



5G-Advanced e Caminhos para as Redes 6G

xGMobile
Centro de Competência EMBRAPA II
Inatel em Redes 5G e 6G

Inatel

xGMobile – Centro de Competência EMBRAPII Inatel em Redes 5G e 6G

O Centro de Competência, localizado no Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL), é um modelo inédito no Brasil, destinado a impulsionar o desenvolvimento de tecnologias avançadas com elevado potencial para o mercado. A iniciativa posicionará o Brasil entre as principais nações inovadoras do mundo.

Formado por um grupo de pesquisa credenciado em uma área temática específica, o Centro foi desenvolvido para enfrentar desafios e questões de elevada complexidade que tenham impacto social e econômico. Além disso, conta com infraestrutura moderna e uma equipe com competência e experiência comprovadas na área de atuação.

Índice

1. Introdução.....	1
2. O Estado Atual do 5G-Advanced: Release 18 e Casos de Uso.....	2
3. FWA e a Infraestrutura Óptica para a Nova Era da Conectividade.....	7
4. Conclusão	11

1. Introdução

A evolução das redes móveis segue avançando em ritmo acelerado, impulsionada por uma combinação poderosa de maturidade tecnológica, novas demandas de conectividade e a convergência com soluções baseadas em inteligência artificial (IA). Em 2025, espera-se uma nova fase da transformação digital com o início da adoção comercial do 5G-Advanced (5G-A), um marco que consolida os avanços técnicos da Release 18 e abre caminho para o desenvolvimento das futuras redes 6G.

O 5G-A não é apenas uma melhoria incremental do 5G tradicional, mas sim uma evolução que fortalece aspectos como desempenho, eficiência energética, segurança, cobertura e integração com tecnologias emergentes. Entre os destaques, estão a adoção de frequências na faixa de 6 GHz, o uso de arquiteturas de redes abertas (como o Open RAN), o avanço das redes privadas e a expansão da computação em borda (edge computing), que habilita respostas mais rápidas e inteligentes em tempo real.

Além disso, o ecossistema do 5G-A passa a incorporar de forma nativa interfaces abertas por meio de APIs (Application Programming Interfaces), que são conjuntos de regras e padrões que permitem a comunicação entre diferentes sistemas e aplicações. Esse recurso possibilita a criação de novos serviços e soluções adaptáveis às necessidades específicas de diferentes setores. Essa abertura impulsiona a inovação, viabilizando a customização da rede como serviço e promovendo um novo nível de flexibilidade operacional.

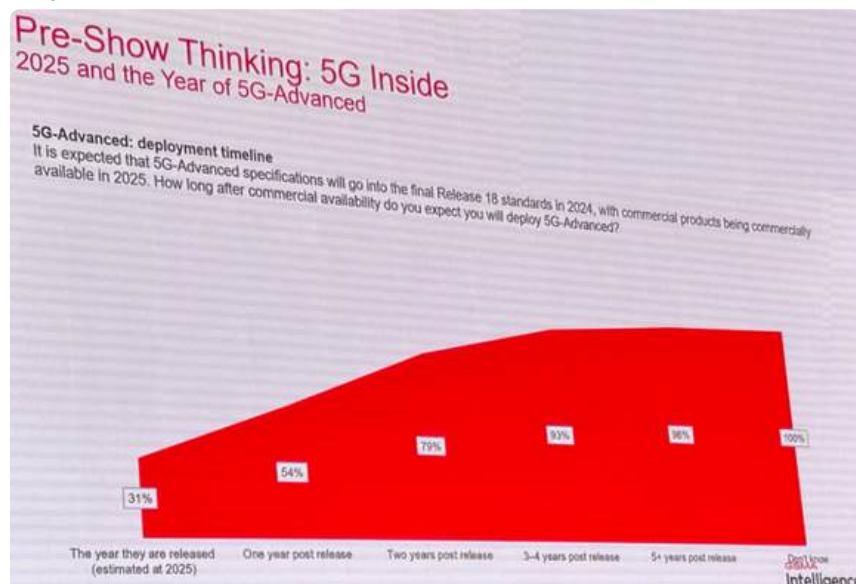


Figura 1. Linha do tempo de adoção do 5G-Advanced. (Fonte: GSMA Intelligence, MWC 2025)

A Figura 1, apresentada durante o Mobile World Congress 2025 (MWC 2025), ilustra a expectativa de adoção comercial do 5G-A nos próximos anos. Estima-se que 31% das organizações começarão a implantar o 5G-A ainda no ano de lançamento dos primeiros produtos comerciais, com um salto significativo de adesão nos dois anos seguintes, alcançando 93% de adoção entre o segundo e o quarto ano pós-lançamento.

Este white paper tem como propósito sintetizar os principais *insights* apresentados durante o MWC 2025 sobre a consolidação do 5G-Advanced, reunindo as tendências mais relevantes observadas em apresentações, demonstrações e painéis técnicos. Ao longo do documento, serão exploradas as direções tecnológicas mais relevantes, seus impactos nos ecossistemas digitais e os desafios que ainda precisam ser enfrentados para garantir a construção de redes móveis verdadeiramente preparadas para o futuro.

