



PLANO DE ENSINO

1. IDENTIFICAÇÃO

Componente Curricular:	SISTEMAS DE RADIOENLACE								
Unidade Ofertante:	FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA								
Código:	FEELT36803		Período/Série:		8º PERÍODO		Turma:	U	
Carga Horária:					Natureza:				
Teórica:	30	Prática:	15	Total:	45	Obrigatória:	(X)	Optativa:	()
Professor(A):	RENAN ALVES DOS SANTOS					Ano/Semestre:		2025/2	
Observações:									

2. EMENTA

Estudo, projeto e análise de sistemas de radioenlace digitais. A disciplina aborda os seguintes tópicos fundamentais:

1. Atenuações em enlaces terrestres;
2. Atenuações em enlaces via satélite;
3. Parâmetros de desempenho de enlaces de comunicação.

3. JUSTIFICATIVA

A disciplina, além de introduzir novos conceitos, integra e aplica conhecimentos previamente adquiridos ao longo do curso, tais como Linhas de Transmissão, Antenas, Comunicações Digitais e Dispositivos de Micro-ondas. Esses conteúdos são fundamentais para a análise e o projeto de radioenlaces digitais, tanto terrestres quanto via satélite. Dessa forma, a disciplina contribui de maneira significativa para a formação de engenheiros capacitados a atuar em modernos sistemas de telecomunicações.

4. OBJETIVO

Ao final da disciplina, o estudante será capaz de:

1. Analisar e avaliar o desempenho de radioenlaces digitais já implementados, considerando aspectos como atenuações e parâmetros de qualidade do sinal;
2. Projetar radioenlaces digitais terrestres e via satélite, dimensionando corretamente os principais componentes do sistema, com base em requisitos de desempenho.

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;
10. 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;
11. Ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;
13. Gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;
14. Ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias;
15. Aprender a aprender.

5. PROGRAMA

1. Introdução à enlaces de telecomunicações

- 1.1 Definição de propagação terrestre (onda direta, onda refletida e onda de superfície).
- 1.2 Definição de propagação espacial.

2. Componentes de enlaces de telecomunicações

- 2.1 Enlace terrestre (moduladores, conversores de frequência, amplificadores de potência, amplificadores de baixo ruído e antenas).
- 2.2 Enlace espacial (moduladores, conversores de frequência, amplificadores de potência, amplificadores de baixo ruído, antenas e transponders).

3. Cálculo da atenuação no espaço livre

- 3.1 Aplicação em enlaces terrestre.
- 3.2 Aplicação em enlaces espaciais.

4. Cálculos das atenuações por chuva e gases da atmosfera

- 4.1 Aplicação em enlaces terrestre.

4.2 Aplicação em enlaces espaciais.

5. Análise de propagação na troposfera para enlaces terrestres

5.1 Atenuação por obstáculo.

5.2 Reflexão da onda no solo.

6. Cálculo de parâmetros de atenuação específicos para comunicações via satélite

6.1 Atenuação por desapontamento de antenas

6.2 Atenuação por erros de polarização.

7. Análise de balanço de potências e relação sinal-ruído:

7.1 Aplicação em enlaces terrestre.

7.2 Aplicação em enlaces espaciais.

6. METODOLOGIA

Disponibilização de materiais e dinâmica da disciplina:

As aulas teóricas e práticas da disciplina serão distribuídas conforme descrito abaixo:

1. Aulas teóricas (2 aulas semanais): serão ministradas às segundas-feiras, das 07h10 às 08h50, na sala 403 do Bloco G da UNIPAM.

