

1º Relatório parcial de acompanhamento e avaliação da evolução de *OpenRAN* – Mapeamento

Recursos à Prestação

Acompanhamento e avaliação da evolução de *OpenRAN* – 1ª Etapa: Mapeamento Subsídios para o desenho da próxima Agenda Regulatória

Recursos à Prestação

Agencia Nacional de Telecomunicações

SAUS Quadra 06 Blocos C, E, F e H
CEP 70070-940
Brasília/DF
Tel: (061) 2312-2000

Presidente

Leonardo Euler de Morais

Conselho Diretor

Carlos Manuel Baigorri
Emmanoel Campelo de Souza
Moisés Queiroz Moreira
Vicente Bandeira de Aquino Neto

Assessoria Técnica - ATC

Humberto Bruno Pontes Silva
Paulo Rodrigo de Moura

Superintendência de Outorga e Recursos à Prestação – SOR

Vinicius de Oliveira Caram – Superintendente da SOR
Davison Gonzaga da Silva
Luiza Maria Thomazoni Loyola Giacomini
Maria Aparecida Muniz Fidelis da Silva
Daniel Hindenburg de Miranda Marques

Superintendência de Fiscalização – SFI

Alexandre Campos Moraes
Eduardo Hiroshi Murakami

Superintendência de Planejamento e Regulamentação – SPR

Rafael Andrade Reis de Araujo

Gerência Regional da Anatel no Estado de São Paulo – GR01

José Umberto Sverzut

Gerência Regional da Anatel no Estado do Rio Grande do Sul – GR05

Vanessa Copetti Cravo

Este relatório é desenvolvido pela Superintendência de Outorga e Recursos à Prestação. Possíveis opiniões expressas neste trabalho são exclusivamente do(s) autor(es) e não refletem necessariamente a visão da Agência Nacional de Telecomunicações.

SUMÁRIO

1. Assunto.....	3
1.1. Definições.....	3
1.2. Conceito da arquitetura <i>OpenRAN</i>	4
2. Grupo de Trabalho de avaliação e acompanhamento da arquitetura <i>OpenRAN</i>	5
2.1. Plano de Trabalho	5
2.1.1. Subgrupo 1 – Metas do Eixo Tecnológico.....	5
2.1.1.1. Subgrupo 1A – Interoperabilidade.....	5
2.1.1.2. Subgrupo 1B – Segurança	6
2.1.2. Subgrupo 2 – Metas do Eixo Econômico	6
2.1.3. Subgrupo 2 – Metas do Eixo Regulatório.....	6
2.2. Metodologia.....	7
2.2.1. Etapa 1 - Mapeamento	7
2.2.2. Etapa 2 - Análise	8
2.2.3. Etapa 3 - Proposição	8
2.2.4. Etapa 4 - Discussão	9
3. <i>Benchmark</i>	9
3.1. Reino Unido	9
3.2. Estados Unidos da América	10
3.3. Índia.....	12
3.4. Japão	12
3.5. Alemanha.....	12
3.6. Peru.....	13
3.7. Colômbia	13
4. Arquitetura <i>OpenRAN</i>	14
4.1. Cenário para a problematização da abordagem <i>OpenRAN</i> e seus principais <i>players</i>	14
4.1.1. Rede Aberta	14
4.1.2. Rede Inteligente.....	15
4.1.3. Rede Virtual.....	15
4.1.4. Interoperabilidade de Rede	15
4.1.5. <i>Players</i>	16

4.1.6.	Panorama Atual.....	16
4.1.7.	Padronização.....	16
4.2.	Arquitetura e Interfaces	16
4.3.	Topologias e <i>splits</i>	20
4.3.1.	<i>Splits</i> mais recomendadas.....	23
4.3.2.	Topologias	25
4.3.3.	<i>OpenRAN</i> e soluções customizadas	29
5.	Etapa 1 – Mapeamento.....	30
5.1.	TED	31
5.2.	GT <i>OpenRAN</i>	31
5.3.	Das reuniões do GT Técnico e projetos que serão acompanhados.....	31
5.4.	Questões levantadas por <i>players</i> nas reuniões bilaterais.....	31
5.5.	Segurança	33
5.6.	Ações a serem propostas e em andamento pelo Governo Federal	34
6.	Conclusão	34
Anexo I.....		35

Índice de ilustrações

Figura 1 – Arquitetura <i>OpenRAN</i> (https://tinyurl.com/yjy4ao4e)	17
Figura 2 – Interfaces da arquitetura <i>OpenRAN</i> (https://tinyurl.com/yjy4ao4e).	18
Figura 3 – Segregação da BBU (https://tinyurl.com/yhx9xf8y).	21
Figura 4 – Opções de <i>splits</i> (https://tinyurl.com/yhx9xf8y).	21
Figura 5 – Taxa de bits no <i>fronthaul</i> vs. <i>splits</i> (https://ieeexplore.ieee.org/document/8479363).....	22
Figura 6 – <i>Tradeoff</i> para diferentes <i>splits</i> (https://tinyurl.com/yhluuug2).	23
Figura 7 – Topologias possíveis.....	26
Figura 8 – TCO vs. custos de transporte.....	27
Figura 9 – Capex, Opex e TCO vs. custos de transporte para HTC.....	28
Figura 10 – Capex, Opex e TCO vs. custos de transporte para LTC.....	28
Figura 11 – <i>Near-edge deployment</i> (https://tinyurl.com/yfhcjad6).	33

1. ASSUNTO

Relatório sobre o acompanhamento e avaliação da evolução da *OpenRAN* – (*Open Radio Access Network*, Rede Aberta de Acesso via Rádio) a fim de subsidiar o desenho da próxima Agenda Regulatória, com objetivo de expor a necessidade de ações, em âmbito regulatório, que possam habilitar os potenciais efeitos positivos da arquitetura *OpenRAN*.

1.1. Definições

OpenRAN: Arquitetura de Rede de Acesso via Rádio com padrões de interconexão de módulos predefinidos e *softwares* de fonte aberta. Tem como objetivo permitir redes abertas, inteligentes, virtuais e interoperáveis.

Grupo de Trabalho (GT): Força-tarefa responsável por levantar informações, realizar estudos, discutir os temas relevantes ao assunto *OpenRAN*, acompanhar debates e ações de *players* do mercado com o fim de elaborar relatório demandado pelo Conselho Diretor da Anatel. Formado por membros internos, servidores da Anatel, e membros externos, representantes do mercado. Para tanto, é dividido em etapas intermediárias com entregáveis parciais.

Membros Internos: Servidores da Anatel responsáveis pelos estudos e levantamento de dados que embasarão a elaboração do Relatório Final a ser entregue ao Conselho Diretor.

Coordenador do GT: Membro Interno responsável por reunir e organizar o GT, propondo discussões, centralizando os levantamentos realizados pelos Subgrupos e demandando e recebendo os Membros Externos.

Líderes de Subgrupos: Membro Interno responsável por delegar as tarefas de cada Subgrupo a seus Membros, consolidando as demandas recebidas e as informações levantadas ao Coordenador.

Membros Externos: *Players* do mercado, convidados pelo GT a participarem dos trabalhos oferecendo informações, dados e resultados de testes demandados pelos Membros Internos, na pessoa do Coordenador, e apresentando discussões e sugestões no âmbito do GT.

Prestadoras (ou Operadoras): Empresas prestadoras de serviços de telecomunicações, em especial do Serviço Móvel Pessoal – SMP com interesse em operar a arquitetura *OpenRAN*.

Fornecedoras: Empresas provedoras de tecnologia, seja *hardware* ou *software*, para as Redes de Acesso via Rádio - RAN's das Prestadoras.

Reguladoras Internacionais: Entes públicos, análogos à Anatel, responsáveis pela regulação do mercado de telecomunicações em seus respectivos países que estejam realizando estudos sobre a arquitetura *OpenRAN*.

Academia: Universidades, Institutos de Pesquisa e demais escolas que estejam realizando estudos sobre a arquitetura *OpenRAN*.

Subgrupos: Conjunto de membros internos, entre os quais um líder, com a finalidade de levantar informações e dados para cada macro-eixo de pesquisa.

Macro-eixo de pesquisa: Tema específico, outorgado a cada Subgrupo, que possui uma série de metas relacionadas ao tema que deverão ser estudados. São três os macro-eixos, Tecnológico (subdividido em Interoperabilidade e Segurança), Econômico e Regulatório.

Etapas intermediárias: Ações realizadas por cada subgrupo que deverão produzir resultados em forma de relatórios e apresentação oral, com um cronograma previamente definido, com o intuito de paulatinamente permitir a formatação do Relatório Final a ser entregue ao Conselho Diretor. São quatro as etapas intermediárias, Mapeamento, Análise, Proposição e Discussões.

Relatório Final: Exposição escrita a ser entregue ao Conselho Diretor ao final do prazo de funcionamento do GT no qual se descrevem todos os fatos e dados colhidos durante os trabalhos realizados pelo Grupo e seus Subgrupos.

1.2. Conceito da arquitetura *OpenRAN*

OpenRAN é um conceito de RAN (*Radio Access Network* – Rede de Acesso via Rádio) aberta, inteligente, virtual e interoperável. Para alcançar este objetivo, presume-se *hardwares* com interconexão padronizada e *softwares* de fonte aberta. Assim, módulos de diferentes fornecedores podem ser combinados devido à interface aberta e em nuvem.

Conforme Análise nº 13/2021/CB (SEI nº 6500863, Processo SEI nº 53500.004083/2018-79):

(...) a rede será configurável por software e dividida entre hardware de uso geral e hardware especializado, de uma maneira que permita o posicionamento ideal das funções de rede. Essa flexibilidade, bem como a possibilidade de utilizar hardwares “não proprietários”, se coaduna com a intenção de reduzir os custos de hardware e a dependência de um único fornecedor, viabilizando a emergência de iniciativas em torno do chamado Open Radio Access Network (Open-Ran).

Embora ainda incipiente, o Open RAN traz a possibilidade de desenvolvimento de questões de virtualização de funções de rede e redes definidas por software, conceitos que são inerentes ao 5G, além de permitir novas opções de configuração de redes, com redução de custos e menor dependência em relação a um fornecedor específico. De forma mais específica, o Open RAN diminuirá os custos dos equipamentos para o operador de rede porque a rede 5G terá “caixas”, cujas funções serão definidas por software. Ao se criar “caixas” mais genéricas, permite-se reduzir partes da eletrônica (hardware) e se possibilita a transferência de inteligência via software, implicando diminuição de custos e a dependência de equipamentos proprietários. Adicionalmente, abre-se a oportunidade de incluir novos players nesse desenvolvimento de equipamentos, ampliando o número de agentes no ecossistema de desenvolvimento e oferta de equipamentos.

O conceito *OpenRAN*, desta forma, se contrapõe ao conceito amplamente difundido no mercado atual de redes de acesso, baseado em soluções proprietárias.

2. GRUPO DE TRABALHO DE AVALIAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DA ARQUITETURA *OPENRAN*

Por meio da Análise nº 13/2021/CB (SEI nº 6500863, Processo SEI nº 53500.004083/2018-79) foi decidido que a Superintendência de Outorgas e Recursos à Prestação (SOR) coordenasse grupo para acompanhar e avaliar as ações que estão ocorrendo em outros países e todo o setor, com os seguintes objetivos:

- Efetuar estudo e acompanhamento do tema *OpenRAN* acompanhando debates internacionais e ações das prestadoras, fabricantes e academia.
- Expor a necessidade de ações, em âmbito regulatório, que possam habilitar os potenciais efeitos positivos do *OpenRAN*.

2.1. Plano de Trabalho

É necessário estudar o tema acompanhando debates internacionais e ações das prestadoras, fabricantes, reguladores internacionais, academia e demais *players* do mercado de telecomunicações. Por ser um assunto de grande abrangência, apresenta-se a divisão em três subgrupos, os quais cada um ficou responsável por aprofundar alguns itens do plano de trabalho.

2.1.1. Subgrupo 1 – Metas do Eixo Tecnológico

2.1.1.1. Subgrupo 1A – Interoperabilidade

a) Estado da Arte do *OpenRAN*

Estudo sobre os mecanismos intrínsecos do conceito e das iniciativas *OpenRAN* que permitam a diversificação de atores (nacionais/nacionalizados) e seus impactos positivos e negativos no fornecimento de soluções de *hardware*, de *software*, de aplicações e de integração de sistemas nos diferentes ambientes do 5G: *indoor*, denso-urbano, urbano, suburbano, rural e industrial.

b) *Profiles* no *OpenRAN*

Estudo sobre os requisitos mínimos de interoperabilidade levando em consideração as definições do O-RAN, 3GPP e ONAP, no qual abrange também a definição de *Profiles* dentro do *OpenRAN* tanto para os cenários de eMBB com FR1 e FR2, uRLLC com FR1 e FR2 e mMTC com FR1 e FR2.

c) Interoperabilidade para nova tecnologia

Estudo sobre diretrizes e critérios a serem atendidos em testes de novas tecnologias para o cenário 5G/6G, que garantam interoperabilidade entre sistemas-chave, inteligência e transparência (*openness*).

d) Arquitetura *OpenRAN* em redes com tecnologia 4G ou inferiores

Estudo que analisa as arquiteturas utilizadas em outros países para operacionalização tecnológica do 5G com abordagem *OpenRAN*. Os impactos tecnológicos da manutenção de redes legadas (2G, 3G, 4G e, até mesmo, 5G) na implementação efetiva de soluções inovadoras fundadas no conceito *OpenRAN*.

