

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA****CENTRO TECNOLÓGICO**

Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica

Campus Trindade - CEP 88040-900 - Florianópolis SC

Tel: 48 3721-2260

PLANO DE ENSINO 2020.2¹**I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:**

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	HORAS-AULA SEMANAIS		HORAS-AULA SEMESTRAIS
		TEÓRICAS	PRÁTICAS	
EEL7417	Fundamentos de Comunicação Digital	4	0	72 horas

II. PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)

Prof. Leonardo Silva Resende

III. PRÉ-REQUISITO(S) (Código(s) e nome da(s) disciplina(s))

EEL7062 – Princípios de Sistemas de Comunicação

IV. CURSOS PARA OS QUAIS A DISCIPLINA É OFERECIDA

(202) Engenharia Elétrica (optativa)

(235) Engenharia Eletrônica (obrigatória)

V. EMENTA

Fundamentos da Teoria da Probabilidade; Processos Aleatórios e Análise Espectral; Princípios de Transmissão de Dado Digitais; Análise de Desempenho de Sistemas de Comunicação Digital; Comunicações Digitais com Canais Sujeitos a Distorção Linear.

VI. OBJETIVOS

Estudar e compreender os princípios fundamentais dos sistemas de comunicação digital. Desenvolver competências e habilidades relacionadas ao cálculo da taxa de erro de bits e de símbolos nos sistemas de comunicação digital.

VII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. *Fundamentos da Teoria da Probabilidade*: Conceito de probabilidade; variáveis aleatórias; médias estatísticas; correlação; processos estocásticos; transmissão de processos aleatórios por meio de sistemas lineares.
2. *Princípios de Transmissão de Dados Digitais*: Sistemas de comunicação digital; codificação de linha; formatação de pulso; filtro casado; interferência inter-simbólica; receptores digitais (equalizadores); diagrama de olho.
3. *Espaço de Sinais*: Representação geométrica de sinais; ortogonalização de Gram-Schmidt; caracterização estatística e modelo vetorial para o canal AWGN; função de verossimilhança; receptor de correlação; probabilidade de erro.
4. *Análise de Desempenho de Sistemas de Comunicação Digital*: Transmissão digital em banda passante; desempenho das modulações digitais em canais AWGN, com detecção coerente (BPSK, QPSK, OQPSK, M-PSK, M-QAM, BFSK, MSK e M-FSK); detecção não coerente; Modulação DPSK.

VIII. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

As aulas síncronas e/ou assíncronas utilizarão a plataforma moodle e, a partir dela, serão ministradas por meio de sistemas de teleconferência associados ou por disponibilização de link (Zoom, GoogleMeet, MSTeams, WebConf, etc). Ao longo do semestre, listas de exercícios serão fornecidas para auxiliar na fixação do conteúdo programático. Os alunos também serão motivados a realizar simulações computacionais como forma de demonstração dos conceitos teóricos aprendidos. O *software* utilizado para realizar as simulações é o MatLab, versão MatLab2013a, para fins educacionais (licença UFSC: <https://atendimento.ufsc.br/otrs/public.pl?Action=PublicFAQZoom;ItemID=138>). Durante o semestre, as estratégias utilizadas poderão ser adaptadas de forma a incrementar a participação dos estudantes no desenvolvimento da disciplina.

IX. ATIVIDADES PRÁTICAS

Não há.

X. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE FREQUÊNCIA

A avaliação do desempenho do estudante ao longo do período letivo será feita através de três provas teóricas (P_n), questionários

¹ Plano de ensino adaptado, em caráter excepcional e transitório, para substituição de aulas presenciais por aulas em meios digitais, enquanto durar a pandemia do novo coronavírus – COVID-19, em atenção à Resolução Normativa 140/2020/CUn.