2. O Estado Atual do 5G-Advanced: Release 18 e Casos de Uso

O 5G-A representa a fase intermediária e estratégica da evolução rumo ao 6G, consolidando o amadurecimento da quinta geração com a introdução de novos recursos técnicos, maior inteligência de rede e integração com serviços digitais. Essa evolução é formalmente estruturada pelo Release 18 do 3GPP, cuja finalização foi realizada em 2024, com os primeiros produtos comerciais aguardados a partir de 2025.

O Release 18 é reconhecido como o primeiro marco oficial do 5G-A, ao consolidar um conjunto robusto de aprimoramentos que vão além da simples evolução técnica. Essa versão introduz avanços tanto em performance de rede, eficiência energética e inteligência embarcada, quanto na flexibilidade arquitetural, abrindo caminho para casos de uso mais diversificados e exigentes. A Figura 2 oferece as principais direções estratégicas que guiam essa nova fase da conectividade móvel destacados durante o MWC 2025.

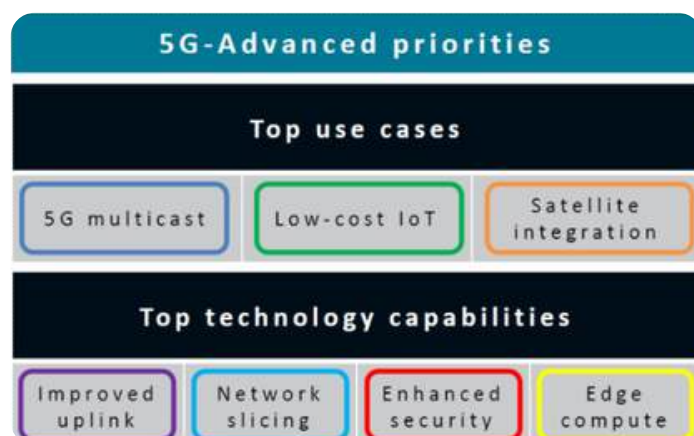


Figura 2. Prioridades do 5G-Advanced.
(Fonte: MWC 2025)

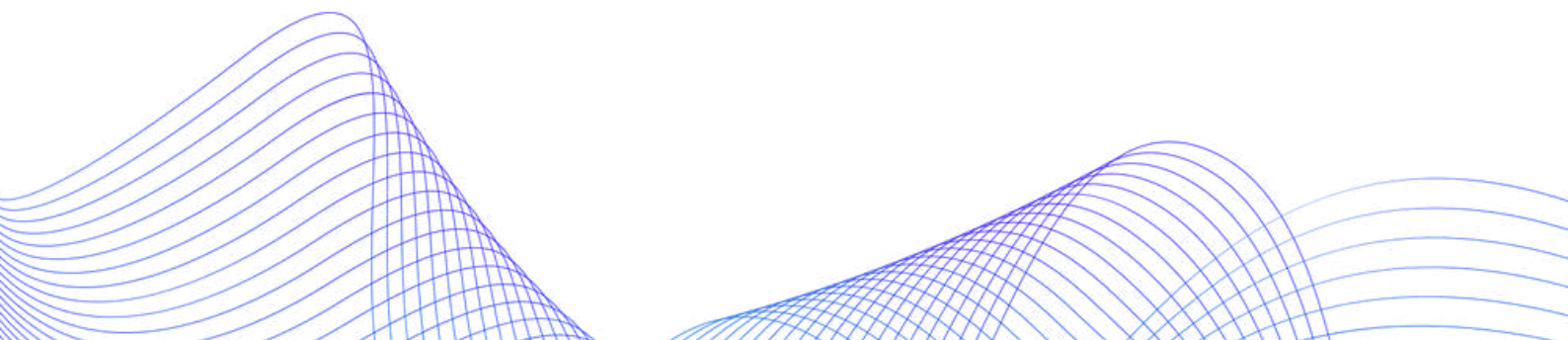
Entre os principais casos de uso destacados estão:

- RedCap (Reduced Capability Devices): voltado para dispositivos de baixo custo e consumo reduzido, como sensores industriais, wearables e aplicações de Internet of Things (IoT) menos exigentes.
- 5G Multicast e Broadcast: possibilita transmissões simultâneas para múltiplos dispositivos com eficiência espectral, ideal para conteúdo ao vivo, atualizações massivas e aplicações de mídia.
- Integração com redes não-terrestres (NTN): amplia a cobertura do 5G para regiões remotas ao integrar conectividade via satélites de baixa órbita (LEO) e geoestacionária (GEO).
- IoT de Baixo Custo e Ambientes de Baixa Densidade: soluções otimizadas para aplicações em larga escala com requisitos simplificados.
- Serviços avançados de localização e posicionamento: com precisão submétrica, aplicáveis em logística, veículos autônomos e realidade aumentada.

Além dessas capacidades técnicas, foram destacadas áreas emergentes de aplicação como comunicação multimodal, automação de rede baseada em IA, e suporte para APIs abertas, pilares que possibilitam maior customização de serviços e abertura do ecossistema de inovação. O Release 18, portanto, não apenas expande os limites tecnológicos do 5G, mas redefine a forma como as redes podem ser projetadas, operadas e monetizadas.

