	Módulo 10: 1) Conceitos WDM 2) Componentes WDM: acopladores, isoladores, filtros e componentes ativos
30	19/03/2024	Módulo 10: 1) Conceitos WDM 2) Componentes WDM: acopladores, isoladores, filtros e componentes ativos
31-32	25/03/2024	Módulo 11: 1) Amplificadores ópticos
33	26/03/2024	Módulo 11: 1) Amplificadores ópticos
34-35	01/04/2024	Módulo 12: 1) Efeitos não lineares em fibras ópticas
36	02/04/2024	Módulo 12: 1) Efeitos não lineares em fibras ópticas
37-38	08/04/2024	Módulo 13: 1) Redes ópticas de transporte 2) Redes ópticas de acesso
39	09/04/2024	Módulo 13: 1) Redes ópticas de transporte 2) Redes ópticas de acesso
40-41	15/04/2024	Módulo 14: 1) Projeto Final
42	16/04/2024	Módulo 14: 1) Projeto Final
43-44	22/04/2024	Módulo 15: 1) Atividade de Recuperação de Aprendizagem
45	23/04/2024	Módulo 16: 1) Vista de atividades avaliativas e notas

• **Conteúdo Programático para Atividades Práticas Presenciais**

As aulas práticas serão realizadas às terças-feiras das 08h00min às 08h50min no Laboratório de Informática Ouro no Bloco G da UNIPAM, sala 402.

Aula	Data	Conteúdo Teórico
01	09/01/2024	Apresentação do plano de ensino, metodologia e critérios de avaliação
02	16/01/2024	Softwares de simulação (parte 1)
03	23/01/2024	Softwares de simulação (parte 2)
04	30/01/2024	Implementação da equação transcendental para guias retangulares (parte 1)
05	09/01/2024	Implementação da equação transcendental para guias retangulares (parte 2)
06	09/01/2024	Degradação do sinal em fibras ópticas: atenuação
07	06/02/2024	Degradação do sinal em fibras ópticas: dispersão
	13/02/2024	Carnaval
08	20/02/2024	Fontes ópticas: LEDs e LASERS
09	27/02/2024	Fotodetectores ópticos: MSM, PIN e APD
10	05/03/2024	Receptores ópticos
11	12/03/2024	Componentes WDM: acopladores, isoladores, filtros e componentes ativos
12	19/03/2024	Amplificadores ópticos
13	26/03/2024	Efeitos não lineares em fibras ópticas
14	02/04/2024	Simulações de redes ópticas de transporte e de acesso (parte 1)

15	09/04/2024	Simulações de redes ópticas de transporte e de acesso (parte 2)
16	16/04/2024	Vista de atividades avaliativas e notas
17	23/04/2024	Vista de notas da Atividade de Recuperação de Aprendizagem

Conteúdo Programático para Atividades Acadêmicas Extras (AAE)

Aula	Data	Conteúdo - Atividades Acadêmicas Extras (AAE)
1-3	ao longo do semestre	Teórica - Interações no Fórum de Notícias - Moodle
1	ao longo do semestre	Prática - Interações no Fórum de Notícias - Moodle

	Teórica (h-a)	Prática (h-a)
C.H Presencial Total	45	15
C.H. Atividades Acadêmicas Extras Total	9	3
C.H. Total da disciplina	54	18

• Atendimento

O atendimento aos alunos da disciplina será realizado de forma presencial no Bloco Alfa, no LATUR (Laboratório de Tecnologias Urbanas e Rurais), de acordo com o seguinte planejamento: terças-feiras entre 14h e 15h, ou outro dia desde que agendado com o professor previamente.

7. AVALIAÇÃO

• Aproveitamento

A avaliação de desempenho dos discentes será feita por entrega de atividades avaliativas semanais (resumo, atividade em sala e interações no fórum) e por seminários. O cronograma de atividades avaliativas e a distribuição da pontuação é apresentada.

