

-- CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS --

Em um sistema de comunicação composto por uma estação de rádio FM (*frequency modulation*) e um equipamento de gravação digital, o locutor narra um texto escrito e o sinal eletromagnético da estação é propagado por meio de ondas de rádio até o sistema de recepção do sinal, onde o sinal é amostrado e gravado em um arquivo eletrônico.

Acerca desse sistema de comunicação, julgue os itens a seguir.

- 51 Considerando ambiente de gravação sem ruídos, a menor taxa de amostragem para a recuperação correta do sinal no destino é igual a $4 \cdot (\beta + 1) \cdot f_m$, em que β representa o índice de modulação do sistema de transmissão e f_m , a maior frequência existente no sinal original.
- 52 Na propagação das ondas de rádio, ocorrem, entre outras, perdas por multipercurso, conhecidas como desvanecimento lento.
- 53 O microfone da estação é o transdutor de entrada do sistema.
- 54 As ondas eletromagnéticas transmitidas pelo sistema têm comprimentos de onda inferiores aos das ondas em UHF (*ultra-high frequency*).

A respeito do planejamento e do monitoramento do espectro eletromagnético, julgue os itens que se seguem.

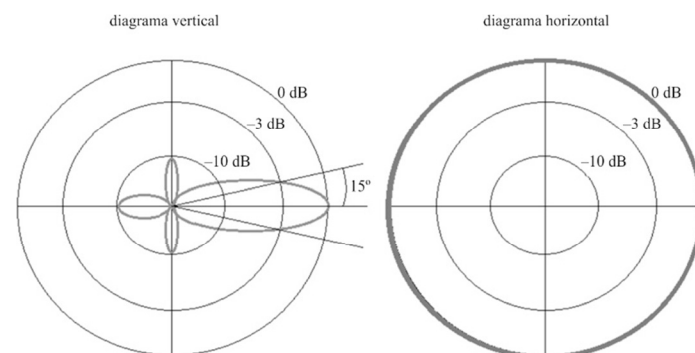
- 55 A ANATEL pode, em caráter excepcional e com prévia destinação ao serviço pretendido, autorizar o uso de radiofrequências ou canal de radiofrequências, por prazo não superior a 10 anos, associado à exploração de serviço de telecomunicações de interesse restrito, em área geográfica delimitada.
- 56 Para a instalação de um sistema de comunicações sem fio no Brasil, é necessário avaliar se a faixa de frequências que o sistema utilizará está destinada ao serviço pretendido e se os instrumentos que serão instalados são aplicáveis para a faixa de frequências relacionada, conforme informações encontradas na Resolução n.º 759/2023 da ANATEL.
- 57 A tecnologia empregada nas redes de comunicação 5G DSS (*dynamic spectrum sharing*) permite o compartilhamento dinâmico das faixas de frequências utilizadas pelas redes de dados 3G, 4G LTE (*long-term evolution*) e 5G.
- 58 Em um analisador de espectro eletromagnético heteródino, o traço que corresponde ao conteúdo espectral do sinal de entrada é formado a partir da mistura do sinal de entrada com um sinal gerado por um oscilador local no analisador; o sinal misturado é filtrado e um detector retifica o sinal filtrado, produzindo uma tensão que controla o feixe na tela.

Um sistema de comunicação, que opera em 250 kHz, é composto por um gerador de sinal, uma linha de transmissão e uma antena isotrópica. A potência transmitida é 1,2 kW. Na linha de transmissão, de impedância característica 75Ω , é formada uma onda estacionária de tensão com valor máximo de 36 V e mínimo de 12 V. A antena possui ganho unitário.

Tendo como referência essa situação hipotética, julgue os próximos itens.