2.1.1.2. Subgrupo 1B – Segurança

e) Requisitos de segurança das soluções de *OpenRAN*

Neste ponto se elabora estudo com debates acerca dos aspectos de segurança que deverão ser incorporados à arquitetura, esse tópico recentemente foi debatido nos fóruns internacionais (ex. SONIC), bem como eventuais riscos à segurança e integridade da segurança nas comunicações.

2.1.2. Subgrupo 2 – Metas do Eixo Econômico

a) Impactos do *OpenRAN* no mercado de telecomunicações

Estudo sobre os possíveis impactos que a iniciativa *OpenRAN* pode influenciar nos custos dos equipamentos das prestadoras de serviços de telecomunicações, inclusive abordando eventual aumento ou redução de custos das prestadoras na implantação da rede, diminuição na dependência de fornecedores específicos e se poderá resultar em menores ou maiores preços para os consumidores.

b) Valores Agregados pela *OpenRAN* na indústria

Estudo econômico sobre como a indústria brasileira de telecomunicações pode “agregar valor” ao mercado brasileiro, melhorando sua competitividade por meio da iniciativa *OpenRAN*, bem como o modelo de código aberto ou de interface aberta, abordando as diretrizes e critérios na definição de métricas que identifiquem, considerando dados reais, níveis de eficácia, de confiabilidade, de competitividade entre fornecedores, de impacto financeiro, de desempenho e de diversidade de fornecedores provocados pelo *OpenRAN* e outros conceitos afins.

c) Necessidade de capacitação de mão de obra

Estudo sobre a necessidade de qualificação de mão-de-obra no Brasil para produzir e implementar elementos de rede propostas na iniciativa *OpenRAN* e avaliar como a iniciativa poderá fomentar capacitação de recursos humanos no Brasil.

2.1.3. Subgrupo 2 – Metas do Eixo Regulatório

a) Estudo sobre eventuais barreiras legais e infra legais ao desenvolvimento do *OpenRAN*

Nesta etapa, se desenvolve estudo sobre eventuais barreiras legais e infra legais que impactem na implementação efetiva de soluções inovadoras fundadas no conceito *OpenRAN*, inclusive questões afetas a direitos autorais e registro de patentes.

b) Propostas de Política Pública

Entrega de estudos sobre possíveis instrumentos para incentivos públicos e regulatórios, para aparecimento e o amadurecimento de novas tecnologias disruptivas, que incluam, entre outras, a alavancagem de PD&I.

2.2. Metodologia

Os trabalhos dos Membros Internos são realizados no âmbito dos Subgrupos predefinidos. O Coordenador define com os Líderes de Subgrupos as tarefas a serem realizadas seguindo as etapas descritas em sequência. Os Subgrupos, por meio de seus Líderes, demandam o Coordenador para que este consolide as questões a serem enviadas aos Membros Externos, assim como este receberá as respostas e repassará aos Subgrupos por meio de seus Líderes. Tais trocas de informações embasam a elaboração dos resultados parciais.

Neste trabalho, adotou-se uma série de etapas consecutivas para possibilitar a implementação do estudo exploratório, objeto deste projeto. São elas: mapeamento, análise, proposição e discussão. Ao final de cada etapa foram produzidos, como entregáveis do projeto, os resultados obtidos, na forma de relatório e apresentação oral.

2.2.1. Etapa 1 - Mapeamento

Na etapa de mapeamento, o foco recai na imersão sobre as temáticas nucleares do projeto, com vistas ao delineamento conceitual, à consciência situacional e à compreensão dos elementos constituintes do problema de pesquisa. Inicia-se abrangendo a definição do problema em si, a fundamentação teórico-conceitual, as expectativas das partes interessadas, as outras soluções tecnológicas já disponíveis e as implicações do *OpenRAN* para a indústria e o mercado de telecomunicações.

Esse processo de descoberta de conhecimento é realizado por meio da imersão aos eixos temáticos, identificando várias perspectivas presentes e situações particulares que fazem parte dos diferentes contextos e domínios que se encerram na implementação do *OpenRAN*.

Nesta etapa, busca-se aliar os aspectos teóricos e os aspectos técnicos que subjazem a definição do *OpenRAN*, com os princípios e a visão dos diferentes arranjos da arquitetura técnica.

Ao longo do mapeamento, as equipes de pesquisadores se aproximam do domínio do problema e esclarecem os eixos temáticos, além de dimensionar o alcance das linhas de base das pesquisas. Inicia-se com pesquisas e levantamento de artefatos de informação básicos sobre os eixos temáticos.

Por fim, as equipes de pesquisa ampliam os horizontes de estudo para poder explorar os contextos histórico, tecnológico, regulatório e mercadológico. Visa, portanto, encontrar todos os pontos de partida que podem gerar *insights* para a continuidade do projeto de pesquisa básica em curso.

Ao final desta etapa, como entregável, apresenta-se um relatório e realiza-se uma apresentação oral, contemplando uma visão holística, que possibilite a compreensão multidisciplinar das diferentes perspectivas de interesse das partes envolvidas e afetadas, considerando cada eixo temático.

2.2.2. Etapa 2 - Análise

De posse dos artefatos coletados na etapa de mapeamento, as equipes de pesquisadores estão aptas a proceder a análises sob diferentes perspectivas, de modo a evidenciar os diferentes pontos de vista e os diferentes contextos de pesquisa. Foi conduzida usando uma ampla gama de métodos, estruturas teóricas e análises conceituais. A título ilustrativo, as seguintes abordagens foram empreendidas para proceder às análises qualitativas sobre os eixos temáticos, incluindo: análise documental, análise de conteúdo, análise do discurso, revisão sistemática e desenvolvimento e análise de opções estratégicas.

A análise qualitativa visava a obter alguma forma de explicação, compreensão ou interpretação dos fenômenos e fatos que deram origem e que são decorrentes da arquitetura *OpenRAN*.

Ao final desta etapa, como entregável, gera-se um relatório e realiza-se uma apresentação oral, em que as equipes de pesquisadores buscarão responder a perguntas sobre “o quê”, “por quê”, “como”, “de que forma”, “em que circunstâncias” etc., com relação à problemática de cada tema proposto.

2.2.3. Etapa 3 - Proposição

Após obter um grande volume de informações e *insights*, advindos das etapas anteriores, chega-se o momento de consolidar as análises a fim de se produzir uma síntese dos diferentes eixos temáticos. Avaliar o caminho a seguir e identificar cenários de uso e de implementação das tecnologias e frameworks *OpenRAN* são importantes instrumentos para identificar potenciais desafios e adequações tecnológicas, regulatórias e configurações de valor no âmbito da indústria e do mercado de Telecomunicações.

A partir da reflexão e compreensão das possibilidades e dos modelos de implementação que emergem do arcabouço tecnológico do *OpenRAN* no cenário brasileiro, hipóteses foram formuladas e novas realidades puderam ser projetadas a partir da transformação tecnológica desencadeada.

Neste momento, abre-se espaço para o “caos criativo”, que culmina, ao final desta etapa, com os entregáveis (relatório e apresentação oral), contemplando o delineamento das principais descobertas e achados em cada eixo temático. Pode-se identificar os potenciais fatores habilitadores para impulsionar *OpenRAN* no Brasil, primando pelos domínios estratégicos e operacionais e pelas potencialidades e condicionamentos – oportunidades e desafios que lhe são inerentes, em cada linha temática proposta.

2.2.4. Etapa 4 - Discussão

Na etapa de discussão concentram-se as informações relevantes obtidas a partir do mapeamento conceitual e da fundamentação teórica-técnica, aliadas às análises e proposições subsequentes. Avaliou-se o percurso metodológico e confrontou-se os achados e descobertas dos eixos temáticos ante às principais conjecturas, constatações e evidências dos fragmentos teóricos e das experiências do *OpenRAN* em cenários de simulação e de implementação.

Ao final desta etapa, como entregável, gera-se um relatório e realiza-se uma apresentação oral, contemplando as estratégias promissoras de implementação do *OpenRAN*, as pilhas de desenvolvimento tecnológico e os diferentes cenários de prática, alinhados aos resultados obtidos em cada etapa anterior e para cada tema proposto.

Ao final das quatro etapas, apresenta-se ao Conselho Diretor relatório descrevendo os estudos realizados pelo GT com conclusões a fim de embasar as decisões do Egrégio Colégio.

3. BENCHMARK

3.1. Reino Unido

O regulador britânico de telecomunicações, *Ofcom*, identificou que, com o passar dos anos, o número de fornecedores de equipamentos de rede de acesso para comunicações móveis diminuiu, decrescendo também a concorrência no setor. A fim de superar essas limitações, o governo do Reino Unido implementou uma estratégia de 'diversificação de fornecedores de telecomunicações'. Em termos simples, isso significa [ampliar] a capacidade dos operadores de rede de obter tecnologia de uma gama mais ampla de fornecedores¹.

Nesse sentido, o *Ofcom*, tem buscado ações para incentivar a inovação e o investimento em redes, para que as pessoas e as empresas possam contar com serviços rápidos, confiáveis e seguros.

Uma das ações é um programa que ajudará a testar novas soluções potenciais para uso futuro na cadeia de suprimentos de telecomunicações, visa principalmente testar a interoperabilidade e integração de soluções de rede aberta, começando com *OpenRAN*. Este programa criará uma plataforma para fornecedores existentes e emergentes se reunirem para testar e demonstrar soluções interoperáveis. Especificamente, o Centro buscará: (i) Fornecer às empresas inovadoras um ambiente neutro para se reunirem para testar e demonstrar soluções; (ii) facilitar o teste de interoperabilidade com organizações envolvidas no desenvolvimento de padrões e similares - por exemplo, ETSI, ORAN *Alliance*, *Telecom Infra Project* (TIP); (iii) Apoiar e conectar pequenas e grandes empresas para colaborar em um cenário de rápida mudança tecnológica; (iv) operar em um estágio pré-comercial nos níveis de preparação de tecnologia 5G.

¹ <https://www.ofcom.org.uk/about-ofcom/latest/features-and-news/what-is-open-ran>

A rede foi construída em diferentes locais no Reino Unido, para testar opções de tecnologia e aprender quais benefícios ela pode trazer, com funcionamento a partir de maio de 2021.

Outra ação anunciada em julho de 2021² se refere ao financiado conjuntamente pelo Departamento de Digital, Cultura, Mídia e Esporte (DCMS) e *Oftcom*, denominado *Future RAN Competition*. Segundo informações nos *sites* do governo inglês trata-se de uma concorrência aberta administrada pela DCMS, que alocará até trinta milhões de libras referente a recursos de fundos de P&D para projetos que estejam relacionados a Estratégia de Diversificação da Cadeia de Suprimentos 5G do governo. Com a referida ação se busca incentivar a indústria britânica a criar produtos e serviços possibilitando haver os potenciais benefícios do *OpenRAN*, inclusive maior inserção na cadeia de fornecimento global emergente com base em padrões abertos.

A Estratégia de Diversificação³ exige o estabelecimento de um amplo ecossistema de P&D no Reino Unido, abrangendo uma variedade de áreas, incluindo:

- O desenvolvimento de hardware físico;
- *Software* / soluções virtualizadas;
- Teste com redes ao vivo; e
- Aceleração e impulso ao desenvolvimento de tecnologias interoperáveis.

Já existe um ecossistema se formando por meio de financiamento do setor privado. No entanto, o governo britânico entende que esta ação proporcionada pelo setor público ajudará a aproveitar esse impulso, promover a colaboração e reunir os pontos fortes dos setores de P&D do Reino Unido para direcionar aos objetivos da cadeia de abastecimento diversificada que o Reino Unido entende necessários para garantir sua segurança nacional e resiliência. Em última análise, os projetos a serem financiados pelos fundos devem ajudar a desenvolver produtos que resolvam os principais desafios colocados por novas tecnologias interoperáveis e desenvolver a capacidade inicial do Reino Unido no ecossistema *OpenRAN*.

3.2. Estados Unidos da América

A FCC (*Federal Communications Commission*, Comissão Federal de Comunicações) lançou em fevereiro de 2021 um *Notice of Inquirement*⁴ solicitando ao público em geral informações a respeito de diversos temas afetos a *OpenRAN*.

