

Contributo do INESC TEC para a consulta pública sobre a disponibilização de espectro na faixa de frequência dos 26 GHz

Introdução

Neste documento o INESC TEC procura dar a sua visão sobre a utilização da faixa de frequência dos 26 GHz, através da resposta a um subconjunto das perguntas colocadas pela ANACOM na consulta pública sobre a disponibilização de espectro nesta faixa de frequências. As respostas têm subjacentes três perspetivas: técnica, económica e interesse público.

De seguida, é transcrita a pergunta colocada pela ANACOM e a correspondente resposta do INESC TEC, sendo respeitada a numeração das perguntas considerada no documento "Consulta pública sobre a disponibilização de espectro na faixa dos 26 GHz".

1) Tem interesse na disponibilização de espectro na faixa dos 26 GHz para a implementação de redes e serviços 5G?

Sim, existe interesse na disponibilização de espectro na faixa dos 26 GHz, em especial para suportar atividades de Investigação e Desenvolvimento (I&D) no contexto das redes 5G e pós-5G. Atualmente não existem no QNAF bandas ISM disponíveis para a faixa dos 26 GHz (as faixas 24,000 – 24,050 GHz (50 MHz) e 24,050 – 24,250 GHz (200 MHz) ficam fora dessa faixa de frequência e não permitem testar soluções com larguras de banda acima dos 200 MHz). Neste sentido, a comunidade de I&D tem necessidade de acesso à faixa dos 26 GHz para a criação de *testbeds* que permitam testar e validar soluções de alocação e agregação dinâmica de espectro (idealmente dentro de um bloco contíguo de 800 MHz), baseadas em tecnologias emergentes e Inteligência Artificial. Estas soluções poderão vir a ser utilizadas pelos detentores da licença de espectro para acomodar a procura de espectro necessária em determinados locais e em intervalos de tempo variáveis. Por outro lado, existe também interesse na comunidade de I&D no teste e validação de soluções de otimização de débito multi-utilizador (com base em *massive MIMO* e *beamforming*), mitigação de interferências e imperfeições de *hardware*, soluções de comunicações e sensorização simultânea, incluindo localização, e soluções inovadoras baseadas em grandes aglomerados de antenas para coberturas de alta densidade em diversos ambientes.

3) Quais os potenciais cenários de utilização 5G (use cases) para a faixa dos 26 GHz? Por exemplo:

a. Áreas com elevada procura de banda larga móvel;

b. Áreas com menor oferta de banda larga móvel, nomeadamente em ambientes rurais;

- c. Sectores rodoviários e ferroviários;
- d. Ambientes portuários e aeroportuários;
- e. Ambientes empresariais e industriais;
- f. Utilizações indoor e outdoor;
- g. Utilização local (em hotspots, regiões, etc.);
- h. Outros (identifique).

Descreva os cenários que antecipa, incluindo a previsão das respetivas áreas de cobertura, e identifique aqueles em que centra o seu interesse.

Em nosso entender, a faixa dos 26 GHz tem potencial interesse de aplicação nos seguintes cenários:

- **Ambiente industrial e empresarial** – criação de redes privadas 5G/pós-5G para suporte à digitalização do negócio, por exemplo, monitorização de processos, controlo remoto de máquinas e plataformas robóticas, IoT com necessidade de banda larga e baixa latência, vídeo vigilância;
- **Ambiente ferroviário** – criação de redes públicas 5G/pós-5G nas estações ferroviárias e de redes privadas 5G/pós-5G de suporte à digitalização de operações;
- **Ambiente rodoviário** – criação de redes públicas 5G/pós-5G para passageiros e veículos (tripulados ou autónomos), por exemplo, nas áreas de serviço de auto-estradas e de redes privadas 5G/pós-5G no contexto de *platooning* (ex.: controlo *intra-platooning*, sensorização distribuída);
- **Ambiente marítimo** – criação de redes privadas 5G/pós-5G em zonas *offshore* para suporte à digitalização da economia azul, incluindo produção de energia *offshore* (eólica, solar, energia das ondas e hidrogénio verde) e aquacultura *offshore*;
- **Ambiente portuário** – criação de redes privadas 5G/pós-5G em portos para suporte à digitalização dos portos, incluindo cobertura terrestre e marítima nas zonas de aproximação ao porto, para serviço de comunicações pessoais, IoT e plataformas robóticas (ex.: veículos autónomos);
- **Ambiente aeroportuário** – criação de redes privadas 5G/pós-5G dentro de *hangars* de manutenção de aviões (cenário já possível usando a faixa sub-6GHz), bem como no contexto do suporte à digitalização da logística aeroportuária, comunicações entre os aviões e infraestrutura aeroportuária e comunicações para os passageiros;
- **Grandes eventos temporários** – criação de redes públicas e privadas 5G/pós-5G para servir grandes eventos desportivos, culturais, entre outros, quer em ambiente *indoor* quer em ambiente *outdoor*;
- **Áreas urbanas** – criação de redes de acesso 5G/pós-5G temporárias ou permanentes para reforço do serviço de banda larga móvel em zonas urbanas com grande intensidade de tráfego em períodos do dia ou da semana, recorrendo a plataformas fixas (mastros, torres, *High Altitude Platforms* – HAPs) ou móveis (*drones*) para instalação de estações base, tendo em consideração a não interferência com serviços existentes;
- **Wireless Backhauling** – criação de redes *backhaul* em alternativa à instalação de fibra em zonas rurais ou de difícil acesso, usando plataformas fixas (mastros, torres, HAPs) ou móveis (drones, satélites de órbita baixa), tendo em consideração a não interferência com serviços existentes.

