



Projeto Brasil 6G Fase III

Atividade 2.1 - Concepção da Arquitetura da Rede 6G - Parte 2



Histórico de Atualizações:

Versão	Data	Autor(es)	Notas
1	15/07/2026	Cristiano Bonato Both	Elaboração de conteúdo
2	31/07/2026	Cristiano Bonato Both Daniely Gomes Silva Luciano Leonel Mendes	Revisão de texto

Lista de Figuras

1	Visão geral da análise das tecnologias habilitadoras do 6G.	4
2	A Visão D6G para uma Arquitetura Disruptiva de Redes Móveis.	5
3	Arquitetura em camadas da softwarização das redes 6G.	8
4	Taxonomia integrativa da síntese de programas orientada por agentes para redes 6G.	9

Acrônimos

3GPP *3rd Generation Partnership Project*

5G *Quinta Geração de Rede Móvel Celular*

6G *Sexta Geração de Rede Móvel Celular*

RAN *Radio Access Network*

SDN *Software-Defined Networking*

NFV *Network Function Virtualization*

DLT *Distributed Ledger Technology*

GSMA *Global System for Mobile Communications Association*

NEST *Network Slice Type*

AHP *Analytic Hierarchy Process*

NSaaS *Network Slice as a Service*

API *Application Programming Interface*

Índice

1	Introdução Geral	1
2	Bridging Evolution and Disruption: An Architectural Analysis for Future 6G Networks	3
2.1	Introdução	3
2.2	Desenvolvimento	4
2.3	Conclusão	6
3	AI-Powered Code Generation for 6G Systems: A Survey and Future Directions	7
3.1	Introdução	7
3.2	Desenvolvimento	8
3.3	Conclusão	10
4	Conclusão Geral	11

1 Introdução Geral

A concepção da arquitetura das futuras redes móveis representa um dos principais desafios científicos e tecnológicos para a evolução do ecossistema de telecomunicações. Diferentemente das gerações anteriores, o Sexta Geração de Rede Móvel Celular (6G) não será caracterizado apenas por incrementos em capacidade, cobertura ou latência, mas por uma transformação estrutural na forma como as redes serão projetadas, implementadas, operadas e evoluídas. Espera-se que as futuras infraestruturas sejam nativamente inteligentes, altamente programáveis, distribuídas e capazes de integrar, de maneira transparente, recursos de comunicação, computação, sensoramento e armazenamento em ambientes compostos por múltiplos domínios administrativos. Nesse contexto, torna-se fundamental investigar novas arquiteturas que conciliem interoperabilidade, automação, flexibilidade, sustentabilidade e segurança, atendendo aos requisitos das aplicações emergentes da próxima década.

No âmbito da *Atividade 2.1 – Concepção da Arquitetura da Rede 6G*, este relatório apresenta a segunda parte dos estudos desenvolvidos durante a Fase III do Projeto Brasil 6G, consolidando resultados obtidos a partir da investigação de diferentes paradigmas arquiteturais para redes de sexta geração. Enquanto a primeira parte concentrou-se na identificação dos requisitos arquiteturais e dos principais habilitadores tecnológicos do 6G, este relatório aprofunda duas frentes complementares de pesquisa: a evolução das arquiteturas de rede e o papel da inteligência artificial na automação do desenvolvimento de software para ambientes de telecomunicações.

O primeiro estudo, intitulado *"Bridging Evolution and Disruption: An Architectural Analysis for Future 6G Networks"*, analisa os caminhos para a construção das futuras arquiteturas móveis sob duas perspectivas complementares. A primeira propõe uma evolução incremental das tecnologias atualmente empregadas em redes Quinta Geração de Rede Móvel Celular (5G), incorporando habilitadores como Open RAN, *Edge Computing*, virtualização, blockchain e inteligência artificial. A segunda apresenta uma visão disruptiva baseada em inteligência distribuída, mercados digitais, contratos inteligentes, gêmeos digitais e mecanismos descentralizados de confiança entre múltiplos domínios administrativos. Como resultado, o trabalho propõe uma arquitetura capaz de combinar a estabilidade dos padrões existentes com novos paradigmas de automação e governança distribuída, alinhando-se às tendências internacionais para o desenvolvimento do 6G.

O segundo estudo, *"AI-Powered Code Generation for 6G Systems: A Survey and Future Directions"*, amplia essa visão ao investigar como a inteligência artificial generativa, os grandes modelos de linguagem, agentes inteligentes e técnicas de prompt engineering poderão transformar a engenharia de software das futuras redes móveis. O artigo demonstra que a crescente complexidade dos ambientes *cloud-native*, Open Radio Access Network (RAN) e das arquiteturas programáveis exige novos mecanismos de automação capazes de apoiar todo o ciclo de vida do software, desde a especificação de requisitos até a geração automática de código, validação, implantação e manutenção adaptativa. Além disso, apresenta uma taxonomia que organiza o estado da arte e identifica desafios relacionados à segurança, confiabilidade, governança e conformidade das soluções baseadas em inteligência artificial.

