

# PLANO DE ENSINO

Identificação da disciplina	
Código e nome da disciplina: UFSM00261 SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO DIGITAL I	
Curso: Engenharia de Telecomunicações	
Turma: 10_316	
Docente responsável: Fernando Cesar Comparsi De Castro	
Ano/período: 2023/II	
Objetivos da disciplina (de acordo com o projeto pedagógico do curso):	
Compreender a constituição e funcionamento de sistemas de comunicação digitais. Compreender as técnicas de codificação de fonte, códigos corretores de erro e técnicas de modulação digitais. Compreender como é realizada a transmissão em banda-base e banda-passante e determinar a capacidade de um canal de comunicação digital.	
Carga horária: 60 horas - aula	
Conteúdo programático (de acordo com o projeto pedagógico do curso): Teoria da Informação. Teorema da amostragem. Codificação de fonte. Algoritmos de compactação de dados. (DPCM, DM e ADM. Huffman). Teorema da Capacidade de canal. Códigos corretores de erros. Códigos de bloco (Reed Solomon, LDPC). Códigos convolucionais (Turbo Codes). Transmissão em Banda Base. Transmissão em Banda Passante. Modulação digital: PSK, FSK, MSK e QAM. Demodulação por correlação. Demodulação por filtro casado. Modelamento, simulação e análise de sistemas de comunicação digital.	
<b>Bibliografia básica (de acordo com o projeto pedagógico do curso):</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>Proakis, John G., Digital communications / 5th ed. Boston: McGraw-Hill, 2014. xxviii, 1150 p.</li><li>Lathi, B. P. (Bhagwandas Pannalal) 1933-, Sistemas de Comunicações Analógicas e Digitais Modernos / 4. ed. - Rio de Janeiro, RJ Livros Técnicos e Científicos 2015 838 p.</li><li>HAYKIN, S. MOHER, M. Sistemas de Comunicação. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.</li></ul>	
<b>Bibliografia complementar (de acordo com o projeto pedagógico do curso):</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>Proakis, John G., Communication Systems Engineering / 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002. xiv, 801 p.</li><li>Lathi, B. P., Sistemas de Comunicação / Rio de Janeiro, RJ: Guanabara, 1979. 401 p.:</li><li>HAYKIN, S. Sistemas de Comunicação: Analógicos e Digitais. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.</li><li>R.E. Principles of Communications: Systems, Modulation and Noise. 5. ed. Hoboken: John Wiley &amp; Sons, c2002. 637 p.</li><li>STALLINGS, William. Data and Computer Communications. Prentice Hall, 6th ed, 2000</li></ul>	
<b>Bibliografia auxiliar:</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>Material didático disponibilizado em <a href="http://www.fccdecastro.com.br/download.html">http://www.fccdecastro.com.br/download.html</a> .</li></ul>	
Descrição do plano	
Metodologia:	
Aulas expositivas com conteúdo ministrado através de texto didático em formato pdf disponibilizadas em <a href="http://www.fccdecastro.com.br/download.html">http://www.fccdecastro.com.br/download.html</a> . São apresentados conceitos teóricos e aplicações. Ao final de cada módulo relevante do conteúdo um conjunto de exemplos e exercícios é resolvido. Um conjunto adicional de exercícios e problemas é sugerido ao aluno como <i>homework</i> para serem resolvidos no âmbito do paradigma <i>computer-assisted problem solving</i> . Para a matéria de cada uma das duas provas P1 e P2 haverá um conjunto de exercícios e problemas a ser resolvido a título de <i>homework</i> . A solução dos referidos problemas e exercícios pelo aluno corresponderá à 10% do grau final.	
Cronograma <u>estimado</u> de atividades:	
	Atividade
09/08	aula inicial - apresentação da disciplina
14/08	Parâmetros de desempenho de um sistema de comunicação digital em função das condições operacionais no canal de comunicação. Arquitetura genérica dos blocos funcionais de um sistema de comunicações p/ que os parâmetros de desempenho desejados para o sistema sejam alcançados. Degradação da inteligibilidade do sinal recebido causada pelo multipath no canal de comunicação – analogia acústica. Compressão da informação no codificador de fonte (“source encoder”) p/ minimizar a banda BW ocupada no canal pelo sinal do TX. Compressão da informação – código Morse binário. Correção dos bits recebidos em erro pelo “channel