Os resultados das avaliações serão divulgadas no Moodle em até 15 dias úteis após a sua realização e a vista de nota será marcada com os alunos, a partir da data de divulgação das notas, respeitando-se o prazo de no máximo 5 dias úteis, como previsto na Resolução do CONGRAD (Nº46/2022).

DATA	ATIVIDADE AVALIATIVA	PONTUAÇÃO
15 e 16/01/24	Resumo - Módulo 2 Atividades em sala - Módulo 2 Fórum - Módulo 2	1,5 pontos 3 pontos 1 ponto
22 e 23/01/24	Resumo - Módulo 3 Atividades em sala - Módulo 3 Fórum - Módulo 3	1,5 pontos 3 pontos 1 ponto
29 e 30/01/24	Resumo - Módulo 4 Atividades em sala - Módulo 4 Fórum - Módulo 4	1,5 pontos 3 pontos 1 ponto
05 e 06/02/24	Resumo - Módulo 5 Atividades em sala - Módulo 5 Fórum - Módulo 5	1,5 pontos 3 pontos 1 ponto
19 e 20/02/24	Resumo - Módulo 6 Atividades em sala - Módulo 6 Fórum - Módulo 6	1,5 pontos 3 pontos 1 ponto
26 e 27/02/24	Resumo - Módulo 7 Atividades em sala - Módulo 7 Fórum - Módulo 7	1,5 pontos 3 pontos 1 ponto
04 e 05/03/24	Resumo - Módulo 8 Atividades em sala - Módulo 8 Fórum - Módulo 8 Prática 1	1,5 pontos 3 pontos 1 ponto 4 pontos
11 e 12/03/24	Resumo - Módulo 9 Atividades em sala - Módulo 9 Fórum - Módulo 9 Prática 2	1,5 pontos 3 pontos 1 ponto 4 pontos
18 e 19/03/24	Resumo - Módulo 10 Atividades em sala - Módulo 10 Fórum - Módulo 10 Prática 3	1,5 pontos 3 pontos 1 ponto 4 pontos
25 e 26/03/24	Resumo - Módulo 11 Atividades em sala - Módulo 11 Fórum - Módulo 11 Prática 4	1,5 pontos 3 pontos 1 ponto 4 pontos
01 e 02/04/24	Resumo - Módulo 12 Atividades em sala - Módulo 12 Fórum - Módulo 12 Prática 5	1,5 pontos 3 pontos 1 ponto 4 pontos
08 e 09/04/24	Resumo - Módulo 13 Atividades em sala - Módulo 13 Fórum - Módulo 13	1,5 pontos 3 pontos 1 ponto
15 e 16/04/24	Projeto Final	14 pontos
TOTAL		100 pontos

Resumo dos temas da semana (1,5 pts)

O aluno deverá pesquisar, estudar e elaborar um resumo sobre o conteúdo da semana e entregar para a avaliação do professor.

O resumo deverá ser feito a mão e entregue digitalizado.

O aluno deverá indicar quais foram as bibliografias utilizadas. O aluno poderá se basear nas notas de aulas (e videoaulas) do curso, mas não poderá ficar restrito a elas.

Não serão aceitos plágios, qualquer que seja o trecho (parágrafo ou frase). Trechos plagiados serão desconsiderados.

Serão avaliados os seguintes itens:

- Norma culta da língua portuguesa (15%)
- Organização e apresentação visual do resumo (15%)
- Clareza (20%)
- Conteúdo (50%)

O prazo de entrega será às 23:59 dos domingos antes das aulas presenciais. Não serão permitidos atrasos.

Atividades em sala (3,0 pts)

Durante as aulas presenciais, o professor apresentará desafios (problemas) relativos aos conteúdos já vistos anteriormente (videoaulas, resumo e fórum).

As atividades poderão ser realizadas individualmente ou em grupos, a critério do professor.

O aluno que não estiver presente na aula presencial perderá os pontos dessa atividade.