Em conjunto, os dois trabalhos evidenciam que a evolução para o 6G dependerá não apenas da incorporação de novas tecnologias de comunicação, mas também da adoção de arquiteturas abertas, inteligentes e orientadas por software. A integração entre mecanismos avançados de orquestração, inteligência artificial, agentes autônomos, contratos inteligentes e plataformas *cloud-native* deverá desempenhar papel central na construção de redes capazes de se adaptar dinamicamente às demandas de aplicações futuras, como realidade estendida, comunicação

holográfica, Internet tátil, sistemas autônomos, gêmeos digitais e serviços críticos de baixa latência. Nesse sentido, os resultados apresentados neste relatório contribuem para consolidar uma visão arquitetural alinhada às tendências internacionais e fornecem subsídios técnicos para o desenvolvimento das próximas etapas do Projeto Brasil 6G, fortalecendo a capacidade nacional de pesquisa e inovação em arquiteturas para redes móveis de sexta geração.

2 Bridging Evolution and Disruption: An Architectural Analysis for Future 6G Networks

Ariel Galante Dalla-Costa, Daniely Gomes Silva, José C. Brito, and Cristiano Bonato Both
 University of Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)
 Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL)

2.1 Introdução

O artigo apresenta uma análise abrangente sobre os possíveis caminhos para a evolução das arquiteturas de redes móveis rumo ao 6G, comparando duas abordagens complementares: (i) uma arquitetura incremental, baseada na evolução das tecnologias consolidadas do 5G, e (ii) uma arquitetura disruptiva, fundamentada em novos paradigmas de descentralização, inteligência distribuída, automação e programabilidade. O estudo parte do entendimento de que as futuras aplicações do 6G, como realidade estendida, gêmeos digitais, sistemas autônomos, Internet tátil e comunicação ubíqua, exigirão níveis de desempenho, flexibilidade e inteligência que ultrapassam as capacidades das arquiteturas atuais [1].

Na visão incremental, o trabalho apresenta uma metodologia estruturada para identificar e classificar as principais tecnologias habilitadoras do 6G, avaliando aspectos como aderência arquitetural, inovação, popularidade, sinergia e contribuição para os requisitos da próxima geração de redes. A partir dessa análise, são identificados os principais habilitadores tecnológicos, incluindo inteligência artificial, computação em nuvem elástica, Open RAN, *Edge Computing*, *blockchain*, computação quântica, redes definidas por software (*Software-Defined Networking* (SDN)), virtualização de funções de rede (*Network Function Virtualization* (NFV)) e mecanismos avançados de segurança [2]. Essa visão representa um caminho de evolução gradual, preservando a compatibilidade com os padrões atuais e reduzindo riscos de adoção.

A arquitetura disruptiva propõe uma redefinição da infraestrutura de telecomunicações, substituindo modelos centralizados por um ecossistema descentralizado baseado em mercados digitais, contratos inteligentes, gêmeos digitais, inteligência artificial distribuída e tecnologias de registros distribuídos (*Distributed Ledger Technology* (DLT)) [3]. Nessa arquitetura, recursos de comunicação, computação, armazenamento e espectro passam a ser disponibilizados e negociados dinamicamente entre diferentes domínios administrativos, permitindo maior autonomia, programabilidade e flexibilidade na oferta de serviços. O artigo descreve detalhadamente essa arquitetura em três camadas: (i) infraestrutura física, (ii) abstração/*middleware* e (iii) serviços, destacando como essas tecnologias podem transformar o funcionamento das futuras redes móveis.

Como principal contribuição científica, o trabalho propõe um mecanismo de confiança verificável entre múltiplos domínios para ambientes 6G, utilizando *blockchain* permissionada, contratos inteligentes e oráculos para validar automaticamente informações provenientes de diferentes operadores e provedores de infraestrutura. A solução utiliza parâmetros padronizados de fatiamento de rede definidos pela *Global System for Mobile Communications Association* (GSMA) *Network Slice Type* (NEST) [2], permitindo representar requisitos de serviços de forma interoperável e orientada por intenções. Os experimentos realizados demonstram que o mecanismo apresenta tempos de estabelecimento de confiança inferiores a 10 segundos, latência fim a fim inferior a 20 segundos, mesmo em cenários distribuídos globalmente e crescimento linear do custo computacional, evidenciando sua viabilidade para aplicações de orquestração, automação e governança em redes 6G.

Os resultados obtidos reforçam a visão de que a evolução das redes móveis não ocorrerá exclusivamente por meio da continuidade das arquiteturas atuais nem por uma ruptura completa com os paradigmas existentes. Em vez disso, o trabalho conclui que a construção das futuras redes 6G deverá combinar mecanismos evolucionários e disruptivos, conciliando a estabilidade e interoperabilidade proporcionadas pelos padrões atuais com novas capacidades de inteligência distribuída, automação, confiança verificável e mercados digitais. Dessa forma, o artigo contribui diretamente para as discussões desenvolvidas no âmbito do Projeto Brasil 6G, oferecendo uma visão arquitetural alinhada às tendências internacionais e aos desafios tecnológicos das redes móveis da próxima geração.