- 59 Considerando-se propagação no espaço livre, a 10 m da antena, a densidade de potência radiada é igual a $\frac{3}{\pi} \text{ W/m}^2$.
- 60 As perdas por refração na propagação da onda podem ser avaliadas pelo modelo da borda da lâmina de uma faca, o qual introduz uma atenuação constante, que depende da porção do percurso direto que fica bloqueada.
- 61 O coeficiente de reflexão entre a linha de transmissão e a antena é igual a 3,0.
- 62 A carga resistiva percebida ao final da linha de transmissão é igual a 25Ω .

Um sistema de comunicação, que opera em 100 MHz, utiliza uma antena cujos diagramas de radiação horizontal e vertical estão representados na figura a seguir. O módulo do campo elétrico radiado na saída da antena, na direção de maior emissão, é igual a 18 kV/m.



Com relação à situação hipotética apresentada, julgue os itens seguintes, desprezando as perdas no ambiente de propagação e assumindo $\pi = 3$.

- 63 A exposição da população em geral à radiação não ionizante, a 30 m da antena, na direção de maior emissão do sistema, está dentro dos limites determinados pela ANATEL.
- 64 A técnica de *beamforming*, com a instalação de um conjunto de antenas, pode ser utilizada para produzir diagrama de radiação com lóbulos laterais e traseiro inferiores aos da antena em questão.
- 65 A antena tem largura de feixe de meia potência igual a 15° e relação frente-costas de 10 dB.
- 66 A 2 m da antena, o fator de perda de propagação no espaço livre é igual a $\frac{1}{32}$.

Acerca da transmissão e da recepção de sinais de comunicação analógicos e digitais, julgue os itens a seguir.

- 67 Em sistemas de comunicação digital que transmitem informação em um canal AWGN (*additive white gaussian noise*) e que empregam modulação PSK binária, a escolha por símbolos ortogonais para representar a informação binária propicia a obtenção da menor probabilidade de erro na detecção, em comparação com outras formas de codificação da informação.
- 68 No receptor ótimo de um sistema de comunicação digital que transmite informação em um canal AWGN (*additive white gaussian noise*), o emprego de filtro casado visa a minimizar a probabilidade de erro na tomada de decisão do símbolo recebido em cada janela de transmissão de informação, sendo a saída do filtro casado, no instante de tomada de decisão, correspondente a uma medida de correlação entre o sinal recebido na janela de transmissão e o símbolo utilizado na implementação do filtro.
- 69 Considere um sistema de comunicação que transmite informação por meio da modulação analógica em frequência (FM), com razão de desvio α , via canal de comunicação do tipo AWGN (*additive white gaussian noise*). Considere, ainda, que, à entrada do demodulador desse sistema, seja apresentado o sinal FM recebido, com relação entre a sua potência e a potência do ruído AWGN (SNR) dada por β . Considere, por fim, que a relação entre a potência do sinal e a do ruído (SNR) na saída do demodulador seja δ . Nessa situação, a razão $g = \delta/\beta$ é proporcional a α , sendo o valor de g independente do valor de β , dado que δ é proporcional a β .

- 70 Em um sistema de comunicação digital que emprega a multiplexação por divisão de frequência ortogonal (OFDM) com o uso da transformada rápida de Fourier (FFT), a duração do símbolo transmitido é dada pelo inverso da banda ocupada pelas subportadoras do sistema, adicionando-se tempo de guarda, que, por sua vez, deve ser proporcional ao inverso do espaçamento dessas subportadoras, para que sejam mantidas as características cicloestacionárias da FFT, bem como a ortogonalidade das referidas subportadoras.
- 71 No múltiplo acesso não ortogonal (NOMA), técnica de cancelamento de interferência sucessiva (SIC) é empregada com o objetivo de contribuir na recuperação da informação de usuários que compartilhem um mesmo bloco de recursos tempo-frequenciais do canal de comunicação.
- 72 Em comunicações que exigem baixa latência e alta confiabilidade, o emprego da técnica de codificação de canal do tipo LDPC (*low density parity check*), se comparada à técnica de codificação de canal do tipo Polar, pode ser desvantajoso, pois os decodificadores LDPC, ao operarem com blocos de dados mais curtos e com baixa taxa de codificação, apresentam desempenho inferior para a taxa de erro de bloco, além de maior complexidade.