Como exemplo, a integração de capacidades multimodais e inteligência de rede à chamada de voz tradicional representa um dos avanços do 5G-A. Por meio do conceito 5G-A New Calling, a comunicação em tempo real é amplificada e transformada em uma experiência rica, interativa e inteligente. Como evidenciado na Figura 3, apresentada durante o MWC 2025, essa nova abordagem redefine o papel da chamada de voz, expandindo suas funcionalidades muito além da transmissão de áudio.

Entre os principais recursos viabilizados pelo 5G-A New Calling, destaca-se a tradução simultânea em tempo real, incluindo suporte visual, que permite comunicações multilíngues instantâneas e acessíveis.



Outro diferencial é o compartilhamento de conteúdo integrado durante a chamada, que cria um canal colaborativo eficaz para interações pessoais e profissionais. Além disso, a possibilidade de realizar chamadas com avatares e assistentes digitais, como no caso do Idol Calling, adiciona uma camada de imersividade e personalização. A solução também inclui colaboração remota inteligente, com suporte a equipes e call centers automatizados (Intelligent Call Center). Soma-se a isso a funcionalidade de transcrição e resumo automático de chamadas (Call Shorthand), que facilita o registro e o acompanhamento de interações complexas.



Figura 3. Capacidades-chave da Rede 5G-A New Calling e expansão de aplicações interativas até 2025. (Fonte: MWC 2025)

Todo esse ecossistema inovador é sustentado por uma infraestrutura crítica adaptada à era da inteligência em tempo real. Entre os elementos que compõem essa base estão os terminais nativos compatíveis com o padrão 5G-A, uma cobertura de rede confiável e ampla, além de uma rede IMS (IP Multimedia Subsystem) segura, arquitetura que possibilita a oferta integrada de serviços multimídia em IP, composta por canais dedicados de dados, vídeo e áudio. O sistema opera com garantias de desempenho baseadas em Quality of Service (QoS) e Service Level Agreements (SLA), assegurando a entrega de experiências com padrões de qualidade compatíveis com aplicações sensíveis e de missão crítica.

Ao consolidar a base técnica para a automação de redes, a integração com IA e a personalização de serviços, o 5G-A prepara o terreno para novos modelos operacionais e oportunidades de aplicação que irão moldar a próxima década da conectividade digital.

Um exemplo abordando durante o congresso é ilustrado pela Figura 4, onde buscou-se aprofundar a discussão sobre a convergência entre redes 5G-A e IA, destacando mudanças estruturais na arquitetura das redes core.

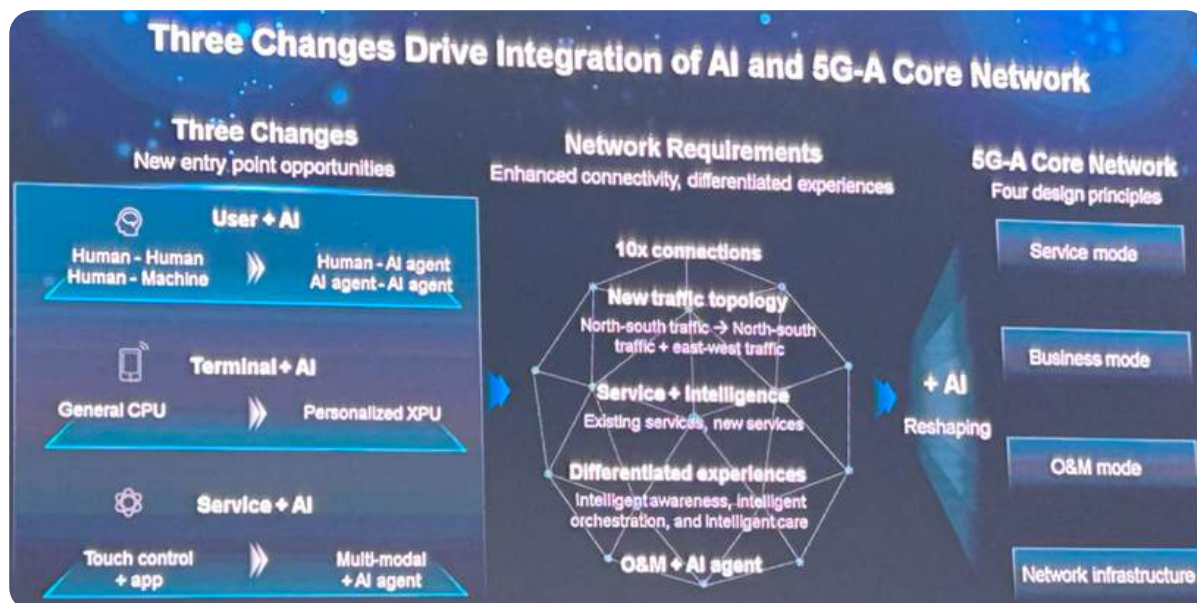


Figura 4. Integração de IA no Núcleo 5G-A. (Fonte: MWC 2025)

O conteúdo da Figura 4 reforça a ideia de que o 5G-A não é apenas uma extensão tecnológica do 5G, mas um vetor de transformação arquitetural. Três grandes mudanças são destacadas como catalisadoras dessa evolução:

- **User + IA:** A interação tradicional entre humanos e dispositivos é substituída pela presença crescente de agentes inteligentes, viabilizando uma experiência personalizada e preditiva.
- **Terminal + IA:** Os terminais deixam de depender apenas de unidades centrais de processamento (CPUs) genéricas e passam a incorporar unidades de processamento personalizadas (XPU) para lidar com demandas de IA local.
- **Service + IA:** O controle por toque e aplicações convencionais abrem espaço para interações multimodais mediadas por agentes inteligentes, aumentando a capacidade de resposta e adaptabilidade das redes.

