



## **PROJETO OPENRAN@BRASIL – FASE 1**

### **META 2 - CONSTRUÇÃO DO TESTBED**

#### **Relatório da Atividade:**

#### **A2.1 – PLANEJAR O TESTBED**

MAIO

2022

## Lista de Figuras

Figura 1. Versão inicial do testbed OpenRAN@Brasil.....	7
Figura 2. Divisão dos grupos temáticos e composição de seus membros. ....	8
Figura 3. Plano de Implantação – A. ....	10
Figura 4. Plano de Implantação - B. ....	11
Figura 5. Visão do Rack do Testbed OpenRAN@Brasil – Site RNP .....	12
Figura 7. A primeira versão da arquitetura do testbed nos Sites RNP (a) e CPQD (b).....	14
Figura 8. Topologia física dos sites RNP (a) e CPQD (b).....	16

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
1.1. <b>Objetivos do Relatório .....</b>	<b>5</b>
<b>2. PLANEJAMENTO DO TESTBED .....</b>	<b>5</b>
2.1. <b>Definição dos Requisitos e Escolha dos Locais de Implantação .....</b>	<b>10</b>
2.1.1. RNP .....	10
2.1.2. CPQD .....	12
2.2. <b>Licenciamento do Espectro de Frequência .....</b>	<b>13</b>
2.3. <b>Definição da Arquitetura e Topologia Física .....</b>	<b>13</b>
2.4. <b>Interconexão Física dos Múltiplos Sites .....</b>	<b>17</b>
<b>3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>17</b>
<b>4. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
<b>5. HISTÓRICO DE ALTERAÇÕES DO DOCUMENTO CONSOLIDADO .....</b>	<b>18</b>
<b>6. EXECUÇÃO E APROVAÇÃO .....</b>	<b>19</b>

## 1. Introdução

Na última década, as infraestruturas de rede se desenvolveram seguindo uma forte tendência em direção ao software em ambiente de nuvem, o que traz enormes benefícios, assim como diversos desafios. A softwarização facilita a programabilidade dos elementos de rede assim como a virtualização dos seus recursos, permitindo a alocação dinâmica e o particionamento da rede em fatias logicamente isoladas. Por sua vez, tais características impulsionam o desenvolvimento de componentes de software, principalmente controladores e orquestradores, que permitem gerenciar o ciclo de vida dessas fatias de rede, assim como das aplicações e serviços a elas associadas, de forma totalmente programática. Essa orquestração quando realizada de forma completamente automatizada facilita enormemente a operação unificada da infraestrutura de rede, aumentando a flexibilidade, diminuindo a complexidade, reduzindo custos e evitando erros humanos. Essa softwarização foi impulsionada pelo surgimento do paradigma SDN (*Software-Defined Networking*).

Inicialmente, o conceito de SDN foi aplicado ao domínio de pacotes em ambiente de data center, sendo o protocolo OpenFlow a primeira interface proposta e padronizada para a programabilidade do plano de dados dos equipamentos. Recentemente, o conceito de SDN vem também sendo aplicado aos domínios óptico e sem fio nas redes de comunicações das prestadoras de serviços, permitindo a um controlador SDN orquestrar elementos da rede óptica, tais como transponders, comutadores ópticos, amplificadores, etc., além de elementos em redes sem fio (tal como é o caso das redes baseadas na arquitetura OpenRAN). Para que isso seja possível, os equipamentos devem ser programáveis, permitindo que suas configurações sejam alteradas dinamicamente através de uma determinada interface. Essa programabilidade aliada à flexibilidade das redes ópticas elásticas atuais permitem otimizar o uso de recursos tais como o espectro de frequências ópticas e rádio, aumentando a capacidade dessas redes.

O projeto tem como objetivo a pesquisa e o desenvolvimento de software para a construção de uma plataforma de código aberto para o controle e gerenciamento de infraestruturas de rede programáveis compostas por equipamentos abertos e desagregados, ou seja, construídos a partir da integração de múltiplos componentes fornecidos por diferentes fabricantes de hardware e software. Por isso, a necessidade de construção de um testbed baseado nessas tecnologias é imprescindível para o oferecimento de um playground de recursos para experimentadores e para a execução dos casos de uso previstos no projeto.

No contexto da execução do projeto, a Meta 2 define os locais físicos onde serão dispostos os equipamentos, e o desenho da topologia física completa do testbed. Além disso, nesta meta, os equipamentos que compõem o testbed serão especificados, adquiridos, instalados, configurados e testados nessas diferentes localidades. Adicionalmente, os equipamentos de diferentes locais físicos serão interconectados, formando um único testbed. As atividades previstas para esta meta estão dispostas abaixo:

- Atividade 2.1 – Planejar o Testbed
- Atividade 2.2 – Especificar e Adquirir os Equipamentos
- Atividade 2.3 - Implantar e Validar o Testbed
- Atividade 2.4 - Implantar os Sistemas de Gerenciamento do Testbed

Este relatório corresponde ao primeiro entregável do Projeto Open-RAN@Brasil desenvolvido em parceria entre a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Além desta seção introdutória, este relatório é organizado em mais duas seções. Na Seção 2, tem-se as descrições de todas as tarefas relacionadas ao planejamento do testbed. Estas estão divididas como subseções desta mesma seção, ou seja, as definições dos requisitos, o levantamento e a preparação da implantação, o licenciamento do espectro de frequência para as antenas 5G e OpenRAN, a definição da arquitetura e topologia física e a interconexão física dos múltiplos sites. Por fim, a Seção 3 apresenta as conclusões e recomendações.

## 1.1. Objetivos do Relatório

O objetivo deste relatório é apresentar os resultados das atividades estipuladas na Meta 2. De acordo com o cronograma do projeto, descrito na PU (Projeto de Utilização), para este período está previsto a entrega dos resultados da Atividade 2.2 (“Planejar o Testbed”) que descreve a execução das seguintes tarefas:

- i. Definição dos requisitos com relação aos locais físicos onde serão instalados os equipamentos do testbed, tais como espaço em rack necessário, disponibilidade de fornecimento de energia elétrica, disponibilidade de fibras apagadas, refrigeração, facilidade de instalação de redes sem fio de pequena e larga cobertura e equipe de operação e manutenção, dentre outras;
- ii. Escolha dos locais que atendem aos requisitos levantados;
- iii. Levantamento e preparação da infraestrutura necessária nos locais escolhidos para receber os equipamentos do testbed (passagem de cabos, montagem de rack, fixação de antenas e testes de cobertura da rede sem fio);
- iv. Requisição para uso de espectro de frequência junto à Anatel;
- v. Definição da arquitetura e da topologia física completa do testbed para atender aos requisitos levantados e dar o suporte necessário aos casos de uso inicialmente definidos;
- vi. Interconexão física (e/ou virtual) das múltiplas localidades do testbed; e outras.

Portanto, este relatório vai fazer o resumo das atividades desenvolvidas pelos colaboradores internos e externos atuantes no projeto. Nem todos os pontos definidos no planejamento destas atividades foram desenvolvidos neste período atual de execução, porém, após a finalização dos mesmos, estes estarão presentes em outros relatórios.

