

CONCURSO PÚBLICO

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR
INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO
E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO)

CADERNO DE PROVAS PARTE II

PROVA DE CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS
PROVA DISCURSIVA

CARGO

29 PESQUISADOR-TECNOLOGISTA
EM METROLOGIA E QUALIDADE

ÁREA:

**TECNOLOGIA APLICADA
ÀS TELECOMUNICAÇÕES**

ATENÇÃO!

Leia atentamente as instruções constantes na capa da Parte I do seu caderno de provas.

- 1 Nesta parte II do seu caderno de provas, confira atentamente os seus dados pessoais e os dados identificadores de seu cargo transcritos acima com o que está registrado em sua **folha de respostas** e na capa de seu **caderno de texto definitivo da prova discursiva**. Confira também o seu nome e o nome do seu cargo no rodapé de cada página numerada desta parte II de seu caderno de provas. Caso o caderno esteja incompleto, tenha qualquer defeito, ou apresente divergência quanto aos seus dados pessoais ou aos dados identificadores de seu cargo, solicite ao fiscal de sala mais próximo que tome as providências cabíveis, pois não serão aceitas reclamações posteriores nesse sentido.
- 2 Quando autorizado pelo chefe de sala, no momento da identificação, escreva, no espaço apropriado da **folha de respostas**, com a sua caligrafia usual, a seguinte frase:

O homem ainda é o computador mais extraordinário de todos.

OBSERVAÇÕES

- Não serão objeto de conhecimento recursos em desacordo com o estabelecido em edital.
- Informações adicionais: telefone 0(XX) 61 3448-0100; Internet — www.cespe.unb.br.
- É permitida a reprodução deste material apenas para fins didáticos, desde que citada a fonte.

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

Com relação a redes de telecomunicações, julgue os itens a seguir.

- 41 Em uma rede de comunicação, a comutação é responsável pela alocação dos recursos da rede para possibilitar a transmissão de dados pelos diversos dispositivos conectados.
- 42 A comutação de circuitos pode ser caracterizada por três fases distintas: estabelecimento do circuito; transferência de informações; e liberação do circuito.
- 43 Na comutação de pacotes, um circuito dedicado pode ser composto por enlaces físicos exclusivos, além de canais de frequência e canais de tempo.
- 44 Como em redes ATM é utilizada a comutação de pacotes, não é necessário, nessas redes, o estabelecimento de uma conexão para o transporte de dados.
- 45 Na comutação de mensagens, não é necessário o estabelecimento de um circuito dedicado entre as duas entidades. Então, sempre que uma entidade deseja transmitir uma mensagem, basta adicionar o endereço de destino à mensagem que será transmitida pela rede. A mensagem, nesse caso, pode ser considerada como uma unidade lógica de informação.

Quanto aos conceitos de redes inteligentes, julgue os itens subsequentes.

- 46 Nessas redes, de maneira geral, a inteligência é retirada de um *switch* (comutador) e colocada em nós distribuídos ao longo da rede.
- 47 No conceito de redes inteligentes conhecido como *service control points* (SCPs), a lógica do serviço está localizada internamente aos sistemas de comutação.
- 48 Entre os benefícios de uma rede inteligente, está a arquitetura embasada em interfaces com padrões abertos, o que garante a interoperabilidade entre diversos fabricantes. Nesse caso, a desvantagem está no tempo de desenvolvimento de novas soluções, que aumenta sensivelmente, por conta de várias interfaces diferentes em um mesmo sistema de comunicação.
- 49 O *service switching point* (SSP), um dos elementos da arquitetura de redes inteligentes, tem como função identificar requisições de serviços que demandem funcionalidades de uma rede inteligente e estabelecer a comunicação com a lógica do serviço, que normalmente pode estar em um SCP.
- 50 Uma rede inteligente não mantém nenhum tipo de vínculo com o sistema de sinalização n.º 7 (SS7) porque o conceito requer que os procedimentos de chamadas sejam separados dos procedimentos de estabelecimento de chamadas.

Protocolos de comunicação caracterizam-se pela existência de entidades que se comunicam por meio da troca de mensagens, segundo procedimentos e formatos preestabelecidos. A respeito dos conceitos, das técnicas e das ferramentas para avaliação de protocolos, julgue os próximos itens.

- 51 A descrição formal LOTOS, oriundo da ISO, é considerada padrão para representar aspectos de comportamento e de dados relacionados aos serviços de protocolos de comunicação.
- 52 A engenharia de protocolos é aplicada da concepção à análise de protocolos de comunicação. De maneira geral, ela oferece orientação segura aos projetistas de protocolos, mas tem como restrição a impossibilidade de uso para protocolos de redes distribuídas.
- 53 Em redes IP, o uso de *sniffers* de rede permite a análise de tráfego do protocolo TCP, em relação ao *handshake*, ao envio e recebimento de pacotes de dados de confirmação, sincronismo e finalização de conexão.
- 54 Os protocolos são organizados em camadas de tal modo que as entidades de uma camada utilizam o serviço oferecido pela camada que ocupa uma posição imediatamente superior.
- 55 Os protocolos de comunicação da camada de transporte, ou simplesmente entidades de transporte, implementam as normas estabelecidas para as camadas 5 e 6 do modelo OSI e trocam entre si unidades de dados de protocolo de transporte.