Essas mudanças impõem novos requisitos de rede, como uma topologia de tráfego mais complexa, capacidade para 10 vezes mais conexões, e diferenciação de serviços com inteligência integrada.

A arquitetura do núcleo da rede 5G-A, por sua vez, é remodelada com base em quatro princípios fundamentais: modo de serviço, modo de negócios, modo de operação e manutenção (O&M) e infraestrutura de rede. A integração entre IA e redes core se torna, portanto, um diferencial competitivo e uma alavanca para o surgimento de novos serviços, exigindo não apenas atualizações tecnológicas, mas também uma mudança no paradigma de design, operação e monetização das redes móveis.

Neste sentido, durante o keynote “5G-A Intelligent Core Enabling New Entries”, apresentado no MWC 2025, foi enfatizado que um dos grandes diferenciais competitivos do 5G-A está na capacidade de monetizar a experiência do usuário (QoE – Quality of Experience) de maneira proativa, inteligente e contextual. Essa nova abordagem rompe com o modelo tradicional baseado em capacidade de rede e largura de banda, e inaugura uma fase em que operadores passam a vender experiências diferenciadas, sustentadas por métricas como latência, jitter, disponibilidade e consistência do serviço.

A Figura 5 resume esse novo paradigma. A rede deixa de ser apenas uma infraestrutura de transporte de dados e passa a ser um sistema cognitivo, com capacidades de automação e monetização conectadas. Por um lado, a automação da rede garante a operação contínua, inteligente e em tempo real, com níveis crescentes de autonomia que vão do nível 0 (manual) ao nível 5 (totalmente autônomo). Por outro, a monetização baseada na experiência possibilita que os serviços sejam ajustados e cobrados de acordo com o valor percebido pelo cliente, em vez de um modelo genérico e rígido.

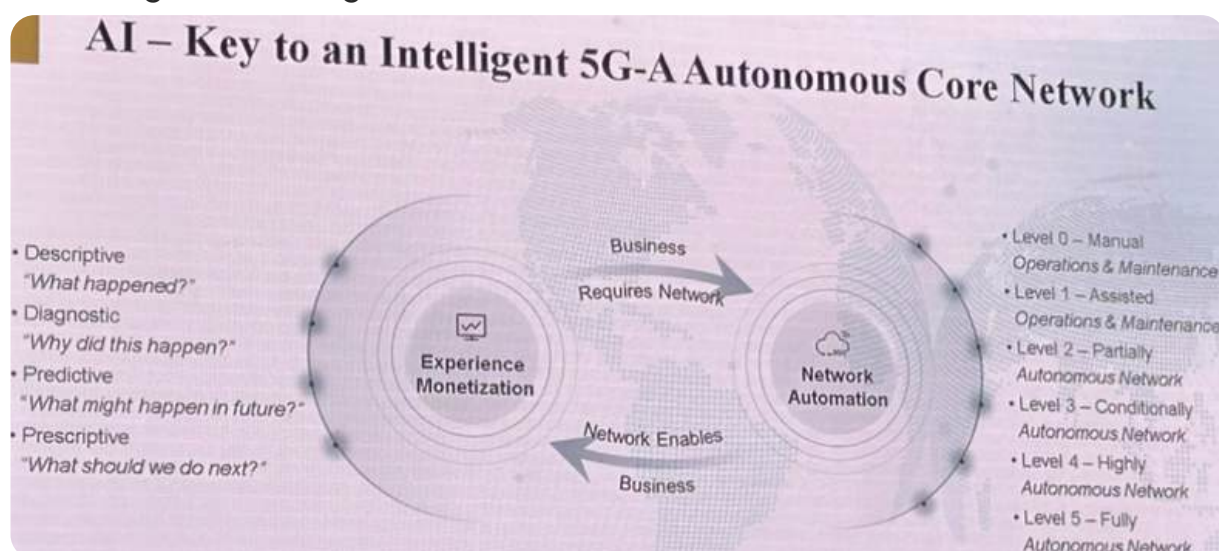


Figura 5. IA como chave para o Núcleo Autônomo do 5G-A. (Fonte: MWC 2025)

Essa estrutura operacional é sustentada por diferentes níveis de IA, que vão desde análises descritivas (o que aconteceu?) até decisões prescritivas (o que devemos fazer?). O 5G-A transforma, portanto, a rede em uma plataforma autônoma, orientada por dados, com capacidade de autoaprendizado e adaptação contínua ao contexto, essencial para suportar os novos serviços multimodais, imersivos e industriais.