## 2. Planejamento do Testbed

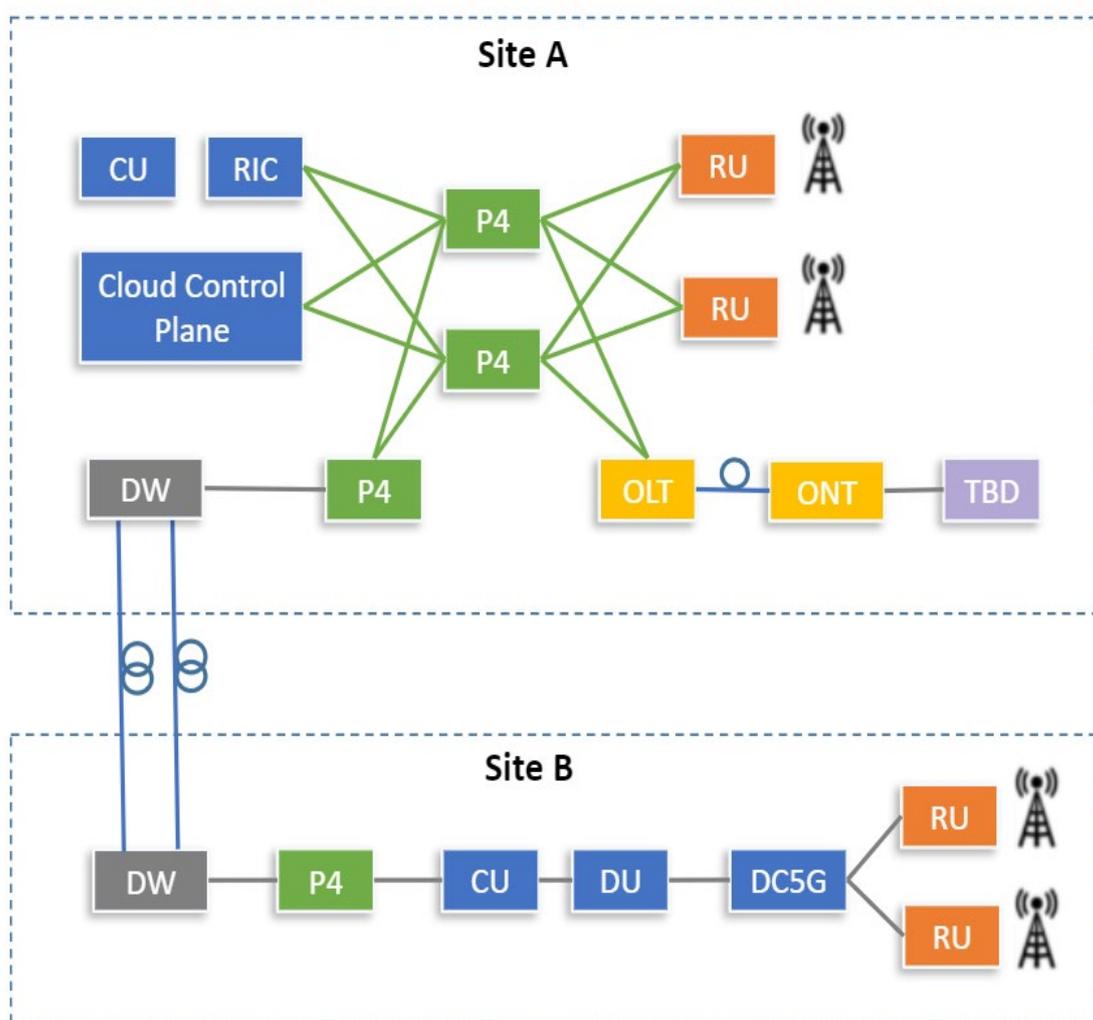
O planejamento do testbed é uma ação inicial dentro da criação de um ambiente de experimentação capaz de permitir a pesquisadores (academia e indústria) interno ou externos ao projeto pesquisar, desenvolver, evoluir, integrar e disseminar soluções abertas de controle de infraestruturas de redes avançadas englobando múltiplos domínios tecnológicos, tais como os domínios de pacotes (IP/Ethernet), óptico (*backbone* e *broadband*) e de acesso sem fio (rede celular 5G e além). Tais soluções envolvem o uso de equipamentos abertos, gerenciados e orquestrados por sistemas abertos desenvolvidos por comunidades, fóruns e consórcios internacionais que alavancam os novos paradigmas de softwarização, virtualização e desagregação.

Neste planejamento, as definições de arquitetura e desenho físico do testbed foram baseadas em definições e padrões estabelecidos em algumas iniciativas, comunidades e projetos colaborativos, tais como:

- a) **3GPP:** *Third Generation Partnership Project* é uma associação com mais de quatrocentos membros que reúne órgãos normativos de telecomunicações dos Estados Unidos, Europa, Japão, Coreia do Sul e China. Ele é responsável por especificar aspectos do sistema móvel por completo, incluindo os relacionados a terminais, redes de acesso de rádio, redes principais, e partes da rede de serviços. Suas especificações são estruturadas em versões (ou releases) que podem ser publicadas como normas ou recomendações formais. A fim de promover a desagregação da RAN, em seu release 15, o 3GPP especificou a divisão da estação rádio base (eNB para 4G e gNB para 5G) em três diferentes unidades funcionais: unidade central (CU); unidade distribuída (DU) e unidade de rádio (RU). Isso permite que as funcionalidades possam ser implantadas em diferentes locais da rede (cloud, edge ou local site) e plataformas de hardware [3GPP, 2022].
- b) **O-RAN Alliance:** Criada em 2018, a O-RAN Alliance é um consórcio formado por mais de vinte empresas e instituições acadêmicas de diversos países. Essa iniciativa tem como objetivo remodelar a indústria ligada à RAN, de modo a serem integrados mais fortemente conceitos como interoperabilidade, inteligência e virtualização. Suas especificações complementam os padrões definidos pelo 3GPP, abrangendo desde a desagregação e automação, até a virtualização de RAN e com isso visam obter um mercado mais competitivo, com um grande e emergente número de atores. Quanto à estrutura operacional, ela é dividida em workgroups. Detalhes como novas interfaces e nós são tratados pelo Workgroup 2, por exemplo.
- c) **TIP:** Telecom Infra Project é um grupo com cunho mais mercadológico formado em 2016 pela associação de grandes empresas de diversas áreas de telecomunicações, como grandes operadores de rede e telefonia, fabricantes de hardware, fornecedores, instituições de pesquisa e universidades. Seu objetivo é desenvolver e implantar soluções na área de telecomunicações. Seus projetos são sempre voltados para tecnologias abertas e desagregadas, propondo padrões que facilitem integração e conectividade. O TIP também se divide internamente em grupos específicos para cada projeto da área de telecomunicações.
- d) **ONF:** A Open Networking Foundation é um consórcio sem fins lucrativos, liderado por operadoras, com a missão de direcionar a transformação da infraestrutura de rede e dos modelos de negócios das operadoras. Ela é composta por membros de diversas áreas, como as principais operadoras de rede e telefonia, grandes empresas desenvolvedoras de software, fornecedores e fabricantes de hardware, universidades e institutos de pesquisa, além de contar com colaboração da comunidade acadêmica em geral [ONF 2022].
- e) **Linux Foundation:** A Linux Foundation é uma fundação sem fins lucrativos com o objetivo de desenvolver tecnologias open source. Ela promove, protege, e padroniza Linux, "fornecendo um conjunto abrangente de serviços para competir eficazmente com plataformas fechadas" [LF-About, 2022].
- f) **Cloud Native Computing Foundation:** A Cloud Native Computing Foundation é um projeto da Linux Foundation fundado em 2015 que tem como objetivo construir ecossistemas sustentáveis para software cloud native. Tais tecnologias capacitam as organizações a criar e executar aplicativos escaláveis em ambientes modernos e dinâmicos, como nuvens públicas, privadas e híbridas. Containers, malhas de serviço, microsserviços, infraestrutura imutável e Application Programming Interface (APIs) declarativas exemplificam essa abordagem. A CNCF procura impulsionar a adoção desse paradigma, promovendo e sustentando um ecossistema de projetos de código aberto e neutros para fornecedores, de forma a democratizar padrões de última geração para tornar essas inovações acessíveis a todos [CNCF-Who, 2022].