Como contribuições recebidas, e que devem estar em análise, são, dentre outras:

- Criação de um programa de certificação da indústria para RAN aberta pode ser um marco significativo, onde todos os fornecedores de componentes são certificados, se possível no modelo de certificação OnGo;
- Instituição, por meio do DoD (*Department of Defense*, Departamento de Defesa) de um laboratório para o qual todos os fornecedores possam levar seus produtos para testes funcionais e de interoperabilidade;

² <https://www.gov.uk/guidance/future-ran-diversifying-the-5g-supply-chain>

³ <https://uk5g.org/5g-updates/research/5g-supply-chain-diversification-strategy/>

⁴ <https://www.fcc.gov/document/fcc-seeks-comment-open-radio-access-networks-0>

- Criação de um Centro de Teste e Integração Aberto (OTIC), que visaria "testar e verificar a conformidade do equipamento RAN com as especificações da interface O-RAN, com base nas especificações de teste de conformidade O-RAN."

A FCC, em coordenação com a NTIA (*National Telecommunications and Information Administration*, Administração Nacional de Telecomunicações e Informações do Departamento de Comércio), anunciou em janeiro de 2021, o programa "Desafio 5G", que afirma ser projetado para "garantir a cooperação, colaboração e interoperabilidade entre os participantes" na busca de " um ecossistema 5G aberto que pode suportar missões DoD. "

Em julho de 2021, a FCC promoveu dois *showcases* com apresentações das ações e equipamentos desenvolvidos por alguns fornecedores com tecnologia aberta. Na oportunidade, a FCC informou que será proposta a criação de zonas de inovação nos Estados Unidos, para que sejam locais de teste de rede sem fio, em parte na tentativa de adicionar mais impulso à tendência de RAN aberta. Os locais de teste em escala municipal designados pela FCC seriam gerenciados pela NSF (*National Science Foundation*, Fundação Nacional de Ciência), a chamada PAWR (*Platforms for Advanced Wireless Research*, Plataformas para Pesquisa Avançada sem Fio). Na proposta consta que Boston abrigará o emulador de rede *Colosseum* da DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*, Agência de Projetos de Pesquisa Avançados da Defesa), que foi usado no agora concluído *Spectrum Collaboration Challenge* da agência. Raleigh, enquanto isso, vai abrigar a anunciada anteriormente AERPAW (*Aerial Experimentation and Research Platform for Advanced Wireless*, Plataforma de Experimentação e Pesquisa Aérea para Comunicação Avançada sem Fio), que se concentra em comunicações sem fio para drones e outros sistemas aéreos não tripulados.

Este esforço soma-se a duas zonas de inovação existentes, apoiados pela O-RAN *Alliance* - um dos principais grupos de desenvolvimento de padrões para redes RAN abertas - que realizou dois *plugfests* mundiais. O primeiro, no final de 2019, incluiu atividades na zona de inovação da cidade de Nova York. O segundo, realizado perto do final de 2020, incluiu atividades na cidade de Nova York e em Salt Lake City. Ambos os *plugfests* da O-RAN *Alliance* nos EUA operaram por meio do programa PAWR financiado pela NSF do governo dos EUA.

Há em andamento pela FCC o programa "remover e substituir" da agência para equipamentos de empresas consideradas como risco à segurança nacional pelo governo estadunidense, programado para se iniciar em outubro 2021. A agência vem trabalhando nos parâmetros de um programa projetado para alocar quase US\$ 2 bilhões em financiamento do Congresso para operadoras de rede dos Estados Unidos que possuem estes equipamentos em suas redes.

A FCC também tem solicitado estudos sobre o tema, sendo de conhecimento um sobre os custos dos equipamentos de redes abertas.

3.3. Índia

A Autoridade Indiana, TRAI, entende que as redes de acesso tradicionais estão evoluindo para *OpenRAN* com o aumento da demanda de dados e, por ser baseada em interfaces abertas, *hardware* independente do fornecedor e tecnologia definida por *software*, o desenvolvimento de tecnologia *OpenRAN* facilitaria o compartilhamento ativo da infraestrutura. Para resolver estes cenários emergentes, a Autoridade é de opinião que os provedores de internet devem ser limitados pelas ordens, instruções e regulamentos emitidos pela autoridade competente⁵.

Na visão da TRAI, o uso de *OpenRAN* e redes de telecomunicações definidas por *software* abrirá novas oportunidades para as empresas indianas entrarem no mercado de equipamentos de rede⁶.

Uma operadora indiana já desenvolveu e testou uma rede de acesso de rádio de quinta geração, atingindo o marco de 1 Gigabit por segundo e planeja acelerar a transição de tecnologia para RAN aberta com arquitetura desagregada⁷.

3.4. Japão

No Japão, o governo está oferecendo incentivos fiscais para produtos com interfaces abertas e interoperáveis e o Ministério de Assuntos Internos e Comunicações (MIC – *Ministry of Internal Affairs and Communications*) e delineou planos para buscar colaboração internacional a fim de promover a implementação e padronização de arquitetura aberta e virtualização de rede⁸.

3.5. Alemanha

A Alemanha anunciou um pacote de estímulo de € 130 bilhões em junho de 2021 para novas tecnologias digitais, como por exemplo € 5 bilhões para investimentos em inteligência artificial⁹.

O fundo de tecnologia de rede designou € 2 bilhões que estão sendo direcionados para desenvolvimentos de *OpenRAN* e espalhados por vários projetos gerenciados por vários órgãos do governo alemão, incluindo o Ministério Federal de Pesquisa, o Ministério dos Transportes, o Departamento Econômico e o Ministério do Interior.

⁵ https://www.trai.gov.in/sites/default/files/Recommendations_13032020.pdf

⁶ <https://indianexpress.com/article/business/trai-chairman-open-ran-will-present-opportunities-7153590/>

⁷ <https://telecom.economictimes.indiatimes.com/news/openran-to-help-local-telecom-equipment-manufacturing-trai-chairman/80362181>

⁸ <https://www.federalregister.gov/documents/2021/03/29/2021-06430/promoting-the-deployment-of-5g-open-radio-access-networks>

⁹ <https://www.telecomtv.com/content/open-ran/open-ran-projects-in-line-for-massive-german-government-funds-report-40682/>

3.6. Peru

O programa peruano Internet para Todos (IpT Perú) implantou centros com a tecnologia *OpenRAN* no país para otimizar recursos e baratear operação de telecomunicações. A iniciativa, uma parceria entre multinacionais, Banco de Desenvolvimento da América Latina (CAF) e Banco Internacional de Desenvolvimento (BID), tem como objetivo promover a universalização em regiões remotas da nação vizinha, incluindo a porção da Amazônia peruana. A intenção é implantar centenas de zonas 4G *OpenRAN* virtualizadas, mas preparando terreno para o 5G.¹⁰ A distribuição e implantação de baixa densidade nessas regiões trazem alto custo operacional e de investimento, além de adicionar complexidade. A virtualização da rede de acesso ajudaria nesse quesito, mas a intenção é de também ajudar no redimensionamento da capacidade em regiões urbanas.

A rede *OpenRAN* 4G atende 1.762 localidades na região de Huancavelica, Peru. Por meio da infraestrutura do IPT, a região de Huancavelica conta com mais de 158 mil habitantes em áreas rurais e que já possuem acesso à internet 4G. Até o final de 2021, uma das empresas parceira no projeto promete que o número chegará a 164 mil habitantes. Salienta-se que Huancavelica é uma das regiões com maiores níveis de pobreza do Peru, de acordo com o Instituto Nacional de Estatística e Informática peruano. No total, as redes do IpT atendem a 30.000 comunidades.

De acordo com as empresas envolvidas, o custo do equipamento eletrônico era a metade nos *sites OpenRAN* do que nos tradicionais. Isso tem sido fundamental para permitir que o IpT atenda a comunidades com baixa renda¹¹.

3.7. Colômbia

Um grupo de telecomunicações está preparando a implementação de uma rede de acesso *OpenRAN* 4G na Colômbia com fornecimento de parceiro internacional. O projeto utilizará a faixa de 700 MHz em áreas rurais com pouca cobertura. A integradora de sistemas oferecerá serviços de instalação, integração e monitoramento de rede. A empresa acredita que o projeto indicará forte desempenho de rede, superando os indicadores-chave (KPIs). A rede *OpenRAN* também estará pronta para futura agregação de serviços 5G. De acordo com a prestadora, a iniciativa pode ser replicada em outros mercados onde a multinacional atua¹².

¹⁰ <https://tinyurl.com/yj24yeuc>

¹¹ <https://tinyurl.com/ygf795ty>

¹² <https://tinyurl.com/yz2nurpl>

4. ARQUITETURA *OPENRAN*

4.1. Cenário para a problematização da abordagem *OpenRAN* e seus principais *players*

Uma RAN convencional possui todos os módulos, tanto *hardware* quanto *software*, fornecidos por um único fornecedor por meio de uma solução proprietária. É esta característica a primeira a ser atacada pela abordagem *OpenRAN*, haja vista o disposto na Portaria MCOM nº 1.924/2021 (<https://tinyurl.com/yhks8v22>), que determina o incentivo à interoperabilidade e à arquitetura aberta nas licitações das faixas de radiofrequências de seu escopo.

Detalhando cada uma das quatro características do conceito *OpenRAN* difundidas pelos *players* (<https://www.o-ran.org/>), pode-se verificar que tal concepção se coaduna com o interesse público já explicitado na Portaria MCOM nº 1.924/2021 e na Análise nº 13/2021/CB.

4.1.1. Rede Aberta

A 5ª geração de comunicações móveis, 5G, prevê uma grande quebra de paradigma em tais comunicações. Se até a 4ª geração o foco era o usuário, começando com tráfego de voz até streaming de vídeo, a 5G tem como foco conectar dispositivos que demandarão comunicação por si sós, como veículos autônomos, sensores, equipamentos residenciais e industriais e tantos outros considerando o advento da Internet das Coisas (IoT, *Internet of Things*), Indústria 4.0, Cidades Inteligentes e Inteligência Artificial.

Desta forma, a desagregação permite que as operadoras de telefonia celular se utilizem de soluções de vários fornecedores para montagem e atualização de suas redes, e, com tal flexibilidade, as *OpenRAN's* podem se adaptar à diversidade de usos e requisitos 5G.

Espera-se que a arquitetura aberta reduza barreiras à entrada de mais *players* no mercado de comunicações móveis, incentivando a inovação tecnológica do setor, reduzindo passos de desenvolvimento e diminuindo custos, benefícios que podem ser repassados ao usuário final.

Nota-se também que uma rede aberta, por ser mais modular, mais visível e menos interdependente pode incrementar a segurança de rede¹³. Uma rede proprietária deixa o usuário dependente do fornecedor, o único responsável por identificar e combater ameaças à segurança de rede. Contratos expirados podem deixar a operadora de rede sem suporte à segurança. Já a modularização pode fazer com que haja menos descontinuidades na prestação do serviço quando da atualização das redes.

¹³ <https://tinyurl.com/yhurhkef>

4.1.2. Rede Inteligente

Dispositivos inteligentes conectados a uma rede de comunicação demandam muitos recursos disponíveis. Por exemplo, a tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*, Identificação por Radiofrequência), utilizada para o controle de movimentação de pessoas em um ambiente e combate a roubos e furtos em lojas, entre outras aplicações, permite que os dispositivos controlados se comuniquem entre si e com uma central sem a ação humana. Expandindo o conceito para Cidades Inteligentes, pode-se imaginar o impacto que o desenvolvimento de tais dispositivos pode causar em redes de comunicações.

A arquitetura aberta permite que as redes dos prestadores de serviços sejam atualizadas de uma maneira mais célere, uma vez que não é necessário haver um dispositivo desenvolvido pelo *vendor lock-in* que possui a tecnologia proprietária da rede, havendo assim um rol de escolhas mais diversificado para os operadores. Atualizações mais frequentes podem proporcionar redes 5G mais avançadas mais rapidamente e com mais soluções para conseguir gerir os serviços oferecidos à sociedade.

Ao adicionar inteligência às redes, é possível fazer adaptações e melhorias sem demandar ação humana, como por exemplo compartilhar infraestrutura com nuvem RAN e outras funções de rede virtualizadas ou otimizar o tráfego por meio de ferramentas de Aprendizado de Máquina.

4.1.3. Rede Virtual

A virtualização da rede permite que muitos dos componentes sejam fornecidos como *software* alocados em um *data center*, substituindo dispositivos físicos. Tais *data centers* podem ser distribuídos ou concentrados, mas independentemente da disposição desses elementos, este conceito introduz uma série de benefícios através da escalabilidade da operadora, que pode aumentar a capacidade da sua rede sem trocar fisicamente os equipamentos quando alcançam a obsolescência. Soluções virtualizadas permitem adaptar a capacidade do *software* e dos processadores nos *data centers*, o que pode ser vantajoso ao se comparar com atualizações realizadas em redes baseadas em dispositivos físicos, que demandam troca de equipamento e substituição de *firmware*, por exemplo.