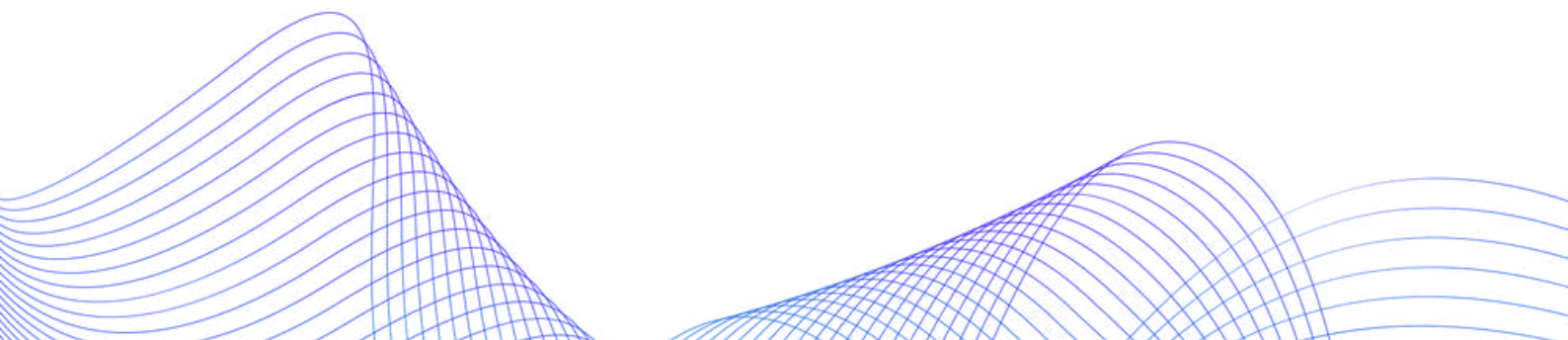
Essa lógica de integração entre inteligência e experiência reforça a necessidade de redes construídas sob quatro pilares: infraestrutura inteligente, modo de serviço flexível, operação automatizada e modelo de negócios orientado por IA. A convergência entre esses pilares molda o futuro do 5G-A como plataforma central para inovação, diferenciação e geração de valor no ecossistema digital.

3. FWA e a Infraestrutura Óptica para a Nova Era da Conectividade

O Fixed Wireless Access (FWA) foi amplamente destacado no MWC 2025 como uma solução estratégica e promissora para a ampliação da conectividade em escala global. Em um cenário onde a demanda por acesso rápido e confiável à internet cresce exponencialmente, o FWA surge como uma resposta eficaz aos desafios de cobertura, infraestrutura e custo.

Essa tecnologia permite fornecer acesso fixo à internet por meio de redes móveis, como o 4G, 5G e, mais recentemente, o 5G-A, substituindo ou complementando a infraestrutura tradicional baseada em fibra óptica. Em vez de depender de cabeamento físico até a residência ou empresa, o FWA utiliza estações rádio base e dispositivos Customer Premises Equipment (CPE) instalados no local do usuário para estabelecer a conexão, o que garante alta velocidade, menor tempo de instalação e maior flexibilidade operacional.

Impulsionado pelos avanços técnicos do 5G-A, como as bandas em faixas de ondas milimétricas, o uso de dispositivos RedCap e a integração com NTN, o FWA vem se consolidando como uma alternativa robusta, escalável e com custo-benefício, especialmente em áreas rurais, regiões periféricas e locais onde a implantação de fibra óptica é tecnicamente inviável ou economicamente desvantajosa.



A Figura 6 demonstra a evolução do FWA desde o 4G até o 5G-A, destacando ganhos sucessivos em tempo de implantação (TTM), retorno sobre o investimento (ROI) e monetização baseada em serviços avançados de IA. No contexto do 5G-A, o FWA atinge uma nova dimensão, com capacidades multidimensionais, incluindo controle sobre uplink, latência e Service Level Agreement (SLA), que possibilitam experiências personalizadas e adaptadas ao contexto do usuário.