Acerca das técnicas de múltiplo-acesso, utilizadas, nas redes celulares, para acessar os canais disponíveis, julgue o item a seguir.

- 56 A técnica SDMA (*space-division multiple access*), que utiliza a direção como uma nova dimensão a ser alocada para diferentes usuários, é implementada por meio de um arranjo de antenas e da divisão em setores da célula. Em cada setor, a antena possui alto ganho direcional e, portanto, é gerada pouca interferência entre setores.

As técnicas de setorização da célula, controle de potência, antenas inteligentes, detecção multiusuário e alocação dinâmica de recursos são métodos de redução de interferência que aumentam a capacidade de redes de telefonia celular. Com relação a essas técnicas, julgue os itens a seguir.

- 57 O único objetivo do controle de potência é ajustar as potências de transmissão dos usuários da rede, de maneira que a razão sinal ruído mais interferência, de cada usuário, alcance o limiar requerido para um desempenho aceitável. Os limites podem ser diferentes para cada usuário.
- 58 A detecção multiusuário MUD (*multiuser detection*) é uma estratégia desenvolvida para suprimir interferência de múltiplo-acesso do CDMA (*Code Division Multiple Access*), aumentando a capacidade e o desempenho de sistemas desse tipo.

Diversidade é um termo utilizado para designar um grupo de técnicas para a redução da degradação do sinal transmitido, causada pelo desenvolvimento em pequena escala. Entre os vários tipos de diversidade, as mais utilizadas são a diversidade em frequência, a diversidade temporal e a diversidade espacial. Acerca desse tema, julgue os próximos itens.

59 No sistema GSM (*Global System for Mobile Communications*), considerando que a diversidade temporal é obtida quando os *bits* codificados são entrelaçados através de oito *slots* consecutivos no tempo, é correto afirmar que o ganho de diversidade temporal é invariável e igual a oito.

60 No sistema WCDMA (*Wideband CDMA*), o ganho de diversidade em frequência é obtido quando o símbolo de modulação é transmitido, ou espalhado, em toda a banda do sinal. Desse modo, em um canal seletivo em frequência, o símbolo será transmitido tanto nas frequências que possuem um bom nível de potência do sinal quanto naquelas que têm um nível ruim de potência.

61 Nos ambientes macrocelular, microcelular e picocelular, o espalhamento angular é pequeno; portanto, para se explorar a diversidade espacial, a separação das antenas da estação de rádio base deve ser da ordem de centenas de comprimentos de ondas.

62 Um código espaço-temporal de bloco ortogonal (*Orthogonal Space-Time Block Code*) (OSTBC) é dito linear se os elementos da matriz de codificação X são combinações lineares do símbolo $\{s_k\}_{k=1}^Q$ e (ou) de seus conjugados complexos $\{s_k^*\}_{k=1}^Q$, em que $\{s_k\}_{k=1}^Q$ é o conjunto de Q símbolos escalares complexos que representam uma sequência de dados que será transmitida. Por outro lado, um código OSTBC é ortogonal se, para qualquer constelação de símbolos, a seguinte relação é satisfeita: $XX_H = \sum_{k=1}^Q |s_k|^2 \cdot I_{M_T}$, em que I_{M_T} é a matriz identidade M_T -dimensional e $|s|$ representa o módulo do número s (real ou complexo).

63 Com referência ao código de Alamouti, cuja matriz de codificação é $X = \begin{bmatrix} s_1 & s_2^* \\ s_2 & -s_1^* \end{bmatrix}$, em que s_1 e s_2 são símbolos

transmitidos pelas antenas 1 e 2, respectivamente, é correto afirmar que, em sistemas OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), a aplicação desse código é direta, isto é, no símbolo OFDM da antena 1, os símbolos s_1 e s_2 são transmitidos nas frequências n e $n + Y$, respectivamente, e, no símbolo OFDM da antena 2, os símbolos s_2 e $-s_1$ são transmitidos nas frequências n e $n + Y$, respectivamente. Y deve ser escolhido de maneira a prover o maior ganho de diversidade na frequência possível.

A utilização de múltiplas antenas nos transmissor e receptor de um enlace de comunicação móvel cria um sistema linear com múltiplas entradas e múltiplas saídas (MIMO – *multiple-input multiple-output*), caracterizado por uma matriz de canal relacionando linearmente os sinais de entrada com os sinais de saída. Com relação a sistemas MIMO, julgue os próximos itens.