4.1.4. Interoperabilidade de Rede

A interoperabilidade é o conceito que permite a maior dinâmica no funcionamento de uma *OpenRAN*. Trocar caixas (*white boxes*) desatualizadas por outras mais adaptadas às necessidades da operadora, independentemente de seu fabricante e sua arquitetura interna, com foco apenas na funcionalidade, desde que com interfaces padronizadas, estimula a competição entre fornecedores e incentiva a modernização de redes.

A maior oferta de fornecedores incentiva os aspectos de interoperabilidade entre portadoras da *OpenRAN*, além de poder aumentar a eficiência de redes 4G existentes,

pois elas continuam a incorporar a virtualização e a desagregação, características valorizadas em redes 5G.

Salienta-se que as instituições que trabalham na padronização da arquitetura *OpenRAN*, como *O-RAN Alliance* e *Telecom Infra Project (TIP)* têm disponibilizado plataformas para testes de verificação de conexão a seus associados¹⁴.

4.1.5. *Players*

Ocultado por informações técnicas de empresas (art. 39, § único, da lei nº 9472/1997).

4.1.6. Panorama Atual

Com a implementação da 5G no Brasil, espera-se redes com maior velocidade, maior tráfego e menor latência. Este incremento de capacidade demanda maior quantidade de recursos, em especial espectro de radiofrequências. Isso causou alguns conflitos, em especial sobre a convivência da 5G com o serviço de TVRO, que usa a banda C.

Além da competição por recursos, há também discussões sobre a padronização das redes. Além do modelo *OpenRAN*, no mercado há também a opção do modelo *SingleRAN*, com soluções proprietárias como são atualmente as redes existentes. Inclusive alega-se a possibilidade de a arquitetura *OpenRAN* atrasar a implementação das redes 5G no Brasil, devido a sua baixa maturação.

4.1.7. Padronização

Mais do que promover uma plataforma aberta, a arquitetura *OpenRAN* determina padrões de interfaces entre diferentes módulos. É essa característica que permite a construção de uma RAN com módulos de diferentes fornecedores. Para tratar da padronização da rede é preciso, antes, verificar a arquitetura *OpenRAN*.

4.2. Arquitetura e Interfaces

Há algumas instituições de padronização da *OpenRAN* mais proeminentes, como *Telecom Infra Project (TIP)*, *O-RAN Alliance*, *Small Cell Forum*, *Open Networking Forum* e *Open RAN Policy Coalition* dentre outras. Como a *O-RAN Alliance* possui uma documentação bem detalhada¹⁵, será utilizada como referência. Os elementos-chave dessa proposta são:

- *Service Management and Orchestration Framework (SMO)*
- *RAN Intelligent Controller (RIC)*
- *OpenCloud*

¹⁴ <https://tinyurl.com/yh2ysk8w>

¹⁵ <https://tinyurl.com/yfe79www>

- *OpenRAN Central Unit (O-CU)*
- *OpenRAN Distributed Unit (O-DU)*
- *OpenRAN Radio Unit (O-RU)*

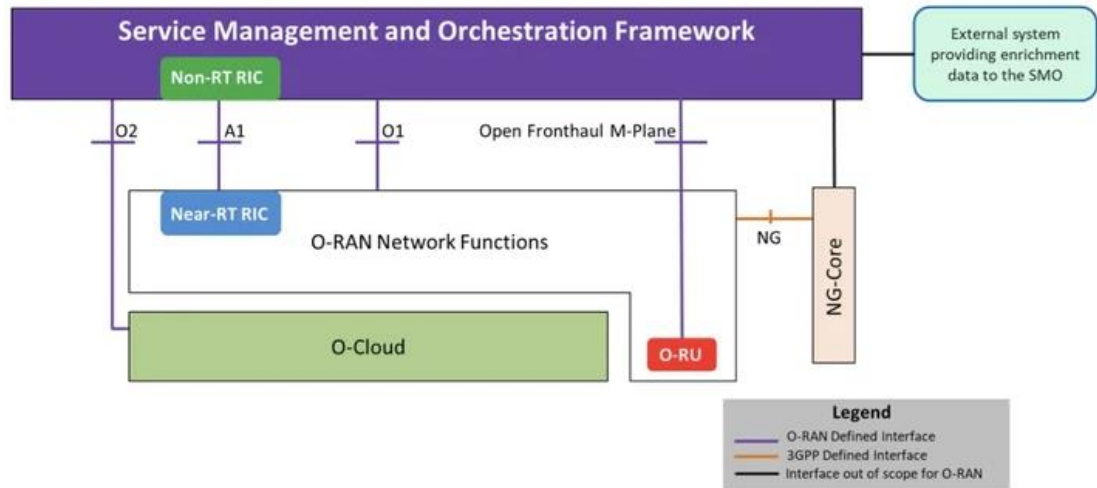


Figura 1 – Arquitetura *OpenRAN* (<https://tinyurl.com/yjy4ao4e>)

A Figura 1 – Arquitetura *OpenRAN* (<https://tinyurl.com/yjy4ao4e>) mostra as várias interfaces abertas que conectam a *OpenCloud*, as funções de rede *OpenRAN*, a unidade de rádio (RU), os controladores inteligentes de rádio (RIC's) e o núcleo de rede de próxima geração (NG-Core).

As definições dos elementos da Arquitetura *OpenRAN* vêm de <https://tinyurl.com/yhr4z6pb>:

O SMO inclui uma malha de integração e serviços de dados para as funções que gerencia. A malha permite que funções gerenciadas interoperem e se comuniquem dentro da *OpenRAN*. O SMO se conecta e gerencia os RIC's, *OpenCloud*, O-CU e O-DU.

Existem dois tipos de RIC's: tempo não real e tempo quase real. Ambos são funções lógicas para controlar e otimizar os elementos e recursos de uma *OpenRAN*. Um RIC em tempo quase real controla e otimiza mais especificamente elementos e recursos com coleta de dados granulares e comunicação pela interface E2. A interface E2 conecta o RIC em tempo quase real com o O-CU e O-DU.

Um RIC em tempo não real usa inteligência artificial e aprendizado de máquina que incluem treinamento de modelo, onde os fluxos de trabalho aprendem como controlar e otimizar os elementos e recursos RAN.

O *OpenCloud* é uma plataforma de computação em nuvem composta por nós de infraestrutura física usando a arquitetura *OpenRAN*. Ele também cria e hospeda as várias funções de rede virtual (VNFs) usadas pelos RIC's e outros elementos de infraestrutura.

O O-CU é outro nó lógico que hospeda protocolos, que são o controle de recursos de rádio (RRC), protocolo de adaptação de dados de serviço (SDAP) e protocolo de

convergência de dados de pacote (PDCP). O O-CU possui dois elementos distintos para gerenciar esses diferentes protocolos; o plano de controle O-CU hospeda o RRC e a parte do plano de controle do PDCP. A parte do plano do usuário hospeda o SDAP e a parte do plano do usuário do PDCP.

O O-DU também é um nó lógico, mas que hospeda outro conjunto de protocolos, que são o protocolo de controle de link de rádio (RLC), o protocolo de controle de acesso ao meio (MAC) e a interface física (PHY). O O-DU usa o protocolo PHY para se comunicar com a camada física da rede.

Finalmente, o O-RU processa radiofrequências recebidas pela camada física da rede. As frequências de rádio processadas são enviadas ao O-DU por meio de uma interface *fronthaul*. O O-RU é o único elemento da arquitetura da O-RAN Alliance não gerenciado pelo SMO. Em vez disso, ele é gerenciado pelo O-DU.

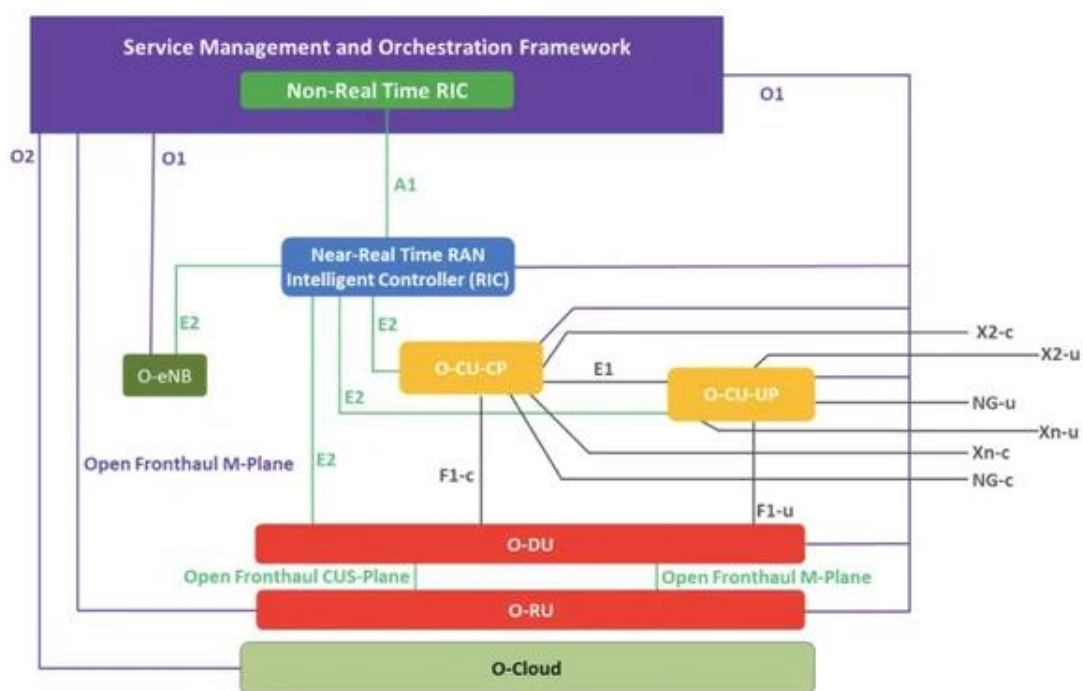


Figura 2 – Interfaces da arquitetura *OpenRAN* (<https://tinyurl.com/yjy4ao4e>).

Já de <https://tinyurl.com/yfe79wv> é possível ver o detalhamento das interfaces da arquitetura *OpenRAN*:

A Interface *fronthaul* aberta conecta o O-DU e a unidade de rádio aberta (O-RU). Ela se divide no plano de gerenciamento (M-Plane) e no plano de sincronização do usuário de controle (CUS-Plane). O M-Plane conecta o O-RU ao O-DU e pode conectar o O-RU ao SMO. O O-DU usa o M-Plane para gerenciar o O-RU, enquanto o SMO pode fornecer serviços FCAPS (acrônimo para falha, configuração, contabilidade, desempenho, segurança) para o O-RU.

O CUS-Plane é multifuncional. Os aspectos de controle e de usuário transferem sinais de controle e dados de usuário, respectivamente. O aspecto restante sincroniza atividades entre vários dispositivos RAN.

A interface A1 permite a comunicação entre os dois RIC's e oferece suporte ao gerenciamento de políticas, transferência de dados e gerenciamento de aprendizado de máquina. Os dados, na verdade chamados de *enrichment information* (informações de enriquecimento), são especificamente para auxiliar no treinamento do modelo para IA e aprendizado de máquina no RIC quase em tempo real.

A interface O1 conecta o SMO aos elementos gerenciados por RAN. Estes incluem o RIC quase em tempo real, O-CU, O-DU, O-RU e o *NodeB* evoluído aberto (O-eNB). O O-eNB é o aspecto de *hardware* de um RAN 4G. As funções de gerenciamento e orquestração são recebidas pelos elementos gerenciados por meio da interface O1. O SMO, por sua vez, recebe dados dos elementos gerenciados por meio da interface O1 para o treinamento do modelo de IA.

A interface O2 é a conexão que permite ao SMO se comunicar com a *O-Cloud* em que reside. Os operadores de rede que estão conectados à *O-Cloud* podem operar e manter a rede com as interfaces O1 ou O2 reconfigurando os elementos da rede, atualizando o sistema ou atualizar o sistema.

A interface X2 é dividida nas interfaces X2-c e X2-u, onde a primeira é para o plano de controle e a última é para o plano do usuário. Ambas são originalmente projetadas pelo 3GPP (*3rd Generation Partnership Project* é uma organização de telecomunicações para padronizar arquivos multimídia em telefones celulares e outros aparelhos wireless GSM) para enviar informações entre eNB's de uma rede 4G, ou entre um eNB e um en-gNB de rede 5G. Na documentação da *O-RAN Alliance*, a interface tem os mesmos princípios e protocolos. Na Figura 2, ambas as interfaces X2 vêm de fora da arquitetura, mostrando que estão entrando em outra implantação. As interfaces Xn, NG, F1 e E1 também são adotadas a partir dos padrões 3GPP.

A interface Xn também é dividida em subtipos de controle e de usuário - Xn-c e Xn-u. Eles transferem o controle e as informações do plano do usuário entre os *NodeB's* de próxima geração (gNB's), entre os ng-eNB's (nós 4G capazes de se conectar a um núcleo 5G) ou entre os dois tipos diferentes.

