

# Capítulo 1 e 2

Samuel Lopes da Mota



# As primeiras gerações

- Os sistemas de comunicação móvel baseados em tecnologia de primeira geração limitavam-se aos serviços de voz e, pela primeira vez, tornavam a telefonia móvel acessível ao cidadão comum.
- A primeira geração de comunicação móvel, surgindo por volta de 1980, baseava-se na transmissão analógica com as principais tecnologias sendo o AMPS (Advanced Mobile Phone System) desenvolvido na América do Norte, o NMT (Nordic Mobile Telephony) desenvolvido em conjunto pela, na época, controlada pelo governo operadores de rede telefónica pública dos países nórdicos e TACS (Total Access Communication System) utilizado, por exemplo, no Reino Unido.

The foundation of  
mobile telephony



~1980

Mobile telephony  
for everyone



~1990

The foundation of  
mobile broadband



~2000

Further enhanced  
mobile broadband



~2010

**FIGURE 1.1** The different generations of mobile communication.

- A segunda geração de comunicação móvel, surgindo no início da década de 1990, viu a introdução da transmissão digital pelo link de rádio. Embora o serviço de destino ainda fosse a voz, o uso da transmissão digital permitiu que os sistemas de comunicação móvel de segunda geração também fornecessem serviços de dados limitados. Havia inicialmente várias tecnologias de segunda geração diferentes, incluindo GSM (Global System for Mobile communication).
- Devido ao sucesso do GSM, os sistemas de segunda geração também transformaram a telefonia móvel de algo ainda usado por apenas uma fração relativamente pequena de pessoas em uma ferramenta de comunicação sendo uma parte necessária da vida da grande maioria da população mundial.
- Ainda hoje há muitos lugares no mundo onde o GSM é a tecnologia dominante e, em alguns casos, a única disponível para comunicação móvel.

- A terceira geração de comunicação móvel, muitas vezes referida apenas como 3G, foi introduzida no início dos anos 2000. Com o 3G foi dado o verdadeiro passo para a banda larga móvel de alta qualidade, permitindo acesso rápido à internet sem fio. Isso foi especialmente possibilitado pela evolução 3G conhecida como HSPA (High Speed Packet Access).
- Estamos agora, e estamos há vários anos, na era da quarta geração (4G) da comunicação móvel, representada pela tecnologia LTE, que seguiu os passos do HSPA, proporcionando maior eficiência e banda larga móvel aprimorada experiência em termos de taxas de dados de usuário final mais altas alcançáveis. Isso é fornecido por meio de transmissão baseada em OFDM, permitindo larguras de banda de transmissão mais amplas e tecnologias multi-antenas mais avançadas

# A 3GPP

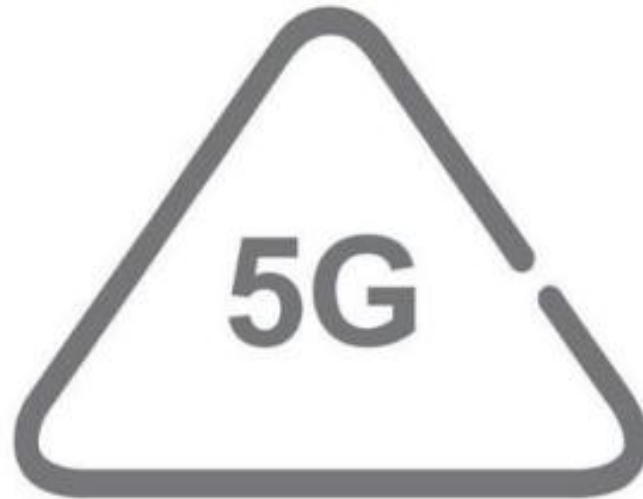
- Concordar em especificações e padrões de tecnologia multinacionais tem sido a chave para o sucesso da comunicação móvel. Isso permitiu a implantação e a interoperabilidade de dispositivos e infraestrutura de diferentes fornecedores e permitiu que dispositivos e assinaturas operassem globalmente. No entanto, o passo final para uma verdadeira padronização global da comunicação móvel veio com a especificação das tecnologias 3G, especialmente WCDMA.
- Como consequência, em 1998, as diferentes organizações regionais de normalização se uniram e criaram em conjunto o Projeto de Parceria de Terceira Geração (3GPP) com a tarefa de finalizar o desenvolvimento da tecnologia 3G baseada em WCDMA. Hoje, a 3GPP é a única organização significativa que desenvolve especificações técnicas para comunicação móvel.

# A nova Geração 5G – (NR)

- No entanto, o 5G também é frequentemente usado em um contexto muito mais amplo, não apenas se referindo a uma tecnologia de acesso por rádio específica, mas sim a uma ampla gama de novos serviços previstos para serem habilitados pela futura comunicação móvel.
- No contexto do 5G, muitas vezes se fala em três classes distintas de casos de uso: banda larga móvel aprimorada (eMBB), comunicação massiva do tipo máquina (mMTC) e comunicação ultraconfiável e de baixa latência (URLLC)

**eMBB**

High data rates, high traffic volumes



**mMTC**

Massive number of devices,  
low cost, low energy consumption

**URLLC**

Very low latency,  
very high reliability and availability

**FIGURE 1.2** High-level 5G use-case classification.



- O NR reutiliza muitas das estruturas e recursos do LTE. No entanto, sendo uma nova tecnologia de acesso por rádio, o NR, ao contrário da evolução LTE, não é restringido pela necessidade de manter a compatibilidade com versões anteriores. Os requisitos do NR também são mais amplos do que o que foi o caso do LTE, motivando um conjunto de soluções técnicas parcialmente diferentes.
- A primeira versão das especificações do NR estava disponível no final de 2017 para atender aos requisitos comerciais nas primeiras implantações de 5G já em 2018. O Capítulo 2 discute as atividades de padronização relacionadas ao NR.