64 Considerando um modelo de múltiplos canais, em que todos os canais são aleatórios e estatisticamente independentes, pode-se transmitir diferentes sinais nos canais paralelos e, assim, aumentar a capacidade do sistema. Nessa situação, o ganho de capacidade (GC) cresce linearmente com o número máximo de elementos (transmissores e receptores). Para se explorar o GC, o ambiente de propagação deve ser pobre em espalhadores, a fim de se obter um valor baixo do espalhamento angular nos arranjos do transmissor e receptor.

65 Se, no receptor, existe um sistema de antenas adaptativas, nesse caso, é desejado perfeita correlação entre os sinais coletados nas diversas antenas para melhorar a razão sinal-ruído de determinado sinal transmitido, por meio de combinação linear dos sinais coletados diferentemente da multiplexação espacial e da diversidade.

RASCUNHO

O sinal transmitido interage com o canal radiomóvel de forma complexa. O sinal transmitido de um usuário é desvanecido em pequena e em larga escala. Em um sistema multiusuário, o sinal transmitido é, também, degradado pela interferência cocanal e pela interferência de canal adjacente. Desse modo, é necessário entender, caracterizar e modelar o canal radiomóvel, a fim de desenvolver algoritmos que possam suprir ou aproveitar os efeitos de desvanecimento no sinal transmitido. Por meio do conhecimento dos parâmetros que caracterizam o canal, podem ser desenvolvidos esquemas de transmissão e recepção com o objetivo de minimizar o efeito do canal. Com relação a esse tema, julgue os itens seguintes.

- 66** A dispersão do sinal, caracterizada pelo espalhamento de retardos, é ocasionada pela multiplicidade de sinais que chegam ao receptor percorrendo caminhos diferentes, cada um com sua amplitude, seu retardo temporal e seu ângulo de chegada. No receptor, esses sinais combinam-se vetorialmente, ocasionando pontos de sinais fortes ou de sinais fracos, causando, assim, a interferência intersimbólica.
- 67** Se a banda de transmissão é maior que a banda de coerência, o canal é seletivo em frequência; caso contrário, o canal é plano em frequência.
- 68** O tempo de coerência é um dos parâmetros que caracterizam seletividade temporal. Se o tempo de coerência é menor que o período do símbolo transmitido, o sinal sofre desvanecimento rápido; se o período do símbolo é menor que o tempo de coerência, o sinal desvanece de forma lenta.
- 69** Sinais que sofrem desvanecimento rápido apresentam menor dispersão causada pelo efeito Doppler quando comparados aos sinais que sofrem desvanecimento lento.
- 70** Nos sistemas em que técnicas de múltiplas antenas na transmissão e na recepção são mandatórias, quanto maior for a distância de coerência, maior será o espalhamento angular, o que significa que os sinais são transmitidos ou chegam descorrelacionados nas antenas do arranjo.

Considerando a importância em se conhecer a estrutura de multipercursos do canal radiomóvel para se determinar os efeitos de desvanecimento de pequena escala, diferentes técnicas de sondagem do canal foram desenvolvidas. De modo geral, são três os princípios mais utilizados. Um deles é a sondagem por varredura no domínio da frequência, realizada por meio de um analisador de rede vetorial. Outro princípio é o da transmissão de um pulso temporal de curta duração, que tenta aproximar o efeito da transmissão de um impulso ideal. Uma terceira técnica é a que aproveita as propriedades estatísticas de sinais pseudoaleatórios, cuja autocorrelação apresenta resposta que se aproxima de um impulso, para realizar a sondagem. A respeito desse assunto, julgue os itens de **71** a **77**.

- 71** Na sondagem no domínio da frequência utilizando um analisador de rede vetorial, o sinal enviado pela porta de transmissão promove uma varredura em frequência no dispositivo sob teste — *device under test* (DUT) — e retorna pela porta de recepção. Na sondagem do canal, o DUT é substituído pelo canal rádio por meio da conexão de antenas nos terminais do analisador, de modo que o ambiente passa a ser o dispositivo a ser testado. Essa técnica é adequada, por exemplo, para a caracterização de canais *indoor/outdoor* variantes no tempo, com uma boa resolução temporal no domínio do tempo.

- 72** O analisador vetorial de rede é um equipamento que realiza medidas por meio de comparação entre o sinal enviado e o sinal recebido e, para garantir uma medida correta, é necessário realizar o procedimento de calibração.

- 73** A técnica OFDM, apesar de ser o esquema de transmissão base para algumas tecnologias, apresenta algumas desvantagens, entre elas, o problema da razão de potência de pico por potência média PAPR (*Peak to Average Power Ratio*), que reduz a eficiência dos amplificadores de potência de RF. O *clipping* é uma técnica de distorção que limita o sinal de uma certa amplitude por meio de uma distorção não-linear e reduz, conseqüentemente, o PAPR e a taxa de erro.

- 74** O 3G-LTE (*Long Term Evolution*), para o enlace reverso, adotou o esquema *spread-OFDM* ou SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Div Multiple Access*). Nesse esquema, em que uma transformação unitária é necessária, os símbolos dos usuários são espalhados em grupos (contíguos ou não). Por meio desse procedimento, o PAPR é reduzido ao PAPR de uma única portadora.

