

Implementação de Rede Privada 5G Open Source: Uma Análise do Core Open5GS

Eduardo Sassi de Oliveira¹, Lincoln Herbert Teixeira¹, Juliana de Santi¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PPGCA)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Curitiba, PR – Brasil

sassieduardo1727@gmail.com, lincolnh@utfpr.edu.br, jsanti@utfpr.edu.br

Abstract. *This work investigates the implementation and experimental evaluation of a private 5G network using open-source technologies, with a focus on the 5G Core. First, a comparative analysis of the main open-source solutions is conducted, identifying Open5GS as the most widely adopted option due to its stability and comprehensive documentation, as frequently reported in the literature. Based on this analysis, an experimental architecture is proposed using Open5GS, integrated with UERANSIM for RAN simulation. The environment was deployed on the virtualized infrastructure provided by openRAN Brasil, enabling functional validation of the Core and the execution of performance tests. The results demonstrate the feasibility of open-source solutions for private 5G networks, highlighting their potential for experimentation in Future Internet scenarios, with low cost and high flexibility.*

KEYWORDS: 5G, Open Source, 5G Core, Mobile Networks, Open5GS.

Resumo. *Este trabalho investiga a implementação e avaliação experimental de uma rede privada 5G utilizando tecnologias de código aberto, com foco no núcleo de rede (5G Core). Inicialmente, é realizada uma análise comparativa das principais soluções open source, na qual se identifica que Open5GS é a solução mais utilizada devido à sua estabilidade e documentação completa, sendo amplamente citada na literatura. Com base nessa análise, propõe-se uma arquitetura experimental baseada em Open5GS, integrada ao UERANSIM para simulação da RAN. O ambiente foi implementado em infraestrutura virtualizada da OpenRAN Brasil, permitindo a validação funcional do Core 5G e a execução de testes de desempenho. Os resultados demonstram a viabilidade de soluções open source para redes 5G privadas, evidenciando seu potencial para experimentação em cenários da Internet do Futuro, com baixo custo e alta flexibilidade.*

PALAVRAS-CHAVE: 5G, Open Source, 5G Core, Redes Móveis, Open5GS.

1. Introdução

A quinta geração de redes móveis (5G) tem impulsionado uma transformação significativa no projeto e na operação dos sistemas de comunicação, especialmente no contexto de redes privadas. Diante de requisitos cada vez mais rigorosos, como baixa latência, elevadas taxas de transmissão e suporte massivo a dispositivos, o 5G consolida-se como uma

solução estratégica para aplicações em ambientes industriais, Internet das Coisas (IoT) e serviços corporativos.

Nesse cenário, destacam-se três principais categorias de serviços: *Enhanced Mobile Broadband* (eMBB), *massive Machine Type Communications* (mMTC) e *Ultra Reliable Low Latency Communication* (URLLC), que atendem a diferentes demandas de conectividade. Este trabalho concentra-se principalmente nos cenários eMBB e mMTC, explorando soluções voltadas para conectividade de alta capacidade e para comunicação massiva entre dispositivos.

A arquitetura de uma rede 5G é composta por Core 5G (núcleo da rede), RAN (*Radio Access Network*), incluindo o gNB (*Next Generation Node B*) e UE (*User Equipment*). Dentre esses componentes, o núcleo desempenha papel central, sendo responsável por funções como autenticação e estabelecimento de sessões. Sua arquitetura baseada em serviços proporciona maior flexibilidade, escalabilidade e modularidade. Ademais, contempla funções divididas em camadas, como a *Access and Mobility Management Function* (AMF), *Session Management Function* (SMF), e *User Plane Function* (UPF), que podem ser implantadas de forma distribuída, possibilitando otimizações conforme os requisitos da aplicação e do cenário de uso

Nesse contexto, soluções de código aberto têm ganhado destaque por possibilitarem a implementação de redes 5G com menor custo, maior autonomia tecnológica e independência de fornecedores. Além de permitirem acesso ao código-fonte, favorecendo a customização e a criação de ambientes experimentais, essas soluções viabilizam, no meio acadêmico, a investigação de arquiteturas e protocolos, contribuindo para a formação de recursos humanos e o avanço da pesquisa. Ademais, representam uma alternativa economicamente viável e tecnicamente eficiente para pequenas e médias empresas na implantação de redes 5G privadas, especialmente no contexto brasileiro, onde a faixa de 3.700 MHz a 3.800 MHz é destinada a esse fim pela Anatel. Diante desse cenário, organizações que dependem de redes *Wi-Fi* podem migrar para o 5G com ferramentas abertas, obtendo maior segurança e melhor desempenho.