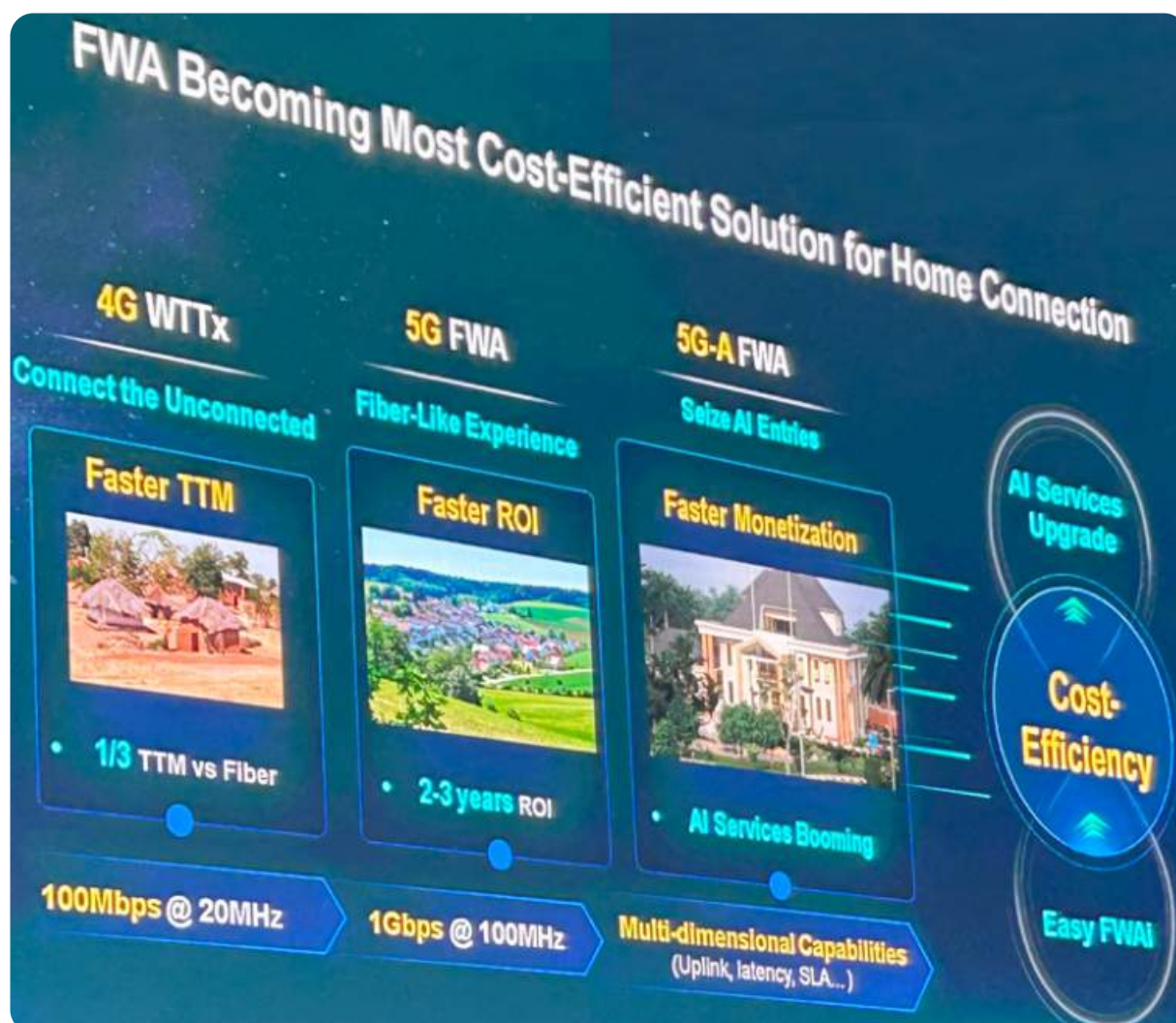


Figura 6. Evolução do FWA e sua eficiência como solução doméstica. Fonte: MWC 2025.

Apesar dos avanços, o FWA enfrenta desafios importantes em sua jornada de adoção em massa. Como ilustrado na Figura 7, aspectos como alocação precisa de usuários, adaptação da rede, garantias regulatórias, e eficiência nas operações pós-venda (como resolução de falhas remotas) ainda representam barreiras à escalabilidade.

Por outro lado, o potencial de mercado é grande, pois 3,5 bilhões de pessoas vivem em áreas rurais com acesso limitado e mais de 500 milhões de famílias urbanas podem se beneficiar de melhorias na conectividade. O FWA se mostra essencial tanto em serviços universais quanto em oportunidades de serviços residenciais com IA embarcada, como automação doméstica e suporte a aplicações industriais leves.



Figura 7. Desafios e oportunidades na expansão do FWA. Fonte: MWC 2025

A evolução das redes móveis vai além da incorporação de novas tecnologias no espectro, envolvendo também a qualidade da infraestrutura física que serve como espinha dorsal da conectividade digital, como as redes de fibra óptica e as torres de telecomunicações.

O Tower & Fibre Summit, realizado durante o MWC 2025, reforçou o papel estratégico dessa infraestrutura na consolidação do 5G-A e na preparação para o futuro 6G. Especialistas destacaram que uma rede robusta de fibra óptica é indispensável para garantir baixa latência, alta confiabilidade e capacidade escalável, especialmente em aplicações sensíveis ao tempo de resposta, como veículos autônomos, telemedicina, realidade aumentada e redes industriais automatizadas.

Entre os principais pontos debatidos no evento estiveram:

- A modernização da infraestrutura óptica, com foco em novas tecnologias como fibras multimodo, multicore e hollow-core, capazes de oferecer atenuação extremamente baixa ($< 0,1$ dB/km) e redução de até 31% na latência, como demonstrado na Figura 8. Essas soluções são fundamentais para atender à demanda crescente por largura de banda e confiabilidade nas redes críticas.
- A densificação de torres, cada vez mais necessária para suportar o aumento de tráfego em áreas urbanas e viabilizar a cobertura de altíssima capacidade em frequências mais altas.
- A incorporação de IA na operação de torres e redes ópticas, com o objetivo de otimizar a gestão da energia, prever falhas, reduzir o tempo médio de reparo e automatizar processos de manutenção preventiva.
- O debate sobre eficiência energética, diante da crescente preocupação com a sustentabilidade no setor de telecomunicações. Operadoras e fornecedores vêm buscando soluções mais verdes para alimentar sites de torres e ampliar a vida útil dos equipamentos.
- A urgência em levar conectividade a regiões remotas é evidente, já que cerca de 30% da população mundial ainda permanece desconectada. Para enfrentar esse desafio, foi discutido o papel de redes híbridas, que combinam fibra, enlaces de rádio e FWA, como estratégia eficaz para superar barreiras geográficas e financeiras.