Julgue os próximos itens, a respeito das redes *wi-fi* no padrão IEEE 802.11 e suas versões.

- 73 O padrão IEEE 802.11ax introduziu o conceito de BSS (*basic service sets*) *color*, para aumentar o reuso dos recursos de canal em regiões de densificação, visando à redução de latência e ao aumento da qualidade de serviço (QoS). Com esse recurso, criam-se mecanismos de identificação de transmissões originadas a partir de BSS sobrepostos, bem como estratégias de mitigação dos problemas decorrentes da sobreposição de cobertura, como o controle de nível de potência.
- 74 A tecnologia TWT (*target wake time*) introduzida no padrão IEEE 802.11ac (*wi-fi* 5) permite que uma mesma informação seja transmitida, simultaneamente, por meio de duas portadoras, o que provoca o efeito de diversidade frequencial, bem como a extensão da duração do símbolo, gerando-se o efeito de diversidade temporal, o que aumenta a disponibilidade da rede em ambientes de alta interferência decorrente da densificação de pontos de acesso *wi-fi*.
- 75 Na evolução das gerações das redes *wi-fi* até o padrão IEEE 802.11ax (*wi-fi* 6), houve aumento da taxa de transmissão (*throughput*) de pico em ambientes de alta razão sinal/ruído (SNR), devido a tecnologias que vêm permitindo o emprego de modulação QAM de ordem 1.024, de multiplexação por divisão de frequência ortogonal (OFDM) e de MIMO multiusuários (MU-MIMO) 8×8 no *uplink* e no *downlink*.

Em relação às redes de comunicação sem fio (*wireless*) móveis e celulares, julgue os itens que se seguem.

- 76 Uma das vantagens da rede 5G/3GPP, comparada à rede 4G/3GPP, reside no fato de que a carga de tráfego suportada por uma célula de quinta geração, bem como a área de cobertura da gNB correspondente, independe da carga de tráfego das células vizinhas, mesmo em ambientes urbanos, com desvanecimento de pequena escala em canais tanto de faixa estreita quanto em banda larga.
- 77 Na rede móvel celular de quinta geração proposta pelo 3GPP para o IMT 2020 da ITU, o gerenciamento de mobilidade, o controle de *roaming*, a realização de *location* e *paging*, bem como a ativação e desativação de *bearer*, são implementados pela função de rede SGW (*serving gateway*).
- 78 Na rede móvel celular 5G/3GPP, é possível que diferentes fluxos de dados IP, provenientes de diferentes aplicações de Internet, possuam um mesmo identificador de fluxo QoS em uma mesma sessão PDU (*packet data unit*), em um mesmo túnel N3. Nessa rede, é possível, também, que diferentes fluxos QoS, de diferentes identificadores, sejam mapeados em um único DRB (*data radio bearer*).
- 79 Redes celulares que empregam esquema de reuso de frequência do tipo fracional apresentam, como vantagem, quando comparado tal esquema ao esquema de fator de reuso não unitário, melhor compromisso entre taxa de transmissão de dados de pico da célula e desempenho da comunicação dos usuários que se encontram na borda da célula, devido à interferência co-canal mitigada.
- 80 Redes móveis 5G/3GPP empregam numerologia, de maneira que, quanto maior for a numerologia, mais imune estará a rede a desvanecimento de pequena escala decorrente de alto *delay spread*, porém menos tolerante essa rede será a desvio de frequência Doppler mais elevado.

Julgue os itens subsequentes, em relação a redes de comunicação via satélite, suas tecnologias, seus princípios de funcionamento e aspectos técnicos correspondentes.

