

- a) A crescente necessidade de melhores redes de comunicações sem fios é influenciada pela demanda por maior largura de banda, devido ao aumento de dispositivos conectados e aplicações intensivas em dados, como streaming e IoT, e pela necessidade de baixa latência, essencial para aplicações críticas como veículos autónomos e telemedicina.
 - b) O Wi-Fi aborda a convivência de múltiplos bit-rates adaptando a taxa de transmissão com base na qualidade do sinal e na distância ao ponto de acesso. Dispositivos mais próximos usam bit-rates mais altos, enquanto dispositivos mais distantes utilizam taxas mais baixas para garantir uma comunicação estável.
 - c) O cabeçalho Wi-Fi tem espaço para quatro endereços para suportar comunicações em redes com sistemas de distribuição (DS). Eles identificam o remetente, o receptor, a origem inicial e o destino final, permitindo o encaminhamento eficiente entre dispositivos e pontos de acesso.
 - d) Um smart sensor combina um transdutor com capacidades de processamento e comunicação, permitindo coletar, analisar e transmitir dados autonomamente. Diferencia-se de um transdutor, que apenas converte sinais de uma forma para outra, enquanto o smart sensor processa informações e suporta decisões locais.
 - e) Uma scatternet é formada no Bluetooth quando múltiplas piconets se interconectam através de dispositivos que atuam como pontes, participando simultaneamente em mais de uma piconet.
 - f) Numa rede Zigbee com beacon, a comunicação é coordenada por superframes, com dispositivos sincronizados aos beacons enviados pelo coordenador, permitindo períodos ativos e inativos para economia de energia. Numa rede sem beacon, os dispositivos comunicam-se de forma assíncrona, competindo pelo canal sem sincronização, consumindo mais energia.
 - g) O GTP (GPRS Tunneling Protocol) tem como funções principais: encapsular e transportar dados entre a rede de acesso e a rede core em sistemas móveis, como 4G e 5G; gerir sessões de utilizador, incluindo alocação de endereços IP; e controlar a mobilidade, garantindo continuidade do serviço durante handovers.
 - h) No tight coupling, redes externas (como Wi-Fi) conectam-se diretamente ao core da rede móvel, utilizando o mesmo sistema de autenticação e gestão de mobilidade. No very tight coupling, a integração é ainda mais profunda, permitindo que redes externas sejam tratadas como uma extensão do acesso rádio da rede móvel, com maior coordenação no controlo de recursos e qualidade de serviço.
 - i) No UMTS, o circuito comutado (circuit switch) foi usado para voz e serviços em tempo real, enquanto o comutado por pacotes (packet switch), introduzido no GPRS, foi expandido para dados, permitindo maior eficiência e suporte a novas aplicações. Ambas as comutações coexistiram, mas o packet switch ganhou destaque com a evolução para LTE.
 - j) As vantagens do NFV (Network Function Virtualization) incluem redução de custos, flexibilidade, escalabilidade e manutenção simplificada.
2. a) Para escolher uma tecnologia de comunicações de baixa velocidade, consideraria critérios como eficiência energética, essencial para prolongar a vida útil de dispositivos alimentados por bateria; alcance, dependendo da área de cobertura necessária, como ZigBee para curtas distâncias ou LoRa para áreas

amplas; custo, tanto de implantação quanto de operação, garantindo viabilidade económica; e escalabilidade, para suportar um grande número de dispositivos, típico em IoT. Adicionalmente, segurança e suporte a padrões abertos seriam fundamentais para proteger os dados e garantir interoperabilidade.

b) O esquema “report only” apresenta vantagens como eficiência energética, já que o sensor transmite dados apenas quando há novos eventos ou alterações, reduzindo o uso de bateria. Além disso, menor consumo de largura de banda otimiza a utilização da rede, especialmente em sistemas com muitos sensores. Simplifica a gestão de dados, enviando apenas informações relevantes, e reduz a complexidade da comunicação, eliminando a necessidade de manter conexões contínuas ou de escuta constante por parte da plataforma.

c) O SS7 (Signaling System No. 7) é um protocolo usado para sinalização em redes móveis, responsável por funcionalidades como encaminhamento de chamadas, autenticação, envio de SMS e roaming. Já o CAMEL (Customized Applications for Mobile Network Enhanced Logic) é um conjunto de extensões ao SS7, projetado para permitir serviços avançados, como tarifação em tempo real e controlo personalizado de chamadas. A principal diferença é que o CAMEL fornece maior flexibilidade e suporte a serviços adicionais, enquanto o SS7 é focado em funções básicas de sinalização.

d) Em redes de sensores sem fios (WSN), os tipos de cobertura geográfica incluem:
Cobertura Total (Full Coverage): Todos os pontos da área alvo são monitorizados, garantindo que nenhum espaço fique sem cobertura.