- 75** Em sistema OFDM, em um canal seletivo na frequência, alguns símbolos de modulação possuem valores instantâneos de potência de sinal bem baixos. Como consequência, o desempenho da taxa de erro nesse tipo de transmissão é muito pior que o desempenho da taxa de erro obtida com uma transmissão em banda larga com uma única portadora.

- 76** Na técnica OFDM, a inserção do prefixo cíclico é essencial, já que o sinal OFDM fica imune à dispersão temporal. O tamanho do prefixo cíclico deve ser sempre maior que o atraso máximo causado pela dispersão temporal, apesar da perda de potência e banda efetivas, associada à introdução do prefixo cíclico.

- 77** A fim de otimizar o desempenho dos sistemas para diferentes ambientes, tecnologias como 3G-LTE permitem prefixos cíclicos de tamanhos diferentes. Prefixos cíclicos de tamanhos longos são aplicados em cenários com células muito grandes, por exemplo, áreas rurais, para aplicações com baixa taxa de dados e para aplicações do tipo MBSFN (*multimedia broadcast single frequency network*). Por outro lado, os prefixos cíclicos menores são aplicados nos ambientes urbanos e utilizados para aplicações que requeiram altas taxas de dados.

Para avaliar novas ideias de transceptores ou de algoritmos de alocação de recursos, são desenvolvidos simuladores de enlace e sistêmicos. Entretanto, a construção de simuladores é uma tarefa complexa, que envolve análise estatística, programação e conhecimento técnico profundo da tecnologia a ser investigada. A respeito da orientação a objetos (OO), utilizada de maneira constante na construção desses simuladores, julgue os itens seguintes.

- 78** O paradigma de OO facilita o desenvolvimento de *software*, tais como os simuladores de redes de comunicações móveis, tornando-o mais rápido e resultando em *software* mais fáceis de manter, de maior qualidade e com possibilidade de reúso.

- 79** A herança é um conceito de OO que permite que uma subclasse herde todos ou apenas alguns atributos e operações associados com a superclasse.

- 80** Na construção de algoritmos de estatística da simulação, o conceito de encapsulamento, inerente ao paradigma OO, é utilizado para permitir que diferentes métodos estatísticos sejam implementados a partir de um método comum, de mesmo nome, implementado diferentemente em cada uma das subclasses da superclasse em que ele é definido. São dois os tipos de encapsulamento: sobrescrita e sobrecarga. Neste último tipo, a escolha de qual método utilizar baseia-se na subclasse instanciada.

Dois sistemas de comunicação, um FM e outro AM, foram projetados para transmitir sinais-mensagem ou sinais de informação com a mesma largura espectral $B_m = 10$ kHz. O modulador FM tem uma sensibilidade $k_f = 10$ kHz/V. Esses sistemas utilizam canais AWGN (*additive white gaussian noise*), em que o ruído presente tem densidade espectral de potência bilateral de $\frac{N_0}{2}$ W/Hz, para toda frequência f e cujo valor de N_0 é o mesmo nos dois canais. Para teste desses sistemas, utiliza-se um sinal senoidal com frequência $f_m = 3$ kHz e amplitude de pico $m_p = \sqrt{2}$ V, de modo que as seguintes características podem ser assumidas.

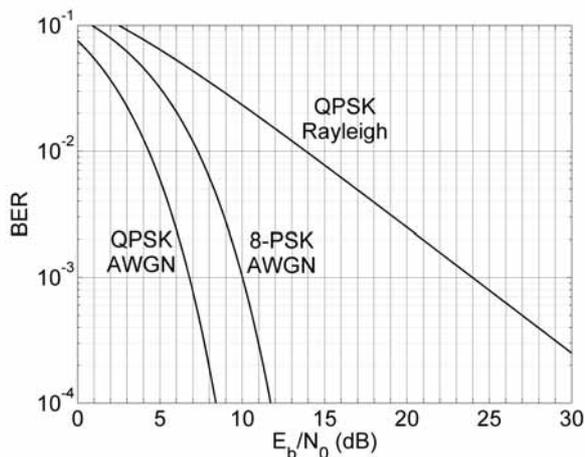
- o sinal AM gerado tem índice de modulação $\mu_a = 1$;
- na entrada do demodulador, a potência do sinal modulado tem o mesmo valor nos dois sistemas;
- a razão sinal-ruído (RSR) na saída do demodulador em função da RSR na entrada do demodulador é dada pelas relações a seguir, respectivamente, para sistemas FM e AM, em que μ_f é o índice de modulação FM.

$$RSR_{saída,FM} = 3(\mu_f + 1)\mu_f^2 RSR_{entrada,FM}$$

$$RSR_{saída,AM} = \frac{2\mu_a^2}{2 + \mu_a^2} RSR_{entrada,AM}$$

Com relação aos sistemas descritos e às técnicas AM e FM em geral, julgue os itens subsequentes, sabendo que a largura da banda ocupada por um sinal FM é dada pela regra de Carson, ou seja, $B_{FM} = (\mu_f + 1)2B_m$.

