

Modelos de Implantação de Redes 5G para a Comunidade Acadêmica: Uma Abordagem Federada e Interoperável

**Luciano F. da Rocha¹, Eduardo Cesar Grizendi², Helder Vitorino de Souza¹
Edelberto F. Silva³**

¹Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP)
Caixa Postal 70070-914 – Brasília – DF – Brazil

²Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP)
Campinas – SP – Brazil

³Departamento de Ciências da Computação
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Juiz de Fora - MG – Brazil

{luaciano.rocha, eduardo.grizendi, helder.vitorino}@rnp.br

edelberto.franco@ufjf.br

Resumo. A oferta de serviços de dados móveis em redes 5G no contexto acadêmico brasileiro representa uma oportunidade estratégica para promover conectividade avançada, ampliando o acesso à educação de qualidade e o apoio à pesquisa. Este trabalho apresenta duas propostas complementares para a viabilização desses serviços discutindo seus benefícios, limitações e os principais desafios tecnológicos, especialmente os relacionados à interoperabilidade com sistemas de autenticação. Ao propor uma solução híbrida e federada, o artigo aponta caminhos para a integração entre redes 5G e infraestruturas já consolidadas no meio acadêmico, em consonância com as diretrizes da RNP e as necessidades da comunidade científica e educacional.

1. Introdução

O avanço das redes móveis de quinta geração (5G) representa uma oportunidade estratégica para expandir a conectividade acadêmica no Brasil, viabilizando novas abordagens educacionais, como aulas com realidade aumentada, laboratórios remotos e conteúdos multimídia de alta qualidade. No entanto, a efetiva implementação dessa infraestrutura exige a superação de desafios relacionados a custos, limitações estruturais, burocracia e desigualdade na cobertura.

Com base na iniciativa da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) de operar redes móveis 5G para oferecer serviços à comunidade acadêmica [RNP 2024], este trabalho apresenta duas alternativas para o avanço na oferta de serviços de dados móveis: a modelagem e operação de uma *Operadora de Rede Móvel Virtual* (MVNO) e a implantação de Redes Privativas. O objetivo desse trabalho é discutir as estratégias de implantação e propor uma arquitetura de autenticação que permita a interoperabilidade entre paradigmas heterogêneos (eduroam e 5G).

2. Fundamentação Teórica

A transformação digital do ensino brasileiro tem sido cada vez mais impactada com o uso crescente de conectividade ubíqua e segura. A RNP é responsável pela infraestrutura

brasileira que conecta universidades e instituições de ensino, pesquisa e inovação, formando uma comunidade integrada — o Sistema RNP — por meio de internet e serviços seguros disponíveis em todo o território nacional. Com o propósito de contribuir diretamente para o avanço da ciência e da educação no país, a RNP tem atuado como protagonista na oferta de conectividade. No entanto, enfrenta o desafio estratégico de expandir sua ciberinfraestrutura para além dos limites físicos dos campi universitários. Nesse contexto, a evolução para redes 5G representa uma oportunidade singular para democratizar o acesso à conectividade acadêmica de alta qualidade, tornando-a ubíqua, segura e adaptada às novas demandas do ensino e da pesquisa.

Existem obstáculos a serem superados para essa iniciativa, tanto de modelo quanto tecnológicos. Nos desafios de modelo, destaca-se a decisão sobre qual abordagem adotar: MVNO, Redes Privativas, ou uma combinação das duas. As MVNOs visam prover serviços de dados móveis que garantam conectividade entre ambientes *indoor* e *outdoor* e tem maior flexibilidade para oferecer serviços personalizados, entretanto dependem de infraestrutura de terceiros. Já as redes privativas oferecem maior controle sobre a infraestrutura, garantindo maior autonomia e segurança, porém podem enfrentar dificuldades relacionadas à interoperabilidade com outras redes e questões regulatórias mais complexas.