- g) **Kubernetes:** Kubernetes, também conhecido como K8s, é um software de código aberto atualmente mantido pela Linux Foundation para automatizar a implantação, o dimensionamento, o gerenciamento e o ciclo de vida de aplicativos containerizados em infraestrutura de nuvem, seja em uma nuvem privada, híbrida ou pública [Kubernetes, 2022].

Inicialmente, durante a fase de submissão do projeto, foi feita uma primeira tentativa de desenho do testbed, a qual foi utilizada como subsídio para a definição dos requisitos que deveriam estar inclusos no planejamento inicial do testbed do projeto. A Figura 1 mostra a versão “ilustrativa” do testbed idealizado.

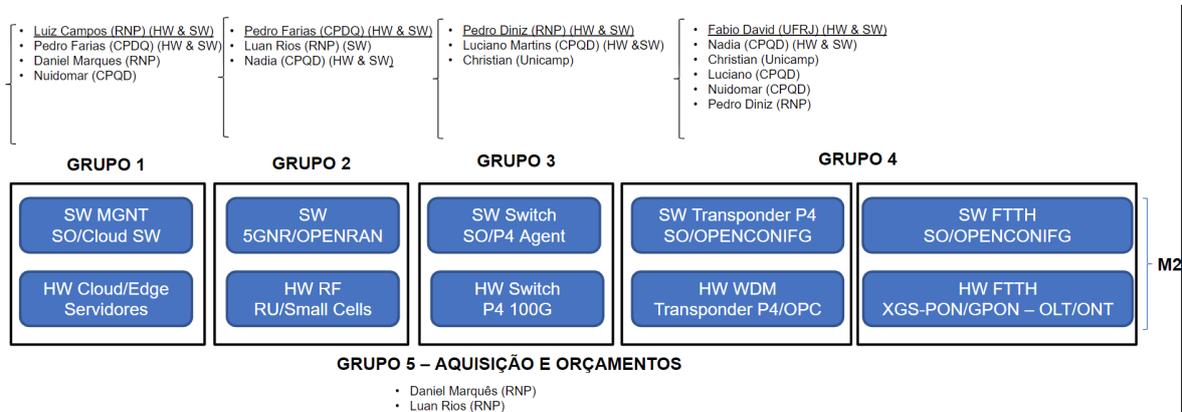


**Figura 1.** Versão inicial do testbed OpenRAN@Brasil.

A ideia inicial por trás da Figura 1 era ter vários domínios controláveis (óptica, pacote, cloud e FTTx) para suporte à tecnologia celular 5G baseado em OpenRAN.

O plano de ação para fazer o planejamento foi criar 4 grupos temáticos baseados nos domínios de atuação existentes no testbed (Cloud, RAN/RF, Pacote e Óptico), onde cada grupo possuía uma

equipe heterogênea de membros da RNP, CPQD e Academia. A Figura 2 ilustra as divisões dos grupos temáticos e seus respectivos membros.



**Figura 2.** Divisão dos grupos temáticos e composição de seus membros.

Abaixo, segue a lista de atividades desempenhadas por cada membro engajado na meta 2:

- Nome: Pedro Farias (CPQD)  
Carga Horária: 2 horas/dias  
Atividades:
  - 1) Participação nas reuniões
  - 2) Liderança do grupo temático RF/RAN
  - 3) Participação do grupo temático RF/RAN e Cloud
  - 4) Definição das especificações de hardware para este grupo
- Nome: Nadia Nassif (CPQD)  
Carga Horária: 1 horas/dias  
Atividades:
  - 1) Participação nas reuniões
  - 2) Participação do grupo temático RF/RAN e Óptica
  - 3) Definição das especificações de hardware para este grupo
- Nome: Nuidomar Chaves (CPQD)  
Carga Horária: 1 horas/dias  
Atividades:
  - 1) Participação nas reuniões
  - 2) Participação do grupo temático Cloud e Óptica
  - 3) Definição das especificações de hardware para este grupo
- Nome: Luciano Martins (CPQD)  
Carga Horária: 1 horas/dias  
Atividades:
  - 1) Participação nas reuniões
  - 2) Participação do grupo temático pacotes e óptica
  - 3) Definição das especificações de hardware para este grupo
- Nome: Daniel Marquês (RNP)  
Carga Horária: 2 horas/dias

Atividades:

- 1) Participação nas reuniões
- 2) Participação do grupo temático de Cloud e Aquisição e Orçamento
- 3) Definição das especificações de hardware para este grupo.
- 4) Articular com o pessoal de compras para viabilizar a compra de equipamentos

- Nome: Luiz Foly (RNP)

Carga Horária: 4 horas/dias

Atividades:

- 1) Participação nas reuniões
- 2) Liderança do grupo temático Cloud
- 3) Participação do grupo temático de Cloud, RF/RAN e Pacotes
- 4) Definição das especificações de hardware para este grupo.
- 5) Articular com o pessoal de compras para viabilizar a compra de equipamentos

- Nome: Luan Rios (RNP)

Carga Horária: 2 horas/dias

Atividades:

- 1) Participação nas reuniões
- 2) Participação do grupo temático de Cloud e Aquisição e Orçamento
- 3) Definição das especificações de hardware para este grupo.
- 4) Articular com o pessoal de compras para viabilizar a compra de equipamentos

- Nome: Pedro Diniz (RNP/UFRJ)

Carga Horária: 2 horas/dias

Atividades:

- 1) Participação nas reuniões
- 2) Liderança do grupo temático Pacotes
- 3) Participação do grupo temático de Pacotes e Óptica.
- 4) Definição das especificações de hardware para este grupo

- Nome: Fabio David (RNP/UFRJ)

Carga Horária: 2 horas/dias

Atividades:

- 1) Participação nas reuniões
- 2) Liderança do grupo temático Óptica
- 3) Participação do grupo temático de Pacotes e Óptica.
- 4) Definição das especificações de hardware para este grupo.