- Paralelamente à NR, ou seja, a nova tecnologia de acesso via rádio 5G, a 3GPP também está desenvolvendo uma nova rede core 5G denominada 5GCN. A nova tecnologia de acesso por rádio 5G se conectará ao 5GCN. No entanto, o 5GCN também poderá fornecer conectividade para a evolução do LTE. Ao mesmo tempo, o NR também pode se conectar via EPC da rede principal legada ao operar no chamado modo não autônomo junto com o LTE.

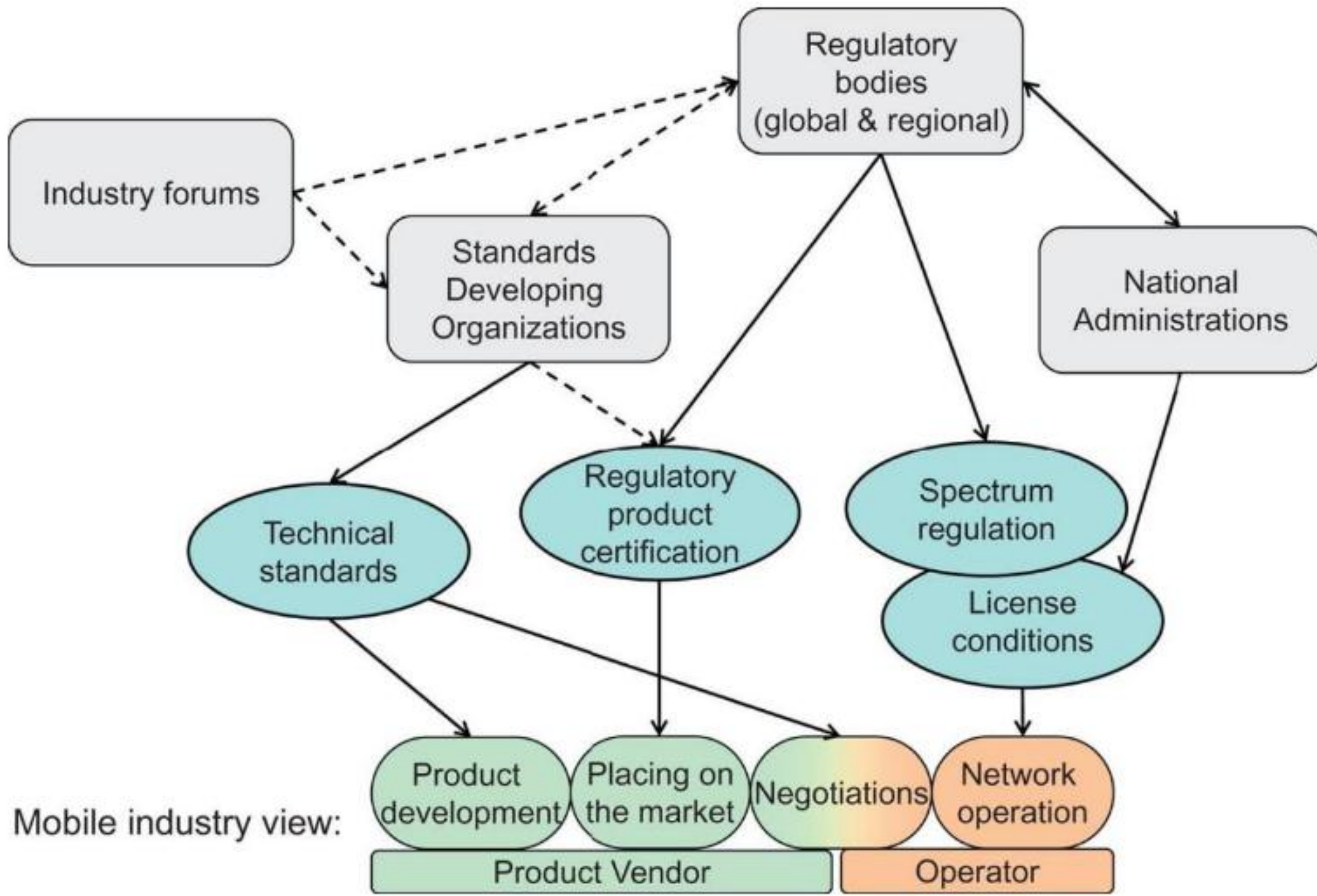


# Capítulo 2

- Existem várias organizações envolvidas na criação de especificações e normas técnicas, bem como na regulamentação na área de comunicações móveis. Estes podem ser divididos vagamente em três grupos: Organizações de Desenvolvimento de Padrões, órgãos reguladores e administrações e fóruns da indústria.
- As Organizações de Desenvolvimento de Padrões (SDOs) desenvolvem e acordam padrões técnicos para sistemas de comunicações móveis, a fim de possibilitar que a indústria produza e implemente produtos padronizados e forneça interoperabilidade entre esses produtos.
- Órgãos reguladores e administrações são organizações lideradas pelo governo que definem requisitos regulamentares e legais para vender, implantar e operar sistemas móveis e outros produtos de telecomunicações.