2.2 Desenvolvimento

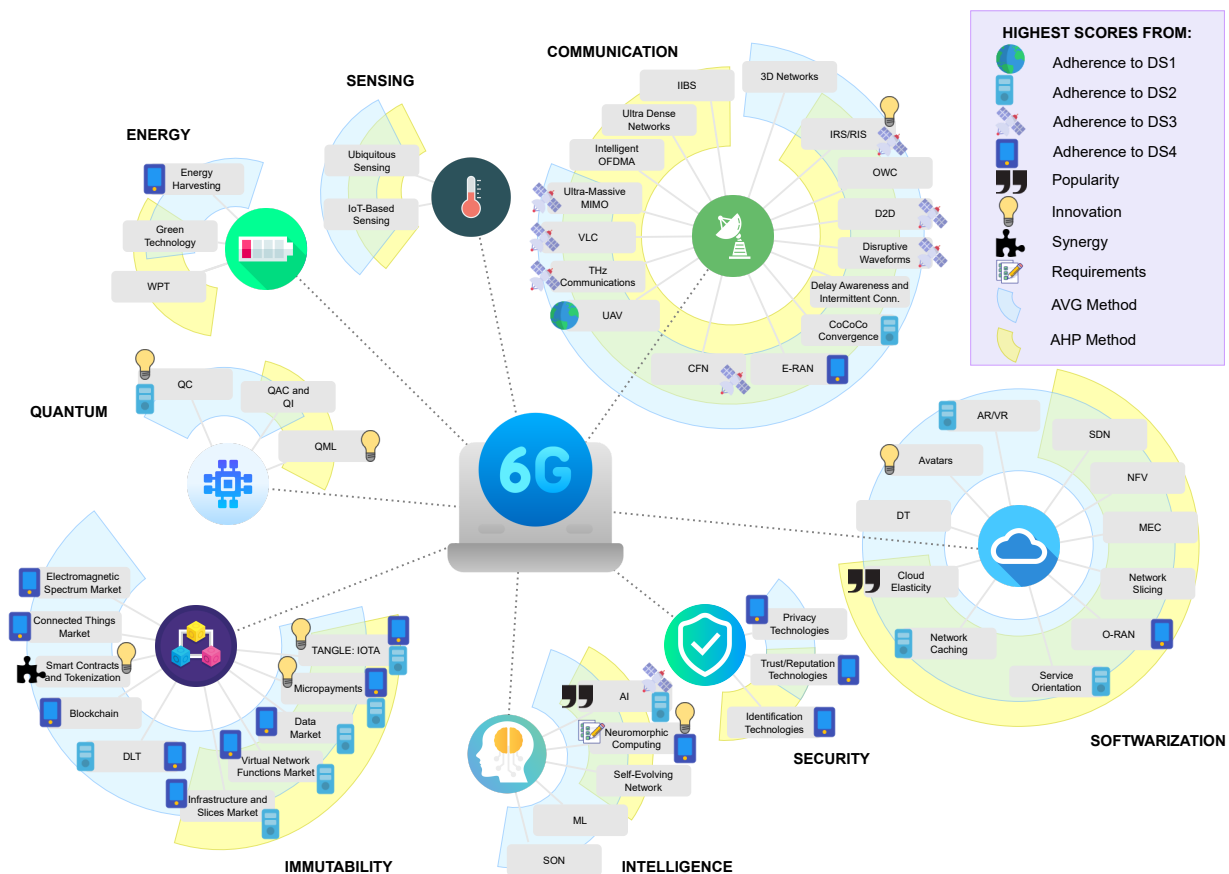


Figura 1: Visão geral da análise das tecnologias habilitadoras do 6G.

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado em três etapas complementares. Inicialmente, foi conduzida uma ampla revisão da literatura sobre arquiteturas para redes 6G, identificando os principais desafios, tendências e tecnologias habilitadoras propostas pela comunidade científica. A partir dessa análise, foram comparadas as duas visões arquiteturais para as futuras redes móveis. Na primeira etapa do estudo foi desenvolvida uma metodologia para identificar e priorizar os principais habilitadores tecnológicos do ecossistema 6G [4]. Foram levantadas 72

tecnologias, organizadas em oito domínios: energia, sensoriamento, comunicação, softwarização, imutabilidade, inteligência, segurança e tecnologias quânticas. Cada tecnologia foi avaliada considerando critérios de aderência arquitetural, popularidade, inovação, sinergia e contribuição aos requisitos das redes 6G, utilizando os métodos *Average* (AVG) e *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Como resultado, foram selecionados 53 habilitadores considerados essenciais para compor a arquitetura de referência proposta. A Figura 1 apresenta uma visão geral dessa metodologia, ilustrando a organização dos habilitadores tecnológicos em seus respectivos domínios, bem como os critérios empregados na avaliação e priorização das tecnologias que servirão de base para a evolução das redes 6G.

Com base nessa análise, foi desenvolvida a proposta da Arquitetura Disruptiva para Redes 6G (D6G) [5], estruturada em três camadas. A camada física concentra os recursos de comunicação e processamento distribuído; a camada intermediária é responsável pela virtualização, orquestração e controle inteligente dos recursos; enquanto a camada de serviços incorpora gêmeos digitais, *proxies*, mercados digitais e mecanismos de negociação baseados em contratos inteligentes. Conforme ilustrado na Figura 2, esses componentes interagem para formar um ecossistema totalmente programável e descentralizado, permitindo que usuários, provedores de serviços e provedores de infraestrutura negociem recursos computacionais e de comunicação de forma automática, segura e transparente. A arquitetura também integra mecanismos de inteligência artificial distribuída e tecnologias de registros distribuídos, i.e., DLTs, possibilitando a automação da orquestração de serviços em ambientes compostos por múltiplos domínios administrativos.