O controle NG e as interfaces do plano do usuário conectam um plano de controle O-CU (O-CU-CP) e o plano do usuário O-CU (O-CU-UP) ao núcleo 5G. As informações do plano de controle vão para a função de gerenciamento de mobilidade e acesso 5G (AMF), que recebe informações de conexão e sessão do equipamento do usuário. As informações do plano do usuário vão para a função do plano do usuário 5G (UPF), que lida com muitos aspectos de roteamento, encaminhamento e tunelamento.

A interface F1, novamente dividida em subtipos de plano de controle e usuário, conecta o O-CU-CP e O-CU-UP ao O-DU. Ele troca dados sobre o compartilhamento de recursos de frequência e outros status da rede. Um O-CU pode se comunicar com vários O-DU por meio de interfaces F1.

A última das interfaces baseadas em 3GPP é a interface E1. Ela conecta os dois usuários O-CU desagregados e planos de controle. Ela transfere dados de configuração e informações de capacidade entre os dois planos O-CU. Os dados de configuração garantem que os dois planos possam interoperar. As informações de capacidade são

enviadas do plano do usuário para o plano de controle e incluem o status do plano do usuário.

O RIC quase em tempo real na arquitetura RAN aberta se conecta ao O-CU, O-DU e O-eNB com a interface E2. Esses elementos combinados formam o nó E2. Um nó E2 só pode se conectar a um RIC quase em tempo real, mas um desses RIC's pode se conectar a vários nós E2. Os protocolos que passam pela interface E2 são apenas protocolos de plano de controle. Os protocolos são para controlar e otimizar os elementos do nó E2 e os recursos que eles usam. Novamente, os dados coletados são retornados ao RIC pela interface.

Verificando, então, os detalhes da arquitetura *OpenRAN*, pode-se afirmar que:

- A sua padronização inclui trabalho em controladores de rede, estruturas de gerenciamento e interfaces que conectam todos os elementos de rede na infraestrutura de rede.
- Os RIC's automatizam a rede.
- Há uma infinidade de interfaces em funcionamento conectando as várias partes da infraestrutura *OpenRAN*, algumas das quais são emprestadas dos padrões 3GPP.

Os principais órgãos de padronização para RAN aberta são a O-RAN *Alliance*, o *Telecom Infra Project*, *Open RAN Policy Coalition* e *Open Networking Forum*, dentre outros.

4.3. Topologias e *splits*

As redes abertas de acesso rádio oferecem a opção de colocar funções de rede em diferentes locais ao longo do caminho do sinal. Essa opção, chamada de *split* funcional, permite que haja otimização de desempenho e adaptações para montagem de diferentes topologias de redes.

Historicamente, as arquiteturas de rede de acesso rádio (RAN) foram baseadas em blocos de construção monolíticos. Essas redes, que cruzam as diferentes gerações de comunicações móveis, continham suas funções nas unidades de banda base (BBUs) na base das torres de rádio. As BBUs demodulam o sinal de RF, convertendo a saída em fluxos de dados digitais para transporte no *backhaul* para a rede central. Com o advento de redes abertas, esta situação está mudando.

Desde as primeiras fases do 5G *New Radio* (NR), tem havido um esforço para desagregar a BBU dividindo suas funções antes presentes na Unidade de Rádio (RU) em Unidades Distribuídas (DUs) e Unidades Centralizadas (CUs). O argumento para a desagregação era a flexibilidade, permitindo que as operadoras de rede decidissem como localizar essas funções e maximizar o desempenho. As implementações de *hardware* e *software* flexíveis permitem implantações de rede escalonáveis e econômicas. Para que a desagregação aconteça, os componentes de *hardware* e *software* devem ser interoperáveis, permitindo que os engenheiros de rede misturem e

combinem essas unidades de diferentes fornecedores. A desagregação também traz vantagens e desvantagens na decisão de qual unidade deve controlar certas operações – a *split* funcional.

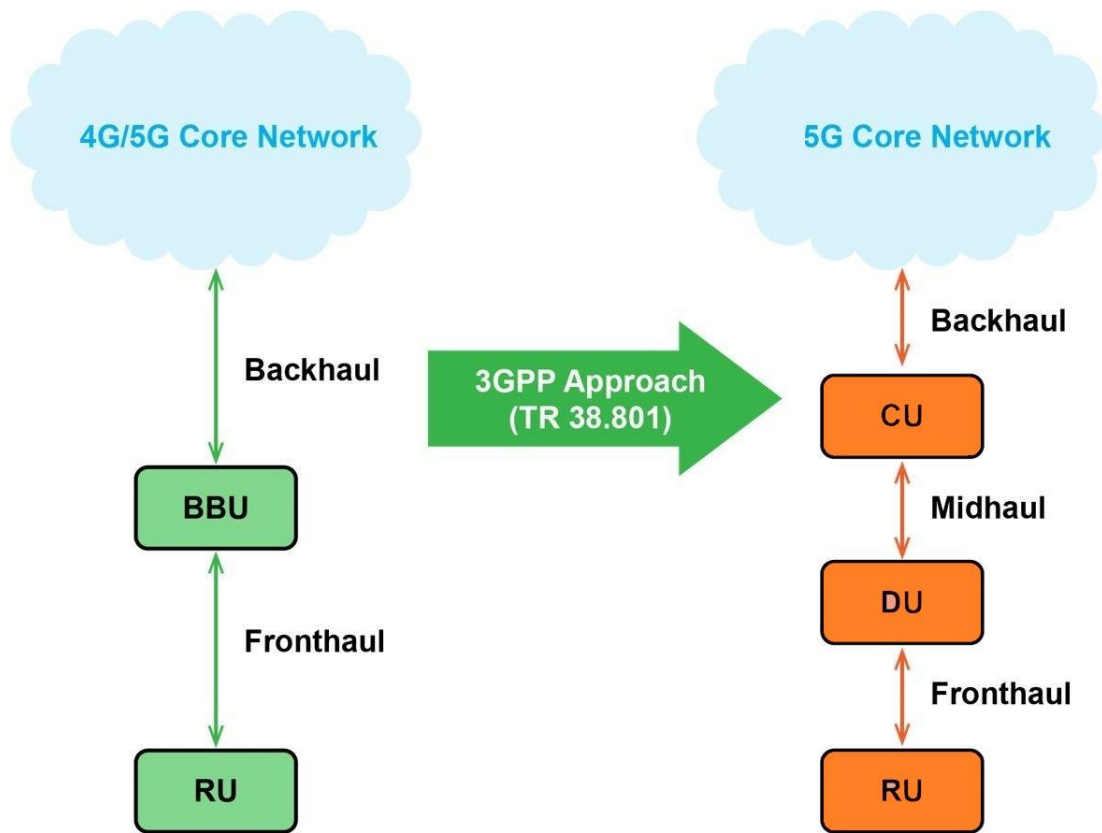


Figura 3 – Segregação da BBU (<https://tinyurl.com/yhx9xf8y>).

Como a *split* de RAN é totalmente virtualizada, as funções de CU e DU são executadas como funções de *software* virtual em *hardware* comercial (COTS) e podem ser implantadas em qualquer *data center*.

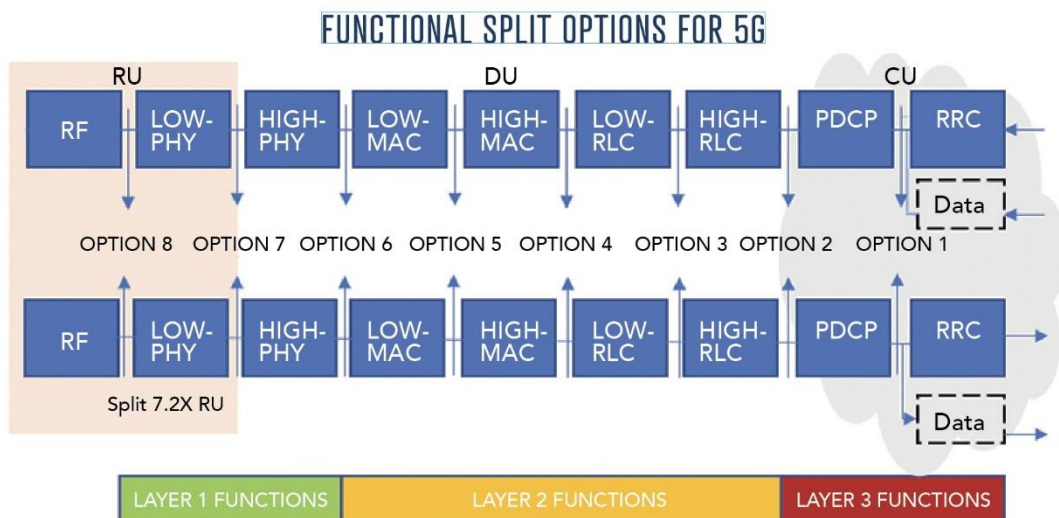


Figura 4 – Opções de *splits* (<https://tinyurl.com/yhx9xf8y>).

Ao centralizar totalmente as funcionalidades da RAN, a opção 8 coloca as mais altas demandas no *fronthaul*, com altas taxas de bits e requisitos de latência estritos. Do outro lado, a *split 1* coloca todo o processamento de banda base dentro da RU, que se torna grande, complexa e requer mais energia do que a RU simplificada da opção 8. As demandas de *fronthaul* da *split 8* são, no entanto, muito mais simples porque toda a pilha de protocolos reside na RU. Isso significa que mais processamento deve ocorrer antes que os dados possam viajar entre RU e CU, levando a taxas de bits muito mais baixas e tolerâncias de latência mais altas no *fronthaul*. As opções de *split* restantes, de 2 a 7, variam no nível de processamento de banda base restante na RU em oposição a ser hospedado na DU e na CU. Quanto maior o índice da *split*, menores serão as demandas no link do *fronthaul*, equilibradas contra os benefícios decrescentes da centralização.

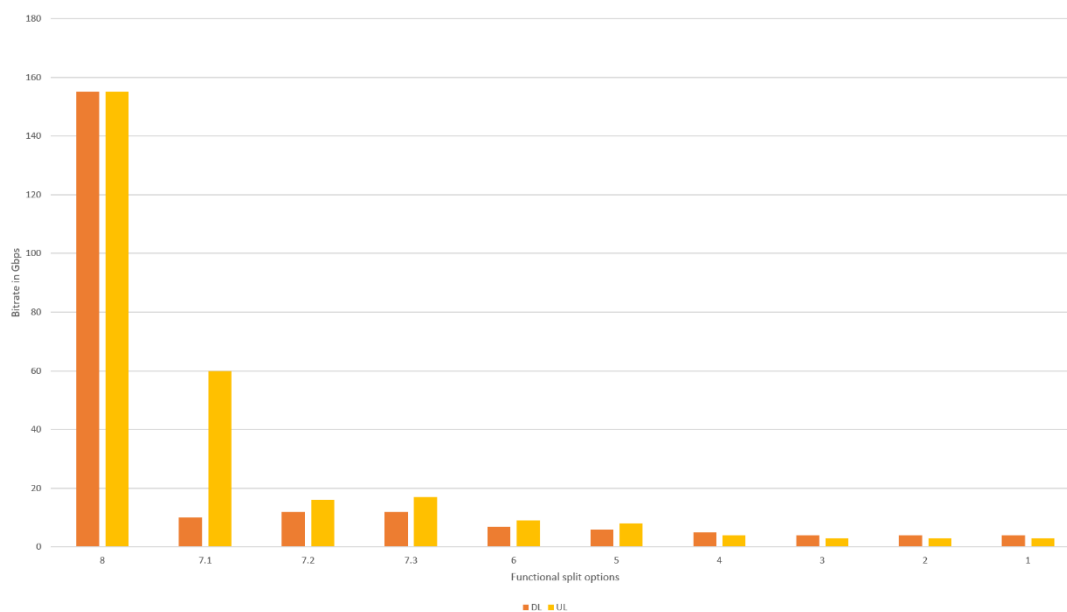


Figura 5 – Taxa de bits no *fronthaul* vs. *splits*
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8479363>.

Não existe uma *split* ideal porque diferentes opções se adequarão a diferentes aplicações. É, no entanto, improvável que a indústria pudesse apoiar todas as oito opções. Para garantir escala e abertura, várias alianças do setor estão trabalhando para obter consenso sobre as melhores opções a serem adotadas. O 3GPP recomenda a opção 2 para aplicações centralizadas, como acesso sem fio fixo (FWA), onde a coordenação do local da célula não é necessária e os requisitos de latência e largura de banda na rede de transporte são menos exigentes.

Ao mesmo tempo, a opção 6 está sendo promovida pelo *Small Cell Forum* (SCF), como a divisão ideal para implantações de baixo custo e baixa capacidade. O SCF desenvolveu especificações para essa *split* conhecida como nFAPI, (API funcional de rede).