- 81 A intermodulação causada por amplificador de potência do *transponder* de um satélite transparente que opera em modo de múltiplo acesso por divisão em frequência (FDMA) é impactada pelo emprego de técnicas de *backoff* aplicadas à potência das portadoras moduladas que compartilham o referido *transponder*, o que permite, em certas condições, aumentar a relação entre a potência do sinal e a potência do ruído mais a de interferências (SINR) dessas portadoras apresentadas na entrada do respectivo receptor de uma estação terrena, mesmo que haja redução da SINR do enlace de subida (*uplink*) das portadoras.
- 82 Fenômenos pluviométricos podem impactar a taxa de transmissão efetiva da informação de sistemas de comunicação via satélite, e, nas mesmas condições de operação, o impacto desses fenômenos causa maior redução na referida taxa em sistemas que operam em banda Ka do que em sistemas que operam na banda Ku.
- 83 Em um sistema de comunicação via satélite *pipeline* geoestacionário que opera em modo de múltiplo acesso por divisão em frequência (FDMA), fixando-se a relação entre a potência do sinal e a potência do ruído mais a de interferências (SINR) do enlace de descida (*downlink*), quanto maior for a SINR do enlace de subida (*uplink*), maior será a capacidade do canal de comunicação, à luz da lei de capacidade de canal de Shannon em canais AWGN, para o caso de uma portadora modulada em QAM que ocupa uma banda fixa em um *transponder* do satélite.

- 84** O efeito Doppler pode ser mais impactante em sistemas de comunicação via satélite de órbita baixa (LEO) do que em sistemas de comunicação via satélite de órbita geoestacionária, sendo o Doppler a principal causa do fenômeno denominado cintilação do sinal de comunicação, que consiste em desvanecimento de pequena escala desse sinal; além disso, o citado fenômeno é mais intenso quanto maior é a frequência de operação do sistema de comunicação.

Julgue os itens a seguir, a respeito de fibras ópticas usadas em redes de acesso.

- 85** Comparativamente a outros tipos de redes ópticas de acesso, a fibra multimodo é considerada mais econômica, sendo adequada para aplicações com baixa largura de banda.
- 86** Em comparação à fibra monomodo, a fibra multimodo apresenta menor diâmetro do núcleo e maior espessura da casca, o que causa maiores perdas de propagação.

No que se refere a redes IP e a redes de distribuição de conteúdo (CDN), julgue os itens que se seguem.

- 87** Em uma estratégia multi-CDN, o negócio permite que o tráfego entre redes de entrega seja dividido de forma tal que alguns usuários recebam conteúdo de determinado provedor de CDN, enquanto outros usuários o recebam de outro provedor de CDN.
- 88** Em uma CDN, é possível utilizar uma ferramenta de balanceamento de carga para otimizar a entrega de conteúdo por uma rota ideal, entretanto essa abordagem não funciona com DNS, devido ao *header* HTTP.
- 89** Uma rede IP com endereçamento classe A utiliza o primeiro *byte* como parte que define o endereço da rede.
- 90** O primeiro *bit* de um endereço IP classe A é sempre um.

Em relação à Indústria 4.0 e a metaverso, julgue os próximos itens.

- 91** O metaverso busca reproduzir a realidade em um ambiente virtual, mediante tecnologias como realidade virtual, realidade aumentada e Internet.
- 92** A Internet das Coisas e a computação em nuvem são elementos que compõem os fundamentos da Indústria 4.0.

No que diz respeito à computação em nuvem e à computação na borda, julgue os itens subsecutivos.

- 93** A computação de borda dispõe de um mecanismo para aproximar o armazenamento de informações e o correspondente processamento dos dispositivos que produzem essas informações.
- 94** No modelo plataforma como serviço (PaaS), são disponibilizados recursos para o desenvolvimento de aplicativos, incluídas as atualizações do sistema operacional hospedeiro e a manutenção de *hardware*.

Acerca de algoritmos simétricos e assimétricos em criptografia, julgue os itens a seguir.

- 95** O algoritmo AES usa o princípio conhecido como rede de substituição-permutação, o que o faz ser eficiente em *software*, mas não em *hardware*.
- 96** Consoante o que o algoritmo RSA preconiza, n é usado como valor para chave pública, tal que $n = p \cdot q$, em que p e q representam números primos grandes.