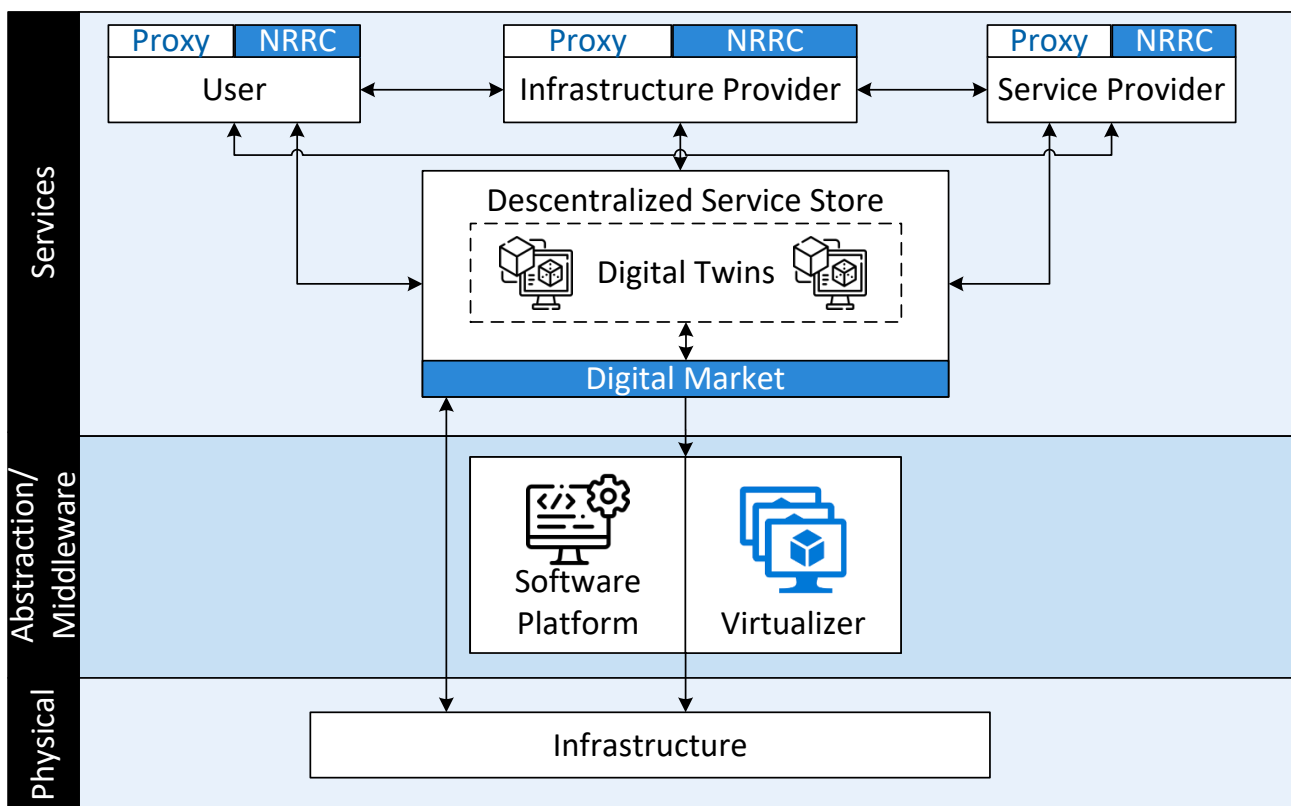


Figura 2: A Visão D6G para uma Arquitetura Disruptiva de Redes Móveis.

Na etapa final, foi desenvolvido e validado um mecanismo de confiança verificável entre múltiplos domínios, utilizando *blockchain* permissionada, contratos inteligentes e redes de orá-

culos, com *Chainlink*. O mecanismo permite validar automaticamente informações provenientes de diferentes operadores e provedores antes da execução de contratos inteligentes, utilizando parâmetros padronizados do GSMA NEST para representar os requisitos dos serviços e das fatias de rede. Para validar a proposta, foi implementado um ambiente experimental baseado em *Hyperledger Besu*, no qual foram realizados experimentos envolvendo servidores distribuídos em diferentes continentes. Foram avaliadas métricas como latência fim a fim, tempo de estabelecimento da confiança entre domínios e custo computacional das transações em blockchain. Os resultados demonstraram a viabilidade da utilização de blockchain e oráculos como mecanismos de automação e governança distribuída para futuras redes 6G, evidenciando tempos de resposta compatíveis com aplicações de orquestração e gerenciamento de recursos em ambientes multioperadora.

2.3 Conclusão

O trabalho desenvolvido contribui para as discussões sobre a concepção das futuras redes 6G ao apresentar uma análise crítica entre abordagens evolucionárias e disruptivas para a arquitetura das redes móveis. Enquanto a visão incremental demonstra como tecnologias consolidadas, como Open RAN, computação em borda, inteligência artificial, virtualização e *blockchain* podem ser incorporadas de forma gradual às infraestruturas atuais, a visão disruptiva propõe uma transformação mais profunda, baseada em inteligência distribuída, mercados digitais, contratos inteligentes e mecanismos descentralizados de confiança. Essa análise evidencia que a evolução do 6G deverá combinar a maturidade das soluções existentes com novos paradigmas capazes de atender às exigências de automação, flexibilidade, interoperabilidade e escalabilidade das futuras aplicações.