Por fim, a O-RAN *Alliance* oferece suporte à opção 7.2 para redes com requisitos de alta capacidade e confiabilidade. Essa *split* funcional permite uma RU relativamente simples, cujo tamanho e consumo de energia suportam a densificação da rede e permitem o compartilhamento por várias operadoras, facilitando o desenvolvimento

do mercado de redes neutras. A capacidade do eCPRI de funcionar em Ethernet é uma vantagem significativa em áreas urbanas e em ambientes internos, como Indústria 4.0 e blocos de escritórios, onde a cobertura 5G será necessária.

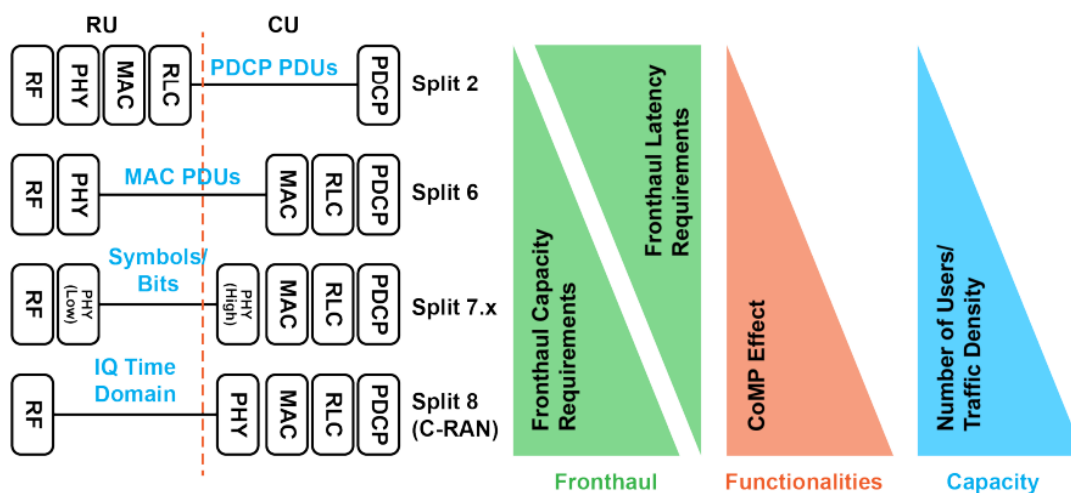


Figura 6 – Tradeoff para diferentes splits (<https://tinyurl.com/yhluuug2>).

CPRI (Common Public Radio Interface, Interface Pública Comum de Rádio) é uma interface que envia dados das RRUs para a unidade de banda base. É serial com uma conexão de alta velocidade. Mas à medida que se avança para 5G, a fibra entre as RRUs e a unidade de banda base vai transportar muito mais tráfego, e isso torna mais difícil fazer uma interface serial. Desta forma surge a eCPRI (enhanced CPRI, CPRI melhorada), que é uma maneira de dividir as funções da banda base e colocar parte dessa funcionalidade na RRU para reduzir a carga sobre a fibra. Salienta-se que a eCPRI, diferentemente da CPRI, é uma interface aberta.

4.3.1. Splits mais recomendadas

A escolha adequada de splits permite o melhor aproveitamento das tecnologias importantes à RAN, em especial *carrier aggregation* e *advanced RAN coordination*, salientando o objetivo geral de otimização de cobertura, capacidade e latência. Outro ponto importante é que a interface eCPRI permite a quebra dinâmica de funções na RAN.

As opções de índices mais altos de splits demandam baixa banda e atraso no transporte menor do que 75 μ s. Já as opções mais baixas permitem melhores coordenação e escalonamento conjunto de aplicações de mobilidade, permitindo o *interworking*.

Split 2: Divisão RRC / PDCP. O controle de recursos de rádio e o controle de convergência de pacotes de dados são separados do controle de enlace de rádio da camada 2 (RLC). Como explicitado antes, o 3GPP recomenda a opção 2 para aplicações centralizadas, que pode ser implantada em duas variantes:

- Variante 1: RRC, protocolo de adaptação de dados de serviço (SDAP) e PDCP na mesma unidade central de uma entidade; nenhum controle e divisão de usuário. O RLC, o controle de acesso ao meio (MAC) e a camada física alta (*High PHY*) farão parte do DU, e a camada física baixa (*Low PHY*) junto com o RF estão no RU.
- Variante 2: Além da Variante 1, esta *split* vem com controle e divisão de usuário como em um CU-CP e CU-UP. O RRC junto com o PDCP-C fará parte do CU-CP e o SDAP / PDCP-U será associado ao CU-UP.

A *split 2*, que se adequa, por exemplo, a acesso fixo sem fio, permite inserir mais funções no rádio, agregando RU e DU, relaxando o requisito de atraso sobre transporte, sendo possível estender o *fronthaul* em quilômetros e economizar banda, sendo aplicável, por exemplo, em redes rurais.

Os casos de uso ideais da *split 2* incluem cenários onde uma baixa taxa de bits é necessária para ser transportada por um *fronthaul* menos ideal, onde maior segurança e resiliência são obtidas pela separação entre plano de controle e plano de usuário. Suas vantagens mais importantes são criptografia e integridade centralizada e coordenação aprimorada de procedimentos de mobilidade e transferência de sessão. Esta divisão traz o PDCP centralizado no plano de usuário, que pode ser separado do RRC / RRM no plano de controle, portanto, é altamente tolerante à latência. Permite ganhos de *beamforming*, embora não tenha coordenação eficiente entre várias DUs, ou seja, a coordenação não é rápida o suficiente para aplicativos de baixa latência. Oferece apenas ganhos marginais de multiplexação no *pool* de CU porque a maioria das funções críticas está na DU, que pode ser parte da implantação do *site* ou próximo à célula, como em um *data center* local.

Split 6: Divisão da camada MAC / PHY. O MAC, RLC e camadas superiores farão parte da unidade central (CU). Não há divisão *Low PHY / High PHY*; em vez disso, a pilha completa da camada PHY e RF estão no DU / RU. A interface nFAPI na *split 6* permite que qualquer CU / DU *Small Cell* se conecte a qualquer unidade de rádio *Small Cell* (S-RU).

A *split 6* é mais adequada para implantação de *small cells* tipo *fem-to-cell*, bem como onde *backhaul* e *fronthaul* heterogêneos com desempenho variável estão disponíveis e são necessários para atender a diferentes *small cells*. Em comparação com a *split 7,2x*, a opção 6 mostra desempenho inferior em *cell-edge user throughput* e *average cell throughput*. Vem com redução significativa da largura de banda do *fronthaul* em comparação com a opção 7,2x.

Split 7.2x: A divisão *Low PHY / High PHY* é a abordagem mais comum, pois é menos complexa e oferece suporte a vários requisitos de *fronthaul* e, o mais importante, tem altos benefícios de virtualização. Essa *split* foi otimizada pela O-RAN Alliance em duas variantes: *split 7.2a* e *split 7.2b*. A *split 7.2x* vem com técnicas de compressão de *fronthaul* para reduzir ainda mais a largura de banda de transporte. No caso de requisitos para serviços mais sensíveis a atrasos, com base na disponibilidade de *fronthaul* apropriada, a divisão MAC-PHY será a solução preferida, como em áreas densas e urbanas. A camada física possui aplicações que exigem muitos recursos, a

deixando pesada. Assim, a *split 7.2*, como as demais subopções 7, reduz a banda necessária para transporte, sendo aplicável a *Massive MIMO*.

A *split 7.2* se aplica em situações em que um *fronthaul* ideal é possível para URLLC (*Ultra-Reliable Low-Latency Communication*, Comunicação Ultra Confiável de Baixa Latência) e *carrier aggregation*, com presença de eCPRI para implantação com *data centers* locais virtualizados. Ela oferece suporte a casos de uso em que a utilização eficiente de recursos de multi-RAT e multi-conectividade é necessária. Suporta “multi-TRP”, recepção conjunta, agregação de múltiplas operadoras e recursos semelhantes que precisam de baixa latência. A principal restrição nesta abordagem é o requisito rigoroso de alta latência por causa das interações de temporização no *subframe* entre parte da camada PHY na CU e parte da camada PHY nas DUs. O *fronthaul* precisa atender a certas QoS para garantir a prioridade para dados críticos de tempo.

Split 8: Divisão PHY-RF. Esta divisão definida pelo 3GPP foi considerada anteriormente em *designs* tradicionais baseados em C-RAN, incluindo CPRI que suporta RRUs, mas ainda oferece benefícios para 5G em alguns casos específicos. Essa divisão permite a separação completa da RF da camada física para ganhos máximos de virtualização. Tudo, desde a camada física até a camada superior, incluindo todos os níveis da camada de protocolo, é centralizado, resultando em uma RAN fortemente coordenada. Isso permite o suporte eficiente de recursos 5G avançados que exigem latência extremamente baixa, como transmissão e recepção de TRP múltiplo, MIMO de alta ordem e alta diversidade para tráfego semelhante a URLLC. A *split 8* é altamente eficaz em 2G e 3G, onde as taxas de tráfego são mais baixas e, portanto, o processamento em si, a princípio, é mais baixo e pode ser feito facilmente em um servidor x86, permitindo que as operadoras usem RUs com custo otimizado com o mínimo processamento.

Já para aplicações que demandam baixíssimo atraso, tais como mMTC (*massive Machine-Type Communications*, Comunicações maciças do Tipo Máquina) e URLLC, que envolve redes com aplicações IoT e Indústria 4.0, pode-se utilizar *Double Split*, combinando-se uma *split* de mais baixa ordem com outra mais alta e, assim, garantir com que o *backhaul* tenha atraso de 1 a 10 ms.

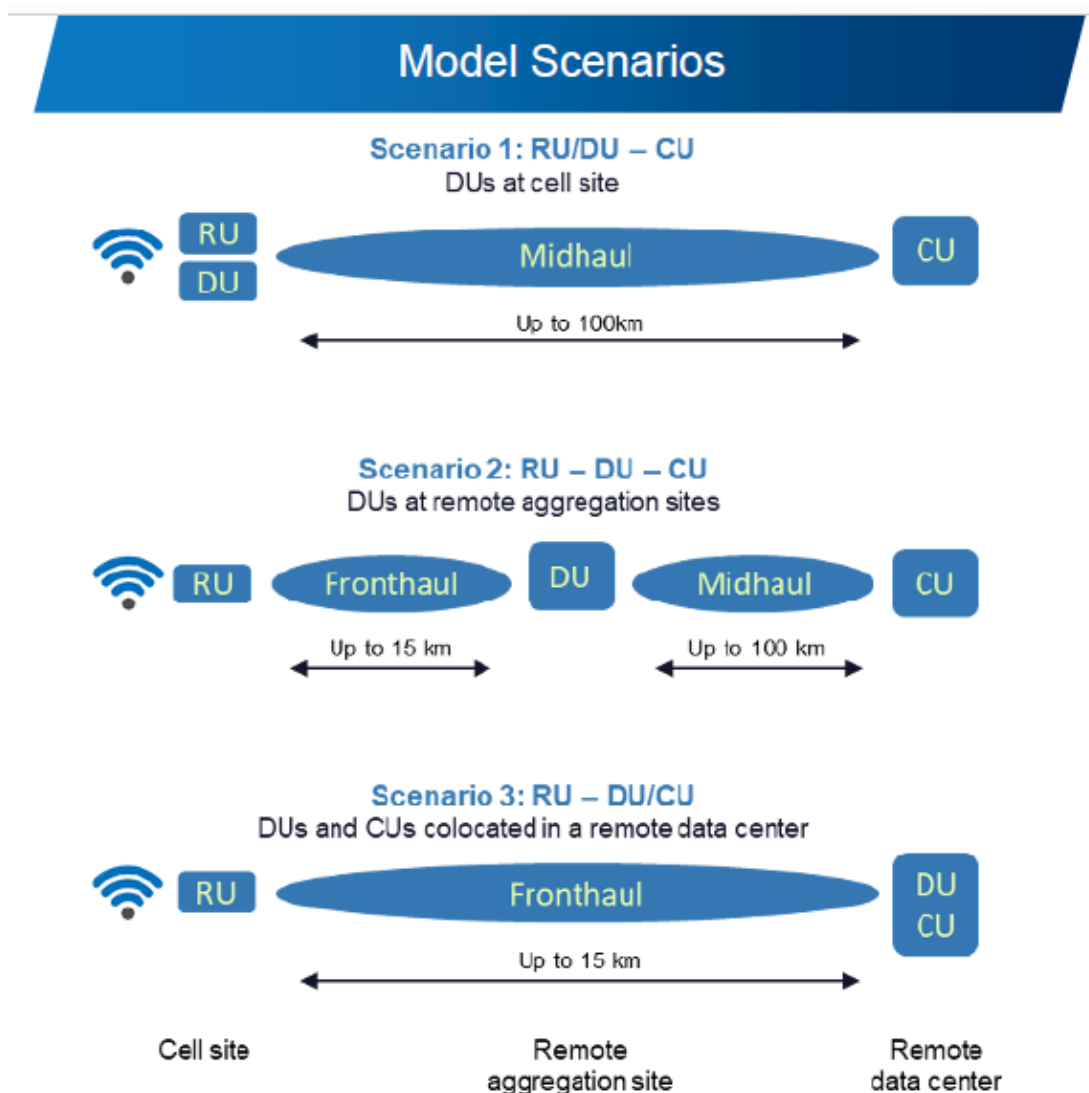
4.3.2. Topologias

Com as diferentes *splits* possíveis, é possível às operadoras montarem suas redes de diversas formas, considerando diferentes necessidades. Um dos aspectos relevantes ao se projetar uma rede é o *tradeoff* entre transporte e localização. Uma maneira de se verificar qual topologia se enquadra em cada necessidade é comparar o TCO (*Total Cost of Ownership*, Custo Total de Propriedade) em redes com diferentes custos de transporte. Para a comparação das diferentes topologias, serão considerados três cenários¹⁶:

- Cenário 1 – topologia distribuída. DU e RU remotos ligadas à CU pelo *midhaul*;

¹⁶ “OpenRAN: Which OpenRAN is best for you?” Copyright © 2021 Mavenir, Inc. and Senza Fili Consulting LLC. All rights reserved.