Interações no Fórum (1,0 pt)

Durante a semana os alunos deverão interagir entre si nos fóruns de cada tema.

Cada aluno deverá postar (no mínimo) uma vez em cada semana e interagir em (no mínimo) uma postagem de outro aluno.

Considera-se como interação postagens ou respostas à postagens.

Para o cálculo temporal das interações, considera-se que a semana se inicia às 00:00 da quarta-feira e se encerra às 23:59 do domingo.

Os seguintes itens serão avaliados nas interações:

- Coerência com o assunto abordado (50%)
- As normas cultas da língua portuguesa (25%)
- Qualidade da interação (25%)

Unicidade da postagem - postagens repetidas serão desconsideradas.

Postagens não coerentes com o assunto ou sem qualidade serão desconsideradas.

Atividades práticas (20,0 pts)

Os alunos deverão realizar as atividades práticas propostas em software de simulação de sistemas ópticos.

Serão propostas 5 atividades práticas, de acordo com roteiro fornecido pelo professor.

Os alunos entregarão o relatório da atividade prática de acordo com o roteiro de prática fornecido pelo professor.

Critérios de Avaliação dos relatórios (4 pontos)

- Norma culta da língua portuguesa (15%)
- Coerência e encadeamento de ideias (15%)
- Conteúdo (20%)
- Exatidão na resposta (50%)

Projeto final (14,0 pts)

Os alunos deverão realizar um projeto final de acordo com especificações fornecidas pelo professor.

Critérios de Avaliação:

- Conteúdo (40%)
- Uso das normas cultas da língua portuguesa (15%)
- Coerência e encadeamento de ideias (15%)
- Comunicação oral (30%)

• Frequência

A frequência será aferida pela presença na aula presencial (chamada). E em relação à parte assíncrona, pela entrega das atividades avaliativas relativa às atividades assíncronas.

• Recuperação

É necessário ter 75% de presença para ter direito a realizar a prova de recuperação e a mesma somente será aplicada para o aluno que não atingiu 60 pontos.

A recuperação consistirá de uma avaliação no valor de 100 pontos, presencial e individual. Não será permitido consulta. Será permitido o uso de calculadoras. Celulares deverão ser desligados durante a avaliação. A recuperação não terá nenhuma questão que utilize simulação.

Considerando a Média Final Parcial (MP) a nota obtida no semestre antes da recuperação e a Recuperação (REC) como acima descrita, a

Nota Final da disciplina(MF) será dada pela seguinte fórmula:

$$MF = (MP)*0,6 + (REC)*0,4, \text{ sendo limitado em 60 o valor máximo de MF obtido pelo aluno em recuperação.}$$

8. BIBLIOGRAFIA

Básica

1. AGRAWAL, G. P. **Sistemas de Comunicações por Fibras Ópticas**. 4. ed. São Paulo: Elsevier, 2014.
2. AMAZONAS, J. R. A. **Projeto de Sistema de Comunicações Ópticas**. Barueri: Manole, 2005.
3. KEISER, G. **Comunicações por fibras ópticas**. Porto Alegre, McGraw-Hill Education, 4ª. Edição, 2014.

Complementar

1. BLACK, U. **Optical Networks: Third Generation Transport Systems**. 1 ed. New York: Prentice Hall, 2002.
2. KAZOVSKY, L. G.; BENEDETTO, S.; WILLNER, A. E. **Optical Fiber Communication Systems**. Boston: Artech House, 1996.
3. RIBEIRO, J. **Comunicações ópticas**. 4. ed. São Paulo: Érica, 2009.
4. LE NGUYEN BINH, **Optical fiber communications systems: theory and practice with MATLAB and Simulink models**. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis, c2010.
5. ALAN ROGERS, **Understanding optical fiber communications**. Boston: Artech House, c2001

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 **Pedro Luiz Lima Bertarini, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/02/2024, às 15:46, 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 **4943180** e o código CRC **08EEF232**.