	decoder". Detalhamento do Modulador Digital (TX). Shaping filter (filtro de formatação de pulso) e Up-sampler (superamostrador) – contenção espectral da sequência de pulsos quadrados na saída das LUTs I e Q. Contenção espectral obtida com um filtro Gaussiano contínuo (analogico).
16/08	Upconverter – a definição da frequência central $f_c$ do canal de largura $W$ . O TX e o RX (demodulador) operando em conjunto. O demodulador digital (RX). O que acontece com a taxa e com a robustez do enlace se configurarmos o modulador para utilizar uma modulação 256-QAM ao invés da modulação 16-QAM, mantendo um symbol rate = 10Msymb/s? Design Flow – metodologia de projeto de sistemas de comunicações – implementação em ASIC (Application-Specific Integrated Circuit) e/ou em FPGA (Field-Programmable Gate Array). Canal AWGN (Additive White Gaussian Noise) x canal com multipath. Canal com multipath.
21/08	Capacidade de Canal – Teorema de Shannon.Capacidade de canal de sistemas multicarrier.
23/08	Codificação de Fonte. Conversão A/D. Teorema da amostragem. PCM diferencial.
28/08	Predição linear. # Modulação Delta e Delta - adaptativo.
30/08	Entropia – uma possível medida de informação.Codificação por entropia. Códigos univocamente decodificáveis. Códigos instantâneos.
04/09	Teorema da Codificação de Fonte (Noiseless Coding Theorem). Códigos Ótimos – Códigos de Huffman. Método para construção de códigos ótimos. Códigos Ótimos – Códigos de Huffman. # Exemplos resolvidos sobre Codificação de Fonte.
06/09	Exercícios Huffman
11/09	Exercícios Huffman
13/09	Codificação de Canal. Códigos corretores de erro. Códigos de Bloco. Códigos de Bloco binários. Razão de codificação. Códigos de Bloco – códigos polinomiais. Campo Algébrico. Capacidade de Detecção e Correção de Erro. A Matriz Geradora de um Código $\theta(n, k)$ . A Matriz de Paridade de um Código $\theta(n, k)$ .
18/09	Decodificação pela Mínima Distância (Decodificação ML - Maximum-Likelihood Decoding).Arranjo Padrão. Principais Códigos de Blocos Binários: Códigos de Hadamard, Código de Golay, Código de Hamming, Códigos Reed-Solomon, Códigos LDPC – Low-Density Parity-Check.
20/09	FERIADO
25/09	Códigos Convolucionais e Decodificador de Viterbi (Exemplo 1).
27/09	Códigos Convolucionais e Decodificador de Viterbi (Exemplo 2).
02/10	Exemplos resolvidos sobre códigos de bloco e códigos convolucionais.
04/10	Exemplos resolvidos sobre códigos de bloco e códigos convolucionais.
09/10	Turbo Códigos.
11/10	Exercícios p/ P1
16/10	Exercícios p/ P1
18/10	Prova P1
23/10	JAI: Jornada Acadêmica Integrada
25/10	JAI: Jornada Acadêmica Integrada
30/10	Modulação e demodulação. O modulador e o demodulador na arquitetura geral de um sistema de comunicações digital. Contenção espectral. Upsampler. Upconverter. Sumário das operações/processos em um modulador digital. Processos e sinais nos domínios tempo e frequência na operação conjunta do modulador e demodulador. Processos e sinais nos domínios tempo e frequência na operação do demodulador.
01/11	Robustez da modulação expressa pela capacidade do de-mapper decidir corretamente qual palavra binária foi transmitida. A dispersão residual em torno dos símbolos IQ de referência da constelação na entrada do de-mapper. Tipos básicos de modulação - QAM e PSK. Particularidades positivas e negativas da modulação M-PSK. Distância mínima $d_{min}$ para a constelação M-PSK.
06/11	Tipo básico de modulação - PAM. Desempenho de uma técnica de Modulação. Comparação de desempenho entre as modulações PAM, PSK e QAM.
08/11	Detecção por filtro casado (matched filter) e por correlator. Porque é necessário minimizar o ruído branco Gaussiano aditivo. Filtro Casado (matched filter) – resposta ao impulso. Filtro Casado (matched filter) – minimização do ruído branco e maximização do sinal.
13/11	Filtro Casado (matched filter) – Exemplo. Filtro Casado (matched filter) – número $N$ de filtros em função do tipo de modulação adotada. Demodulação por Correlator . Demodulação por Matched Filter e Correlator - Exemplo comparativo.
15/11	FERIADO
20/11	Exercícios p/ P2.
22/11	Exercícios p/ P2.

27/11	"ADAPTAÇÃO ACADÊMICA: dia da semana considerado como 5aF p/ fins acadêmicos na UFSM" conforme CALENDÁRIO ACADÊMICO UFSM 2023 – PROGRAD.
29/11	Modulação FSK (frequency shift keying).
04/12	"ADAPTAÇÃO ACADÊMICA: dia da semana considerado como 6aF p/ fins acadêmicos na UFSM" conforme CALENDÁRIO ACADÊMICO UFSM 2023 – PROGRAD.
06/12	Prova P2
11/12	"ADAPTAÇÃO ACADÊMICA: dia da semana considerado como Sábado p/ fins acadêmicos na UFSM" conforme CALENDÁRIO ACADÊMICO UFSM 2023 – PROGRAD.
13/12	"ADAPTAÇÃO ACADÊMICA: dia da semana considerado como Sábado p/ fins acadêmicos na UFSM" conforme CALENDÁRIO ACADÊMICO UFSM 2023 – PROGRAD.
18/12	Exame

#### Atividades práticas:

Simulação análise e projeto de aplicações em situações práticas no âmbito de sistemas de comunicação digital utilizando o software MathCad e/ou o software Matlab. Estas atividades referem-se aos *homeworks* a serem resolvidos no âmbito do paradigma *computer-assisted problem solving* – vide seção “Metodologia”.