- Cenário 2 – topologia parcialmente distribuída. As três unidades segregadas;
- Cenário 3 – topologia centralizada. DU e CU no *data center* conectadas à RU pelo *fronthaul*.



Source: Senza Fili, Mavenir, HFR Networks

Figura 7 – Topologias possíveis.

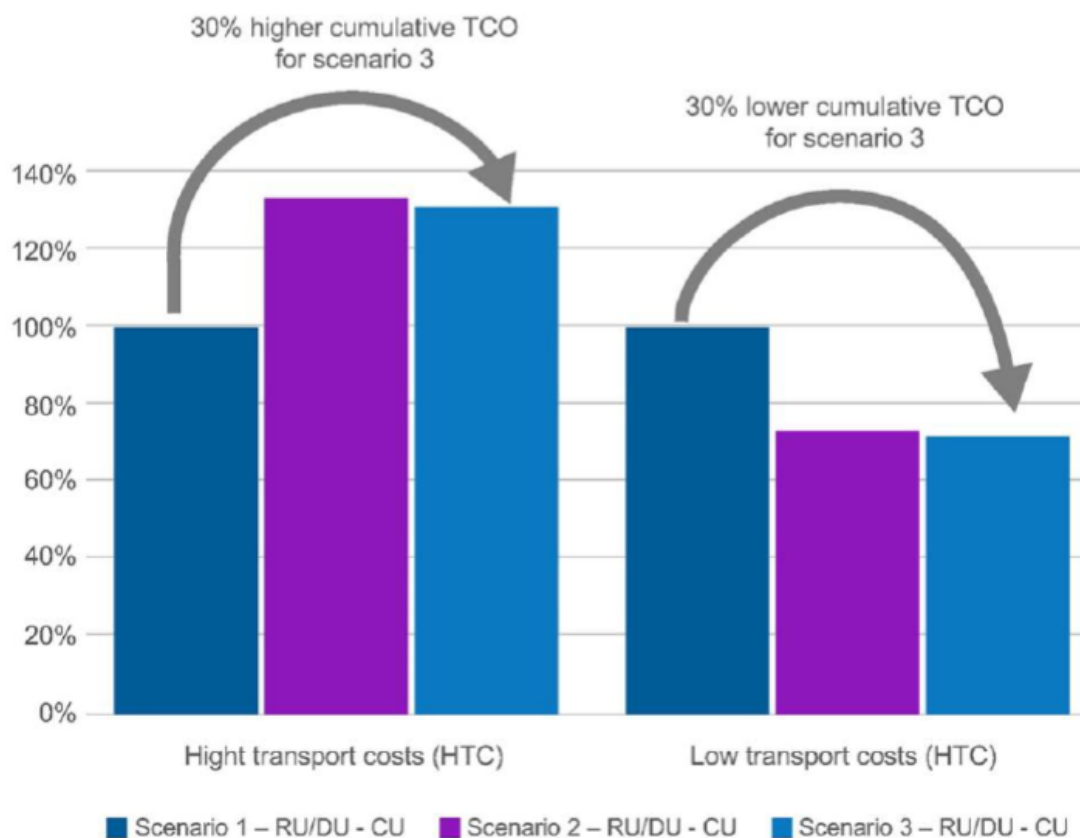


Figura 8 – TCO vs. custos de transporte.

Com *OpenRAN*, as operadoras, ou redes, com HTC (*High Transport Costs*, Altos Custos de Transporte) podem economizar 30% em cinco anos, se usarem uma topologia distribuída com a DU no local da célula, em vez de uma topologia centralizada com DU e CU em locais remotos. Para operadoras, ou redes, com LTC (*Low Transport Costs*, Baixos Custos de Transporte) uma topologia centralizada pode economizar 30% comparando com uma topologia distribuída.

É mais provável que HTC se aplique a uma operadora móvel *brownfield* que não possui a rede de transporte e tem que pagar preços de mercado por ela. O caso LTC é mais típico de uma operadora que possui uma rede de transporte e, portanto, baixo custo com essa parte da infraestrutura. Como a única diferença entre HTC e LTC é o custo de transporte, o TCO para o caso HTC é maior.

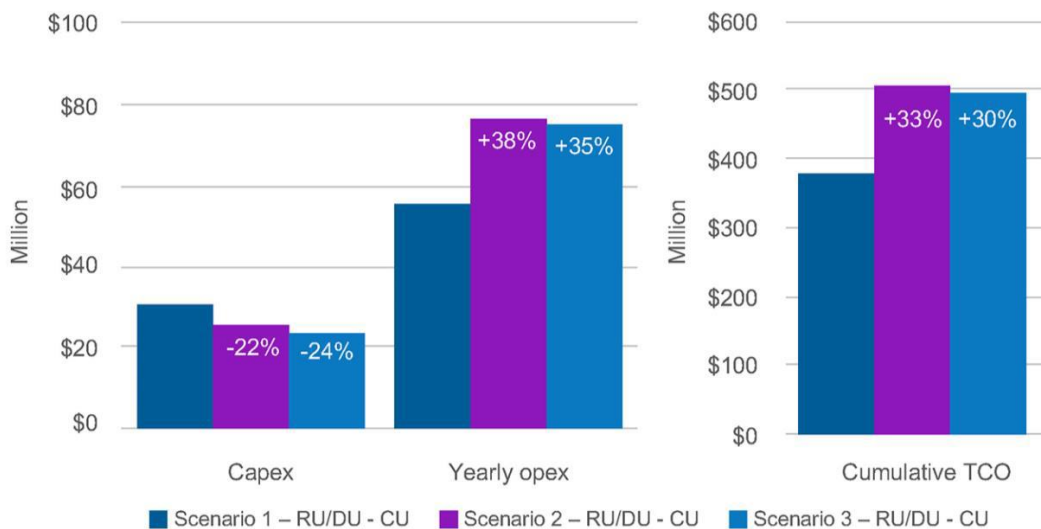


Figura 9 – Capex, Opex e TCO vs. custos de transporte para HTC.

Para o caso HTC (Figura 9 – Capex, Opex e TCO vs. custos de transporte para HTC.), os custos mais altos de instalação de mais equipamentos nas estações de células dão ao cenário 1 o maior Capex (*Capital Expenditure*, Despesas de Capital). No entanto, os requisitos de transporte mais baixos no cenário 1 reduzem o Opex (*Operational Expenditure*, Despesas Operacionais) geral em comparação com os cenários 2 e 3.

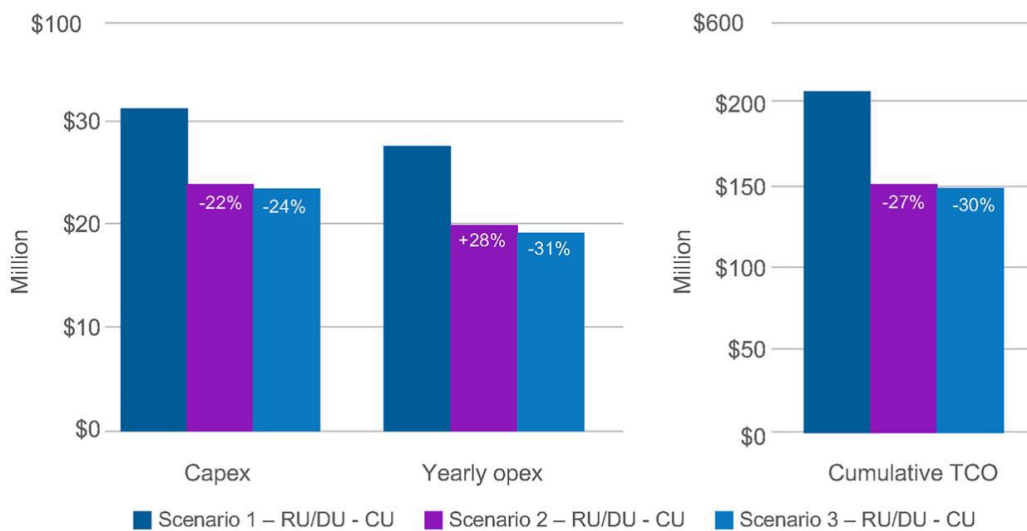


Figura 10 – Capex, Opex e TCO vs. custos de transporte para LTC.

Para a situação LTC, as diferenças percentuais no Capex entre os cenários são as mesmas do caso HTC. Como no HTC, um custo de equipamento de local de célula mais baixo favorece os cenários centralizados 2 e 3. Os custos de transporte mais baixos impulsionam a maior parte da redução de Opex. Economias adicionais em Opex vêm do menor custo de concentração do Capex de DU e CU em locais remotos.

4.3.3. OpenRAN e soluções customizadas

Identificando corretamente a melhor topologia para alguma aplicação específica, é possível alcançar parâmetros até melhores do que encontrados em redes monolíticas. Alguns KPIs¹⁷ alcançados em redes já instaladas, considerando diferentes tecnologias como 4G, 5G, TDD, FDD, e em diferentes aplicações como subúrbios, áreas densas, áreas rurais, indústria e outras são mostrados a seguir:

- LTE call setup 99,3%
- VoLTE call setup 99,5%
- CSFB 100%
- HO success rate 99%
- Downlink throughput @ 15 MHz 90Mbps
- Uplink throughput @ 15 MHz 40Mbps
- LTE call drops 0,17%
- VoLTE call drops 0,3%

a) Cenário 1

A agregação da RU com a DU, mantendo a CU em um ponto remoto, permite a conexão destes dois pontos através do *midhaul* em até 100 km. Compatível com a *split 2*, este cenário pode ser aplicado onde se encontra um *fronthaul* menos ideal, onde maior segurança e resiliência são obtidas pela separação entre plano de controle e plano de usuário. Suas vantagens mais importantes são criptografia e integridade centralizada e coordenação aprimorada de procedimentos de mobilidade e transferência de sessão. Como já detalhado, tem aplicações especialmente em áreas rurais, o que para operadoras que precisam contratar redes de transporte de terceiros, pode representar economia de até 30% de TCO. Este cenário poderia ser favorável a expansão da rede em *greenfield* por ISP's (*Internet Service Providers*, Provedoras de Internet), PPP's (Prestadoras de Pequeno Porte) e operadores de redes neutras.

O cenário 1 para o caso HTC traz economias de Opex da ordem de 30%, reforçando sua aptidão para redes *greenfield*, por mais que o Capex para esta situação seja menos favorável.

b) Cenário 2

A segregação dos três elementos de rede, RU, DU e CU em *sites* diferentes é compatível com *double split*, ou seja, a utilização de uma *split* de ordem mais baixa com uma de ordem mais alta. É um cenário favorável a PMS's (operadoras detentoras de poder de mercado significativo) que possuem sua rede de transporte bem estabelecida

¹⁷ Open RAN Summit, em <https://onlinexperiences.com/Launch/Event.htm?ShowKey=163825>

no *brownfield* e em aplicações em que a latência é um KPI essencial. Assim como no cenário 3, sua aplicação permite reduções de TCO da ordem de 30% para operadoras com baixo custo de transporte. Ambientes que podem se aproveitar deste cenário são Indústria 4.0 e zonas urbanas densas.

Conforme Figura 9 – Capex, Opex e TCO vs. custos de transporte para HTC. e Figura 10 – Capex, Opex e TCO vs. custos de transporte para LTC., percebe-se que os benefícios de Capex e Opex se estendem para o caso LTC quando aplicado ao cenário 2, reforçando a predisposição desta topologia a regiões com grande adensamento.

c) Cenário 3

A *split* 7.2, conforme explicitado no item *SPLITS* MAIS RECOMENDADAS, reduz a banda necessária para transporte, sendo aplicável a *Massive* MIMO e URLLC, o que permite utilização com baixa latência, como na indústria 4.0 e redes privadas, compatíveis com o cenário 3 da Figura 7 – Topologias possíveis. Nesta montagem, a distribuição de interfaces, containerização e virtualização permite economias na ordem de 40% de TCO em cinco anos sobre RU, DU e CU¹⁸. Esta topologia é compatível com atualizações de redes das PMS's em suas áreas mais densas.