- 81** Para o sinal de teste senoidal, a RSR na saída do demodulador FM é aproximadamente 20 dB maior que a RSR na saída do demodulador AM.
- 82** Se a amplitude de pico m_p do sinal de teste for aumentada para $2\sqrt{2}$ V, então, tomando 3 como valor aproximado de $10 \times \log 2$, a RSR na saída do demodulador FM terá um aumento de 9 dB, mesmo sem qualquer aumento na potência do sinal FM, medida na entrada do demodulador; contudo, a largura da banda ocupada pelo sinal FM será duplicada.
- 83** Quando comparada com a técnica AM, uma das vantagens da técnica FM é o fato de propiciar o efeito de captura, que pode tornar um sistema FM muito resistente à interferência de canal.
- 84** Amplificadores de classe C eficientes podem ser usados para amplificar a potência de um sinal FM, sem que isso degrade a informação contida no sinal FM. Para amplificar a potência de sinais AM sem degradar a informação, é preciso usar amplificadores lineares de classe A ou AB, que são muito menos eficientes na conversão de potência CA ou CC para potência de RF.



Um sistema de comunicação digital sem fio utiliza as técnicas de modulação QPSK e 8-PSK para transmitir dados por um canal de RF com largura espectral de 200 kHz. A figura acima mostra curvas da taxa de erro de bit — *bit error rate* (BER) — versus a razão $\frac{E_b}{N_0}$ para QPSK e 8-PSK. O parâmetro

E_b é a energia média por *bit*, em J, e $\frac{N_0}{2}$ é a amplitude, em W/Hz,

da densidade espectral de potência bilateral do ruído AWGN presente no canal. Duas das curvas mostradas na figura são para canal AWGN, e a outra curva é para canal de Rayleigh. Exige-se que o sistema propicie uma $BER \leq 10^{-3}$ na saída do demodulador. O sistema utiliza modelagem de pulso do tipo cosseno levantado, com fator de decaimento (*roll-off factor*) $\alpha = 0,25$. Portanto, esse sistema requer uma banda de transmissão com largura $B_T = (1 + \alpha)R_s$, em que R_s é a taxa de sinalização, em símbolos por segundo ou baud.

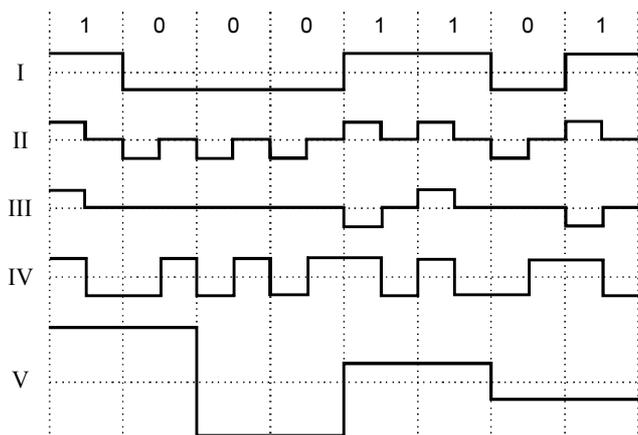
Considerando as informações acima, julgue os itens de **85** a **89**, a respeito do sistema descrito, tomando 2, 3, 4 e 5 como valores aproximados, respectivamente, de $10 \times \log 1,6$, $10 \times \log 2$, $10 \times \log 2,4$ e $10 \times \log 3,2$.

- 85** Um dos fatores que limitam a capacidade de transmissão desse sistema é a largura finita da banda passante do canal. Considerando apenas esse fator, a taxa de *bits* bruta máxima que o sistema pode suportar é de 400 kbps quando se utiliza a técnica QPSK, e 600 kbps, com a técnica 8-PSK.
- 86** A partir das curvas mostradas na figura para canal AWGN, é correto afirmar que uma transmissão será recebida com $BER = 10^{-3}$ a uma distância do transmissor maior com modulação 8-PSK que com QPSK. Também é correto afirmar que essa distância será maior em um canal de Rayleigh que em um canal AWGN.
- 87** Para $BER \leq 10^{-3}$ em canal AWGN, a razão entre a potência do sinal e a potência do ruído mínima (S/N) requerida na entrada do demodulador é aproximadamente de 9 dB para QPSK e de 14 dB para 8-PSK. Em canal de Rayleigh e modulação QPSK, será requerida uma S/N maior que 25 dB.

88 Se a potência do sinal transmitido é duplicada e a BER mínima exigida é de 10^{-3} , então o aumento na distância máxima permitida entre o transmissor e o receptor quando o canal é do tipo AWGN e aquele propiciado quando o canal é de Rayleigh é igual.