Nos cenários aqui identificados a nossa **previsão de raio de cobertura** é a seguinte:

- até 100 m em ambiente interior;
- até 1000 m em ambiente exterior urbano;
- até dezenas de quilómetros no caso de utilização de satélites Low Earth Orbit (LEO) ou HAPs com *beamforming*.

4) Prevê que as soluções a implementar configuram cenários com necessidade de mobilidade ou ficarão confinadas a locais específicos e com mobilidade restrita?

De um modo geral, não prevemos que as soluções a implementar considerem mobilidade, uma vez que poderão interferir com sistemas incumbentes que operem em bandas próximas. Para além disso, como prevemos que a reserva de espectro na banda dos 26 GHz seja feita para utilização em zonas ou locais específicos, possíveis cenários com mobilidade (ex: redes instaladas a bordo de veículos) poderiam interferir com outras redes existentes (que utilizem os mesmos canais) ao longo do seu percurso.

Não obstante, em alguns dos cenários identificados onde a área de implementação de redes que operem nos 26 GHz possa ser maior, como o ambiente portuário e aeroportuário, poderá existir a necessidade de mobilidade (restrita), dando suporte a serviços/sistemas confinados a esses locais específicos.

5) Podendo a faixa dos 26 GHz adequar-se a aplicações “verticais” relacionadas com a indústria automóvel, aplicações industriais, logística, cidades inteligentes, etc., considera adequado reservar espectro para “verticais”?

Sim, consideramos adequado e muito importante que se faça esta reserva de espectro para verticais. Este tipo de reserva permitirá que uma empresa crie redes sem fios privadas e adequadas às necessidades das suas aplicações. Promove-se, desta forma, a aceleração da digitalização da economia e permite-se que a economia portuguesa acompanhe economias mais avançadas que têm já disponível esta reserva do espectro para este fim.

A 5ª e 6ª geração das comunicações móveis tendem a colocar as funcionalidades de rádio, de rede e de aplicações em *clouds* de computação que podem ser distribuídas. Por outro lado, a atual arquitetura de rede baseada em serviços e a emergência de funções abertas (*Open RAN*, *Open Core*) fazem com que as redes de comunicações privadas, adequadas às necessidades das empresas, sejam cada vez mais fáceis de implementar e que o seu aparecimento se torne inevitável.

No entanto, a disseminação deste tipo de redes torna-se difícil de concretizar se não houver espectro de banda larga disponível e acessível a custos nulos ou marginais para as empresas. Por outro lado, e ao contrário do que acontece nos canais ISM, é muito importante que a interferência nos canais reservados seja inexistente ou controlada. Só desta forma se alcançarão as baixas relações sinal/interferência essenciais para garantir qualidade de serviço incluindo baixa latência, fiabilidade elevada ou débitos garantidos. Sem este tipo de garantias tornar-se-á difícil suportar casos de usos relevantes para as empresas, como por exemplo aqueles que normalmente surgem associados à baixa latência e fiabilidade elevada. A disponibilização de informação de utilização de espectro geolocalizada também poderá ser um fator importante.

Portanto, deve haver reserva de espectro para verticais/empresas, feito com o objetivo de permitir a criação de redes privadas, considerando blocos de frequência oferecidos a custos nulos ou marginais e definidos por forma a garantir a inexistência de interferências.