(Q_n) e de dois trabalhos de simulação (T_n). No final do semestre, será atribuída uma nota N composta pela seguinte média ponderada: $N = 0,8 M_P + 0,1 M_Q + 0,1 M_T$, onde M_P , M_Q e M_T denotam a média aritmética simples das notas nas provas, nos questionários e nos trabalhos de simulação, respectivamente. Serão aprovados os alunos com nota $N \geq 6,0$ e frequência mínima de 75% nas aulas. Alunos com nota $3,0 \leq N < 6,0$ e frequência mínima de 75% terão direito a uma prova final (P_F). Nesse caso, a média aritmética simples entre a nota N e a nota na prova P_F substituirá a nota final do aluno, o qual será aprovado caso esta média seja maior ou igual a 6,0.

As provas teóricas terão duração de 2 horas e meia, nos horários de 15:10 às 17:40, caso sejam aplicadas numa terça-feira, e de 7:30 às 10:00 caso sejam aplicadas numa quinta-feira. Elas serão disponibilizadas no ambiente moodle 15 minutos antes do horário de início, e deverão ser entregues em um arquivo único no formato pdf, composto pela junção de fotografias da resolução das questões escritas a mão livre, em formato A4, também no moodle, até 15 minutos após o horário de término. Havendo algum problema técnico que inviabilize o envio do arquivo, caberá ao professor a avaliação da justificativa e a decisão sobre a possibilidade de recuperação da nota através de prova substitutiva. As provas possuem conteúdo cumulativo. As três provas P_n serão realizadas nos dias: 11/03/2021 (P_1), 08/04/2021 (P_2) e 13/05/2021 (P_3). Em caso de apresentação de justificativa, devidamente aprovada pelo Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica, para ausência em uma ou mais provas, será realizada uma única prova substitutiva ao final do semestre sobre todo o conteúdo da disciplina. A nota resultante substituirá as faltantes. A prova substitutiva será realizada no dia 18/05/2021, e a prova final no dia 20/05/2021.

Os questionários serão aplicados durante os 20 minutos finais de algumas aulas, sem qualquer comunicação prévia, via plataforma moodle (*on-line*). As questões abordam o conteúdo que acabou de ser apresentado, e são respondidas imputando um valor numérico. Ao responder uma questão, o aluno verifica se acertou, e terá mais uma oportunidade caso tenha errado. O não comparecimento a uma das aulas com questionário implicará em nota zero no questionário daquela aula. Todavia, em caso de falta justificada e devidamente aprovada pelo Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica, o professor disponibilizará novamente o questionário somente para esse(s) aluno(s) faltante(s), em horário previamente acordado.

Qualquer uma das provas teóricas poderá ter o mesmo formato de aplicação *on-line* dos questionários via plataforma moodle. A escolha de um dos formatos supracitados para uma determinada prova, ou a combinação deles, caberá ao professor.

Os trabalhos de simulação serão disponibilizados no ambiente moodle e deverão ser entregues em um arquivo único no formato pdf. O primeiro trabalho deverá ser entregue até o dia 11/03/2021, e o segundo até o dia 08/04/2021.

Todas as avaliações são expressas em notas fracionadas por 0,5 pontos de acordo com a Resolução 17 do Conselho Universitário de 30 de setembro de 1997.

O controle da frequência será realizado pelo próprio estudante através da respectiva ferramenta no ambiente moodle. A frequência poderá ser implementada no período de tempo compreendido entre 15 minutos antes da aula até 15 minutos após.

As datas das provas, bem como de entrega dos trabalhos de simulação, podem ser alteradas no decorrer do semestre de acordo com a conveniência do processo pedagógico. O cronograma atualizado das atividades estará disponível no moodle.

Os demais procedimentos e regulamentos são os definidos pela Resolução número 17 do Conselho Universitário de 30 de setembro de 1997.

XI. LEGISLAÇÃO

Não será permitido gravar, fotografar ou copiar as aulas disponibilizadas no Moodle. O uso não autorizado de material original retirado das aulas constitui contrafação – violação de direitos autorais – conforme a Lei nº 9.610/98 – Lei de Direitos Autorais.