Como principal contribuição científica, o artigo propõe um mecanismo de confiança verificável entre múltiplos domínios administrativos, utilizando *blockchain* permissionada, contratos inteligentes e oráculos para automatizar a negociação e a validação de recursos entre diferentes operadores. A utilização de parâmetros padronizados de fatiamento de rede definidos pela GSMA reforça a interoperabilidade da solução e demonstra o potencial de integração entre mecanismos de governança distribuída e a orquestração inteligente de serviços em ambientes multioperadora. Os resultados experimentais obtidos demonstram que a arquitetura proposta apresenta desempenho compatível com aplicações de gerenciamento e orquestração de redes, indicando a viabilidade técnica da utilização dessas tecnologias no contexto das futuras redes móveis.

No contexto do Projeto Brasil 6G, este trabalho representa uma importante contribuição para a definição de arquiteturas de referência voltadas às necessidades nacionais, alinhando-se às tendências internacionais de redes nativamente inteligentes, automação baseada em agentes inteligentes e orquestração distribuída de recursos. Além de consolidar uma visão arquitetural para o 6G, os resultados obtidos estabelecem uma base para futuras pesquisas envolvendo *Network Slice as a Service* (NSaaS), contratos inteligentes entre operadoras, mercados digitais de recursos de rede e mecanismos autônomos de cooperação entre múltiplos domínios administrativos, temas considerados estratégicos para a evolução das redes móveis de sexta geração e para o fortalecimento da participação brasileira na construção dos futuros padrões internacionais.

3 AI-Powered Code Generation for 6G Systems: A Survey and Future Directions

*Alexis Vinícius de Aquino Leal, Zeinab Nezami,
Antonio Marcos Alberti, Karim Djemame e Cristiano Bonato Both*
University of Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)
Global System for Mobile Communications Association (GSMA)
University of Leeds

3.1 Introdução

O artigo apresenta uma análise abrangente sobre o uso de inteligência artificial, agentes inteligentes, engenharia de *prompts* e geração automática de código no contexto das futuras redes 6G. O trabalho parte do entendimento de que as redes 6G serão fortemente baseadas em softwarização, virtualização, computação em borda, programabilidade e gerenciamento autônomo, aumentando significativamente a complexidade do desenvolvimento, implantação e manutenção dos sistemas de telecomunicações [6]. Nesse cenário, abordagens tradicionais baseadas em codificação manual, configuração estática e processos convencionais de engenharia de software tornam-se insuficientes para lidar com infraestruturas dinâmicas, distribuídas, heterogêneas e nativamente inteligentes. A pesquisa destaca que a transição para o 6G não envolve apenas o aumento de desempenho da rede, mas também uma mudança profunda na forma como os sistemas de telecomunicações serão projetados, implementados e operados. As futuras redes deverão ser capazes de aprender com dados operacionais, adaptar-se a mudanças de contexto, reconfigurar recursos de forma autônoma e atender a requisitos variados de aplicações críticas, imersivas e distribuídas. Para isso, torna-se necessário avançar em modelos de desenvolvimento de software mais automatizados, nos quais modelos de linguagem, agentes inteligentes e técnicas de engenharia de *prompts* possam auxiliar na geração, teste, validação e evolução contínua de artefatos de software para redes programáveis [7].

O artigo organiza o estado da arte a partir de uma taxonomia estruturada em quatro dimensões principais: (i) arquiteturas de inteligência artificial agêntica e agentes inteligentes, (ii) estratégias de engenharia de *prompts*, (iii) estágios do ciclo de vida da engenharia de software e (iv) aspectos de avaliação, *benchmarking* e segurança. Essa taxonomia permite compreender como diferentes abordagens de inteligência artificial podem apoiar o ciclo completo de desenvolvimento de software para redes 6G, desde a especificação de requisitos e interpretação de intenções até a geração automática de código, validação funcional, implantação controlada, adaptação em tempo de execução e manutenção. A proposta também evidencia que sistemas aparentemente semelhantes do ponto de vista da geração de código podem diferir significativamente em termos de controle, segurança, governança, integração com ferramentas e capacidade de operação em ambientes reais [2].

No contexto do Projeto Brasil 6G, o artigo contribui diretamente para a investigação de redes autônomas, programáveis e orientadas por inteligência artificial. A análise evidencia que a geração automática de código, quando combinada com agentes inteligentes e mecanismos de validação, pode apoiar a criação de funções de rede, xApps, rApps, componentes para Open RAN, aplicações de borda e mecanismos de orquestração. Esse direcionamento é especialmente relevante para ambientes baseados em *cloud-native*, DevOps, Kubernetes, Open RAN e *edge computing*, nos quais a operação da rede depende cada vez mais de software dinâmico, modular e continuamente atualizado [8]. Além disso, o estudo identifica desafios técnicos ainda em

aberto, como confiabilidade do código gerado, segurança, reprodutibilidade, conformidade com padrões de telecomunicações, validação formal, integração com especificações do *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) e O-RAN, e operação sob restrições de tempo real. Esses desafios são fundamentais para que soluções baseadas em inteligência artificial possam ser utilizadas de forma segura em redes críticas e de larga escala. Dessa forma, o artigo oferece uma base conceitual e técnica relevante para orientar futuras pesquisas em automação, engenharia de software, agentes inteligentes e inteligência artificial aplicada às redes 6G, contribuindo para a formação de uma infraestrutura mais autônoma, confiável, programável e alinhada às demandas do futuro ecossistema de telecomunicações.