Figura 8. Comparativo entre fibras ópticas convencionais e Hollow-Core. Fonte: MWC 2025

Ao integrar essas frentes, o setor se movimenta rumo a uma infraestrutura mais resiliente, escalável e inteligente, fundamental não apenas para a expansão das redes 5G-A, mas também para dar suporte ao avanço contínuo da digitalização, da computação na borda e da próxima geração de serviços baseados em IA e automação.

O FWA e a evolução das infraestruturas ópticas apontam para uma nova fase de democratização do acesso digital, redução de custos operacionais e viabilização de serviços avançados em diferentes segmentos. Ao combinar conectividade sem fio de alta qualidade com uma base física inteligente e otimizada, o ecossistema do 5G-A prepara o terreno para aplicações disruptivas que exigem alto desempenho e baixa latência.

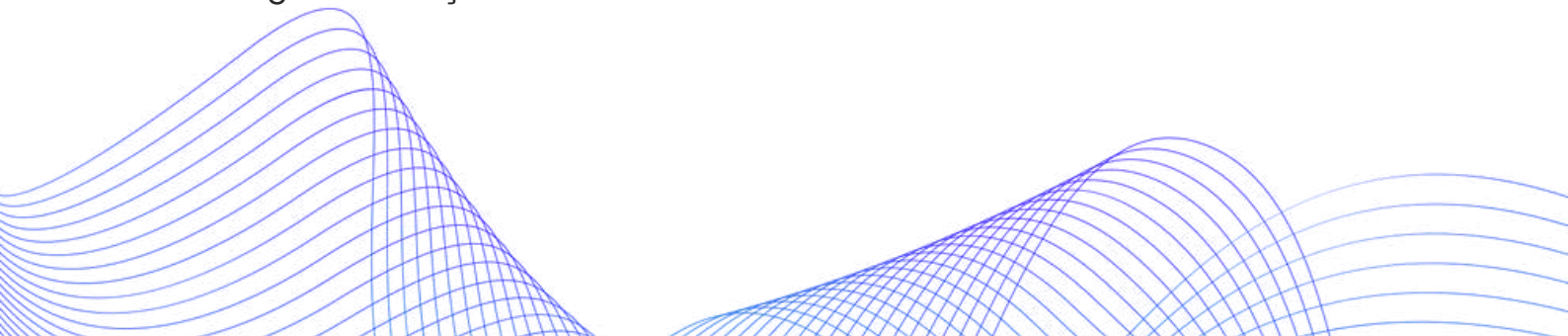
4. Conclusão

O ano de 2025 marca o início de uma nova fase para as redes móveis globais. O 5G-A, consolidado com o Release 18 do 3GPP, já se apresenta como mais do que uma simples evolução do 5G: trata-se de uma plataforma convergente, inteligente e adaptável, projetada para dar suporte a uma nova geração de serviços, dispositivos e modelos de negócios.

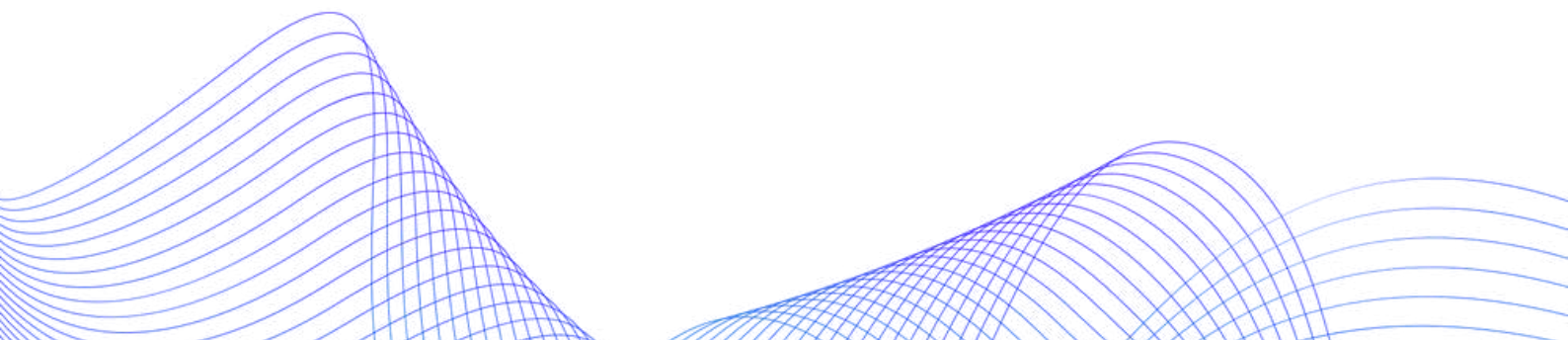
Ao longo deste white paper, foram discutidos sobre o avanço do 5G-A, a partir dos insights reunidos durante o MWC 2025. Ficou evidente que o 5G-A viabiliza novos paradigmas operacionais, como a monetização baseada na QoE, a automação inteligente das redes, e o desenvolvimento de serviços interativos multimodais, como exemplificado pelo 5G-A New Calling.