Apesar dos avanços do 5G, persistem desafios na implementação de redes privadas em ambientes acessíveis, como a complexidade de implantação, a dependência de infraestrutura especializada e a dificuldade de validação em cenários realistas. Além disso, a predominância de estudos teóricos ou em ambientes controlados com hardware dedicado limita a reprodutibilidade e eleva os custos de adoção.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo investigar a viabilidade da implementação de redes 5G privadas utilizando ferramentas de código aberto, por meio da análise das principais soluções disponíveis e da proposição de uma arquitetura experimental baseada nessas tecnologias. Especificamente, busca-se identificar e comparar ferramentas *open source* para o núcleo 5G, desenvolver um ambiente funcional e realizar a avaliação de desempenho por meio de métricas como latência e vazão.

Este trabalho se diferencia da literatura ao propor e validar uma arquitetura de rede 5G privada baseada em ferramentas *open source*, implantada em uma infraestrutura virtualizada remota disponibilizada pela OpenRAN Brasil e acessada via VPN. Diferentemente de abordagens tradicionais baseadas em ambientes locais ou *testbeds* dedicados, a solução elimina a necessidade de infraestrutura física própria, mantendo desempenho

compatível com os requisitos do 5G. Como diferencial adicional, destaca-se o uso de uma arquitetura integralmente virtualizada em nuvem, sem dependência de dispositivos físicos de RAN, ao contrário de abordagens baseadas em srsRAN com hardware dedicado, utilizando exclusivamente o UERANSIM para emulação da RAN, o que resulta em uma solução mais simples, flexível e de menor custo para experimentação em redes 5G privadas.

Como principais contribuições, destacam-se: *i*) análise comparativa das principais soluções *open source* para o núcleo 5G da literatura; *ii*) implementação de uma arquitetura experimental integrada de rede 5G privada baseada em Open5GS [Open5GS 2024] e UERANSIM [Güngör 2024] em ambiente virtualizado; *iii*) validação experimental da arquitetura em infraestrutura remota, demonstrando a viabilidade de acesso distribuído; *iv*) avaliação de desempenho da solução, evidenciando baixos níveis de latência e estabilidade de vazão compatíveis com o cenário eMBB; *v*) demonstração de uma alternativa de baixo custo e alta flexibilidade para experimentação em redes 5G privadas.

O ambiente experimental foi implementado utilizando recursos disponibilizados pela OpenRAN Brasil [OPENRAN@BRASIL], com o Open5GS empregado como núcleo 5G e o UERANSIM como simulador de RAN. Essa abordagem permite a validação da arquitetura proposta e a realização de testes de desempenho em um cenário realista e acessível.

2. Trabalhos Relacionados

A Tabela 1 apresenta trabalhos que abordam a implementação de Core 5G de código aberto.

Tabela 1. Trabalhos relacionados que implementam Core 5G de código aberto.

Trabalho	Core 5G	Principais Características
Implementação de um Ambiente 5G [Medeiros et al. 2024]	Open5GS	Integração com UERANSIM; testes de <i>throughput</i>
Virtualized 5G Core Architecture [Bilong et al. 2026]	Open5GS	Arquitetura virtualizada com foco em baixo custo
Open RAN: Desafios de Experimentação [Barreto et al. 2023]	Free5GC, OAI	Análise de desafios em Open RAN <i>open source</i>
Heterogeneous Signaling for 5G [Rivera et al. 2022]	Open5GS, Free5GC, OAI	Testes de tráfego heterogêneo e <i>throughput</i>
Deployment of 5G Core [Choudhari et al. 2022]	Open5GS, Free5GC	Implementação de núcleo 5G para redes privadas
LoFi5G MAT [Pastor et al. 2025]	Open5GS, OAI	<i>Testbed</i> virtualizado com suporte a <i>network slicing</i>

A partir dos trabalhos apresentados na Tabela 1, identificaram-se três ferramentas principais de Core 5G: Open5GS, OAI e Free5GC. A Tabela 2 apresenta uma comparação detalhada de suas características técnicas.

Tabela 2. Principais implementações de Core 5G de código aberto.