Também se valendo deste cenário as PMS's podem formatar redes *small cell* por meio da *split* 6, da mesma maneira alcançando economias de TCO de cerca de 40%.

Do ponto de vista de Capex, o cenário 3 tem vantagem de economia da ordem de 20%, seja para prestadoras com baixos ou altos custos de transporte, porém para Opex esse benefício se mantém para o caso LTC, reforçando sua consagração para redes *brownfield*, conforme Figura 9 – Capex, Opex e TCO vs. custos de transporte para HTC. e Figura 10 – Capex, Opex e TCO vs. custos de transporte para LTC.

5. ETAPA 1 – MAPEAMENTO

Na etapa de mapeamento, o foco recai na imersão sobre as temáticas nucleares do projeto, com vistas ao delineamento conceitual, à consciência situacional e à compreensão dos elementos constituintes do problema de pesquisa. Inicia-se abrangendo a definição do problema em si, a fundamentação teórico-conceitual, as expectativas das partes interessadas, as outras soluções tecnológicas já disponíveis e as implicações do *OpenRAN* para a indústria e o mercado de telecomunicações.

Esse processo de descoberta de conhecimento é realizado por meio da imersão aos eixos temáticos, identificando várias perspectivas presentes e situações particulares que fazem parte dos diferentes contextos e domínios que se encerram na implementação do *OpenRAN*.

Ao longo do mapeamento, as equipes de pesquisadores se aproximam do domínio do problema e esclarecem os eixos temáticos, além de dimensionar o alcance das linhas de

¹⁸ *Open RAN Solutions Showcase – Day 2*, em <https://www.youtube.com/watch?v=f0llo44j8mA&t=13055s>

base das pesquisas. Inicia-se com pesquisas e levantamento de artefatos de informação básicos sobre os eixos temáticos.

Por fim, as equipes de pesquisa ampliam os horizontes de estudo para poder explorar os contextos histórico, tecnológico, regulatório e mercadológico. Visa, portanto, encontrar todos os pontos de partidas que podem gerar insights para a continuidade do projeto de pesquisa básica em curso.

5.1. TED

Nesse sentido, a CEATEL iniciou a elaboração de termo de execução descentralizada a ser fechado com instituição de pesquisa federal para que analise academicamente e consolide os avanços sobre o *OpenRAN* em onze estudos que perpassam os eixos tecnológico, econômico e regulatório, que terá como vigência o prazo de 30 meses.

5.2. GT *OpenRAN*

Em 31/03/2021 ocorreu a primeira reunião GT *OpenRAN* que tem por objetivo acompanhar os projetos de de tal tecnologia no Brasil e propor eventuais ações regulatórias. O evento contou com mais de 100 participantes, dentre representantes do Ministério das Comunicações, da Anatel, prestadoras, fabricantes, laboratórios e associações representativas, sendo que muitos realizaram apresentações sobre as principais iniciativas que vêm desenvolvendo relativas à *OpenRAN*. Diante das apresentações realizadas na reunião inaugural, a equipe técnica da Anatel passou a ouvir os projetos de forma individualizada, sendo já realizados mais de 20 reuniões entre a Anatel, operadoras, laboratórios, universidades, institutos e fabricantes.

Em 16 de junho de 2021 realizou-se a segunda reunião do GT, onde se pontuou que neste momento deve-se priorizar autorregulação regulada, bem como o incentivo de aplicação de recursos de P&D em projetos afetos à *OpenRAN*.

5.3. Das reuniões do GT Técnico e projetos que serão acompanhados

Ocultado por informações técnicas de empresas (art. 39, § único, da lei nº 9472/1997).

5.4. Questões levantadas por *players* nas reuniões bilaterais

Entre as questões levantadas nas reuniões já realizadas, salienta-se:

A arquitetura *OpenRAN* ainda não está madura para utilização em larga escala. Os *players* estimam períodos diferentes para a maturação, em geral de dois a cinco anos. Entre os pontos críticos para o pleno desenvolvimento da arquitetura, foi mencionado o aumento da complexidade devido à desagregação, a falta de experiência das operadoras em integrar seus sistemas e a inexistência de RICs em pleno funcionamento e automação. Além disso, há soluções com alto custo computacional e outras nem tanto, o que pode causar um descompasso no desenvolvimento da arquitetura. De qualquer

maneira, orquestração e inteligência (ainda incipientes) no ambiente *OpenRAN* com compartilhamento de portadora talvez viabilize um RAN *sharing* mais intenso.

O dimensionamento de infraestrutura ainda é uma incógnita, com o foco direcionado em um primeiro momento a redes rurais e de baixa densidade.

A segurança da rede é um ponto controverso, pois alguns players afirmam que a abertura preconizada pela *OpenRAN* permitirá que as redes sejam mais fiscalizadas por mais entidades e fornecedores, já outros alegam que a virtualização permite uma maior superfície de ataque. Foi também salientado que a arquitetura aberta não oferece riscos diferentes de uma arquitetura tradicional, uma vez que os ataques em geral não são através da estrutura de telecomunicações da rede, mas sim da internet.

Outro ponto bastante discutido foi a necessidade de adequações ao modelo de certificação e homologação de equipamentos. Uma vertente levantada é a necessidade de se criar um selo *OpenRAN*, a fim de se garantir a interoperabilidade das redes. Outra é que não seria necessário alterações no modelo de certificação atualmente vigente, uma vez que entidades como *ORAN Alliance* e *3GPP* estabelecem padrões que são respeitados pelos *players*. Salienta-se também que foi discutido a possibilidade de que a necessidade de se seguir padrões de entidades internacionais pode criar barreiras de entrada a novos *players*. Outras propostas envolviam certificação de *software* e de módulos que combinem *hardware* e *software* devido à desagregação entre os mesmos. Possíveis atualizações poderiam alterar inclusive características de emissão radioelétrica.

Interoperabilidade e integração demandam segurança e pré-validação. Para isso, é necessário padronização, o que levaria também a redução de custos e garantia de atualizações durante a vida útil da rede, o que se reverte em qualidade na prestação do serviço. Essa padronização precisa ser estabelecida também entre RAN, core e dispositivos.

Expansão da rede atual por meio de soluções *Non Stand Alone* talvez cause inibição a adoção de soluções *OpenRAN Stand Alone* pois esta segunda pode não ter um desempenho tão bom a princípio, especialmente enquanto as redes abertas ainda não tiverem sido maturadas, fazendo com que as operadoras decidam por usar a primeira solução quando da expansão e atualização das redes previamente instaladas.

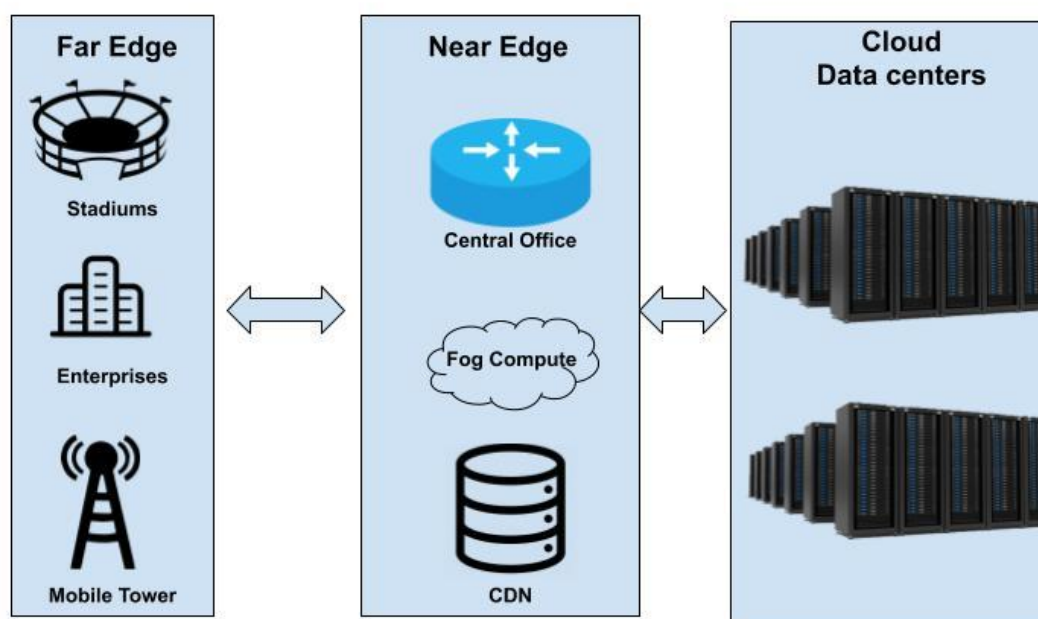
Por mais que haja a posição de alguns participantes do GT que não é necessário obrigações ou incentivos por parte do poder público para adoção da *OpenRAN* pelo mercado, houve manifestações para que haja políticas públicas de fomento para a tecnologia ser disseminada no país. Foi dito que os custos de importação de *hardware* são altos e que, por isso, seria interessante haver uma cadeia produtiva no país, o que hoje é difícil devido à competição com grandes fornecedores internacionais, sem contar que, hoje, o *hardware* COTS disponível para implantação de redes abertas não é barato e não suporta as demandas de rede que são suportadas por equipamento proprietário. Além deste ponto, citou-se a necessidade de capacitação de integradores nacionais devido a dificuldades de trabalhar com grandes fornecedores que focam em mercados mais maduros. Quanto a *software*, os participantes do GT em geral entendem que o Brasil tem condições de fornecer as soluções necessárias.

Há membros do GT que entendem que a arquitetura *OpenRAN* deve focar na padronização de interfaces, o que seria suficiente para garantir uma maior competição entre fornecedores. Outros entendem que é necessário que a arquitetura seja realmente aberta, usando, por exemplo, softwares de código aberto.

Capacitação do corpo técnico, tanto das operadoras quanto das fornecedoras, demandará muito investimento, o que ainda não foi mensurado. A arquitetura de redes abertas quebra o paradigma da existência de um responsável por toda a estrutura, talvez sendo necessário maiores equipes para identificação e correção de falhas, por exemplo. Porém, a padronização tende a diminuir esses e outros custos.

Necessidade de associação a entidades de padronização *OpenRAN* poderia criar barreira para novos entrantes.

ORAN Alliance trabalhará na arquitetura *split 7.2* – arquitetura de baixo nível (*low-level*) para comunicação ultra-confiável de baixa latência (*low-level split for ultra-reliable low-latency communication* – URLLC) e desenvolvimento *near-edge* (Figura 3).



Source: www.thetech.in

Figura 11 – *Near-edge deployment* (<https://tinyurl.com/yfhcjad6>).

5.5. Segurança

Duas visões com relação a segurança de rede foram expostas. A primeira que entende que a padronização e a existência de vários players são suficientes para garantir a segurança. A segunda entende que a existência de mais interfaces do que as atualmente padronizadas pelo 3GPP e a exposição dessas interfaces, especialmente em sites remotos, podem prejudicar a segurança.

5.6. Ações a serem propostas e em andamento pelo Governo Federal

Gestores do Funttel se comprometeram em avaliar a possibilidade de incluir desenvolvimento de equipamentos *OpenRAN* dentro das previsões de recurso do fundo.

Há estudos para se utilizar os recursos advindos da Lei da informática (aplicar 4% da receita em P&D) e colocar dentre os focos o desenvolvimento de equipamentos ou *softwares* de rede aberta.

Há também iniciativas que estão pensando para a capacitação de profissionais para o aperfeiçoamento e treinamento de recursos humanos.

6. CONCLUSÃO

O tema *OpenRAN* é considerado de muita relevância, haja vista os potenciais benefícios resultantes da sua adoção à economia global e do país, tais como aumento da competitividade com a entrada de novos *players* e provável diminuição dos custos ao mercado como redução de Capex, Opex e TCO, incentivando a inovação tecnológica do setor e o incremento da indústria nacional, benefícios estes que podem ser repassados ao usuário final.

Apesar de ainda não ter atingido a maturidade para operação em larga escala, tal ponto deve ser alcançado em até cinco anos, quando operadoras poderão economizar 30 a 40% em TCO, assim como cerca de 30% em Capex e Opex.

Salienta-se que o trabalho do GT *OpenRAN* continua e tem previsão de manter o acompanhamento das ações e estudos do mercado sobre o tema no próximo ano a fim de confirmar os dados e informações ora levantados.

ANEXO I

DEFINIÇÕES:

SA – *Standalone Architecture*: infraestrutura 5G de ponta a ponta na rede.

NSA – *Non-Standalone Architecture*: núcleo da rede compartilha infraestrutura 4G já instalada.

FR1 – *Frequency Range 1*: frequências até 4700 MHz.

FR2 – *Frequency Range 2*: frequências acima de 24 GHz (ondas milimétricas).

OTA – *Over The Air*: medições de forma radiada



Agência Nacional de Telecomunicações