- A regulação do espectro é tratada tanto em nível nacional por administrativas, mas também por meio de órgãos regionais na Europa (CEPT/ECC), nas Américas (CITEL) e na Ásia (APT). Em nível global, a regulação do espectro é feita pela União Internacional de Telecomunicações (UIT). Os órgãos reguladores regulam para quais serviços o espectro deve ser usado e, além disso, definem requisitos mais detalhados, como limites de emissões indesejadas dos transmissores. Eles também estão indiretamente envolvidos no estabelecimento de requisitos sobre os padrões do produto por meio de regulamentação.

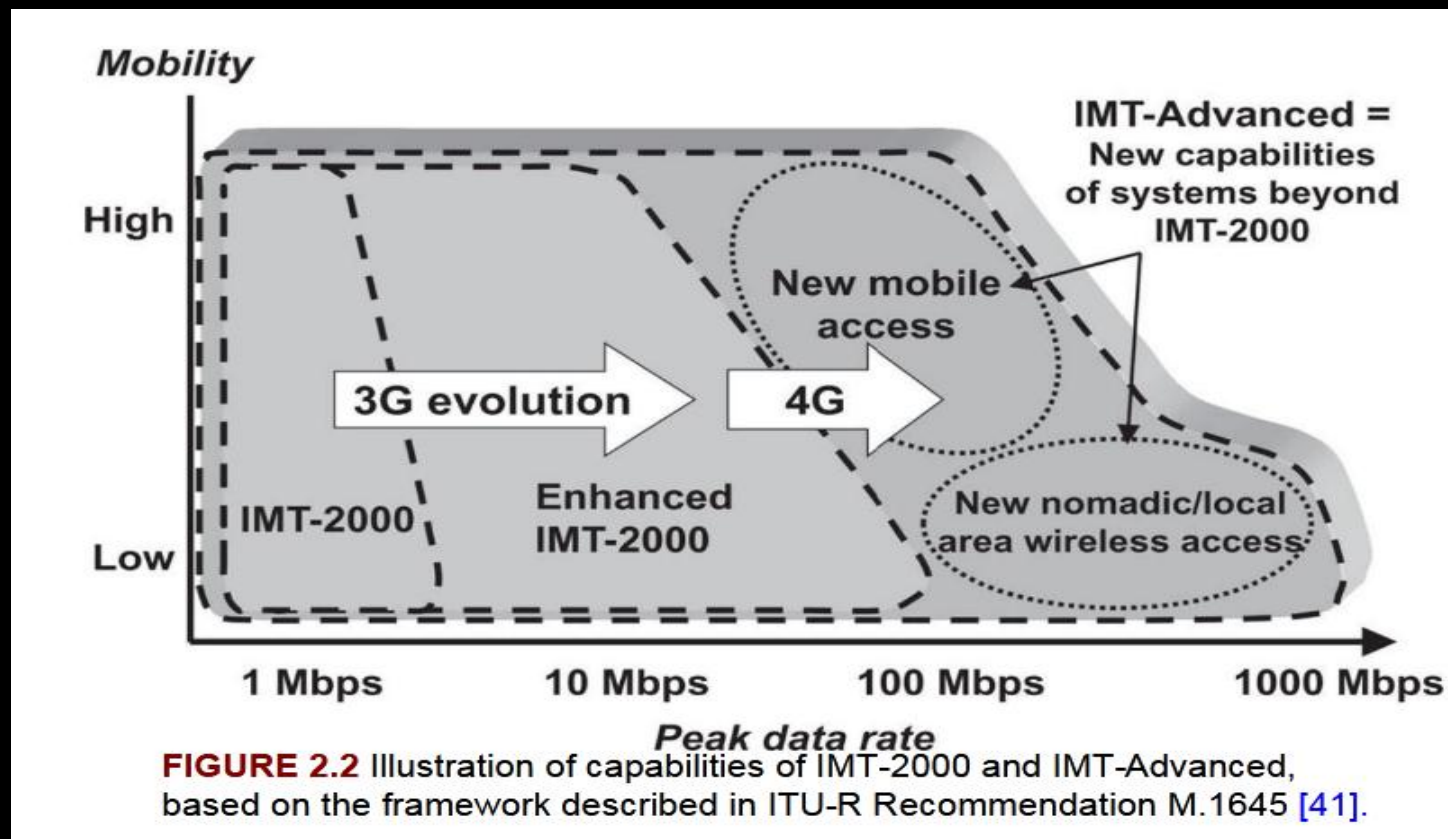
- A Fig. 2.1 ilustra a relação entre as diferentes organizações envolvidas no estabelecimento de condições regulatórias e técnicas para sistemas móveis. A figura também mostra a visão do setor móvel, onde os fornecedores desenvolvem produtos, os colocam no mercado e negociam com as operadoras que buscam e implantam sistemas móveis. Este processo depende fortemente das normas técnicas publicadas pelos SDOs, enquanto a colocação dos produtos no mercado depende da certificação dos produtos a nível regional ou nacional.