Característica	Open5GS	OAI	Free5GC
Licença	AGPLv3	OAI Public License	Apache 2.0
Linguagem de Programação	C	C++	Golang
Simuladores	UERANSIM, srsRAN	OAI RAN	UERANSIM, srsRAN
Ambiente de implantação	VMs, Docker	VMs, hardware	Docker, Kubernetes

O Open5GS destaca-se pela facilidade de implantação, baixos tempos de resposta, suporte à containerização (Docker) e ampla adoção pela comunidade. É predominantemente utilizado em trabalhos acadêmicos, sendo implementado em linguagem C e compatível com o UERANSIM [Güngör 2024].

O Free5GC é implementado em Golang e apresenta uma arquitetura orientada a microsserviços, com forte integração a ambientes Kubernetes. Destaca-se como uma alternativa eficiente ao Open5GS, sendo liderado por universidades e voltado ao desenvolvimento de um Core 5G totalmente *open source* com abordagem nativa para a web. Além disso, é compatível com o UERANSIM.

O Open Air Interface (OAI) oferece uma implementação mais completa da arquitetura 5G, porém apresenta maior complexidade de implantação e requisitos de *hardware* mais elevados. Destaca-se ainda por possuir seu próprio simulador de RAN (OAI RAN), permitindo maior controle e flexibilidade em cenários experimentais.

Ambos possuem licenças livres, exigindo compartilhamento de modificações no código. Sua implementação demanda conhecimentos sólidos em programação e redes de computadores, uma vez que envolvem configurações detalhadas e de maior complexidade. Com base na análise realizada, o Open5GS foi selecionado para este estudo devido à sua ampla adoção em trabalhos relacionados, atendendo aos objetivos propostos.

Apesar da diversidade de abordagens, a maioria dos trabalhos valida o Core 5G em ambientes controlados e dependentes de infraestrutura dedicada. Embora haja uso de virtualização, persistem limitações de acessibilidade e reprodutibilidade. Assim, identifica-se uma lacuna na implementação de redes 5G privadas *open source* em ambientes totalmente virtualizados e remotamente acessíveis, abordada neste trabalho com uma arquitetura baseada em Open5GS e UERANSIM.

3. Pontos de Análise

Para esta análise, foram definidos três pontos que orientam o desenvolvimento do projeto. Inicialmente, buscou-se identificar quais ferramentas *open source* estão disponíveis para a construção de um Core de rede 5G. A partir da revisão de trabalhos relacionados, observou-se a recorrência de três principais ferramentas: Open5GS, Free5GC e OpenAirInterface. Esses *softwares* aparecem de forma consistente na literatura, indicando uma convergência da comunidade científica em torno dessas soluções.

Em seguida, investigou-se como desenvolver uma solução funcional de Core 5G utilizando ferramentas *open source*. Diversos estudos apresentam abordagens teóricas e práticas, incluindo descrições detalhadas dos processos de implementação. Verificou-se

que, para validar adequadamente o funcionamento do Core, não é suficiente apenas sua implantação isolada, sendo necessária também a presença de uma entidade cliente. Nesse contexto, a ferramenta UERANSIM foi identificada como uma solução amplamente utilizada, atuando como simulador de RAN e permitindo a emulação de dispositivos que se conectam ao Core da rede.

Por fim, analisaram-se as estratégias para validação e avaliação de um Core de rede 5G. A literatura apresenta diferentes métodos de avaliação, sendo comum a realização de testes de desempenho, como medições de vazão (*throughput*), latência e taxa de transmissão de dados. Neste trabalho, são realizados testes de transferência de arquivos em intervalos de tempo controlados, cujos resultados são posteriormente analisados, permitindo a avaliação do desempenho da solução implementada.

4. Análise de desempenho

Com base na análise comparativa, propõe-se uma arquitetura utilizando um ambiente virtualizado disponibilizado pela OpenRAN Brasil [OPENRAN@BRASIL]. O Core 5G será implementado com Open5GS [Open5GS 2024], responsável pelas funções centrais da rede. Para simular a RAN e os dispositivos de usuário, será utilizado o UERANSIM [Güngör 2024].

