

## ANEXO 1

### PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE REDES E SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES (GRADE COM DOIS MÓDULOS)

#### A1.1. ORGANIZAÇÃO E MÓDULOS

O curso de Pós-graduação em Engenharia de Redes e Sistemas de Telecomunicações tem 368 horas de atividades presenciais e está organizado em dois módulos:

- Módulo de Sistemas de Comunicações sem Fio
- Módulo de Redes de Telecomunicações

#### A1.2. RELAÇÃO DE DISCIPLINAS POR MÓDULO, CARGAS HORÁRIAS E CRÉDITOS

##### MÓDULO DE SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES SEM FIO

SIGLA	DISCIPLINA	C. H.	CRÉDITOS
TP301	Codificação de Fonte e de Canal	28	3
TP302	Modulação Digital	24	3
TP303	Antenas e Propagação	12	2
TP304	Sistemas Radioenlaces Digitais	24	3
TP305	Sistemas de Comunicações Móveis	24	3
TP306	Comunicações Ópticas	12	2
TP307	Televisão Digital	12	2
<b>Totais do Módulo</b>		<b>136</b>	<b>18</b>

##### MÓDULO DE REDES DE TELECOMUNICAÇÕES

SIGLA	DISCIPLINA	C. H.	CRÉDITOS
TP308	Introdução às Redes de Telecomunicações	32	4
TP309	Redes de Acesso, Redes Telefônicas e Redes de Transporte	24	3
TP310	Redes Locais e Metropolitanas	16	2
TP311	Redes IP	24	3
TP312	Redes Frame Relay e ATM	12	2
TP313	Interconexão de Redes de Telecomunicações	8	1
TP314	Qualidade de Serviço em Redes de Telecomunicações	16	2
TP315	Análise de Desempenho e Dimensionamento de Redes de Telecomunicações	24	3
TP316	Segurança em Redes de Telecomunicações	16	2
TP317	Gerência de Redes	8	1
TP318	Redes Multimídia e NGN	24	3
TP319	Redes Ópticas, MPLS e GMPLS	20	2
<b>Totais do Módulo</b>		<b>224</b>	<b>28</b>

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

SIGLA	DISCIPLINA	C. H.
TCC	Projetos em Redes e Sistemas de Telecomunicações	08

A1.3. EMENTAS DAS DISCIPLINAS POR MÓDULO

TP301 - Codificação de Fonte e de Canal

- Parte 1 – Codificação de Fonte
  - Fundamentos da Teoria da Informação: incerteza, informação e entropia.
  - Teorema da Codificação de Fonte.
  - Técnicas de compactação de dados: código do prefixo, Huffman e Lepel Ziv.
  - Técnicas de Compressão de Sons.
  - Técnicas de Compressão de Vídeo.
  - Teorema da Capacidade de Canal e Teorema da Capacidade de Informação.
- Parte 2 – Codificação de Canal
  - Códigos de Blocos Lineares: fundamentos, matriz geradora e verificadora de paridade, correção de erro por tabela de síndrome, capacidade de detecção e correção de erros, códigos cíclicos (Hamming). Características e desempenho dos códigos de bloco binários mais importantes.
  - Códigos Convolucionais: codificador convolucional, vetores conexão, resposta ao impulso, diagrama de estados, diagrama de treliça e algoritmo de decodificação de Viterbi.
  - Modulação Codificada (Princípios da BCM e da TCM).
  - Codificação Turbo e LDPC - (noções)

TP302 - Modulação Digital

- Parte 1 – Modulação
  - Modulação: motivos e objetivos.
  - Revisão sobre comunicações analógicas: modulação em amplitude, frequência e fase.
  - Introdução a variáveis aleatórias: características, fdp, fdc e momentos.
  - Ruído em Sistemas de Comunicação: distribuição gaussiana, ruído branco gaussiano aditivo, densidade espectral de potência de ruído.
  - Transmissão Digital em Banda Básica: sinais para modulação de pulso; representação geométrica dos sinais, sinais antipodais e ortogonais; decisão de máxima verossimilhança, probabilidade de erro em canais AWGN.
  - Princípios de Modulação Digital: Modulações em amplitude, em fase e em frequência. Técnicas de detecção coerente e não coerente. Probabilidades de erro em canais com ruído AWGN. Princípio das modulações diferenciais.
- Parte 2 – Desvanecimento
  - Canais com Múltiplos Percursos: Caracterização do fenômeno. Resposta ao impulso. Interferência entre símbolos. Parâmetros de dispersão temporal. Banda de coerência. Efeito Doppler. Tempo de coerência.
  - Desvanecimento Rápido: Rayleigh, Rice e Nakagami- $m$ .
  - Estatísticas para o desvanecimento (taxa de cruzamento de limiar e duração média do desvanecimento).