2. Aulas práticas (1 aula semanal): serão realizadas às terças-feiras, das 11h30 às 12h20, na sala 313 do Bloco ALFA.

Todo o conteúdo utilizado na disciplina é baseado na bibliografia prevista. Esses materiais serão disponibilizados como fonte de estudo por meio de postagens na sala virtual Sistemas de Radioenlace, no 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:

O atendimento aos alunos poderá ser realizado de forma presencial, na sala 312 do Bloco ALFA, ou por chamada no Microsoft Teams, às quartas-feiras, das 14h00 às 17h00. Attendimentos em outros dias e horários poderão ser agendados previamente com o professor, conforme disponibilidade. Além disso, dúvidas poderão ser encaminhadas a qualquer momento por meio do chat da sala virtual no Microsoft Teams, durante todo o período da disciplina.

Cronograma das partes teórica e prática:

A disciplina possui carga horária total de 45 horas, sendo 30 horas dedicadas à parte teórica e 15 horas à parte prática, o que corresponde a 54 horas-aula (36 horas-aula de teoria e 18 horas-aula de prática).

O cronograma das aulas, composto por aulas presenciais e eventuais reposições, está apresentado a seguir:

Aulas	Data	Regime		Conteúdo
1-2	20/10/25	Presencial	Teórico	Apresentação da parte teórica disciplina - Conteúdo programático - Método de avaliação Capítulo 1: Introdução aos sistemas de radioenlace - Motivações - Definições
3	21/10/25	Presencial	Prático	Apresentação da parte prática da disciplina - Conteúdo programático - Método de avaliação
-	27/10/25	-	-	Recesso
4	28/10/25	Presencial	Prático	Apresentação da parte prática da disciplina - Introdução ao simulador
5-6	03/11/25	Presencial	Teórico	Capítulo 2: Atenuação em enlaces terrestres - Atenuação no espaço livre
7	04/11/25	Presencial	Prático	Relatório 1: Análises de atenuação em enlaces terrestres - Atenuação no espaço livre
8-9	10/11/25	Presencial	Teórico	Capítulo 2: Atenuação em enlaces terrestres - Reflexão no solo (modelo de dois raios)
10	11/11/25	Presencial	Prático	Relatório 2: Análises de atenuação em enlaces terrestres - Reflexão no solo (modelo de dois raios)
11-12	14/11/25	Presencial	Teórico	Capítulo 2: Atenuação em enlaces terrestres (Reposição de aula de segunda-feira) - Difração em obstáculos
13-14	14/11/25	Reposição	Teórico	Capítulo 2: Atenuação em enlaces terrestres - Atenuação por chuva
15-16	17/11/25	Presencial	Teórico	Prova 1
17	18/11/25	Presencial	Prático	Relatório 3: Análises de atenuação em enlaces terrestres - Difração em obstáculos
18-19	24/11/25	Presencial	Teórico	Capítulo 3: Atenuação em enlaces via satélites - Atenuação no espaço livre
20	25/11/25	Presencial	Prático	Relatório 4: Análises de atenuação em enlaces terrestres - Atenuação por chuva
21-22	01/12/25	Presencial	Teórico	Capítulo 3: Atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por chuva
23	01/12/25	Reposição	Prático	Entrega dos relatórios 1 a 4
24	02/12/25	Presencial	Prático	Relatório 5: Análises de atenuação em enlaces via satélites - Atenuação no espaço livre
25-26	08/12/25	Presencial	Teórico	Capítulo 3: Atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por nuvens - Atenuação por oxigênio
27-28	08/12/25	Reposição	Teórico	Capítulo 3: Atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por desalinhamento de antenas - Atenuação por erros de polarização
29	09/12/25	Presencial	Prático	Relatório 6: Análises de atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por chuva
30-31	15/12/25	Presencial	Teórico	Prova 2
32	16/12/25	Presencial	Prático	Relatório 7: Análises de atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por nuvens - Atenuação por oxigênio