89 Se R_b é a taxa de *bits* bruta suportada pelo sistema com a técnica 8-PSK e canal AWGN com banda passante de 200 kHz, essa mesma taxa R_b poderia ser suportada com a técnica QPSK se a banda de transmissão pudesse ser aumentada para 300 kHz. Nesse caso, se a potência de transmissão fosse mantida, recepções com taxa R_b e $BER = 10^{-3}$ poderiam ocorrer com uma distância maior entre o transmissor e o receptor do que aquela propiciada pela técnica 8-PSK.

RASCUNHO



Julgue os itens seguintes, considerando a figura acima, que mostra códigos de linha, de I a V, que podem ser utilizados para se fazer a transmissão de dados por um canal de banda básica — por exemplo, por um par trançado — com taxa de 2,048 Mbps.

- 90** A taxa de sinalização ou de taxa de modulação é de 2,048 Mbaud para o código I, 4,096 de Mbaud para os códigos II, III e IV, e de 1,024 Mbaud para o código V.
- 91** O código IV, denominado Manchester, apresenta como características desejáveis o fato de não possuir potência significativa nas proximidades de 0 Hz e permitir uma boa recuperação do sinal de sincronismo de símbolo (sinal de relógio), independentemente da sequência de *bits* transportada. No entanto, requer uma banda de transmissão mais larga que a requerida pelos códigos I e V.
- 92** Entre os códigos de linha mostrados, para propiciar $BER \leq 10^{-5}$, o código V é o que exigirá a maior potência média transmitida; em compensação, é o que ocupará a menor faixa de frequência de transmissão.

modo		A	B
número de portadoras	portadoras de dados	1.000	2.000
	portadoras de sincronismo e de informação de controle	100	200
	total	1.100	2.200
espaçamento entre portadoras		2 kHz	1 kHz
intervalo de guarda		0,1 ms ou 0,05 ms	0,2 ms ou 0,1 ms
técnicas de modulação		QPSK, 16-QAM, 64-QAM	

Considerando a tabela acima, que apresenta informações de um sistema de comunicação sem fio que utiliza a técnica OFDM e oferece dois modos de transmissão, julgue os itens subsequentes.

- 93** A maior taxa bruta de transmissão de *bits* do modo B é de 12 Mbps.
- 94** Quando operam com intervalo de guarda de 0,1 ms, os dois modos de transmissão apresentam a mesma robustez em relação aos efeitos da propagação multipercurso; entretanto, o efeito Doppler afeta mais o desempenho do modo B que o do modo A.

Um sistema PCM/TDM deve ser projetado para multiplexar três canais de voz. O sinal $m_1(t)$ do primeiro canal é limitado frequencialmente a 7 kHz e os sinais $m_2(t)$ e $m_3(t)$ dos dois outros canais são limitados a 3,4 kHz. Os três sinais são codificados no formato PCM para serem então multiplexados. Os sinais $m_2(t)$ e $m_3(t)$ são amostrados com taxa de 8 kHz e suas amostras são quantizadas por um quantizador de 8 *bits*. As amostras do sinal $m_1(t)$ são quantizadas por um quantizador de 12 *bits*. O sinal TDM gerado pelo multiplexador é estruturado em quadros, cada um deles contendo uma amostra de $m_2(t)$, uma de $m_3(t)$ e k amostras de $m_1(t)$. O valor de k deve ser determinado em função da taxa de amostragem para $m_1(t)$, que deve ser escolhida de modo a ter o menor valor possível e ser maior que a taxa de Nyquist para $m_1(t)$. O multiplexador TDM acrescenta uma palavra de sincronismo de 4 *bits* a cada quadro para que o demultiplexador TDM possa determinar as fronteiras entre quadros (sincronização de quadro).

Com referência a esse sistema PCM/TDM, julgue os itens que se seguem.

- 95** Um quadro do fluxo de *bits* desse sistema TDM tem uma duração de 62,5 μ s.
- 96** A taxa de *bits* na saída desse multiplexador TDM é de 352 kbps.

Com relação às técnicas de múltiplo acesso, julgue os itens a seguir.

- 97** Em um sistema CDMA de comunicação celular, o procedimento de desligar, durante uma comunicação, o transmissor do terminal do usuário nos períodos em que não há atividade de voz ou dados para serem transmitidos propicia um aumento na capacidade do sistema.
- 98** Em um sistema de comunicação celular que utiliza a técnica OFDMA, a ortogonalidade entre as portadoras OFDM permite a reutilização total de frequência em células adjacentes, isto é, permite um fator de reuso de frequência igual a 1, da mesma forma que em um sistema CDMA, no qual a reutilização é devida à ortogonalidade entre os códigos dos usuários.

RASCUNHO

Considere que dois sistemas de comunicação apresentem as seguintes características:

- sistema FDMA/FDD com K canais, cada um com largura de banda de B_u Hz e taxa de transmissão de R_u bps;
- sistema TDMA/FDD com K canais TDM (isto é, com K slots de tempo por quadro), banda de transmissão com largura de KB_u Hz e taxa de transmissão de KR_u bps;
- os canais de transmissão, em ambos os sistemas, são do tipo AWGN com o mesmo nível de ruído;
- os dois sistemas devem propiciar a mesma BER;
- os dois sistemas utilizam a mesma técnica de modulação.