- Espalhamento espectral: princípios dos sistemas DS, FH e TH. Sequências PN, códigos Walsh, Godes e VSCF. Correlator DS-SS. Rake receiver.
- Sistema com múltiplas portadoras: modulação, demodulação, uso da FFT.
- Princípios de diversidade.
- Equalização adaptativa para o sistema MCM e SCM: Fundamento sobre filtragem digital, técnicas de equalização para SCM e MCM.

## TP303 - Antenas e Propagação

- Fundamentos de antenas.
- Propriedades das antenas transmissoras e receptoras.
- Tipos fundamentais de antenas.
- Redes de antenas.
- Antenas para microondas.
- Propagação no espaço livre. Tipos e características da atmosfera terrestre. Propagação sobre a Terra plana. Efeitos da curvatura da Terra. Difração em obstáculos.

## TP304 - Sistemas Radioenlaces Digitais

- Parte 1 – Sistemas Terrestres
  - Elementos de um sistema radioenlace digital: espectro; configuração dos sistemas; hierarquias de transmissão.
  - Modelo de canal para sistemas rádio digitais ponto-a-ponto: o modelo de Rummler; a Recomendação ITU-R P.530-9.
  - Análise de desempenho e dimensionamento de sistemas radioenlaces digitais: influência dos desvanecimentos não-seletivos e seletivos. Técnicas de melhoria de desempenho: diversidade em espaço e diversidade em frequência.
  - Modelo de canal para sistemas rádio digitais ponto-área: a Recomendação ITU-R P.1546-1.
- Parte 2 – Sistemas Espaciais
  - Introdução: histórico e evolução; tipos de órbitas e suas coberturas; componentes básicos do sistema.
  - Técnicas de transmissão de sinais por satélite: modulações e técnicas de múltiplo acesso.
  - Análise e dimensionamento de enlace para satélites geo-estacionários.
  - Redes de comunicações por satélites: VSAT; redes móveis e GPS.

## TP305 - Sistemas de Comunicações Móveis

- Parte 1 – Sistemas Móveis
  - Introdução.
  - Modelos de perdas no percurso: modelo do espaço livre, terreno plano, sombreamento Log-normal, estimação de cobertura, Modelos de predição para exteriores: Okumura, Hata e outros.
  - Componentes de um sistema celular. Tipos de canais.
  - Reuso de frequências.
  - Estratégias de *handoff*.
  - Modelos para células e microcélulas.
  - Interferências e capacidade do sistema: co-canal e canal adjacente.
  - Entroncamento e grau de serviço.
  - Aumentando a capacidade de sistemas celulares: divisão de células, setorização, *downtilt*.

- Métodos de Acesso para Comunicações Móveis: FDMA, TDMA, CDMA.
- Parte 2 – Padrões
  - Padrões 2G: Padrão AMPS, Padrão IS-136, Padrão IS-95A,
  - Padrão GSM.
  - Sistemas de 3ª geração: cdma2000 e WCDMA.

## TP306 - Comunicações Ópticas

- Características gerais das comunicações ópticas.
- Noções sobre a física da luz.
- Propagação em fibras ópticas.
- Alterações do feixe óptico guiado.
- Dispositivos para emissão de luz.
- Detectores para comunicações ópticas.
- Amplificadores ópticos.

## TP307 - Televisão Digital

- Introdução a DTV.
- MPEG-2/4: áudio e vídeo. Estrutura do MPEG-2/4 sem codificação de fonte .
- Padrão ATSC terrestre e cabo.
- Padrão DVB terrestre, cabo e satélite.
- Padrão ISDB terrestre, cabo e satélite.
- Comparação entre sistemas.