-	21/12/25 a 31/01/26	-	-	Recesso
33-34	02/02/26	Presencial	Teórico	Capítulo 4: Análise de desempenho - Balanço de potências
35	03/02/26	Presencial	Prático	Relatório 8: Análises de atenuação em enlaces via satélites - Atenuação por desalinhamento de antenas - Atenuação por erros de polarização
36-37	09/02/26	Presencial	Teórico	Capítulo 4: Análise de desempenho - Relação sinal-ruído
38	09/02/26	Reposição	Prático	Entrega dos relatórios 5 a 8
39	10/02/26	Presencial	Prático	Relatório 9: Análise de desempenho - Balanço de potências
-	16/02/26	-	-	Recesso
-	17/02/26	-	-	Recesso
40-41	23/02/26	Presencial	Teórico	Capítulo 4: Análise de desempenho - Probabilidade de erros de bits sem códigos corretores de erro
42	24/02/26	Presencial	Prático	Relatório 10: Análise de desempenho - Relação sinal-ruído
43-44	02/03/26	Presencial	Teórico	Capítulo 4: Análise de desempenho - Probabilidade de erros de bits com códigos corretores de erro
45	03/03/26	Presencial	Prático	Relatório 11: Análise de desempenho - Probabilidade de erros de bits sem códigos corretores de erro
46	03/03/26	Reposição	Prático	Relatório 12: Análise de desempenho - Probabilidade de erros de bits com códigos corretores de erro
47-48	09/03/26	Presencial	Teórico	Prova 3
49	10/03/26	Presencial	Prático	Entrega dos relatórios 9 a 12
50-51	16/03/26	Presencial	Teórico	Prova de Final
52-53	16/03/26	Reposição	Teórico	Vista de notas
54	17/03/26	Presencial	Prático	Vista de notas

As reposições das aulas teóricas serão ministradas das 14h00 às 15h40, na sala 403 do Bloco G da UNIPAM.

As reposições das aulas práticas ocorrerão das 16h00 às 16h50, na sala 313 do Bloco ALFA.

Em resumo, a carga horária da disciplina será distribuída da seguinte forma:

Carga horária	Teórica	Prática
Presencial	30 horas-aula	15 horas-aula
Reposições	6 horas-aula	3 horas-aula
Total da disciplina	36 horas-aula	18 horas-aula

7. AVALIAÇÃO

Para obter aproveitamento na disciplina, o(a) discente deverá alcançar nota mínima de 60 pontos em 100. A avaliação será composta por quatro partes, distribuídas da seguinte forma:

Prova 1 (25%) – Avaliação referente ao Capítulo 2 da parte teórica da disciplina. Consistirá em uma prova individual, com duração de 100 minutos, aplicada no horário regular da aula.

Prova 2 (25%) – Avaliação referente ao Capítulo 3 da parte teórica da disciplina. Consistirá em uma prova individual, com duração de 100 minutos, aplicada no horário regular da aula.

Prova 3 (25%) – Avaliação referente ao Capítulo 4 da parte teórica da disciplina. Consistirá em uma prova individual, com duração de 100 minutos, aplicada no horário regular da aula.

Atividades Práticas (25%) – Avaliação referente à parte prática da disciplina. Ao longo do semestre, os(as) discentes deverão entregar 12 atividades práticas, cuja nota final será calculada pela média aritmética das notas obtidas. Os relatórios deverão ser enviados em formato PDF, por meio do chat do Microsoft Teams, nas datas previamente estabelecidas. Atividades não entregues receberão nota zero.

Assim, o cronograma de atividades avaliativas da disciplina é:

Avaliação	Valor	Data
Prova 1	25	17/11/25
Prova 2	25	15/12/25
Prova 3	25	09/03/26
Relatórios	25	Entrega nas datas definidas no cronograma
Total	100,0	-

Os resultados das avaliações serão divulgados por meio de postagens na sala virtual Sistemas de Radioenlace, no Microsoft Teams, e as notas serão apresentadas utilizando os números de matrícula dos(as) alunos(as), a fim de preservar a identificação individual. A divulgação das notas ocorrerá até 15 (quinze) dias após a realização de cada avaliação. As revisões de notas poderão ser solicitadas durante os horários de atendimento ao aluno.