- O papel do ITU-R 2.2 Atividades do ITU-R de 3G a 5G Enquanto a especificação técnica das tecnologias de comunicação móvel, como NR, LTE e WCDMA/HSPA é feita dentro do 3GPP, há uma responsabilidade da ITU-R como o setor de comunicações de rádio da União Internacional de Telecomunicações. A ITU-R é responsável por garantir o uso eficiente e econômico do espectro de RF por todos os serviços de radiocomunicações. Os diferentes subgrupos e grupos de trabalho elaboram relatórios e recomendações que analisam e definem as condições de utilização do espectro de RF. O objetivo bastante ambicioso do ITU-R é “garantir operações livres de interferências de sistemas de comunicação de rádio”



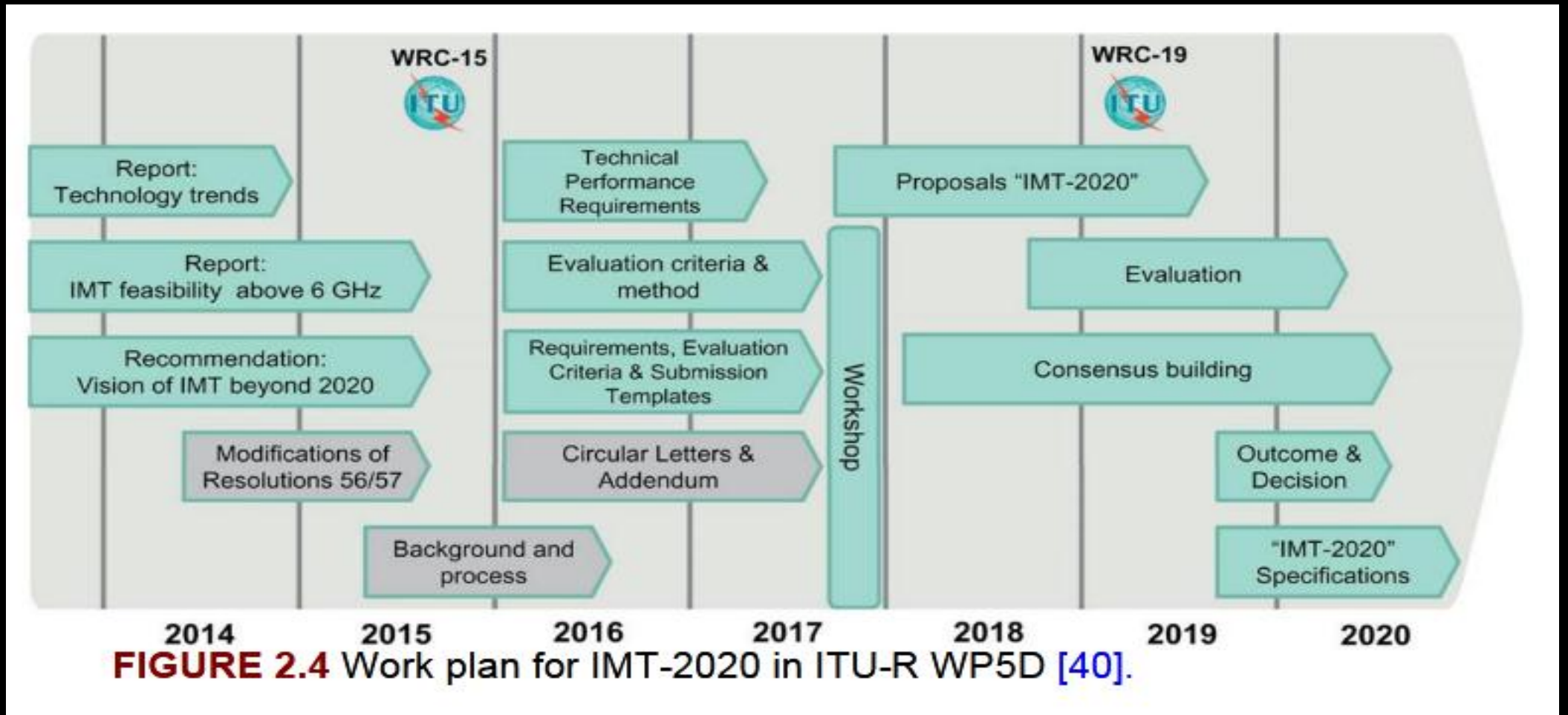
O próximo passo para o ITU-R foi iniciar o trabalho no IMT-Advanced, o termo usado para sistemas que incluem novas interfaces de rádio que suportam novos recursos de sistemas além do IMT-2000. As novas capacidades foram definidas em uma recomendação de framework publicada pela ITU-R e foram demonstradas com o “diagrama de van” mostrado na Fig. 2.2.