6) Qual considera ser a quantidade de espectro (i) ideal e (ii) mínima a disponibilizar ao mercado nos 26 GHz? Justifique, com base nos cenários que prevê que surjam nos próximos 5 a 10 anos.

A quantidade de espectro necessária para atingir os 20 Gbit/s de débito de pico estabelecidos nas normas do 5G é de 800 MHz. Em particular, para um canal de 400 MHz (que corresponde à maior largura de canal suportada na norma 5G para a banda dos 26 GHz), é possível atingir um débito médio de 3 Gbit/s e um débito de pico de 12 Gbit/s. Através da agregação de dois canais de 400 MHz contíguos será possível atingir um débito médio de 6 Gbit/s e um débito de pico de 24 Gbit/s. Deste modo, a faixa de espectro ideal para atividades de I&D seria um bloco de 800 MHz contíguos para permitir testar soluções 5G que tirem partido da agregação de dois canais de 400MHz, e assim permitir avaliar soluções (algoritmos, métodos, aplicações, serviços) com débitos que atinjam os 20 Gbit/s especificados na norma do 5G.

A possibilidade de atingir débitos acima dos 20 Gbit/s irá na nossa opinião permitir o desenvolvimento de novos casos de uso, em particular com grande aplicabilidade na indústria (*advanced manufacturing*) e robótica, em particular robótica remota (mobilidade de robots em chão de fábrica), bem como noutros recintos industriais como portos e aeroportos.

A nível nacional, devido às faixas condicionadas cuja gestão está delegada nas Forças Armadas, existe uma limitação de disponibilidade de espectro na banda dos 26 GHz. Assim, ficam duas faixas de espectro disponíveis:

Faixa 1 – 24,25 a 25,242 GHz;

Faixa 2 – 25,492 a 26,25 GHz.

De acordo com os parâmetros gerais da Decisão de Execução (UE) 2019/784 da Comissão de 14 de maio de 2019, o bloco mínimo é de 50 MHz, ficando por isso disponíveis na Faixa 1 950 MHz e na Faixa 2 750 MHz, num total de 1700 MHz.

De acordo com esta disponibilidade de espectro, são propostos dois cenários: (i) modelo ideal e (ii) modelo mínimo.

(i) modelo ideal

Num modelo ideal poderá considerar-se atribuir a cada um dos 3 operadores um canal não partilhado dentro da Faixa 2 até totalizar os 750 MHz disponíveis, para serviço público móvel a nível nacional, e adicionalmente disponibilizar um canal partilhado de 800 MHz para serviços locais ou fixos, incluindo os verticais bem como para fins de investigação científica. O canal de 800 MHz deveria ser atribuído dentro da Faixa 1 para poder ser um bloco contíguo. Neste cenário seria necessário um total de 1550 MHz.

(ii) modelo mínimo

Um modelo mínimo a considerar será o de atribuir a cada um dos 3 operadores um canal não partilhado de 200 MHz, para serviço público móvel a nível nacional, e adicionalmente disponibilizar um canal

partilhado de 400 MHz para serviços locais ou fixos, incluindo os verticais bem como para fins de investigação científica. Neste cenário seria necessário um total de 1000 MHz.

Qualquer um dos modelos deve garantir a proteção adequada do serviço de exploração terrestre por satélite (passivo) na faixa de frequências 23,6-24 GHz.

9) Considera adequado designar espectro nos 26 GHz para utilizações de âmbito não nacional (regional, local ou utilizações em ambientes indoor)? Em caso afirmativo, indique de forma justificada a quantidade de espectro que designaria para este tipo de utilização.

Sim, consideramos adequado a disponibilização de espectro na faixa dos 26 GHz para utilizações de âmbito regional, local e *indoor*.

A disponibilização de espectro com utilização de âmbito local ou *indoor* será muito importante para a implementação/desenvolvimento das aplicações “verticais”, como já referido anteriormente. No entanto, mesmo para aplicações “não-verticais” – ex: funcionamento como simples rede de acesso –, a disponibilização de espectro nos 26 GHz será relevante para o aparecimento de “micro-operadores” (operadores de redes localmente confinadas), que contribuirão para um acesso à(s) rede(s) com aumento significativo da qualidade de serviço.