Conforme estabelece a Resolução CONGRAD nº 46/2022, o(a) discente que não alcançar média final (NFSR) igual ou superior a 60 pontos, mas que apresentar frequência mínima de 75% da carga horária da disciplina, terá direito a realizar uma atividade avaliativa de recuperação de aprendizagem. Essa atividade consistirá em uma prova final (PF) abrangendo todo o conteúdo do semestre. A média final (MF) do(a) discente, após a prova de recuperação, será calculada da seguinte forma:

$$MF = (NFSR \cdot 0,6) + (PF \cdot 0,4),$$

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

8. BIBLIOGRAFIA

Básica

- RAPPAPORT T. S. **Wireless communications: principles and practice**, 2nd ed., Prentice-Hall, 2002.
 SEYBOLD J. S. **Introduction to RF propagation**, John Wiley & Sons, Inc, 2005.
 RIBEIRO, J. A. J. **Propagação das ondas eletromagnéticas: princípios e aplicações**, Érica, 2008.
 IPPOLITO, L. J. **Radiowave propagation in satellite communications**, Van Nostrand Reinhold Company Inc, 1986.
 KOLAWOLE M. O. **Satellite communication engineering**, Marcel Dekker, Inc., 2002.
 MAINI, A. K., AGRAWAL, V. **Satellite technology: principles and applications**, 3rd ed., John Wiley & Sons, 2014.

Complementar

RIBEIRO, J. A. J. **Engenharia de antenas: fundamentos, projetos e aplicações**, Érica, 2012.
BALANIS, C. A. **Antenna theory: analysis and design**, 3rd ed., John Wiley and Sons, Nova York, 2005.
RODDY, D. **Satellite communications**, 4th ed., McGraw-Hill, 2006.
MARAL, G. BOUSQUET M. **Satellite communications systems**, 5th ed., John Wiley & Sons Ltd, 2002.
ALLNUTT, J. E. **Satellite-to-ground radiowave propagation**, The Institution of Engineering And Technology, 2011.
KRAUS, J. **Radio astronomy**, McGraw Hill, 1966.
GUIMARÃES, D. A. **Digital transmission: a simulation-aided introduction with vissim/comm**, Springer, 2009.
POZAR, D. M. **Microwave engineering**, 4th ed., JohnWiley & Sons, Inc, 2012

Recomendações da União Internacional de Telecomunicações (ITU)

Recommendation ITU-R P.838-3: **Specific attenuation model for rain for use in prediction methods**, International Telecommunications Union (ITU), 2005.
Recommendation ITU-R P.530-15: **Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems**, International Telecommunications Union (ITU), 2013.
Recommendation ITU-R P.837-7: **Characteristics of precipitation for propagation modelling**, International Telecommunications Union (ITU), 2017.
Recommendation ITU-R P.525-4: **Calculation of free-space attenuation**, International Telecommunications Union (ITU), 2019.
Recommendation ITU-R P.839-4: **Rain height model for prediction methods**, International Telecommunications Union (ITU), 2013.
Recommendation ITU-R P.618-11: **Propagation data and prediction methods required for the design of Earth-space telecommunication systems**, International Telecommunications Union (ITU), 2013.
Recommendation ITU-R P.840-4: **Attenuation due to clouds and fog**, International Telecommunications Union (ITU), 2009.
Recommendation ITU-R P.836-3: **Water vapour: surface density and total columnar content**, International Telecommunications Union (ITU), 2001.
Recommendation ITU-R P.676-12: **Attenuation by atmospheric gases**, International Telecommunications Union (ITU), 2019.
Recommendation ITU-R S.1064-1: **Pointing accuracy as a design objective for earthward antennas on board geostationary satellites in the fixed-satellite service**, International Telecommunications Union (ITU), 1995.
Recommendation ITU-R P.531-14: **Ionospheric propagation data and prediction methods required for the design of satellite networks and systems**, International Telecommunications Union (ITU), 2019.

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 13/11/2025, às 07:08, 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 02/12/2025, às 10:11, 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 **6666240** e o código CRC **BE63B68B**.