- Nome: Christian Rothenberg (RNP/UNICAMP)

Carga Horaria: 1 horas/dias

Atividades:

- 1) Participação nas reuniões
- 2) Participação do grupo temático de Pacotes e Óptica.
- 3) Definição das especificações de hardware para este grupo.

- Nome: Fernando Farias (RNP)

Carga Horária: 4 horas/dias

Atividades:

- 1) Liderança da Meta 2

- 2) Participação do comitê técnico
- 3) Participação nas reuniões das outras Metas (2, 3, 4)
- 4) Liderança dos grupos temáticos da Meta 2
- 5) Liderança nas definições de especificações de hardware
- 6) Articulação com o pessoal de compras para viabilizar a compra de equipamento.

## 2.1. Definição dos Requisitos e Escolha dos Locais de Implantação

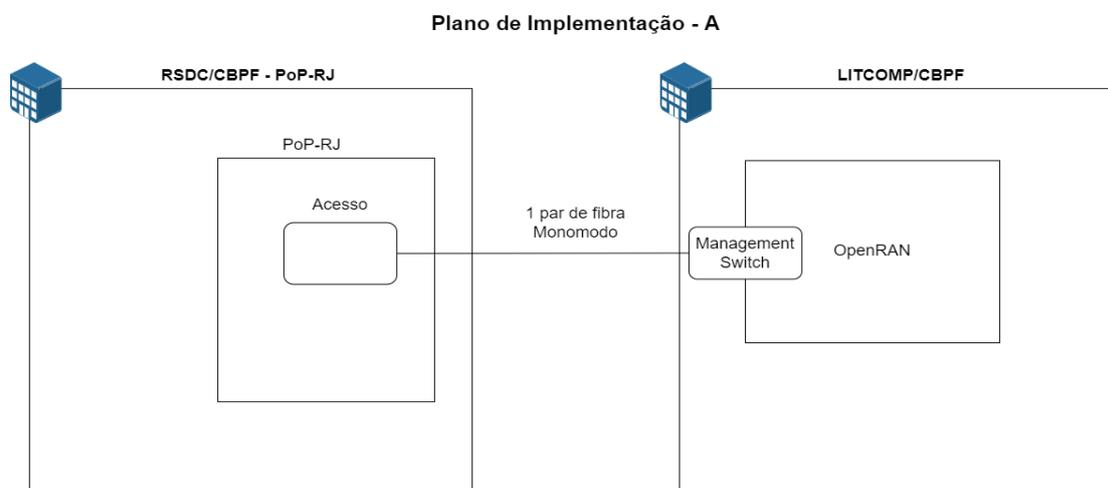
Nesta seção são definidos os requisitos para os locais físicos onde serão instalados os equipamentos do testbed, tais como: espaço em rack necessário, disponibilidade de fornecimento de energia elétrica, disponibilidade de fibras apagadas, refrigeração, facilidade de instalação de redes sem fio de pequena e larga cobertura e equipe de operação e manutenção. Para o projeto OpenRAN@Brasil é esperada a criação de 02 sites, onde um será administrado pela RNP e outro pelo CPqD.

### 2.1.1. RNP

Na RNP os requisitos levantados para escolha do local de implantação do testbed foram baseados em duas necessidades. A primeira é a proximidade dos data centers com as filiais da RNP, como: Campinas, Rio de Janeiro ou Brasília. E também foi levada em conta a proximidade com as equipes participantes do projeto.

Outro critério foi a proximidade com o testbed Multicamada, já que este possui uma infraestrutura mínima para o projeto, e que será expandida para fazer parte do testbed OpenRAN, assim, bastando adquirir novos equipamentos. Além disso, também foram levados em consideração os PoPs (*Point of Presence*) e quesitos secundários como: disponibilidade de acomodação demais equipamentos, capacidade energética e capacidade lógica.

Portanto, com base nesses requisitos o site do **PoP – RJ (RSDC/CBPF)** foi escolhido para a implantação do testbed do projeto OpenRAN@Brasil. Porém, devidos a questões e problemas técnicos com as antenas 5G OpenRAN, as mesmas não poderão ficar nos racks que acomodarão todos os equipamentos do Testbed, logo, com base nessa restrição foram traçados dois planos para implantação do mesmo, conforme apresentado na Figura 3.

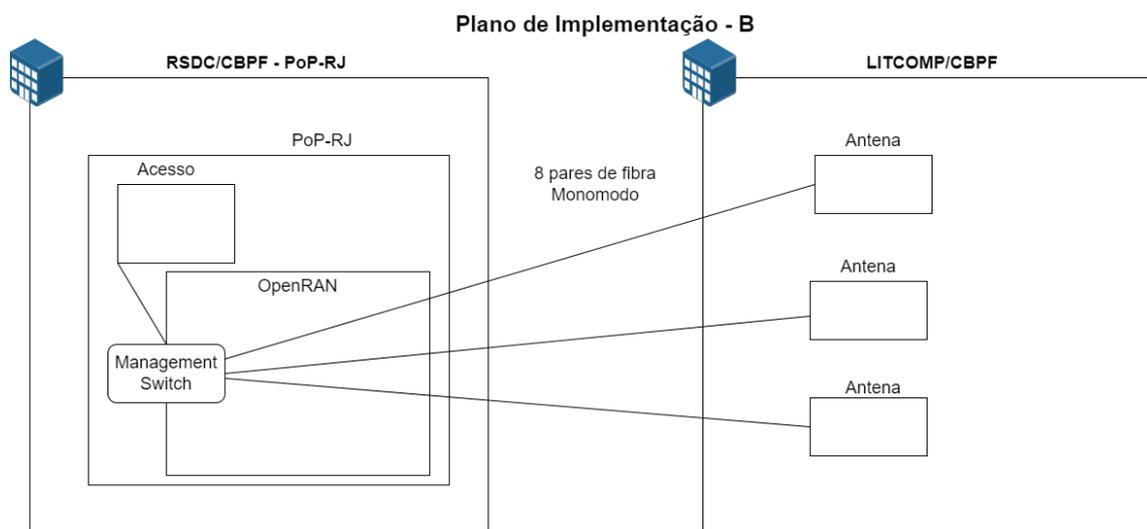


**Figura 3.** Plano de Implantação – A.

O **Plano de Implantação A** sugere a troca de localização de rack que contém o testbed SDN Multicamada, localizado atualmente do prédio do RSDC/CBPF, para LITCOMP/CBPF, onde haveria a possibilidade de todos os equipamentos estarem situados no mesmo local, tanto antenas quanto servidores, switches e transponders. No entanto, ainda estão sendo feitas as negociações para o uso deste plano, como a necessidade de contratação de empresa para lançamento da nova fibra de ligação dos prédios conforme previsto na Figura 3, e também a contratação de empresa especializada para adequação elétrica do rack para o recebimento dos equipamentos do testbed.

O **Plano de implantação B**, Figura 4, consiste em manter a localização dos servidores e switches no rack do data center no prédio do RSDC/CBPF e apenas movendo as antenas para o prédio do LITCOMP/CBPF, necessitando da contratação de empresa especializada para passagem de fibra entre os dois prédios.