XI. REFERÊNCIAS

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

1. Notas de aula e apostilas que serão disponibilizadas no ambiente moodle.
2. A. Papoulis, Probability, random variables, and stochastic processes, McGraw-Hill, 1965 (Disponível online: https://openlibrary.org/works/OL11282060W/Probability_random_variables_and_stochastic_processes?edition=probabilityrand_o00papo_0).
3. S. Haykin, Digital Communications, Internat. ed., Wiley, 1988. (Disponível online: https://openlibrary.org/books/OL15053964M/Digital_communications).

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. C. J. L. Pimentel, Comunicação Digital, Brasport Livros e Multimídias Ltda, 2007.
2. B. P. Lathi e Z. Ding, Sistemas de Comunicações Analógicos e Digitais Modernos, 4ª ed., LTC, 2012 (Original: Modern Digital and Analog Communication Systems, 4th ed., Oxford Univ. Press, 2009).
3. S. Haykin, Communication Systems, 4ª Ed., Wiley, 2001.

Cronograma

Aula	Data	CH	Conteúdo
1	02/02	2ha	Apresentação da disciplina
2	04/02	2ha	Introdução à comunicação digital
3	09/02	2ha	Conceito de probabilidade; probabilidade condicional; eventos independentes
4	11/02	2ha	Variáveis aleatórias discretas e contínuas; função densidade de probabilidade
-	16/02	-	Dia não letivo (feriado de Carnaval)
5	18/02	2ha	Funções de variáveis aleatórias; valor esperado; variáveis aleatórias Gaussianas
6	-	2ha	Atividade assíncrona – primeiro trabalho de simulação (T1)
7	23/02	2ha	Processos estocásticos; momentos; processos estacionários (estrito e amplo)
8	25/02	2ha	Densidade espectral de potência; filtragem de sinais aleatórios
9	02/03	2ha	Representação vetorial de sinais
10	-	2ha	Atividade assíncrona – primeira lista de exercícios
11	04/03	2ha	O receptor ótimo para canais RAGB; demodulador de correlação; filtro casado
12	09/03	2ha	Cálculo da probabilidade de erro; constelação binária; <i>M</i> -ASK; <i>M</i> -QAM
13	11/03	2 ^{1/2} ha	Prova I
14	16/03	2ha	Constelação ortogonal; <i>M</i> -PSK
15	18/03	2ha	Limitante superior para a probabilidade de erro
-	23/03	-	Dia não letivo (aniversário de Florianópolis)
16	-	2ha	Atividade assíncrona – segundo trabalho de simulação (T2)
17	25/03	2ha	Projeto do receptor não coerente ótimo
18	30/03	2ha	Probabilidade de erro do sistema ON-OFF não coerente
19	-	2ha	Atividade assíncrona – segunda lista de exercícios
20	01/04	2ha	Modulação DPSK
21	06/04	2ha	Modulação $\pi/4$ -DQPSK
22	08/04	2 ^{1/2} ha	Prova II
23	13/04	2ha	Transmissão sequencial
24	15/04	2ha	Modulação OQPSK ; MSK
25	20/04	2ha	Densidade espectral de potência de modulações lineares
26	22/04	2ha	Definições de largura de faixa
27	27/04	2ha	Códigos de linha
28	29/04	2ha	Modelo de canais com interferência intersimbólica
29	04/05	2ha	Critério de Nyquist para eliminação da ISI
30	-	2ha	Atividade assíncrona – terceira lista de exercícios
31	06/05	2ha	Equalizadores
32	11/05	2ha	Algoritmo LMS
33	13/05	2 ^{1/2} ha	Prova III
34	18/05	2 ^{1/2} ha	Prova substitutiva
35	20/05	2 ^{1/2} ha	Prova final