Um dos principais desafios tecnológicos a serem enfrentados reside na complexidade da integração, especialmente no que se refere à interoperabilidade entre distintos paradigmas de autenticação. Enquanto o eduroam baseia-se em protocolos IEEE 802.1X e hierarquias RADIUS com identificadores no formato usuário@realm [RNP 2013], as redes móveis 5G utilizam International Mobile Subscriber Identity (IMSI) e métodos de autenticação específicos do 3GPP [3GPP 2018]. Já para o programa Internet Brasil que utiliza a tecnologia de "chip neutro" (eSIM) com perfis elétricos de operadoras específicas (TIM e ALGAR) gravados no eUICC a integração com uma infraestrutura 5G privativa da RNP exigiria o desenvolvimento de um perfil elétrico específico para esta rede.

3. Modelos de Implantação

O ecossistema de MVNOs no Brasil tem evoluído de forma significativa, com um mercado cada vez mais consolidado e atraente. Para a RNP, esse cenário representa uma oportunidade estratégica. A definição de uma abordagem adequada nesse contexto deve considerar não apenas os aspectos regulatórios e comerciais envolvidos, mas também o alinhamento com sua missão institucional e as demandas específicas da comunidade acadêmica.

3.1. MVNO

O modelo de MVNO propõe a atuação voltada especificamente para o atendimento às instituições acadêmicas. Nesse arranjo, a RNP firma acordos com as *Operadoras de Redes Móveis* (MNOs) para utilizar sua infraestrutura de rede, ao mesmo tempo em que mantém o controle sobre os serviços prestados, políticas de tarifação, suporte ao cliente e a gestão de identidade dos usuários institucionais. Esse modelo apresenta elevada aderência às demandas de universidades e institutos de pesquisa que requerem conectividade móvel com gestão centralizada, especialmente em contextos de mobilidade frequente entre campi e instituições. Entre os principais benefícios, destacam-se:

a gestão centralizada das contas institucionais, com aplicação de políticas unificadas de uso; a economia de escala, viabilizando a negociação de tarifas mais vantajosas para as instituições participantes; a possibilidade de customização de pacotes de serviços conforme as necessidades específicas do ambiente educacional; e o maior controle e visibilidade sobre os custos com conectividade móvel. Contudo, esse modelo também enfrenta desafios, como a complexidade regulatória associada à obtenção de licenças junto à ANATEL, a negociação contínua com operadoras móveis para garantir acordos vantajosos, além da gestão de expectativas das instituições quanto à qualidade de serviço que depende parcialmente da infraestrutura das MNOs.

Como estratégia de implementação escalável, pode ser a adoção de um modelo híbrido Full/Light, no qual a operação se inicia como uma MVNO Light — que demanda menor investimento inicial e menor complexidade operacional — e evolui progressivamente para uma operação MVNO Full à medida que a escala e a maturidade da operação institucional aumentam.

3.2. Redes Privativas

O modelo de Redes Privativas propõe a implementação de infraestrutura 5G própria da RNP, com núcleos de rede centralizados ou distribuídos que são compartilhados entre universidades e instituições de pesquisa. Nessa arquitetura, a RNP atua como integradora de uma rede privativa nacional voltada para o setor educacional, assumindo a responsabilidade pela implantação e gestão de estações rádio base (ERBs), núcleos 5G e licenciamento do espectro, conforme regulamentação da Anatel. O modelo visa oferecer às instituições um ambiente de conectividade sob controle total, altamente personalizável e adequado a aplicações educacionais e científicas críticas.

Esse tipo de rede se mostra particularmente adequado para campi universitários com necessidades específicas de cobertura e capacidade, ambientes que demandam baixa latência, alta confiabilidade e segurança de dados, como laboratórios avançados de pesquisa, projetos com IoT, computação em borda (edge computing) e redes experimentais. Adicionalmente, a arquitetura pode ser integrada à infraestrutura já existente de autenticação federada, como o eduroam, promovendo interoperabilidade e continuidade de identidade. Entre os benefícios dessa abordagem destaca-se o controle total sobre a infraestrutura e dados trafegados, eliminando a dependência de operadoras comerciais para aspectos críticos da rede. A possibilidade de customização avançada permite às instituições implementar funcionalidades e políticas específicas, não disponíveis em redes públicas. Por outro lado, o modelo impõe desafios consideráveis. Entre eles, o alto investimento inicial em infraestrutura, a complexidade técnica envolvida na operação de uma rede móvel privativa e a necessidade de obtenção de autorização para uso de radiofrequências, por meio de processos administrativos junto à Anatel.