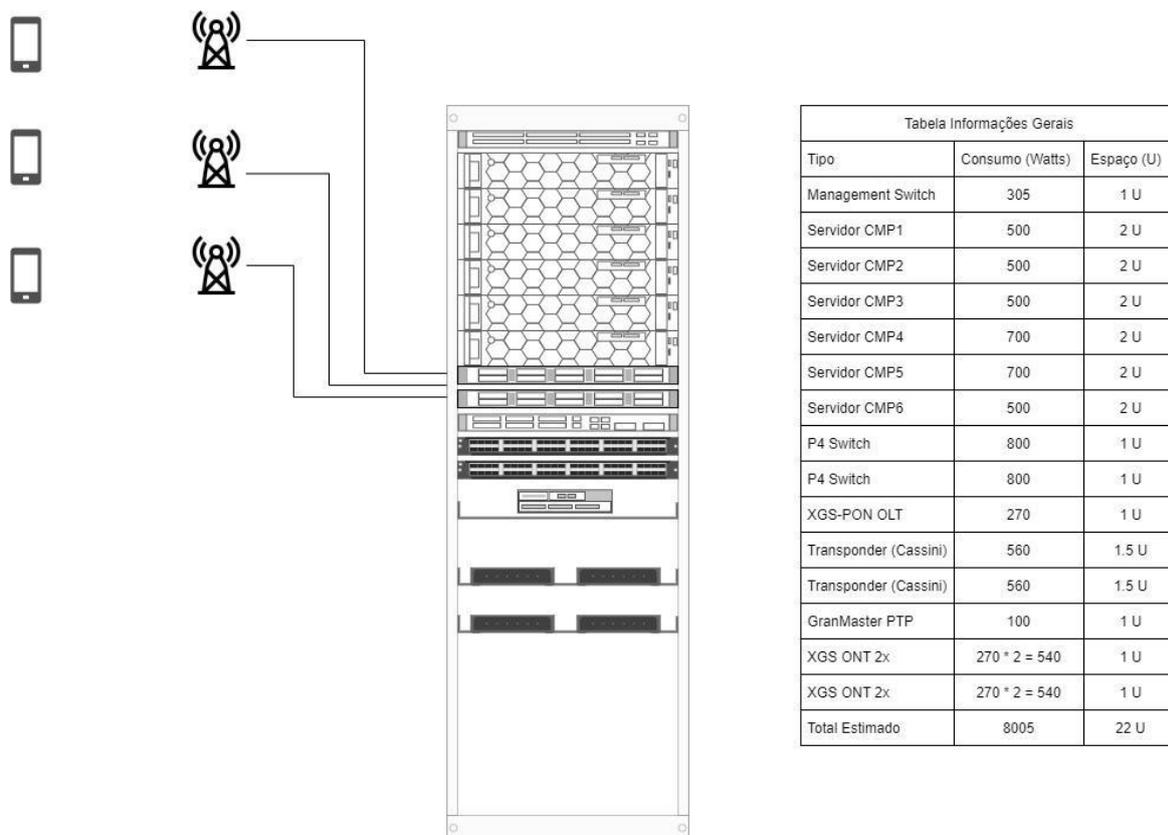
A principal diferença entre os dois planos de implantação é a quantidade de fibras e os módulos GBIC que deverão ser comprados para implantação do plano, por isso, a utilização do plano A está sendo fortemente cotada para ser implantada. A realização desta instalação depende apenas dos resultados das conversas com o PoP-RJ, apresentando a possibilidade de implantação e a necessidade de novas expansões, seja na adequação elétrica ou lógica do data center.



**Figura 4.** Plano de Implantação - B.

Na Figura 5, segue a ilustração da visão do rack que receberá os equipamentos que farão parte do testbed OpenRAN@Brasil site RNP. Na Figura tem-se os servidores de cloud, Switches P4, OLTs PON, Transponders ópticos, Granmaster PTP e as antenas 5G baseadas em OpenRAN. Além disso, na Figura 4, também há a estimativa de 22 Us (Rack Unity) que serão necessários para a implantação dos equipamentos no rack.

Em relação ao consumo energético, foram apresentadas estimativas de consumo médio e consumo máximo do rack RNP, ficando um total de 8005W de consumo médio e 11274W de consumo máximo. Esses valores servirão de referência para análise do PoP-RJ, durante a fase de implantação do rack e pré-fase de alocação de recurso no datacenter.

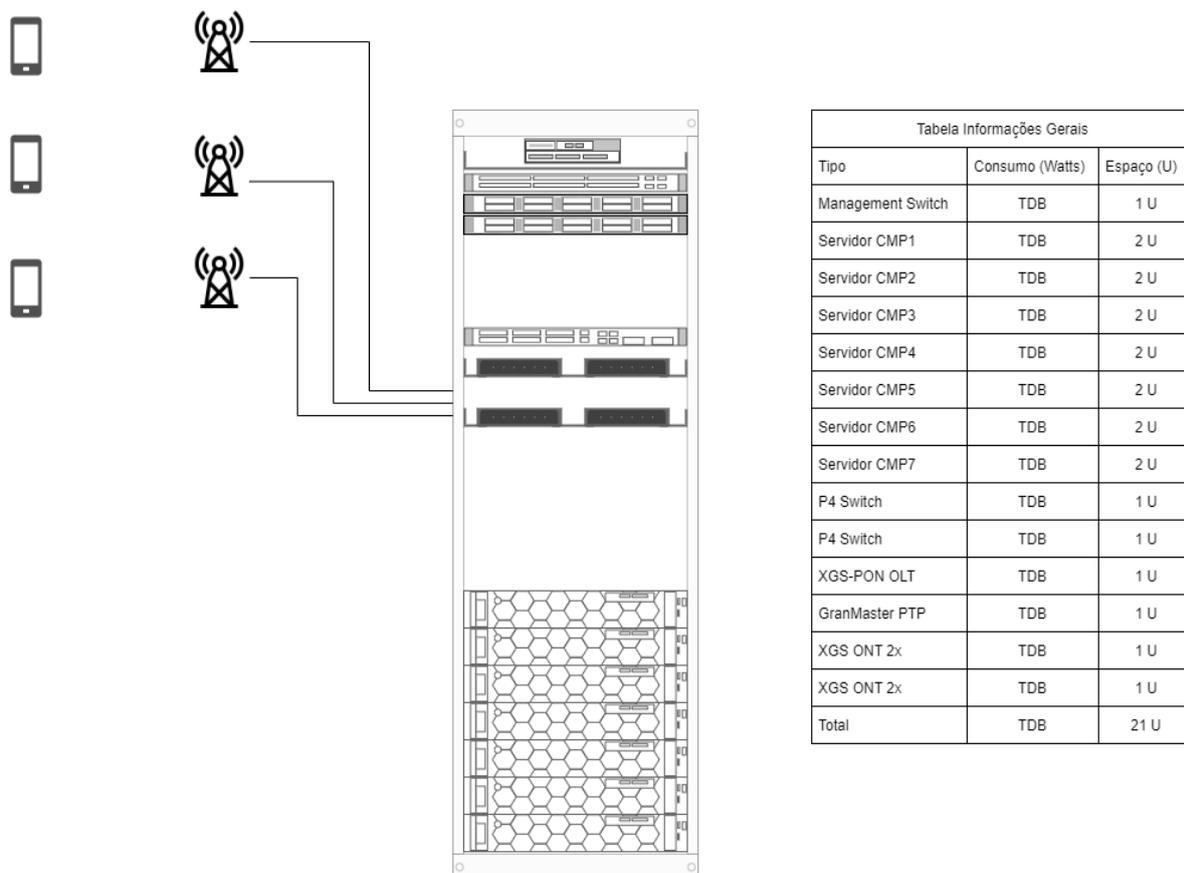


**Figura 5.** Visão do Rack do Testbed OpenRAN@Brasil – Site RNP

### 2.1.2. CPQD

Em relação ao CPQD, os requisitos de implantação foram os mesmos utilizados pela RNP. O CPQD construiu recentemente um novo laboratório, localizado no prédio 13, para a instalação dos projetos relacionados à conectividade sem fio (Laboratório *Open Connect Application* - OCA). Este laboratório possui uma infraestrutura de data center com ar condicionado, isolamento acústico e *no-break* onde será instalado o rack do projeto Open RAN MCTIC.