Julgue os itens seguintes, em relação a ataques cibernéticos e a ataques a rede definida por *software* (SDN).

- 97** O ataque de desvio de tráfego em SDN caracteriza-se por comprometer um elemento da rede no plano de dados, para redirecionar os fluxos de tráfego, o que permite a realização de escuta clandestina.
- 98** Ataques de inundação HTTP são um tipo de ataque DDoS da camada 7 no modelo de referência OSI.
- 99** O ataque de manipulação de rede em SDN caracteriza-se por um ataque crítico no plano de dados, caso em que um invasor produz dados de rede falsos e inicia outros ataques no plano de aplicação.
- 100** O ataque de DNS *cache snooping* é um tipo de ataque em que o servidor DNS precisa ser configurado para resolver nomes recursivamente para terceiros e que os registros de *cache* estejam apagados.

Em relação aos serviços de telecomunicações e de radiodifusão no Brasil, julgue os itens seguintes.

- 101** As prestadoras de serviço de telecomunicações de interesse coletivo do serviço móvel pessoal que ofertarem serviços típicos de sistemas de comunicações móveis da quinta geração denominados EMBB (*enhanced mobile broadband*), URLLC (*ultra-reliable low latency communications*) e MMTC (*massive machine type communications*) poderão restringir o acesso a esses serviços a determinados usuários, mediante a implementação de fatiamento da rede e *splits* funcionais.
- 102** Na prestação do serviço de comunicação multimídia (SCM), não se admitem a transmissão, a emissão e a recepção de informações de qualquer natureza que possam configurar a prestação de serviços de radiodifusão, de televisão por assinatura ou de acesso condicionado, tampouco a oferta de serviço com as características do serviço telefônico fixo comutado (STFC) destinado ao uso do público em geral para o encaminhamento de tráfego telefônico por meio da rede de SCM simultaneamente originado e terminado nas redes do STFC.
- 103** Como estímulo à evolução tecnológica das arquiteturas do serviço telefônico fixo comutado em ambiente competitivo com outros serviços de telecomunicações, é permitida a imposição de ônus ao assinante por alteração de tecnologia, modernização ou rearranjo da rede de suporte do serviço por ele contratado.
- 104** A prestadora do serviço móvel pessoal deve ativar somente estações móveis com certificação expedida ou aceita pela ANATEL, podendo deixar de proceder à ativação de estações cujo modelo não seja compatível com os padrões tecnológicos adotados pela prestadora.
- 105** A faixa de 3.300 MHz a 3.800 MHz deve ser utilizada por sistemas digitais de radiocomunicação dos serviços fixos, em aplicações ponto-multiponto, e dos serviços móveis que empreguem duplexação por divisão de tempo, devendo as potências efetivas isotropicamente radiadas de uma estação base e de um terminal ser as mínimas necessárias à realização do serviço com boa qualidade e adequada confiabilidade.
- 106** Devido a exigências de alinhamento internacional, as redes de telecomunicações e plataformas associadas ao serviço móvel pessoal devem implantar tecnologias e sistemas definidos pelo 3GPP e pela União Internacional de Telecomunicações, ficando as suas estruturas de sincronismo, sinalização, numeração, comutação e encaminhamento dispensadas de prover convergência com rede de serviço telefônico fixo comutado.