Cobertura Parcial (Partial Coverage): Apenas uma parte da área é monitorizada, geralmente usada para reduzir o número de sensores ou o consumo de energia.

Cobertura por Eventos (Event-Driven Coverage): Sensores ativam-se apenas em áreas específicas quando um evento ocorre, otimizando o uso de recursos.

Esses tipos são escolhidos com base na aplicação, eficiência energética e requisitos de monitorização.

e) Uma rede “cloud native”, como apresentada pela Nokia, é uma infraestrutura desenhada especificamente para operar em ambientes de cloud computing. Caracteriza-se por ser altamente escalável, flexível e resiliente, aproveitando tecnologias como contêineres e microsserviços. Essa abordagem permite uma implantação ágil de funções de rede, otimização de recursos e adaptação dinâmica às demandas de tráfego. Além disso, suporta automação e integração eficiente com redes 5G, proporcionando maior eficiência operacional e suporte a novos serviços como slicing e IoT.

3. a) As plataformas de suporte a IoT são responsáveis por gerir a comunicação, o processamento de dados e o controlo de dispositivos conectados em larga escala. Elas operam como intermediárias entre os sensores/atuadores e as aplicações de utilizadores finais, garantindo eficiência e segurança.

A operação inicia-se com a conectividade, suportando múltiplas tecnologias, como Wi-Fi, LoRa, LTE-M e NB-IoT, para integrar dispositivos com diferentes capacidades e requisitos. Após a conexão, os dados recolhidos pelos dispositivos são enviados para a plataforma, onde ocorre o processamento e armazenamento. Este processo

utiliza técnicas como análise em tempo real e armazenamento em cloud para garantir a escalabilidade e a acessibilidade das informações.

Outro aspeto crucial é a gestão de dispositivos, que inclui controlo remoto, atualizações de firmware e monitorização do estado. A plataforma também implementa mecanismos de segurança, como autenticação, encriptação de dados e gestão de permissões, protegendo os dispositivos e as informações.

Por fim, as plataformas permitem a integração com aplicações de utilizadores, fornecendo APIs e ferramentas para visualização de dados, automação e geração de relatórios. Assim, elas são fundamentais para suportar a expansão da IoT, promovendo eficiência, personalização e controlo centralizado.

b) As redes ZigBee foram projetadas para otimizar o consumo de energia, tornando-as ideais para dispositivos alimentados por bateria em aplicações IoT.

Uma das principais especificidades é o uso de modos de baixa potência, onde dispositivos permanecem em estado de suspensão por longos períodos, ativando-se apenas para transmitir ou receber dados. Isso reduz significativamente o consumo energético. Além disso, o uso de superframes com beacons permite sincronização eficiente entre dispositivos, minimizando a necessidade de comunicação contínua.

A arquitetura de malha (mesh) também contribui para a eficiência energética. Em vez de transmitir diretamente para longas distâncias, os dispositivos utilizam nós intermediários para encaminhar dados, reduzindo a potência necessária para cada transmissão.

O protocolo ZigBee também utiliza técnicas como CSMA/CA para evitar colisões e desperdício de energia durante as transmissões. A escolha de frequências específicas, como a banda de 2.4 GHz, garante alcance suficiente com potência mínima.

Por fim, a capacidade de operar com mensagens curtas e assíncronas reduz o tempo de atividade dos dispositivos, prolongando a vida útil da bateria. Estas características tornam o ZigBee eficiente para aplicações como automação residencial, sensores e iluminação inteligente.

c) O IMS (IP Multimedia Subsystem) é composto por vários blocos funcionais que suportam serviços multimédia em redes móveis e fixas. O CSCF (Call Session Control Functions) divide-se em três: o P-CSCF (Proxy CSCF), que é o primeiro ponto de contacto e gere sessões e autenticação; o S-CSCF (Serving CSCF), principal controlador de sessões responsável por autenticação, registo e gestão de serviços; e o I-CSCF (Interrogating CSCF), que atua como gateway entre redes externas e o IMS. O HSS (Home Subscriber Server) é a base de dados central que armazena informações dos utilizadores, como perfis, localização e políticas de acesso. O MGCF (Media Gateway Control Function) fornece a interface entre o IMS e redes de comutação de circuitos, como o PSTN. O MRF (Media Resource Function) é responsável por gerar e manipular conteúdos multimédia, como tons e conferências. O AS (Application Server) oferece serviços adicionais, como mensagens instantâneas e VoIP, enquanto o BGCF (Breakout Gateway Control Function) define o encaminhamento de chamadas para redes externas. Esses

blocos trabalham em conjunto para oferecer serviços multimédia de forma integrada, flexível e escalável.