A operação da rede pode ser realizada diretamente pela RNP ou em parceria com provedores de infraestrutura, adotando o modelo de compartilhamento de custos entre instituições participantes. A cobertura tende a ser localizada, inicialmente em campi universitários e centros de pesquisa, e o perfil dos usuários é majoritariamente acadêmico.

4. Desafios Tecnológicos e Solução Proposta

A arquitetura proposta implementa um núcleo 5G híbrido com função N3IWF que traduz entre paradigmas: IEEE 802.1X/RADIUS (eduroam), 3GPP/IMSI (5G) e eSIM (Internet

Brasil), reutilizando infraestrutura CAFe existente. A base da proposta seria o desenvolvimento de um modelo federado que integre todas essas camadas a partir de um núcleo 5G, interoperando com o serviço eduroam e reutilizando os mecanismos de autenticação federada da CAFe. A proposta é permitir que um único conjunto de credenciais seja utilizada para todos os cenários de conectividade: seja via chip eSIM (como no Programa Internet Brasil), via Wi-Fi com 802.1X (eduroam), ou via 5G NR. Essa unificação também garante coerência nos atributos de autorização e maior controle sobre a gestão de identidade.

A utilização da função N3IWF (Non-3GPP Interworking Function) do núcleo 5G se apresenta como uma alternativa viável para garantir a interoperabilidade entre redes não-3GPP, e a infraestrutura 5G [de Oliveira and Silva 2024]. Essa função permite que dispositivos conectados via redes Wi-Fi, como o eduroam, acessem de forma segura os serviços do 5GC, integrando-se ao núcleo da operadora e utilizando métodos EAP para autenticação federada.

5. Conclusão

A implementação de redes 5G pela RNP representa um avanço estratégico para a educação brasileira, com potencial para transformar o ensino por meio de tecnologias imersivas e conectividade de alta qualidade.

A análise comparativa entre os modelos de MVNO e Redes Privativas demonstra que ambos possuem méritos distintos. O modelo MVNO é mais ágil e de menor custo inicial, favorecendo uma rápida entrada no mercado e permitindo customização de serviços para as instituições. Já as Redes Privativas oferecem maior controle, segurança e capacidade de adaptação a aplicações críticas, sendo ideais para ambientes que exigem desempenho elevado, como laboratórios de pesquisa e redes experimentais.

A arquitetura de autenticação federada híbrida proposta, utilizando N3IWF como ponte de interoperabilidade, representa a principal contribuição técnica deste trabalho para unificação de identidades acadêmicas. Ao reutilizar a estrutura federada, a RNP pode garantir a interoperabilidade e centralização da identidade acadêmica em múltiplos contextos de conectividade, incluindo Wi-Fi, 5G e eSIM.

Referências

- 3GPP (2018). Ts 33.501 – security architecture and procedures for 5g system (release 15). Technical report, ETSI. Versão 15.2.0.
- de Oliveira, L. A. and Silva, E. F. (2024). Estudo e avaliação de métodos de autenticação eap na infraestrutura de redes 5g. In *Anais Estendidos do SBSEG*, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Acesso em: 5 jun. 2025.
- RNP (2013). Eduroam: Acesso sem fio seguro para comunidade acadêmica federada. <https://pt.scribd.com/doc/125531184/Eduroam-Acesso-sem-Fio-Seguro-para-Comunidade-Academica-Federada>. Acesso em: 5 jun. 2025.
- RNP (2024). Termos de Referência ADC 12850/2024: contratação da prestação de serviços de modelagem da operação e provimento de serviço de MVNO 5g (+4g LTE) para a RNP. Technical report, RNP, Rio de Janeiro. Documento institucional.