#### Critérios de avaliação:

$$\text{GrauFinal} = \frac{4.5P1 + 4.5P2 + H}{10}$$

onde

o valor do GrauFinal será atribuído ao valor do grau da “Primeira Avaliação” e simultaneamente ao valor do grau da “Segunda Avaliação” no sistema de registro de notas da UFSM.

**Graus P1 e P2:** Graus respectivamente referentes à solução das provas P1 e P2, provas que serão resolvidas de forma **individual** no domicílio do aluno.

**Diretrizes p/ as provas P1 e P2:** O enunciado da prova será enviado ao e-mail do aluno registrado no sistema da UFSM, a partir do e-mail [fccdecastro@outlook.com](mailto:fccdecastro@outlook.com). A data da entrega da solução da prova estará especificada no enunciado da mesma e a solução deverá ser enviada para o e-mail [fccdecastro@outlook.com](mailto:fccdecastro@outlook.com) a partir do e-mail do aluno registrado no sistema da UFSM.

A solução das questões deve ser feita de forma **manuscrita**, exceto os gráficos. **Cada gráfico (se houver), deve ser plotado (não serão aceitos gráficos desenhados à mão). A avaliação da solução da prova será baseada no que for explicitado de forma manuscrita na solução da prova e no que for expresso e contextualizado nos gráficos (se houver gráfico).**

A solução da prova deve ser enviada em arquivo formato .pdf, .jpg, .png ou .tif. Atentar para a iluminação, contraste e resolução da solução, para efeito de ser garantida a legibilidade da mesma. Em sendo recebido o e-mail do aluno referente à solução da prova, um *reply* de confirmação do recebimento será enviado ao e-mail do aluno a partir do e-mail [fccdecastro@outlook.com](mailto:fccdecastro@outlook.com).

**Ordenar sequencialmente os procedimentos/resultados parciais de forma coerente**, mantendo a relação causa-consequência no encadeamento sequencial das ideias expressas na escrita da solução da prova. Cada resultado/valor numérico deve ser acompanhado da respectiva unidade dimensional (se houver), e deve ser precedido da equação analítica/algébrica que deu origem ao resultado. Cada equação analítica/algébrica deve ser precedida da identificação dos valores numéricos que foram utilizados na equação. **Não serão pontuadas as soluções parciais e/ou globais que apresentarem somente o resultado sem o devido desenvolvimento analítico/algébrico.** Cada gráfico (se houver) deve ser apresentado com uma legenda descrevendo o seu significado e a sua interpretação no contexto da solução do item da questão.

Deve ser entregue juntamente com a solução de cada questão o **arquivo original** do *script*, *workspace*, código fonte, etc. do software utilizado para solucionar a questão. **Não será pontuada a solução de questão em que for entregue somente o *script*, *workspace*, código fonte, etc., sem incluir o devido desenvolvimento referido nas diretrizes acima.**

Atentar para a individualidade da solução da prova: Itens da solução da prova que forem absolutamente idênticos em duas provas não serão pontuados em ambas.

A correção/avaliação das provas será enviada em formato pdf ao e-mail do aluno registrado no sistema da UFSM.

**Grau H - Homeworks:** Grau referente à média aritmética obtida na solução do conjunto de todos os exercícios e problemas propostos em aula como *homeworks*, exercícios e problemas que são pertinentes e respectivos à matéria ministrada para as provas P1 e P2.

O enunciado de cada *homework* será enviado por e-mail aos alunos em momentos oportunos ao longo do semestre letivo. A solução do *homework* deverá ser entregue na data indicada no enunciado do mesmo e deve seguir as mesmas diretrizes para a solução e entrega das provas P1 e P2 explicitadas em “**Diretrizes p/ as provas P1 e P2**” acima.

**Homework, prova e/ou exercício entregue fora do prazo:** Será aplicado o fator  $0.8^d$  à nota final do mesmo, sendo  $d$  o número de dias de atraso na entrega, incluindo dias úteis e não-úteis transcorridos até a entrega.

Informações complementares:

O docente responsável está à disposição dos alunos através do e-mail [fccdecastro@outlook.com](mailto:fccdecastro@outlook.com) .

Página para download de material didático: <http://www.fccdecastro.com.br/download.html>