3.2 Desenvolvimento

O artigo apresenta uma análise abrangente sobre a utilização de inteligência artificial generativa, grandes modelos de linguagem, agentes inteligentes e técnicas de *prompt engineering* para automatizar o desenvolvimento de software destinado às futuras redes 6G. O trabalho parte da premissa de que as redes da próxima geração serão fortemente baseadas em software, altamente programáveis e capazes de realizar adaptações autônomas, tornando inviável a dependência exclusiva do desenvolvimento manual de aplicações e funções de rede. Inicialmente, o artigo apresenta a arquitetura de referência para redes 6G orientadas à softwarização, destacando como as funções tradicionalmente implementadas em hardware passam a ser executadas como serviços distribuídos sobre plataformas em nuvem e infraestrutura de borda. Conforme ilustrado na Figura 1, essa arquitetura é organizada em quatro camadas principais: Infraestrutura Física, responsável pelos recursos computacionais e ambientes cloud-native; Virtualização, que abstrai e gerencia recursos computacionais e de comunicação; Orquestração, encarregada do gerenciamento do ciclo de vida dos serviços e da coordenação dos recursos distribuídos; e Inteligência, onde algoritmos de Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina realizam otimizações, adaptação contínua e tomada de decisão autônoma. Essa arquitetura evidencia que a inteligência passa a ser um componente nativo da rede, permitindo que decisões operacionais sejam tomadas automaticamente em resposta às condições do ambiente.

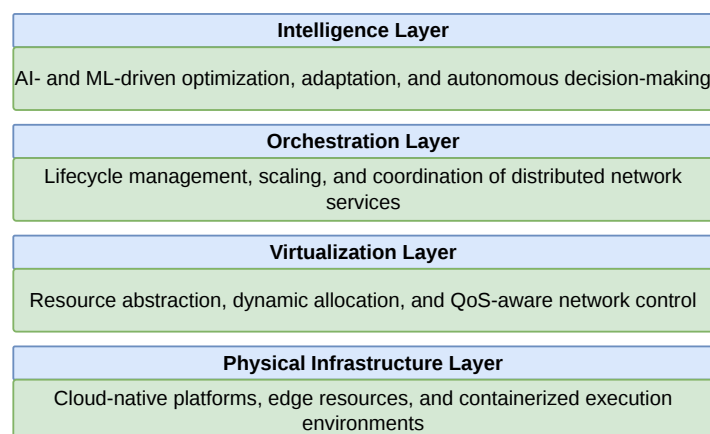


Figura 3: Arquitetura em camadas da softwarização das redes 6G.

A partir dessa base arquitetural, o artigo discute como agentes inteligentes e modelos generativos podem ser empregados para automatizar diversas etapas da engenharia de software aplicada às redes 6G. Em vez de apenas auxiliar programadores na escrita de código, esses agentes são capazes de interpretar objetivos de alto nível, decompor problemas complexos, gerar

implementações, executar validações, utilizar ferramentas externas e aperfeiçoar continuamente os artefatos produzidos por meio de ciclos iterativos de aprendizado e retroalimentação. Essa abordagem amplia significativamente o nível de automação esperado para o gerenciamento das futuras infraestruturas de telecomunicações.

A principal contribuição científica do artigo é consolidada, como apresentado na Figura 2, que apresenta a taxonomia proposta pelos autores para a geração automática de software em redes 6G. Essa taxonomia organiza o estado da arte em quatro dimensões complementares. A primeira corresponde às Arquiteturas e Agentes Inteligentes, contemplando agentes simbólicos, agentes baseados em grandes modelos de linguagem, agentes com integração de ferramentas, sistemas multiagentes e agentes leves para ambientes de borda. A segunda dimensão aborda as técnicas de *Prompt Engineering*, incluindo estratégias de instruções estruturadas, raciocínio em múltiplas etapas, recuperação de conhecimento externo, integração com *Application Programming Interfaces* (APIs) e mecanismos de restrição baseados em políticas de segurança. A terceira dimensão descreve o ciclo de vida da engenharia de software, cobrindo desde a especificação dos requisitos, geração automática de código, validação e verificação, implantação até a manutenção adaptativa. Finalmente, a quarta dimensão reúne aspectos relacionados à avaliação, *benchmarking* e segurança, enfatizando métricas de corretude, desempenho, escalabilidade, robustez, reprodutibilidade, conformidade regulatória e mecanismos de garantia de segurança para sistemas baseados em inteligência artificial.