O ambiente fornecido pela OpenRAN Brasil está hospedado no *datacenter* do POP-RJ, no servidor *Oran-cloud 7*, que disponibiliza duas máquinas virtuais Linux. Essas VMs serão usadas para a criação, configuração e execução dos serviços do Core 5G e do simulador RAN. A infraestrutura de rede conta com um *switch Top-of-Rack (ToR)* por onde todo o tráfego da rede 5G privada será encaminhado, conforme ilustrado na Figura 1.

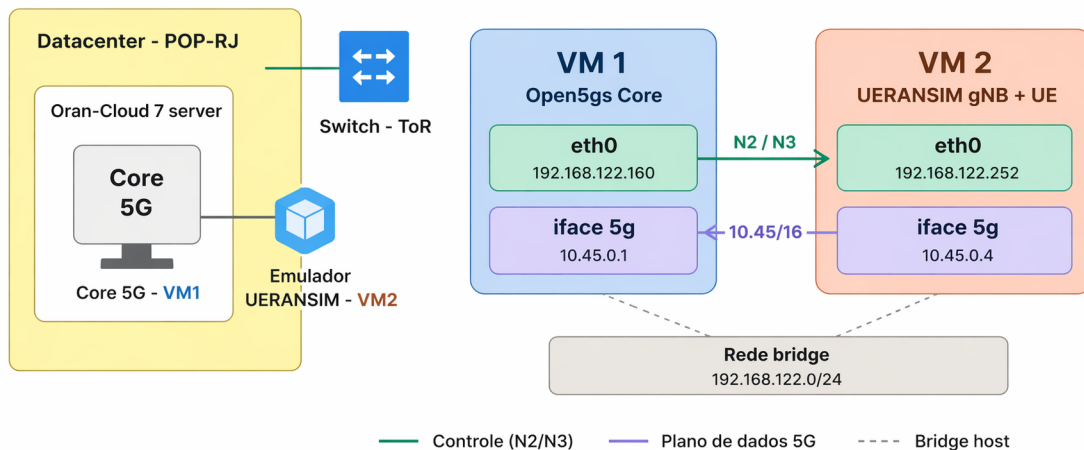


Figura 1. Arquitetura e topologia da rede 5G privada implementada, destacando o Core (Open5GS), o UE (UERANSIM) e os endereços IP utilizados.

Para a implementação do ambiente experimental, recomenda-se a utilização de um computador com processador Intel Core i5 ou superior, além de no mínimo 8 GB de

memória RAM, bem como pelo menos 30 GB de espaço em disco para armazenamento de *logs* e arquivos de configuração. Na prática, o ambiente foi executado em máquinas virtuais com 2 vCPUs, aproximadamente 10 GB de RAM e 60 GB de disco, demonstrando baixo consumo de recursos.

A infraestrutura virtual é composta por duas máquinas virtuais acessadas remotamente. Uma VM é destinada ao Core 5G, onde é instalada a versão estável do Open5GS. A outra VM é utilizada para a simulação da RAN e dos dispositivos de usuário, com a instalação do UERANSIM, ambas executando um Ubuntu Server 22.04 LTS

A comunicação entre as máquinas virtuais ocorre por meio de uma rede em modo *bridge*, permitindo conectividade direta entre as interfaces. As interfaces N2 e N3 representam, respectivamente, os planos de controle e de dados entre o Core 5G e a RAN.

Será utilizada uma rede na faixa 10.45.0.0/16, sendo atribuído o IP 10.45.0.1 ao Core. O *host* com UERANSIM recebe um IP dentro dessa faixa, sendo utilizado nos testes o endereço 10.45.0.4, possibilitando a realização de testes de *throughput*.

Foi realizada a instalação do Open5GS, seguida da configuração dos serviços do Core 5G, incluindo a configuração das funções AMF, SMF e UPF, além do cadastro de um assinante (SIM card) com IMSI no banco de dados do Core, bem como a definição do IP da gNB utilizado pelo emulador. Em seguida, foi instalado o UERANSIM para simulação da RAN e dos dispositivos de usuário. Após a configuração, foram realizados testes de conectividade e estabelecimento de sessões.

O *log* do UERANSIM demonstrou o estabelecimento da conexão *Stream Control Transmission Protocol* (SCTP) com o Core 5G, seguido do procedimento de *Next Generation Setup* (NG Setup) e do registro do *User Equipment* (UE), indicando comunicação estabelecida com sucesso.