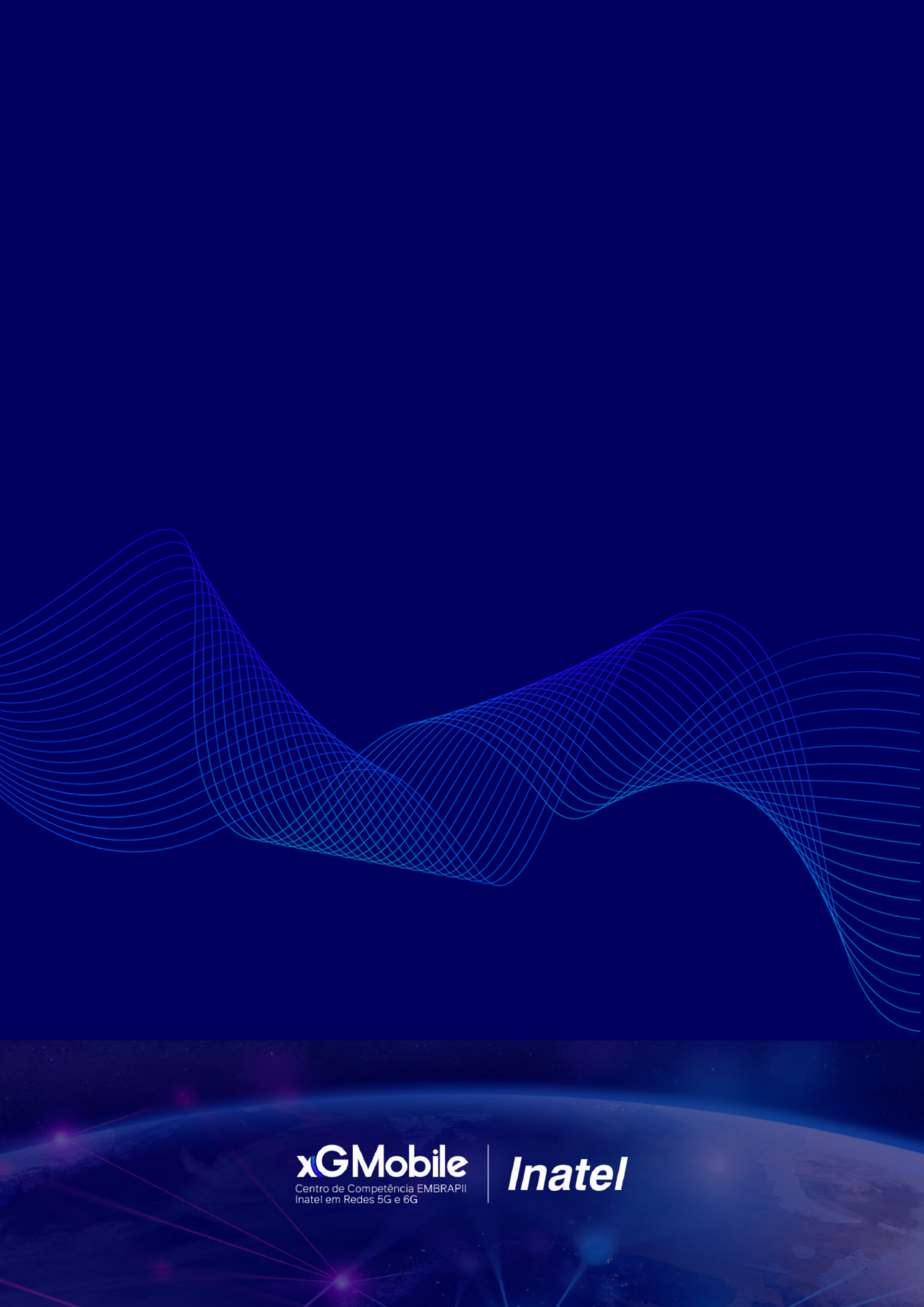
Além disso, a evolução da infraestrutura, tanto óptica quanto sem fio, aparece como um elemento estratégico para garantir a baixa latência, a resiliência, a segurança e a flexibilidade exigidas por aplicações críticas da indústria, do agronegócio, da saúde, da educação e das cidades inteligentes. O FWA se destaca como solução essencial para a inclusão digital e a expansão da cobertura, tanto em áreas urbanas quanto rurais.

Por fim, o uso crescente de IA, tanto no núcleo das redes quanto em sua borda, fortalece a capacidade do 5G-A de responder dinamicamente às necessidades de usuários, empresas e aplicações em tempo real. A IA deixa de ser um diferencial para se tornar um pré-requisito operacional, remodelando desde o design da rede até os modelos de tarifação e entrega de serviços.



O 5G-A estabelece as bases tecnológicas, arquiteturais e comerciais que viabilizarão a transição para o 6G, em um caminho onde flexibilidade, inteligência e experiência serão os verdadeiros ativos das redes do futuro.





xGMobile
Centro de Competência EMBRAPA II
Inatel em Redes 5G e 6G

Inatel