O CPQD disponibilizou a visão de rack, ilustrado na Figura 5, nele estão apresentando os detalhes da disposição de seus equipamentos no testbed, além, das informações de espaço utilizado pelos equipamentos medido em Us, porém ficou faltando as informações sobre o consumo de energia. Assim que esses dados forem apresentados, essas informações serão atualizadas na Figura 6.



**Figura 6.** Visão do Rack do Testbed OpenRAN@Brasil – Site CPQD.

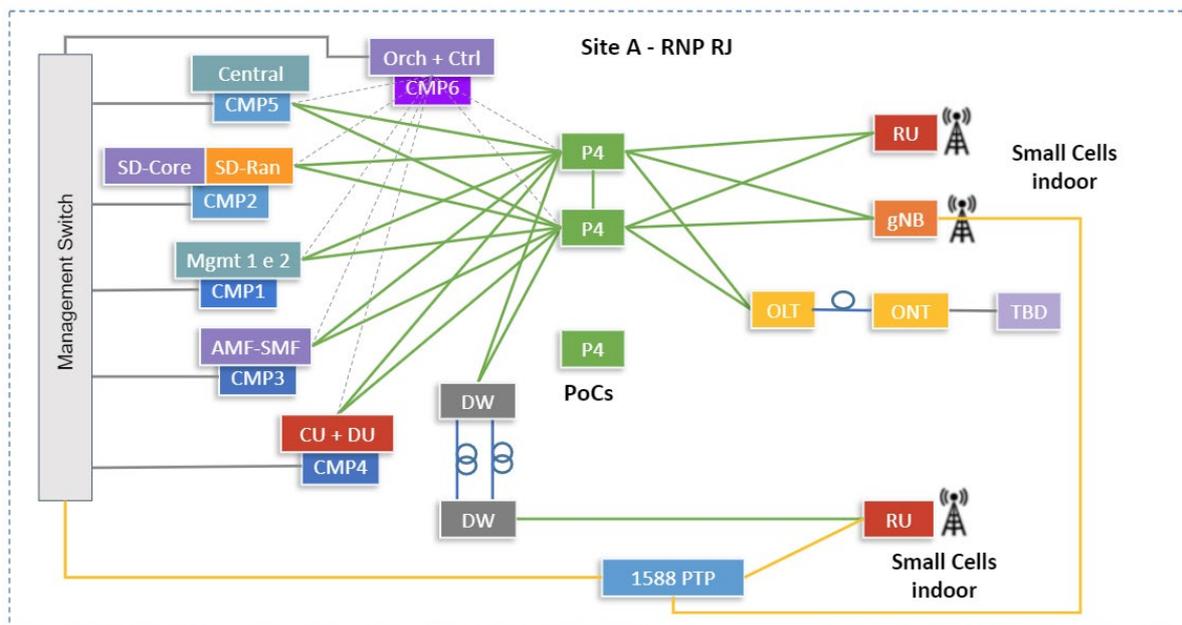
## 2.2. Licenciamento do Espectro de Frequência

Até o momento da elaboração deste relatório, a Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações) só havia liberado o licenciamento do espectro de frequência para as operadoras em operação com 5G no Brasil, como consequência as compras de antenas outdoor, de maiores potências, foram momentaneamente adiadas para uma negociação junto a Anatel.

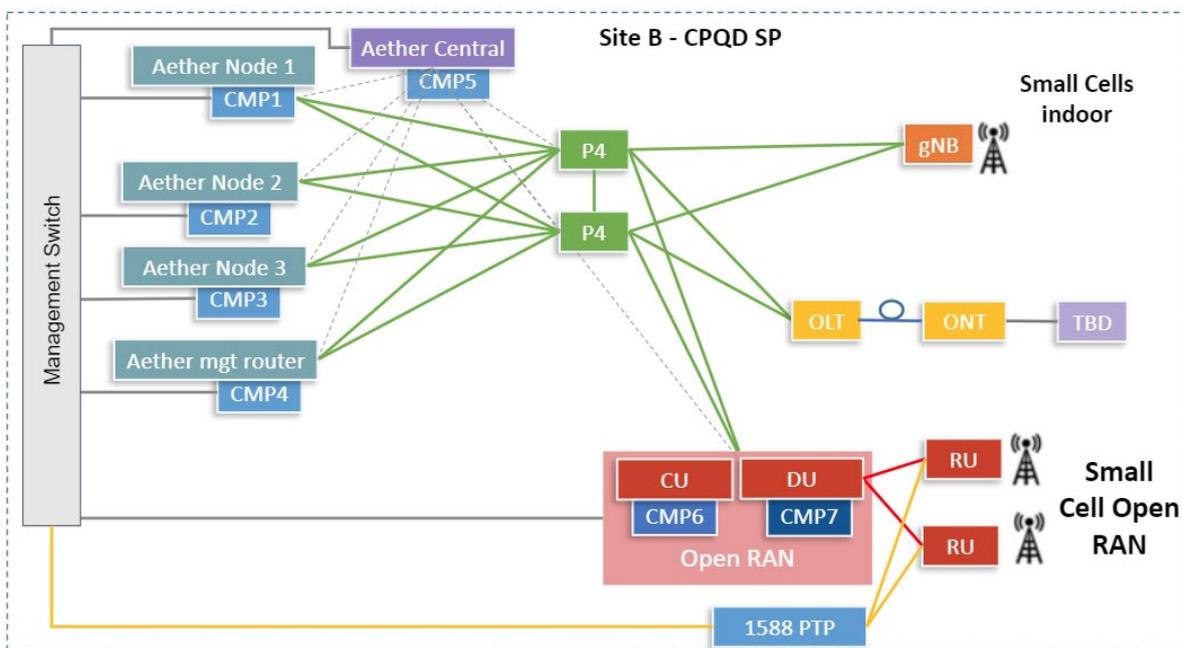
Para viabilizar esta negociação foi estabelecida uma comissão entre os membros da RNP e CPQD, para tratar de forma institucional o licenciamento do espectro a ser utilizado pelo o testbed do projeto OpenRAN@Brasil. A comissão tratará deste assunto diretamente com a presidência da Anatel e de forma a apresentar o projeto e necessidade da utilização dos espectros utilizados pelas operadoras. Neste contexto, a RNP será representada pela Diretora de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, Iara Machado, e o assessor especial, José Ferreira Rezende, o CPQD será representado pelo Gestor de Soluções, Gustavo Correa Lima.