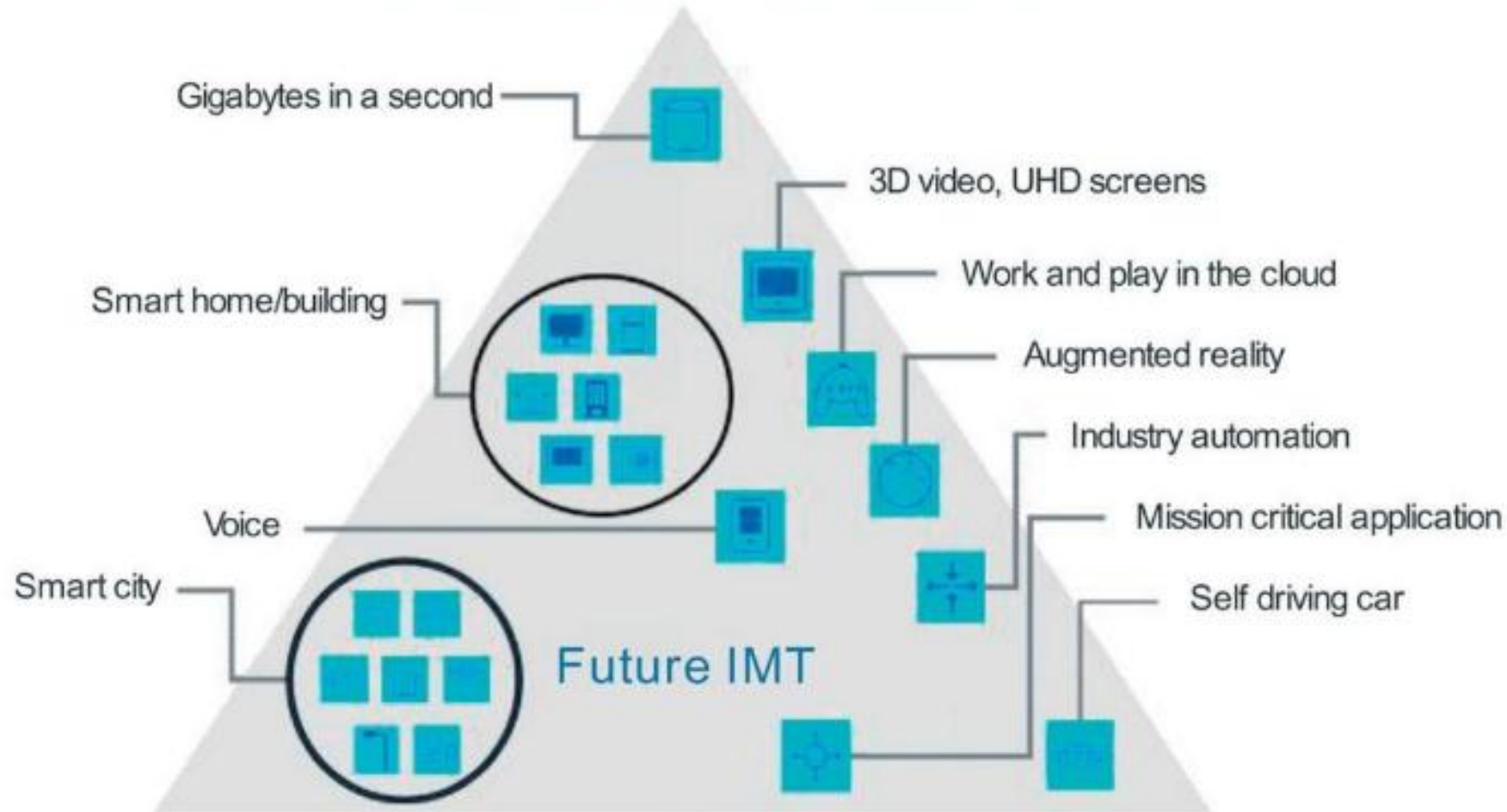
- A partir de 2012, o ITU-R WP5D preparou o terreno para a próxima geração de sistemas IMT, denominado IMT-2020. É um desenvolvimento da componente terrestre do IMT para além do ano 2020 e, na prática, corresponde ao que é mais vulgarmente designado por “5G”, a quinta geração de sistemas móveis.
- A recomendação fornece o primeiro passo para definir os novos desenvolvimentos do IMT, analisando as futuras funções do IMT e como ele pode servir à sociedade, observando as tendências de mercado, usuários e tecnologia e implicações de espectro.

- Após a WRC-15, o ITU-R WP5D deu continuidade ao processo de estabelecimento de requisitos e definição de padrões de avaliação para sistemas IMT-2020, com base na recomendação da Visão [47] e nos outros resultados de estudos anteriores. Esta etapa do processo foi concluída em meados de 2017, conforme mostrado no plano de trabalho IMT-2020 na Fig. 2.4. O resultado foram três documentos publicados no final de 2017 que definem melhor o desempenho e as características que se esperam do IMT-2020 e que serão aplicados na fase de avaliação:
- Requisitos técnicos: O relatório ITU-R M.2410 [51] define 13 requisitos mínimos relacionados ao desempenho técnico da(s) interface(s) de rádio IMT 2020.
- Diretriz de avaliação: O relatório ITU-R M.2412 [50] define a metodologia detalhada a ser usada para avaliar os requisitos mínimos, incluindo ambientes de teste, configurações de avaliação e modelos de canal.

- Modelo de submissão: O relatório ITU-R M.2411 [52] fornece um modelo detalhado a ser usado para enviar uma tecnologia candidata para avaliação. Também detalha os critérios de avaliação e requisitos de serviço, espectro e desempenho técnico, com base nos dois relatórios ITU-R mencionados anteriormente, M.2410 e M.2412.