## TP308 - Introdução às Redes de Telecomunicações

- Conceitos Iniciais: dispositivos e funções componentes de uma rede de telecomunicações, classificação das redes de telecomunicações, comutação de circuitos e comutação de pacotes, modelo OSI, Órgãos de Padronização.
- Meios de Transmissão e Topologias
- Controle de Erro e Controle de Fluxo em Redes de Telecomunicação: correção de erro por retransmissão (ARQ) versus correção de erro automática no receptor (FEC), CRC para detecção de erro, protocolos de retransmissão e seu desempenho, protocolo de janela deslizante.
- Protocolos de camada de enlace: funções básicas (enquadramento, controle de erro, controle de fluxo), o protocolo HDLC, o protocolo PPP.
- Múltiplo Acesso em Redes de Telecomunicações: classificação das técnicas de múltiplo acesso, múltiplo acesso com alocação fixa (TDMA, FDMA e CDMA), múltiplo acesso aleatório (Aloha, Slotted-Aloha, CSMA, CSMA-CD e CSMA-CA), múltiplo acesso com alocação por demanda ( passagem de ficha e polling).
- Endereçamento: necessidade de endereçamento, estruturas de endereçamento, exemplos de endereçamento em redes de telecomunicações.
- Roteamento: classificação das técnicas de roteamento, algoritmos de caminho mais curto, roteamento por inundação, roteamento por vetor de distância e por estado de enlace, roteamento multicast, roteamento broadcast, roteamento em redes com mobilidade do terminal.
- Controle de Congestionamento: classificação as técnicas de controle de congestionamento, influência das diversas camadas no congestionamento, traffic shaping e policiamento de tráfego, algoritmos leaky bucket, token bucket e GCRA, choke packets, RED e WRED, ECN.

## TP309 - Redes de Acesso, Redes Telefônicas e Redes de Transporte

- Redes de acesso: redes xDSL, cable modems e o padrão IEEE 802.14, redes ópticas, redes híbridas.
- Redes telefônicas: tipos de comutadores de circuitos, arquitetura e princípio de operação dos comutadores de circuitos atuais, topologia da rede com comutação de circuito, endereçamento telefônico.
- Sinalização em redes com comutação de circuito: a sinalização SS7.
- Redes SDH: princípios do SDH, detalhamento do STM-1, multiplexagem nas redes SDH e concatenação de quadros,
- Redes SDH de nova geração.

## TP310 - Redes Locais e Metropolitanas

- Redes Ethernet: breve histórico, redes 10 base T, 100 base T, redes baseadas em comutadores, Gigabit Ethernet, 10 Gbit Ethernet.
- Redes Token Ring e FDDI
- Redes sem fio: IEEE 802.11 (WiFi), IEEE 802.15 (Bluetooth) e IEEE 802.16 (WiMax).
- Redes EPON e RPR (IEEE 802.17)

## TP311 - Redes IP

- Introdução: arquitetura TCP/IP, endereçamento na Internet, DNS, funções das camadas de rede e transporte, número de portas, padrões, APIs.
- Protocolo IP: campos do cabeçalho IP, conceito de subrede, Ipv6.
- Outros protocolos e programas utilizados nas redes IP: ARP e RARP, ICMP, Ping, Traceroute.
- Roteamento IP: princípios, ICMP, RIP, OSPF, BGP, CIDR, broadcasting e multicasting.
- Protocolo UDP: princípio de operação e campos do cabeçalho.
- Protocolo TCP: princípio de operação, estabelecimento e finalização de conexão, fluxo de dados, timeout e retransmissões, temporizadores.
- Protocolos da camada de aplicação: IGMP, DNS, FTP, SMTP, BOOTP, SNMP, NFS, HTTP.

## TP312 - Redes Frame Relay e ATM

- Frame Relay: introdução, campos do cabeçalho do quadro Frame Relay e suas funções, o conceito de CIR.
- Redes ATM: princípios gerais, funções da camada física, funções da camada ATM, funções da camada de adaptação (AAL1, AAL2 e AAL5), introdução ao PNNI, contrato de tráfego em redes ATM

## TP313 - Interconexão de Redes de Telecomunicações

- Conceitos gerais de interconexão de redes
- Interconexão de redes locais: repetidores, bridges, comutadores
- Interconexão de ATM com Frame Relay
- Interconexão de IP e ATM (modelo overlay)
- Interconexão de redes telefônicas com ATM

## TP314 - Qualidade de Serviço em Redes de Telecomunicações

- Introdução: definição de QoS, parâmetros de QoS, QoS na arquitetura em camadas.