- 107** O serviço de acesso condicionado (SeAC) pode ser prestado por meio de redes de telecomunicações que façam uso de quaisquer tecnologias apropriadas para o seu provimento, desde que sua prestadora mantenha infraestrutura em território nacional e os equipamentos utilizados na prestação do SeAC possuam certificação emitida ou aceita pela ANATEL.
- 108** Entre as modalidades de serviços de radiodifusão no Brasil, encontram-se a televisão, a frequência modulada, a radiodifusão comunitária, a onda média, a onda curta e a onda tropical.
- 109** Serviços auxiliares de radiodifusão e correlatos (SARC) são realizados por concessionárias ou permissionárias de serviços de radiodifusão em reportagens externas, ligações entre estúdios e transmissores das estações, com o uso de transceptores portáteis, enlaces de rádio destinados a apoiar a execução dos serviços de radiodifusão, para comunicação de ordens internas, telecomando e telemedicação.
- 110** Com vistas à expansão de serviços de telecomunicações no Brasil e à conectividade como mecanismos para impulsionar a transformação digital do país, foram acordados compromissos de investimento por meio do denominado leilão do 5G, que teve, como resultados iniciais, a cobertura em tecnologia 5G em sedes municipais e outras localidades, a implantação de infraestrutura de comunicação em trechos de rodovias e a implementação de *backhaul* de fibra óptica em sedes municipais.

Julgue os próximos itens, relativos a redes abertas, *open* RAN, RAN *sharing*, fatiamento e desagregação de RAN.

- 111** As interfaces entre os vários blocos de construção (rádios, *hardware* e *software*) do *open* RAN incluem *midhaul*, entre a unidade de rádio e a distribuída, e *fronthaul*, entre as unidades distribuída e centralizada.
- 112** Uma vRAN pode ser uma solução proprietária em que tanto o *hardware* quanto o *software* sejam do mesmo fornecedor; por sua vez, uma *cloud* RAN, que é uma vRAN construída com tecnologia nativa da nuvem, pode ter componentes misturados e combinados de diferentes fornecedores.

Acerca da implementação do 5G e dos sistemas MIMO e Extreme MIMO, julgue os seguintes itens.

- 113** Na rede 5G que integra redes virtualizadas, fatias de rede e uma arquitetura orientada a serviços, os recursos de inteligência artificial podem ser adicionados às tarefas de orquestração para melhorar a automação e o gerenciamento de recursos.
- 114** Enquanto no 4G são utilizados MIMO 2×2 e MIMO 4×4 , no 5G são utilizadas antenas ativas denominadas mMIMO (MIMO de dimensão total) com até 200 elementos e 64 TRXs.
- 115** No ambiente 5G, o aprendizado supervisionado pode ser útil para um agente de escalonamento que amostra continuamente a rede em tempo real, uma vez que esse tipo de aprendizado, baseado em um ciclo contínuo de tentativa e erro que inclui observação, tomada de decisão e análise de resultados, possibilita a otimização contínua e em tempo real do desempenho da rede.
- 116** O objetivo do Extreme MIMO é aumentar a eficiência espectral média de 10 bps/Hz para 50 bps/Hz, com base no uso de feixes muito estreitos; esse aumento na eficiência espectral ainda possibilita o emprego de conjuntos de antenas menores que aqueles atualmente utilizados no 5G.

Julgue os itens a seguir, em relação a sistemas de rádio cognitivo e a tecnologias de acesso ao espectro.

- 117** A coordenação automatizada de frequência (AFC) permite uma elevada potência exclusivamente para as operações das RLANs (*radio local area networks*) *indoor*, de tal forma que o ponto de acesso RLAN obtenha autorização específica para localização e frequência de transmissão.
- 118** Um SDR (rádio definido por *software*), embora possa ser reconfigurado por meio de *software* para suportar diferentes padrões de comunicação sem fio, não tem a capacidade de detectar mudanças no ambiente de rádio em tempo real e respondê-las; por sua vez, um CSDR (rádio cognitivo definido por *software*) pode utilizar algoritmos de aprendizagem automática para aprender com o ambiente e adaptar o seu comportamento ao longo do tempo.
- 119** Nos sistemas de rádio cognitivo, a análise de espectro determina a porção do espectro que está disponível e detecta a presença de usuários licenciados e lacunas no espectro.
- 120** O uso do esquema TAS (*transmitter antenna selection*) aumenta significativamente a complexidade e os custos de *hardware*, dada a necessidade de várias cadeias de radiofrequência no transmissor e de sincronização entre antenas de transmissão.

Espaço livre