## Enhanced mobile broadband



Massive machine type  
communications

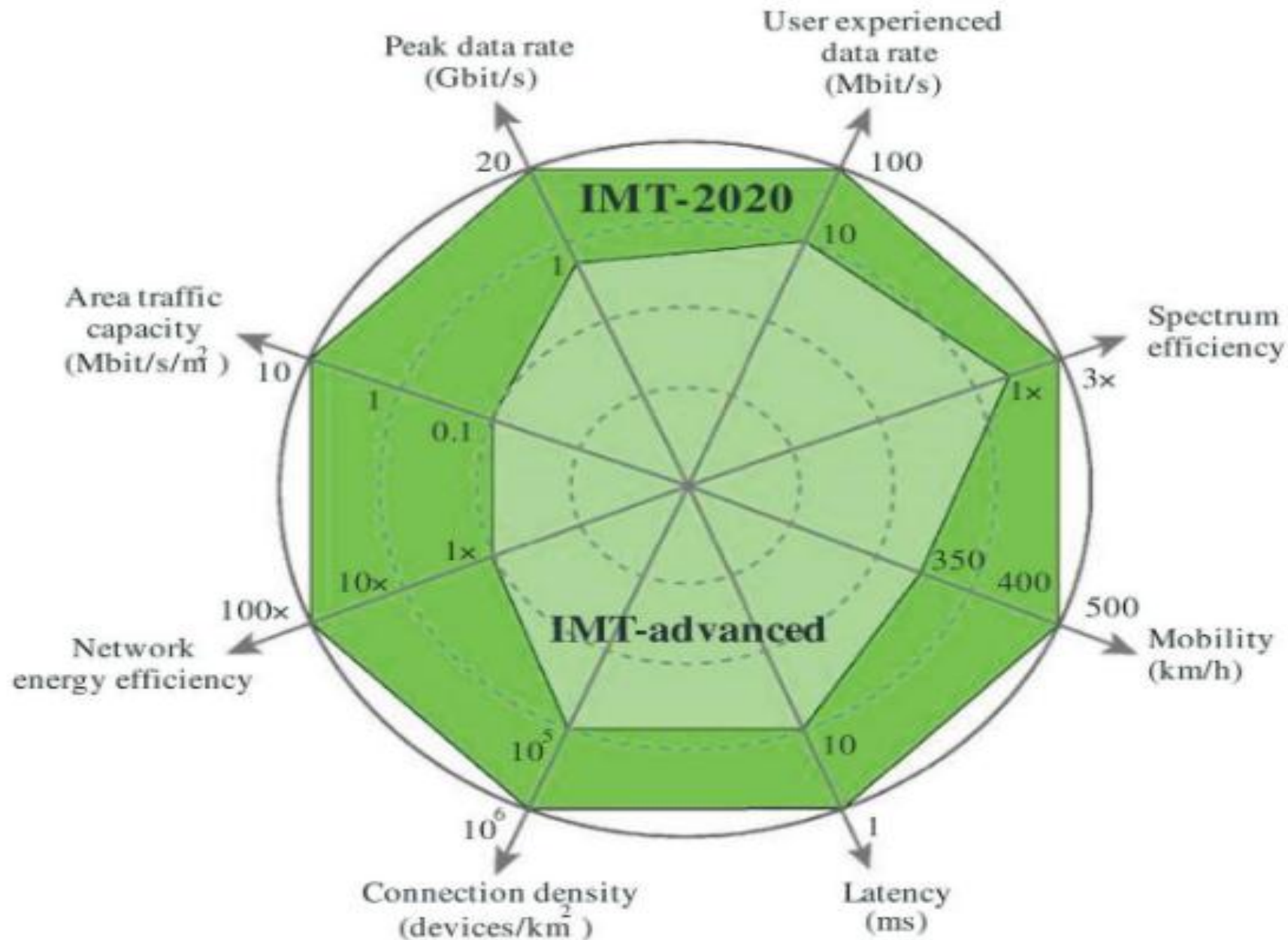
Ultra-reliable and low latency  
communications

**FIGURE 2.5** IMT-2020 use cases and mapping to usage scenarios. From ITU-R, Recommendation ITU-R M.2083 [47], used with permission from the ITU.