Para estes micro-operadores, os cenários de atuação mais plausíveis serão os seguintes:

1. disponibilização de rede de acesso local em ambientes com fraca (ou nenhuma) conectividade às redes de operador, estabelecendo interconexão exterior com aqueles;
2. disponibilização de redes locais para serviços específicos ao contexto;
3. disponibilização de redes privadas locais para aplicações verticais.

No cenário 1, que será tipicamente em ambiente *indoor* (ex.: parques subterrâneos, superfícies comerciais cobertas/abaixo do nível do solo, túneis ferro-rodoviários), um único operador local, na faixa dos 26 GHz, providenciará o acesso e a ligação dos diversos utilizadores aos operadores de rede móvel exteriores.

Nos cenários 2 e 3, podendo ocorrer em âmbito *indoor* ou local (dependendo do tipo de cobertura a efetuar), indicam-se os seguintes exemplos:

Ambiente indoor: equipamentos em ambiente hospitalar/industrial, aplicações em museus ou superfícies comerciais (disponibilização de conteúdos imersivos em realidade virtual ou aumentada), produção audiovisual, logística, etc., bem como aplicações verticais.

Ambiente local: recintos industriais, portos e aeroportos, campus e escolas, parques temáticos, logística, etc., bem como aplicações verticais.

Para além do âmbito local ou *indoor*, a disponibilização de espectro de âmbito regional é mais um cenário possível, tendo em conta, por exemplo, operações ligadas à administração local/regional. Entidades como forças de segurança (ex.: polícias municipais), equipas de emergência médica e proteção civil, operações de salvamento, poderão futuramente beneficiar da disponibilidade de espectro na faixa dos 26 GHz, para suportar aplicações e serviços com requisitos de elevada qualidade de serviço (débito binário, latência e fiabilidade).

Quanto à quantidade de espectro a designar, para os diferentes âmbitos, o primeiro fator a considerar será a largura de banda dos canais a utilizar, que poderá ser de 50, 100, 200 ou 400 MHz. O segundo fator refere-se à cobertura espacial, podendo ela ser contínua ou não-contínua. A cobertura contínua terá provavelmente lugar em âmbitos locais ou *indoor*, para garantia de conectividade permanente. A cobertura não-contínua estará provavelmente associada ao âmbito regional. Apesar do uso de frequências específicas para esse âmbito, só deverá haver necessidade de criação de células em determinadas localizações. De seguida, são apresentadas possíveis estimativas de espectro a designar.

Cobertura contínua (âmbito *indoor* e local):

- Espectro por rede/operador: 3x a 4x a largura de banda dos canais em uso
- Número de redes/operadores por localização espacial: 1 a 2
- Espectro total (espectro por rede x número redes): 3x a 8x a largura de banda dos canais em uso

Cobertura não-contínua (âmbito regional):

- Espectro por rede/operador: 1x largura de banda dos canais em uso
- Número de redes/operadores de âmbito regional: 3 a 6
- Espectro total (espectro por rede x número redes): 3x a 6x a largura de banda dos canais em uso

18) Considera adequada a fixação de obrigações, com vista a encorajar o desenvolvimento do 5G nos 26 GHz? Em caso afirmativo, descreva de forma fundamentada em que cenários e que tipo de obrigações.

Sim. O estabelecimento de obrigações em processos de licitação de radiofrequências deve ser utilizado para ampliar a cobertura do serviço, promover o uso eficiente do espectro, reduzir as assimetrias regionais e possibilitar o acesso a novas tecnologias, sendo também uma oportunidade para a implementação de políticas públicas.

Não obstante, a experiência de alguns países na definição dessas contrapartidas revela que a realidade particular de cada um deles se constitui como um fator relevante na priorização de compromissos e obrigações. Por exemplo, no Brasil, nomeadamente para a faixa dos 26 GHz, o edital do leilão do 5G estabeleceu que as empresas vencedoras terão que fornecer conectividade a escolas públicas do ensino básico, incluindo a instalação, construção, aquisição e distribuição de infraestruturas, equipamentos e recursos associados. Já em Itália, para os 26 GHz, foi criada a obrigação de utilização da radiofrequência em todas as províncias do país num prazo de 4 anos contados a partir da data da atribuição das licenças.

Estas obrigações não devem ser exageradas de forma a não inibir a procura e reduzir o interesse do mercado pela faixa dos 26 GHz, considerando a indefinição dos modelos de negócio e das características técnicas desta faixa, que poderá requerer a instalação de infraestruturas com investimentos elevados.