## 2.3. Definição da Arquitetura e Topologia Física

Como definido na Figura 1, está arquitetura modelo foi a base para construção do desenho inicial da primeira versão da arquitetura do testbed. Além disso, os projetos mencionados na Seção 2 deste relatório, foram essenciais para definições de conectividades, topologia, quantidade de servidores, tipos hardwares e possíveis estudos de caso para experimentos no testbed. As Figuras 7 (a) e 7 (b), mostram respectivamente a versão inicial testbed OpenRAN@Brasil nos Sites RNP e CPQD.



(a)



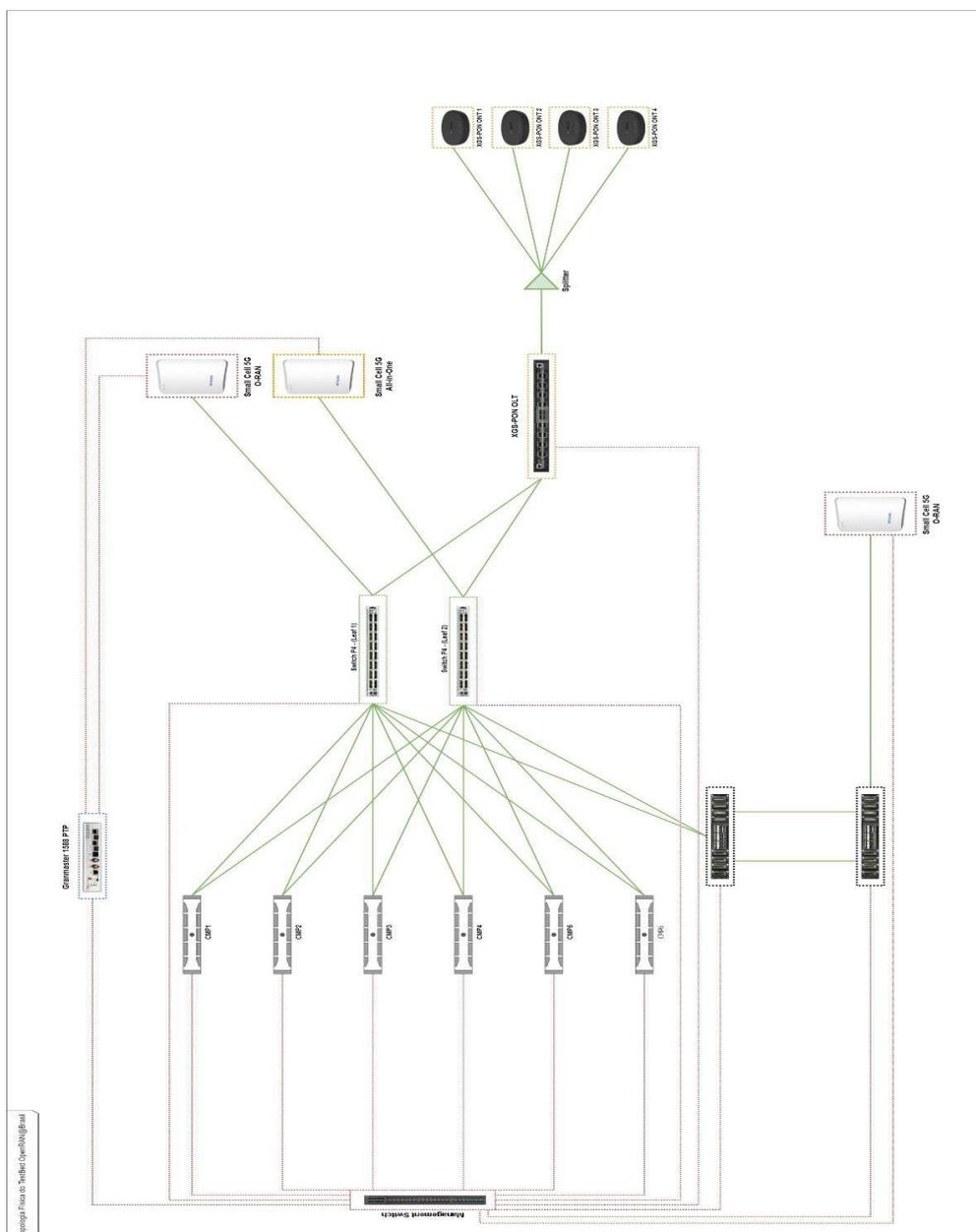
(b)

**Figura 7.** A primeira versão da arquitetura do testbed nos Sites RNP (a) e CPQD (b).

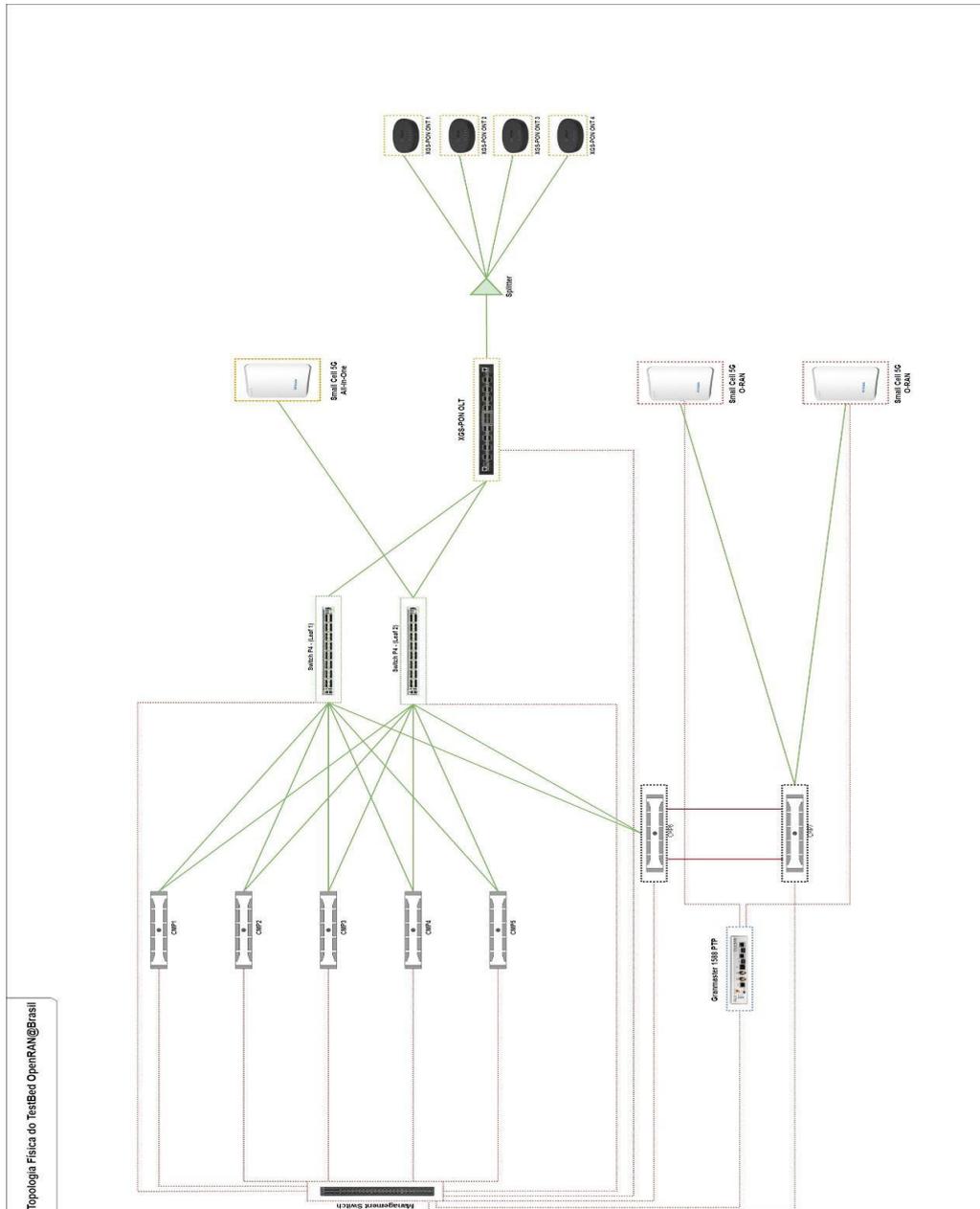
Basicamente, ambos os sites possuem um conjunto de 6 até 7 servidores categorizados em 5 tipos de configurações de hardware específicas ao seu objetivo dentro do testbed. Além disso, cada site inicialmente terá um conjunto de 3 antenas indoor, sendo duas 5G baseadas em OpenRAN e uma antena 5G All-in-One (gNodeB), ou seja, os elementos DU e CU já estão integrados à antena não sendo desagregados, porém, a ideia por trás disso é ter experimentos com equipamentos com a sem