Também foi verificado o funcionamento do UE, incluindo detecção de célula, seleção de *Public Land Mobile Network* (PLMN), estabelecimento de conexão *Radio Resource Control* (RRC), autenticação e criação da sessão *Protocol Data Unit* (PDU) com interface TUN (TUNnel), permitindo a troca de dados.

A avaliação da implementação foi realizada por meio da ferramenta iperf3 [ESnet / Lawrence Berkeley National Laboratory 2024] disponível para Linux Ubuntu. Inicialmente, foram conduzidos testes de conectividade para verificar o estabelecimento de sessões 5G e a comunicação entre os componentes do sistema. Foi configurado um servidor na VM do Core e um cliente na VM do UE, realizando medições de *bitrate* ao longo do tempo.

Adicionalmente, foram realizadas medições de desempenho, incluindo *throughput*, latência e estabilidade da conexão, bem como testes de carga para avaliar a escalabilidade da solução.

O teste foi executado entre o UE (10.45.0.4) e o Core (10.45.0.1). Os resultados indicam uma taxa média aproximada de 447 Mbit/s no *downlink* e cerca de 528 Mbit/s no *uplink*, confirmando o correto estabelecimento da sessão PDU e o funcionamento do ambiente. Também foi realizado um teste de latência na rede, no qual se observou um tempo médio de resposta de 2,24 ms (Fig. 2). Esse resultado confirma a baixa latência, uma característica das redes 5G, cujos valores típicos variam entre 1 e 10 ms.

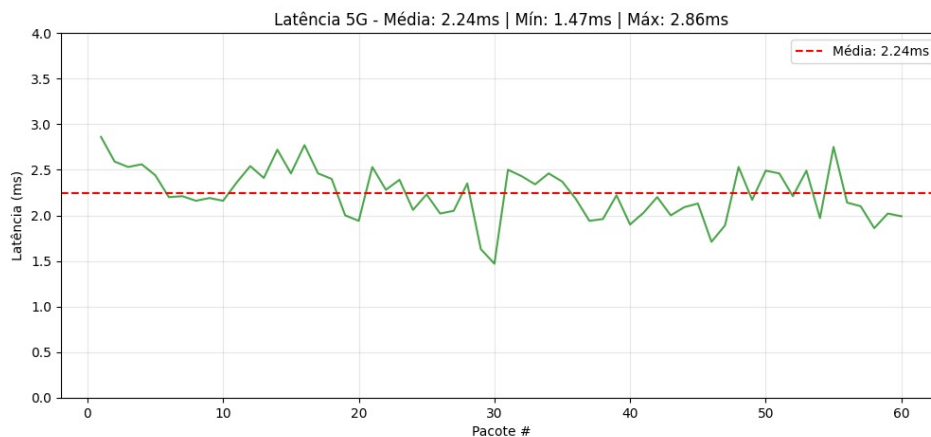


Figura 2. Latência média (ms) obtida nos testes com iperf3 entre o Core 5G (10.45.0.1) e o UE (10.45.0.4).

A vazão (*throughput*) em função do tempo é apresentada na Fig. 3. Observa-se que, apesar de pequenas oscilações, a taxa de transmissão se mantém estável ao longo de todo o experimento, indicando consistência na comunicação entre o UE e o Core. Esse comportamento demonstra que a arquitetura implementada é capaz de sustentar altas taxas de transferência com baixa latência, atendendo aos requisitos do cenário eMBB, caracterizado por elevada largura de banda, mesmo em ambiente virtualizado, o que reforça a confiabilidade da solução proposta.