20) Que outras faixas de frequências, além dos 26 GHz, poderão contribuir para o desenvolvimento do 5G/6G a médio/longo prazo? Faz-se referência, a título ilustrativo, aos intervalos de frequências 40,5-43,5 GHz e os 66-71 GHz (estando esta faixa já hoje disponível no Quadro Nacional de Atribuição de Frequências - QNAF).

Os intervalos de frequências 40,5-43,5 GHz (em particular de forma mais alargada 37-43,5 GHz) e 66-71 GHz são muito relevantes devido à possibilidade de harmonização a nível mundial, e como tal favorecendo economias de escala em que os fabricantes podem servir o mercado mundial com os mesmos equipamentos. Estas bandas são também relevantes devido à grande largura de banda que permite atingir débitos superiores aos que será possível atingir na faixa dos 26 GHz. Neste sentido, consideramos que os referidos intervalos de frequências, bem como outros que venham a ser disponibilizados em faixas superiores, deverão sempre ter em conta a necessidade de acesso pela comunidade científica.

Na WRC-19 foram já identificadas bandas de frequências que poderão suportar os futuros sistemas de comunicações sem fios 6G, em particular bandas abaixo dos 100 GHz (71,0 – 76,0 GHz, 81,0 – 86,0 GHz, 92,0 – 95,0 GHz) e bandas acima dos 100 GHz (252 – 275 GHz, 275 – 296 GHz, 306–313 GHz, 318–333 GHz, 356 – 450 GHz). Prevê-se que a disponibilidade de grandes larguras de banda contribua para o desenvolvimento de sistemas de comunicações sem fios de muito alto débito, com reduzida complexidade computacional e baixo consumo energético pelo recurso a transdutores, formas de onda e codificação mais simples. Estas faixas de frequência poderão permitir o desenvolvimento de novas aplicações, incluindo *data centers* sem fios, ligações sem fios entre veículos (ex.: *drones*), realidade virtual, aumentada e misturada no contexto da indústria (incluindo holografia).

Conclusão

Neste documento o INESC TEC apresenta a sua visão sobre a utilização da faixa de frequência dos 26 GHz, através da resposta a um conjunto de perguntas colocadas pela ANACOM na consulta pública sobre a disponibilização de espectro nesta faixa de frequências. As respostas apresentadas tiveram em conta as perspetivas técnica, económica e de interesse público.

Relativamente à utilização da faixa de frequência dos 26 GHz destacam-se dois aspetos:

- **Reserva de espectro para os verticais e I&D.** É muito importante considerar a reserva de espectro para os verticais, possibilitando a criação de redes privadas com garantia de Qualidade de Serviço e adequadas às necessidades específicas de cada vertical, com a consequente aceleração da digitalização da economia portuguesa. É igualmente importante reservar uma faixa de espectro, limitada geograficamente, por exemplo no contexto das Zonas Livres Tecnológicas (ZLTs), para atividades de I&D. Idealmente, deverá ser considerado um bloco de 800 MHz contíguos, que potencie a investigação, desenvolvimento e teste de novas soluções de comunicações 5G e pós-5G em ambiente real, sobretudo no âmbito de parcerias entre universidades, institutos de investigação e a indústria nacional.
- **Multiplicidade de cenários de aplicação.** A faixa dos 26 GHz tem potencial interesse de aplicação em múltiplos cenários, incluindo: 1) na criação de redes privadas 5G/pós-5G em ambiente industrial/empresarial, ferroviário, rodoviário, marítimo, portuário e aeroportuário; 2) na disponibilização de redes públicas 5G/pós-5G em estações de comboio, áreas de serviço, aeroportos, grandes eventos temporários e áreas urbanas com grande intensidade de tráfego; 3) na criação de redes *backhaul* em alternativa à instalação de fibra em zonas rurais ou de difícil acesso.

Para além da utilização da faixa de frequência dos 26 GHz, o desenvolvimento das redes 5G e 6G beneficiará de outras faixas de frequências, incluindo acima e abaixo dos 100 GHz, de acordo com as bandas de frequência já identificadas na WRC-19. A disponibilidade de larguras de banda ultra largas nestas faixas de frequência contribuirá para o desenvolvimento de sistemas de comunicações sem fios de muito alto débito, que permitirão suportar novas aplicações, incluindo *data centers* sem fios e realidade virtual, aumentada e misturada, com requisitos de qualidade de serviço que hoje não são cumpridos pelo 5G.