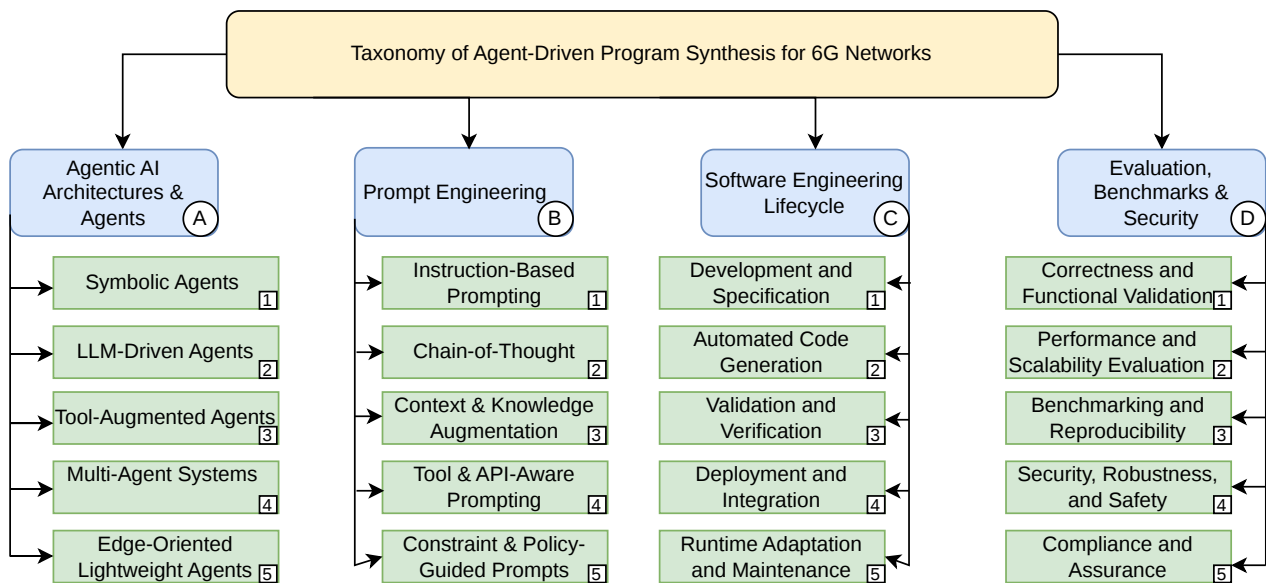


Figura 4: Taxonomia integrativa da síntese de programas orientada por agentes para redes 6G.

Ao integrar essas quatro perspectivas, o artigo estabelece um framework conceitual para orientar pesquisas futuras em geração automática de software para redes 6G, demonstrando que o desenvolvimento de aplicações deixa de ser um processo exclusivamente humano para tornar-se uma atividade colaborativa entre engenheiros e agentes inteligentes. Essa visão está alinhada às tendências de redes autônomas, operações *cloud-native*, automação baseada em inteligência artificial e evolução das arquiteturas abertas, constituindo uma importante referência para pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de plataformas inteligentes para gerenciamento, orquestração e operação das futuras infraestruturas móveis.

3.3 Conclusão

O artigo apresenta uma visão abrangente sobre o potencial da inteligência artificial generativa para transformar a engenharia de software aplicada às futuras redes 6G. Ao consolidar o estado da arte em geração automática de código, arquiteturas agênticas, engenharia de prompts e modelos de linguagem de grande porte, o trabalho demonstra que a inteligência artificial tende a assumir um papel cada vez mais relevante não apenas no desenvolvimento de software, mas também na operação, manutenção e evolução contínua das infraestruturas de telecomunicações. A taxonomia proposta organiza de forma sistemática as principais abordagens existentes e estabelece uma base conceitual sólida para orientar pesquisas futuras nessa área.

O levantamento realizado evidencia que a adoção dessas tecnologias enfrenta desafios importantes relacionados à confiabilidade do código gerado, validação automática, segurança, explicabilidade, conformidade com padrões internacionais, proteção da propriedade intelectual e integração com ambientes cloud-native e arquiteturas abertas, como Open RAN. Esses aspectos indicam que a geração automática de software deverá evoluir juntamente com mecanismos robustos de verificação, governança e colaboração entre agentes inteligentes, tornando-se um elemento essencial para a construção de redes autônomas, resilientes e altamente programáveis.

No contexto do Projeto Brasil 6G, o artigo reforça a importância da investigação de agentes inteligentes como componente fundamental das futuras redes móveis. A possibilidade de empregar modelos de inteligência artificial para desenvolver automaticamente funções de rede, xApps, rApps, componentes de orquestração e aplicações distribuídas abre novas oportunidades para acelerar o desenvolvimento tecnológico nacional e reduzir a complexidade operacional das infraestruturas de telecomunicações. Além disso, os conceitos apresentados convergem com diversas linhas de pesquisa atualmente desenvolvidas no projeto, especialmente aquelas relacionadas à automação baseada em inteligência artificial, gerenciamento autônomo de recursos, Open RAN, *network slicing* e redes nativamente inteligentes. Dessa forma, o estudo fornece importantes direcionamentos para futuras pesquisas e contribui para consolidar a inteligência artificial generativa como uma das tecnologias habilitadoras mais relevantes para a evolução das redes 6G.

4 Conclusão Geral

As atividades desenvolvidas neste relatório consolidam importantes avanços na concepção da arquitetura das futuras redes 6G, abordando tanto a evolução das infraestruturas de comunicação quanto os novos paradigmas de desenvolvimento e operação de software baseados em inteligência artificial. Os dois estudos apresentados são complementares e demonstram que a construção das redes de sexta geração dependerá da convergência entre arquiteturas abertas, mecanismos avançados de automação, inteligência distribuída e novas formas de orquestração dos recursos computacionais e de comunicação.