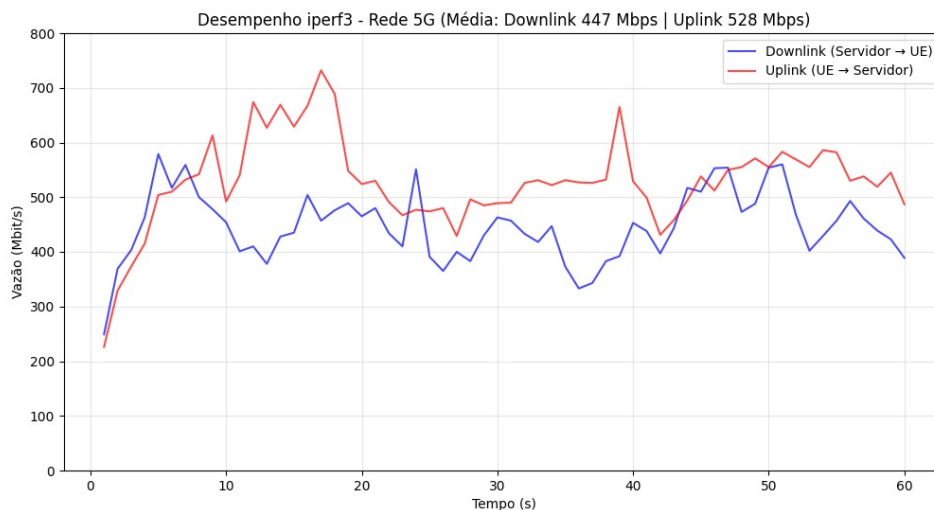


Figura 3. Vazão (*throughput*) obtida nos testes com iperf3 entre o Core 5G (10.45.0.1) e o UE (10.45.0.4).

5. Conclusão

Este trabalho apresentou a implementação e avaliação de uma rede privada 5G baseada em soluções *open source*, utilizando infraestrutura virtualizada remota da OpenRAN

Brasil, eliminando a necessidade de *hardware* próprio e ampliando a flexibilidade de experimentação.

Os resultados indicam taxas de vazão de aproximadamente 447 Mbit/s no *down-link* e 528 Mbit/s no *uplink*, com latência média de 2,24 ms, demonstrando que o acesso remoto não compromete o desempenho. Assim, a arquitetura proposta mostra-se uma alternativa viável, de baixo custo e adequada a cenários experimentais.

Como perspectivas futuras, destacam-se a ampliação dos experimentos em diferentes cenários, incluindo outras implementações de *Core 5G*, análises de escalabilidade, segurança e confiabilidade, bem como a integração com interfaces web e a validação com *hardware* real de RAN.

Referências

- Barreto, P. S., Jr, R. G. S., de C. Ferreira, G., and de Carvalho, P. H. P. (2023). Open ran e os desafios da sua experimentação em plataformas de código aberto. pages 1–6. Trabalho financiado pela Anatel. Universidade (UnB), Instituto (IFCE).
- Bilong, J. R. N., Ba, M., Kachallah, A. M., Mendy, G., and Ouya, S. (2026). Virtualized 5g core architecture using open-source technologies for resource-constrained environments. In *Int. Conf. on Image Processing and Capsule Networks*, pages 1–6. DOI: 10.1109/ICIPCN67432.2026.11438509.
- Choudhari, C. S., Patil, R. A., and Saraf, S. (2022). Deployment of 5g core for 5g private networks. In *Int. Conf. on Industry 4.0 Technology*, pages 1–6. DOI: 10.1109/I4Tech55392.2022.9952900.
- ESnet / Lawrence Berkeley National Laboratory (2024). iperf3: A tcp, udp, and sctp network bandwidth measurement tool. <https://iperf.fr/>. Acesso em: 18 mar. 2026.
- Güngör, A. (2024). Ueransim: Open source 5g ue and ran simulator. Repositório GitHub. Disponível em: <https://github.com/aligungr/UERANSIM>. Acesso em: 16 mar. 2026.
- Medeiros, L., Matos, I., Vieira, V., Lima, R., Correia, S., and Dias, M. (2024). Implementação de um ambiente 5g com recursos de código aberto. In *Anais do ... Congresso Brasileiro de ...*, pages 1–2, João Pessoa - PB. Programa de Ensino Tutorial (PET), Instituto Federal da Paraíba (IFPB).
- Open5GS (2024). Open5gs: Open source project of 5gc and epc. <https://open5gs.org/>. Acesso em: 16 mar. 2026.
- OPENRAN@BRASIL. Openran brasil: desenvolvimento do ecossistema de redes abertas. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Disponível em: <https://openranbrasil.org.br/>. Acesso em: 16 mar. 2026.
- Pastor, R. E., Vizcarra, A. J., Santivanez, C. A., and Rodriguez, J. V. (2025). Lofi5g mat: a low-cost, high-fidelity 5g virtualized testbed for academic purposes. In *IEEE Eng. Education World Conf.*, pages 1–6. DOI: 10.1109/EDUNINE62377.2025.10981355.
- Rivera, D., Moreno, J. I., Rodrigo, M. S., López, D. R., and Mozo, A. (2022). Providing heterogeneous signaling and user traffic for 5g core network functional testing. *IEEE Access*, 10:79298–79312.