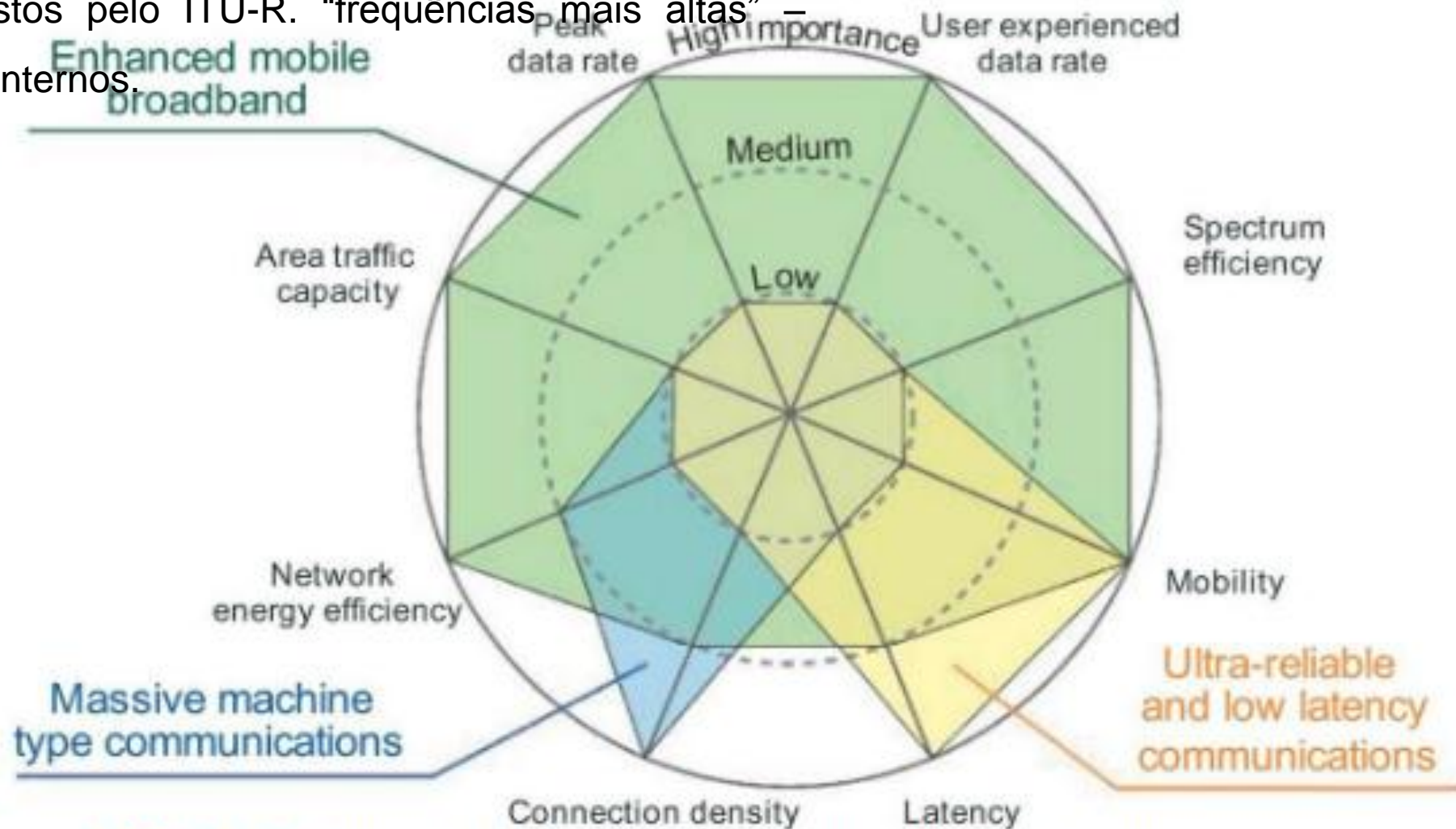
- Como parte do desenvolvimento da estrutura para o IMT-2020, conforme documentado na recomendação IMT Vision, o ITU-R definiu um conjunto de recursos necessários para uma tecnologia IMT-2020 para suportar os casos de uso 5G e cenários de uso identificados por meio das entradas de órgãos regionais, projetos de pesquisa, operadores, administrações e outras organizações. Há um total de 13 capacidades definidas no ITU-R, onde oito foram selecionadas como capacidades-chave. Esses oito recursos principais são ilustrados por meio de dois diagramas de “teia de aranha” (veja as Figs. 2.6 e 2.7).

A Fig. 2.6 ilustra os principais recursos, juntamente com números-alvo indicativos, destinados a fornecer uma primeira orientação de alto nível para os requisitos IMT-2020 mais detalhados que estão agora em desenvolvimento.



**FIGURE 2.6** Key capabilities of IMT-2020. From ITU-R, Recommendation ITU-R M.2083 [47], used with permission from the ITU.

A Fig. 2.7, que ilustra a “importância” de cada capacidade chave para a realização dos três cenários de uso de alto nível previstos pelo ITU-R. “frequências mais altas” – ambientes internos.



**FIGURE 2.7** Relation between key capabilities and the three usage scenarios of ITU-R. From ITU-R, Recommendation ITU-R M.2083 [47], used with permission from the ITU.



- A meta geral, para consumo de energia elétrica, declarada pela ITU-R é que o consumo de energia da rede de acesso por rádio do IMT-2020 não deve ser maior do que as redes IMT implantadas hoje, enquanto ainda oferece os recursos aprimorados.
- A meta significa que a eficiência energética da rede em termos de energia consumida por bit de dados precisa, portanto, ser reduzida com um fator pelo menos tão grande quanto o aumento de tráfego previsto do IMT-2020 em relação ao IMT-Advanced. A eficiência do espectro fornece a taxa de transferência média de dados por Hz de espectro e por “célula”, ou melhor, por unidade de equipamento de rádio (também conhecido como Ponto de Recepção de Transmissão, TRP).

- A flexibilidade de espectro e largura de banda refere-se à flexibilidade do projeto do sistema para lidar com diferentes cenários e, em particular, à capacidade de operar em diferentes faixas de frequência, incluindo frequências mais altas e larguras de banda de canal mais amplas do que hoje.
- Confiabilidade refere-se à capacidade de fornecer um determinado serviço com um nível de disponibilidade muito alto.
- Resiliência é a capacidade da rede de continuar operando corretamente durante e após uma perturbação natural ou provocada pelo homem, como a perda de energia da rede.
- Segurança e privacidade refere-se a várias áreas, como criptografia e proteção da integridade dos dados e sinalização do usuário, bem como privacidade do usuário final, prevenção de rastreamento de usuários não autorizados e proteção da rede contra hackers, fraudes, negação de serviço.