O primeiro trabalho evidencia que a evolução para o 6G não deverá ocorrer exclusivamente por meio da continuidade das arquiteturas atuais nem por uma ruptura completa com os paradigmas existentes. A análise das abordagens evolucionária e disruptiva demonstra que a próxima geração de redes deverá combinar a maturidade de tecnologias consolidadas, como Open RAN, virtualização, *Edge Computing* e *network slicing*, com novos mecanismos de confiança distribuída, mercados digitais, contratos inteligentes e inteligência artificial. Essa integração permitirá a construção de infraestruturas mais flexíveis, programáveis, interoperáveis e capazes de operar de forma colaborativa entre múltiplos domínios administrativos.

Complementando essa visão arquitetural, o segundo estudo demonstra que a inteligência artificial generativa e os agentes inteligentes tendem a desempenhar um papel estratégico no ciclo de vida das futuras redes móveis. A utilização de grandes modelos de linguagem, arquiteturas multiagentes e técnicas de prompt engineering amplia significativamente o potencial de automação da engenharia de software, permitindo apoiar atividades como especificação de requisitos, geração automática de código, validação, implantação e manutenção de funções de rede e aplicações distribuídas. Esse novo paradigma é particularmente relevante para ambientes *cloud-native*, Open RAN e plataformas programáveis, nos quais a evolução contínua do software se torna um requisito essencial para atender à crescente complexidade operacional das redes 6G.

No contexto do Projeto Brasil 6G, os resultados apresentados reforçam o alinhamento das pesquisas nacionais com as principais tendências internacionais relacionadas às redes *AI-native*, à automação inteligente e às arquiteturas abertas. Os conceitos discutidos neste relatório fornecem fundamentos para o desenvolvimento de futuras pesquisas envolvendo orquestração autônoma, NSaaS, agentes inteligentes, Open RAN, *blockchain*, mercados digitais de recursos e plataformas distribuídas para gerenciamento de redes. Além disso, contribuem para a definição de arquiteturas de referência capazes de apoiar a construção de ambientes experimentais, acelerar a inovação tecnológica e fortalecer a participação brasileira na evolução dos padrões internacionais para redes móveis de sexta geração. Por fim, este relatório demonstra que a concepção das redes 6G deve ser compreendida de forma integrada, considerando simultaneamente a evolução da infraestrutura de telecomunicações e a transformação dos processos de desenvolvimento e operação de software. A combinação entre arquiteturas inteligentes, automação baseada em inteligência artificial, programabilidade e interoperabilidade representa um dos principais pilares para viabilizar redes capazes de atender às exigências das aplicações futuras, consolidando uma base científica e tecnológica que orientará as próximas etapas do Projeto Brasil 6G e contribuirá para o fortalecimento do ecossistema nacional de pesquisa, inovação e desenvolvimento em telecomunicações.

Referências

- [1] M. Sheraz, T. C. Chuah, W. U. K. Tareen, A. Al-Habashna, S. I. Saeed, M. Ahmed, I. E. Lee, and M. Guizani, “A comprehensive survey on genai-enabled 6g: Technologies, challenges, and future research avenues,” *IEEE Open Journal of the Communications Society*, vol. 6, pp. 4563–4590, 2025.
- [2] M. Dalgitsis, N. Cadenelli, M. A. Serrano, N. Bartzoudis, L. Alonso, and A. Antonopoulos, “Cloud-native orchestration framework for network slice federation across administrative domains in 5g/6g mobile networks,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 73, no. 7, pp. 9306–9319, 2024.
- [3] Y. Liu, H. Du, D. Niyato, J. Kang, Z. Xiong, C. Miao, X. Shen, and A. Jamalipour, “Blockchain-empowered lifecycle management for ai-generated content products in edge networks,” *IEEE Wireless Communications*, vol. 31, no. 3, pp. 286–294, 2024.
- [4] D. G. S. Pivoto, T. T. Rezende, M. S. P. Facina, R. Moreira, F. de Oliveira Silva, K. V. Cardoso, S. L. Correa, A. V. D. Araujo, R. S. E. Silva, H. S. Neto, G. R. de Lima Tejerina, and A. M. Alberti, “A detailed relevance analysis of enabling technologies for 6g architectures,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 89 644–89 684, 2023.
- [5] A. M. Alberti, D. G. Pivoto, T. T. Rezende, A. V. Leal, C. B. Both, M. S. Facina, R. Moreira, and F. de Oliveira Silva, “Disruptive 6G architecture: Software-centric, AI-driven, and digital market-based mobile networks,” *Computer Networks*, vol. 252, p. 110682, 2024.
- [6] X. Shen, J. Gao, W. Wu, M. Li, C. Zhou, and W. Zhuang, “Holistic network virtualization and pervasive network intelligence for 6g,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 24, no. 1, pp. 1–30, 2022.
- [7] J. Li, G. Li, Y. Li, and Z. Jin, “Structured chain-of-thought prompting for code generation,” *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.*, vol. 34, no. 2, Jan. 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3690635>
- [8] F. J. Garcia, H. Sun, M. Lecci, J. Rivas, G. Corrales Madueño, and F. Muro, “6g devops: Facilitating ai and yielding systematic insights in 6g evolution,” *IEEE Access*, vol. 13, pp. 176 037–176 046, 2025.