OpenRAN habilitados. No domínio de pacotes tem-se a aplicação de uma topologia *leaf-spine*, com apenas a camada de *leafs* formada de switches P4, além disso, essa topologia permite utilização de um projeto interno a RNP (denominado de P7) que permitirá a manipulação e criação de topologias virtuais e a criação de enlaces com características personalizadas, como, atraso, largura de banda e variação do atraso. No domínio ópticos, haverá dois tipos de tecnologias disponíveis: uma baseada em FTTx, como a XGS-PON e GPON e a outra baseada em WDM com a utilização de transponder ópticos.

Na Figura 8 (a) e 8 (b), tem-se a topologia física em ambos os sites respectivamente, RNP e CPQD. Esses diagramas refletem as conexões físicas aplicadas dentro do rack de cada instituição, além disso, elas servirão de modelo para a fase de implantação do testbed.



(a)



(b)

**Figura 8.** Topologia física dos sites RNP (a) e CPQD (b).

Na Figura 8, os enlaces vermelhos correspondem ao canal controle entre o equipamento e o controlador, esses enlaces geralmente são realizados por conexões de 1 Gbps, mas alguns enlaces terão até 10 Gbps. Já os enlaces verdes terão uma largura de banda de até 100 Gbps e servirão de *fronthaul* para as antenas indoor e outdoor.

## 2.4. Interconexão Física dos Múltiplos Sites

No momento da elaboração deste relatório, não foi definida uma conexão física entre os sites do CPQD e da RNP que virão a compor o testbed OpenRAN@Brasil. O motivo da falta de definição se dá devido aos estágios iniciais de implantação do projeto. As discussões sobre como se dará esta implementação ainda estão transcorrendo.

## 3. Conclusões e Recomendações

Tendo em vista a heterogeneidade de cenários e dispositivos conectados nas redes de comunicações, a desagregação vem se tornando uma realidade que começou com as redes de pacote, estendeu-se para as redes ópticas e agora chegou às redes sem fio através do OpenRAN. Dessa forma, a partir da otimização e automação baseadas no acesso aos dados, funções até então tidas como caixas-pretas serão capazes de reduzir os custos relacionados à infraestrutura.

Por ser essa uma ideia inovadora, o planejamento do testbed OpenRAN@Brasil foi extremamente importante para nortear as possibilidades de construir possíveis visões do testbed e definir que casos de uso seriam possíveis neste ambiente. Atualmente, a partir deste planejamento elaborado, há possibilidade de ambos os sites serem capazes de aplicar vários tipos de testes, tanto específicos por domínios como também testes envolvendo múltiplos domínios.

Por fim, este relatório descreveu a fase inicial do planejamento do testbed do projeto OpenRAN@Brasil, pois devido a algumas limitações, principalmente impulsionado, pelo licenciamento da frequência 5G para uso do projeto, decidiu-se organizar o testbed em um único rack e antenas indoor, que posteriormente poderão ser expandido com antenas outdoors em outros sites do vinculados a RNP, como um laboratório, hospital ou campus.

## 4. Referência bibliográfica

- |                        |  |
|------------------------|--|
| [O-RAN Alliance, 2022] | O-RAN Alliance. Disponível em: <a href="https://www.o-ran.org/">https://www.o-ran.org/</a> . Acessado em: 25/03/2022.  |
| [3GPP, 2022]           | 3GPP. Disponível em: <a href="https://www.3gpp.org/">https://www.3gpp.org/</a> . Acessado em: 24/03/2022.  |
| [TIP Release 2, 2022]  | TIP Release 2. Roadmap disponível em: <a href="https://cdn.brandfolder.io/D8DI15S7/at/hb2jkftj8t6cc4msp6fgxz/TIP_OpenRAN_Release_2_Roadmap_Document.pdf">https://cdn.brandfolder.io/D8DI15S7/at/hb2jkftj8t6cc4msp6fgxz/TIP_OpenRAN_Release_2_Roadmap_Document.pdf</a> . Acessado em: 28/03/2022. |
| [ONF 2022]             | ONF: SD-RAN. Disponível em: <a href="https://opennetworking.org/sd-ran/">https://opennetworking.org/sd-ran/</a> . Acessado em: 25/03/2022  |
| [CNCf-who, 2022]       | Who we are. Disponível em: <a href="https://www.cncf.io/about/who-we-are/">https://www.cncf.io/about/who-we-are/</a> . Acessado em: 31/03/2022   |
| [kubernetes, 2022]     | Kubernetes (2022), Disponível em <a href="https://kubernetes.io/">https://kubernetes.io/</a> Acessado em 06/04/2022  |

## 5. Histórico de alterações do documento consolidado

Data de emissão	Versão	Descrições das alterações realizadas
08/05/2022	1	Revisão do documento, inserindo novas contribuições, etc
10/05/2022	2	Revisão do documento, inserindo novas contribuições, etc.

## 6. Execução e aprovação

Elaborado por:

Fernando N. N. Farias

Daniel de Area Leão Marques

Luan Carvalho Guimarães Rios

Revisado por:

Fernando N. N. Farias

Daniel de Area Leão Marques

Luan Carvalho Guimarães Rios

Aprovado por:

Fernando N. N. Farias

Data da emissão: 10/05/2022