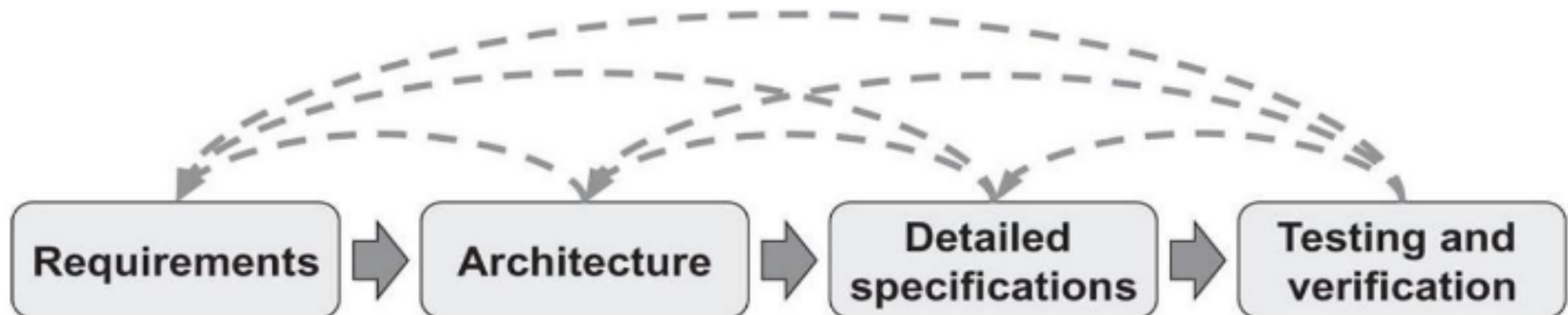
- O tempo de vida operacional refere-se ao tempo de operação por capacidade de energia armazenada. Isso é particularmente importante para dispositivos do tipo máquina que exigem uma vida útil da bateria muito longa (por exemplo, mais de 10 anos), cuja manutenção regular é difícil devido a razões físicas ou econômicas.

Parameter	Minimum Technical Performance Requirement
Peak data rate	Downlink: 20 Gbit/s
	Uplink: 10 Gbit/s
Peak spectral efficiency	Downlink: 30 bit/s/Hz
	Uplink: 10 bit/s/Hz
User-experienced data rate	Downlink: 100 Mbit/s
	Uplink: 50 Mbit/s
Fifth percentile user spectral efficiency	3× IMT-Advanced
Average spectral efficiency	3× IMT-Advanced
Area traffic capacity	10 Mbit/s/m <sup>2</sup> (indoor hotspot for eMBB)
User plane latency	4 ms for eMBB
	1 ms for URLLC
Control plane latency	20 ms
Connection density	1,000,000 devices per km <sup>2</sup>
Energy efficiency	<p>Related to two aspects for eMBB:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Efficient data transmission in a loaded case</li> <li>b. Low energy consumption when there is no data</li> </ul> <p>The technology shall have the capability to support a high sleep ratio and long sleep duration</p>
Reliability	1–10 <sup>-5</sup> success probability of transmitting a layer 2 PDU (Protocol Data Unit) of 32 bytes within 1 ms, at coverage edge in Urban Macro for URLLC
Mobility	Normalized traffic channel data rates defined for 10, 30, and 120 km/h at ~1.5× IMT-Advanced numbers
	Requirement for high-speed vehicular defined for 500 km/h (compared to 350 km/h for IMT-Advanced)
Mobility interruption time	0 ms
Bandwidth	At least 100 MHz and up to 1 GHz in higher-frequency bands. Scalable bandwidth shall be supported

- A diretriz de avaliação das tecnologias de interface de rádio candidatas ao IMT 2020 está documentada no relatório ITU-R M.2412 [50] e segue a mesma estrutura da avaliação anterior feita para o IMT-Advanced.
- Indoor Hotspot-eMBB: Um ambiente interno isolado em escritórios e/ou em shopping centers baseado em usuários estacionários e pedestres com densidade de usuários muito alta.
- Dense Urban-eMBB: Um ambiente urbano com alta densidade de usuários e cargas de tráfego com foco em usuários de pedestres e veículos.
- Rural-eMBB: Um ambiente rural com cobertura de área ampla maior e contínua, apoiando usuários de pedestres, veículos e veículos de alta velocidade.
- Macro-mMTC urbano: um macroambiente urbano visando cobertura contínua com foco em um grande número de dispositivos do tipo máquina conectadas.

- Urban Macro-URLLC: Um macroambiente urbano voltado para ultra comunicações confiáveis e de baixa latência.

1. *Requirements*, where it is decided what is to be achieved by the specification.
2. *Architecture*, where the main building blocks and interfaces are decided.
3. *Detailed specifications*, where every interface is specified in detail.
4. *Testing and verification*, where the interface specifications are proven to work with real-life equipment.



**FIGURE 2.8** The standardization phases and iterative process.

# Referências

- DAHLMAN, Erik; PARKVALL, Stefan; SKOLD, Johan. **5G NR: The next generation wireless access technology**. Academic Press, 2020.



Se te apetece esforçar, esforça-te;  
se te apetece repousar, repousa;  
se te apetece fugir, fuja; se te  
apetece resistir, resista; mas saiba  
bem o que te apetece, e não recue  
ante nenhum pretexto, porque o  
universo se organizará para te  
dissuadir.

Friedrich Nietzsche



PENSADOR