- Mecanismos para se prover QoS: compensação do jitter, classificação do tráfego, priorização do tráfego (escalonamento), gerenciamento de buffer, reserva de recursos, policiamento do tráfego, gerência de congestionamento, controle de admissão, fragmentação de pacotes.
- QoS em redes IP: arquiteturas para QoS, protocolo RSVP.

## TP315 - Análise de Desempenho e Dimensionamento de Redes de Telecomunicações

- Princípios gerais
- Introdução à Teoria de Filas
- Análise de redes com comutação de circuito
- Análise de redes com comutação de pacotes
- Análise de redes com múltiplo acesso
- Conceito de banda efetiva para o dimensionamento de redes

## TP316 - Segurança em Redes de Telecomunicações

- Conceitos iniciais: confidencialidade, autenticação, integridade e controle de acesso.
- Princípios de criptografia: criptografia de chave simétrica e de chave pública .
- Sigilo, autenticação e integridade de dados: modos de cifragem, técnicas de autenticação, funções de hash e assinaturas digitais.
- Distribuição de chaves e certificação: centro de distribuição de chaves, autoridades certificadoras e certificados digitais.
- Controle de acesso e firewalls.
- Princípios de ataques à segurança e contramedidas.
- Segurança em diversas camadas da rede: e-mail seguro, SSL, Ipsec.
- Segurança em redes sem fio.

## TP317 - Gerência de Redes

- Introdução: Definição. Por que Gerenciar?
- Exemplos de Problemas.
- Padronização. Áreas de Atuação. Modelo de Gerenciamento OSI:
- Fundamentos, CMIS e CMIP. Modelo de Gerenciamento da Internet:
- Fundamentos, SMI, MIB, SNMP e RMON. Gerenciamento para Telecomunicações: Fundamentos, Arquitetura Funcional, Arquitetura Física e Arquitetura de Informação. Gerenciamento CORBA e JAVA. Ferramentas e Plataformas de Gerenciamento.

## TP318 - Redes Multimídia e NGN

- Parte 1 – Redes Multimídia
  - Introdução: Sistema Multimídia, Tipos de Mídias e Classes de Aplicações Multimídia. Voz sobre IP: Motivação, Padronização, Arquiteturas, RTP, RSTP, RTCP, SIP, SDP, H.323. Vídeo sobre IP: Motivação, Arquiteturas, Protocolos.
- Parte 2 – Redes NGN
  - Introdução: Motivação, Definições, Padronização, Arquiteturas, Protocolos. *Media Gateway. Signalling Gateway. Media Gateway Controller. MGCP. MEGACO (H.248). SIGTRAN. SCTP. SIP-T. ITU-T NGN: Áreas de Estudo, Y.2001 e Y2011. Internet Multimedia System. Multiservice Switching Forum. OSA/Parlay. Web Services. Tecnologias XML. JAIN.*

## TP319 - Redes Ópticas, MPLS e GMPLS

- Parte 1 – Redes Ópticas
  - Redes WDM.
  - Redes de Roteamento de Comprimento de Onda.
  - Roteamento e Alocação de Comprimentos de Onda. *Traffic Grooming*.  
Comutação de Pacotes e *Bursts* Ópticos.
- Parte 2 – MPLS e GMPLS
  - Introdução: Origem, Fundamentos, Componentes e Aplicações. Cabeçalho MPLS. *Labels* e LSPs. LSPs Estáticos e Dinâmicos. *Forwarding Equivalence Classes*.
  - Troncos de Tráfego. Integração MPLS e *Diff-Serv*. Engenharia de Tráfego MPLS (MPLS-TE). Distribuição de *Labels*: LDP, CR-LDP e RSVP-TE. Mapeamento dos *Bits* EXP. GMPLS: Introdução, *Labels*, LSPs, RSVP, LDP.

TCC – Projetos em Redes e Sistemas de Telecomunicações

Apresentação dos projetos em Redes e Sistemas de Telecomunicações, e orientação para sua execução, como requisito para a conclusão do curso.

Alterado pelo Conselho Diretor em 15.10.2007