Em face dessas considerações, julgue os próximos itens.

99 O terminal do usuário do sistema TDMA/FDD necessita transmitir sinais com uma potência de pico K vezes maior que a do sistema FDMA/FDD. Contudo, a cada quadro com duração de T_q segundos, o terminal do usuário do sistema

TDMA/FDD transmitirá durante aproximadamente $\frac{T_q}{K}$ s

apenas e, portanto, seu transmissor poderá ficar desativado a maior parte do tempo.

100 O terminal do usuário do sistema FDMA/FDD precisa ter um duplexador, o que resulta em aumento no custo desse terminal. O terminal do usuário de um sistema TDMA/FDD não necessita de duplexador, apenas de um comutador para comutar entre transmissão e recepção.

Com relação a onda eletromagnética, julgue os próximos itens.

101 A variação da densidade de fluxo magnético produz variação no campo elétrico e vice-versa.

102 No espaço livre, a onda eletromagnética possui apenas a componente de campo elétrico.

A respeito de antenas utilizadas em sistemas de radiocomunicação, julgue os itens a seguir.

103 A antena é um circuito que realiza o casamento entre as impedâncias das ondas no sistema guiante alimentador e no espaço livre.

104 Um dipolo de meio comprimento de onda, construído a partir de um fio fino, funciona como uma antena indicada para irradiar sinais em banda larga.

Com relação à propagação de ondas eletromagnéticas nas diferentes faixas de frequência, julgue os itens seguintes.

105 As ondas curtas se propagam principalmente seguindo a curvatura da superfície da Terra.

106 Durante a noite, as ondas médias podem se propagar por reflexão na ionosfera.

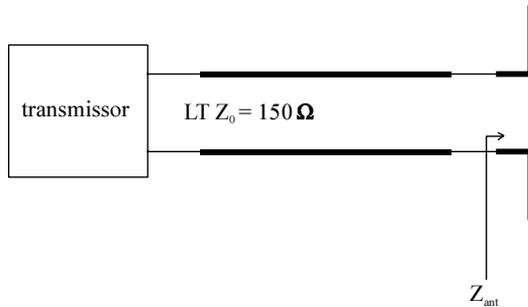
107 Micro-ondas se propagam por múltiplos caminhos, por isso, são a faixa de frequências mais importante para comunicações.

Julgue os itens que se seguem, sabendo que a atenuação básica de propagação no espaço livre é obtida por $\left[\frac{4\pi d}{\lambda}\right]^2$ (fórmula de Friis), em que d representa a distância de enlace e λ , o comprimento de onda.

108 Para a frequência de $\frac{30}{4\pi}$ MHz e a distância de 10 km, a atenuação no espaço livre é de 60 dB.

109 Em um sistema de comunicações em VHF que opere em espaço livre na frequência $\frac{75}{\pi}$ MHz, com potência de transmissão de 10 W e antenas de transmissão e recepção com 10 dB de ganho em relação à isotrópica e 10 km distantes entre si, a potência na entrada do receptor é igual a 10^{-4} W.

RASCUNHO



A figura acima ilustra um sistema de transmissão que utiliza a linha de transmissão (LT) bifilar, sem perdas, para alimentar uma antena dipolo. A impedância de saída do transmissor é igual à impedância característica Z_0 da linha. Com relação a essa situação, julgue os itens subsequentes.

- 110 Se a antena for um dipolo de meia-onda, com impedância de entrada $Z_{ant} = 70 \Omega$, então não haverá onda estacionária na LT entre o transmissor e a antena.
- 111 Se existir onda estacionária na LT, então a SWR (*standing wave ratio*) será menor que 1.
- 112 Se $Z_{ant} = 75 \Omega$, então o coeficiente de reflexão de voltagem na entrada da antena será igual a $-\frac{1}{2}$.
- 113 Considere que, na entrada da antena, o coeficiente de reflexão de voltagem seja igual a $0,5e^{j20^\circ}$, e, entre a antena e o transmissor, no primeiro ponto de casamento de impedâncias possível ao longo da linha, o coeficiente de reflexão na linha seja $0,5e^{-j60^\circ}$. Nesse caso, para se executar o casamento, será suficiente conectar em paralelo um capacitor conveniente a uma distância x da antena, tal que $\frac{\lambda}{10} < x < \frac{\lambda}{8}$, em que λ representa o comprimento de onda na linha.

Com relação a refração de ondas eletromagnéticas e propagação em radiovisibilidade, julgue os itens a seguir.

- 114 O fenômeno de refração é definido primariamente como a mudança de percurso que ocorre em uma onda transmitida, quando ela incide na fronteira entre dois dielétricos que apresentam constantes dielétricas diferentes.
- 115 Na propagação em radiovisibilidade, para corrigir o efeito de múltiplos percursos entre antenas, adota-se um raio equivalente da Terra que corresponde ao raio real multiplicado pela constante $\frac{4}{3}$.

O encurvamento da luz na borda de um obstáculo agudo pode ser definido como difração. De fato, o fenômeno ocorre com qualquer tipo de onda. Outro efeito da difração é a formação de franjas de sombra na região iluminada. Com base nesse efeito, pode-se definir as chamadas zonas de Fresnel, cujo raio da

n -ésima zona (r_n) é calculado pela relação $r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d}}$, em que

d_1 é a distância do obstáculo à fonte emissora; d_2 é distância do obstáculo ao receptor; d é a distância da fonte emissora ao receptor ($d = d_1 + d_2$); e λ é o comprimento de onda.

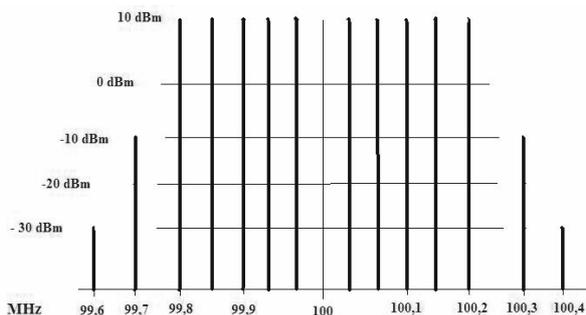
Considerando essas informações, julgue os próximos itens, que se referem à difração de ondas eletromagnéticas por obstáculos do tipo gume-de-faca.

- 116** Para um enlace do tipo ponto-a-ponto, a primeira zona de Fresnel é maior na metade do caminho entre as antenas de transmissão e recepção.
- 117** No cálculo do dimensionamento das torres que suportam as antenas de transmissão e recepção, deve-se considerar que pelo menos 60% da 1.ª zona de Fresnel esteja desobstruída na região do obstáculo.

Em um sistema de comunicação digital, o demodulador é capaz de reconhecer um símbolo se a relação sinal/ruído (RSR) na saída do amplificador for igual a 12 dB. Nesse sistema, o ruído térmico no canal vale -160 dBW, a atenuação no percurso corresponde a 150 dB e a figura de ruído do receptor é igual a 5 dB.

A partir dessas informações, julgue os itens seguintes.

- 118** Caso as antenas de transmissão e recepção sejam isotrópicas, este demodulador não será capaz de reconhecer um símbolo se a potência de transmissão for de 10 W.
- 119** Se as antenas de transmissão e recepção tiverem um ganho 10 vezes maior que a isotrópica e a potência de transmissão for igual a 20 dBm, então não haverá interferência entre símbolos.



Considerando que, na figura acima, as linhas verticais representem, hipoteticamente, as raiais do espectro de frequência obtido de um analisador de espectro para determinado canal de comunicação, e que a medida da largura de banda ocupada pelo canal tenha sido, fixada em 98% da potência total, julgue o item abaixo.

- 120** Na situação em questão, a largura de banda ocupada pelo canal será superior a 600 kHz.

PROVA DISCURSIVA

- Nesta prova, faça o que se pede, usando os espaços para rascunho indicados no presente caderno. Em seguida, transcreva o texto para o **CADERNO DE TEXTO DEFINITIVO DA PROVA DISCURSIVA**, nos locais apropriados, pois **não serão avaliados fragmentos de texto escritos em locais indevidos**.
- Qualquer fragmento de texto além da extensão máxima de **sessenta** linhas será desconsiderado.
- No **caderno de texto definitivo**, identifique-se apenas no cabeçalho da primeira página, pois **não será avaliado** texto que tenha qualquer assinatura ou marca identificadora fora do local apropriado.

A fim de expandir seus negócios, determinado banco comercial deseja alcançar o público em uma pequena cidade do interior. Uma forma de atrair a nova clientela será a oferta de transações bancárias, em tempo real, entre a cidade do interior e um grande centro comercial, distante, aproximadamente, 50 km dessa cidade. Para realizar essa tarefa, optou-se pelo uso de um enlace de rádio em micro-ondas, já que a banda de transmissão de dados neste caso é limitada. No serviço, são aceitáveis taxas de erro de *bit* (BER) iguais ou inferiores a 10^{-3} .

Tendo o texto acima como referência e considerando, ainda, que o mencionado projeto do enlace de micro-ondas deve ser implantado, redija o memorial descritivo das principais ações a serem tomadas. Ao elaborar seu texto, aborde, necessariamente, os seguintes aspectos:

- ▶ influência da BER no projeto;
- ▶ características de propagação do sinal: atenuação no espaço livre, refração, difração e margem de desvanecimento;
- ▶ tipo de antenas de transmissão e recepção a ser usada no enlace;
- ▶ altura das torres de transmissão e recepção;
- ▶ estrutura de alimentação das antenas: linha de transmissão utilizada, taxa de onda estacionária, casamento de impedâncias;
- ▶ potência transmitida.

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	

