

CHAMELEONMAP: Um Sistema para Visualização Interativa de *Testbeds*

Arthur Oliveira de Rosso¹, Eduardo Raupp Peretto¹,
Leonardo Lauryel Batista dos Santos¹, Manoel Narciso Reis Soares Filho¹,
Gabriel Vassoler², Gustavo Hermínio de Araújo²,
Lisandro Zambenedetti Granville¹,
Luciano Paschoal Gaspar¹

¹Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

²Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP)

{aorosso, erperetto, llbsantos, mnrsfilho, granville, paschoal}@inf.ufrgs.br,
{gabriel.vassoler, gustavo.araujo}@rnp.br

Abstract. *This paper presents CHAMELEONMAP, an inventory map system for interactive visualization of testbeds. We explore its main features, such as topology data registration and editing, visualization filters, element information detail levels, and data imports management. We demonstrate how the system can be instantiated, and we describe two use cases: the RNP testbed map and the OpenRAN@Brasil map. The significant impact of CHAMELEONMAP is evident in its ability to meet the complex demands of geolocated visualization of network inventories. The connection with external environments and its robust features not only meet current needs, but also establish a solid foundation for future innovations.*

Resumo. *Este artigo apresenta CHAMELEONMAP, um sistema de mapa de inventário para visualização interativa de testbeds. Exploramos suas funcionalidades principais, como o cadastro e a edição de dados da topologia, filtros de visualização, níveis de detalhamento das informações dos elementos e gerenciamento de importações de dados. Demonstramos como o sistema pode ser instanciado, e descrevemos dois casos de uso: o mapa de testbeds da RNP e do OpenRAN@Brasil. O impacto significativo do CHAMELEONMAP é evidente na capacidade de atender às demandas complexas da visualização geolocalizada de inventários de rede. A conexão com ambientes externos e suas funcionalidades robustas não apenas satisfazem as necessidades atuais, mas também estabelecem uma base sólida para futuras inovações.*

1. Introdução

Os mapas de inventário de redes de computadores são uma representação visual dos dispositivos de rede e suas conexões. Segundo [Misra 2004] "os mapas da rede oferecem à equipe de gerenciamento uma visão geral da infraestrutura" servindo assim para se ter uma visão global e, ao mesmo tempo organizada, de infraestruturas. Essa visão é útil em ambientes de grande porte e dotados de recursos heterogêneos, e contribuem para identificar problemas de rede, como pontos de falha, gargalos e dispositivos obsoletos. Além disso, mapas podem ser usados para planejar atualizações e manter um registro

preciso dos dispositivos. Constituem-se, assim, em ferramentas importantes para o planejamento eficiente, a identificação de áreas de expansão e a garantia de uma infraestrutura de rede robusta.

A gestão de infraestruturas enfrenta o desafio da ausência de ferramentas eficientes de mapas de inventário. A complexidade dessas infraestruturas exige uma representação visual precisa da infraestrutura, que considere elementos cruciais e nuances geográficas. As ferramentas de mapas atuais, como *ArcGIS* e *QGIS*, apresentam limitações significativas, como a dificuldade de integração com sistemas agregadores de informações e restrições na personalização da visualização. Outros sistemas de mapas como o *MEICAN* e o *GREN Map* também não servem ao propósito pois falta-lhes generalidade, por serem projetados para escopos específicos. Essas limitações dificultam o atendimento aos requisitos de visualização interativa de mapas de inventário, destacando a necessidade de soluções mais robustas e especializadas.

Este artigo propõe, implementa e documenta o CHAMELEONMAP: um sistema que visa organizar e simplificar a visualização interativa de dados geolocalizados. As principais contribuições deste trabalho são: (i) um sistema de visualização genérico, permitindo que seja aplicado a vários contextos como projetos, topologias e inventários; (ii) a possibilidade de representar conteúdos dinâmicos como *dashboards*, gráficos de desempenho e/ou elementos que possam ser integrados a uma página web; e (iii) representar graficamente dados e recursos externos de maneira integrada, como por exemplo os circuitos ativos de uma rede. Desta forma, o CHAMELEONMAP proporciona aos usuários uma ferramenta flexível para enfrentar os desafios crescentes das infraestruturas modernas.

O restante do artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a arquitetura do sistema. Já a Seção 2.2 contempla as funcionalidades principais, enquanto a Seção 4 demonstra a instanciação do sistema. Por fim, na Seção 7, apresentam-se as considerações finais.

2. O Sistema CHAMELEONMAP

Nesta seção, apresenta-se, em um primeiro momento, uma visão geral do sistema CHAMELEONMAP, de modo a permitir o entendimento de seu funcionamento e suas peculiaridades. Na sequência, abordam-se, com mais detalhes, suas principais funcionalidades. No repositório do sistema¹, encontra-se o código-fonte, juntamente com sua licença, documentação, requisitos para execução e vídeo demonstração.

2.1. Visão Geral

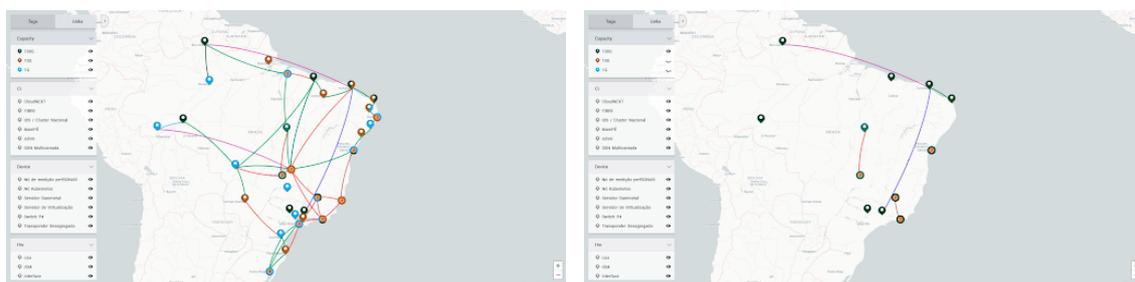
O CHAMELEONMAP é um Sistema de Informação Geográfica (*GIS*) projetado para oferecer uma representação interativa e integrada de topologias e elementos de rede. Centralizado em uma plataforma de visualização geolocalizada, o CHAMELEONMAP emprega cores, rótulos, *popups* e outros elementos visuais para melhorar a experiência do usuário, garantindo que as informações sejam acessíveis e facilmente interpretáveis.

A representação de dados do sistema é construída sobre quatro estruturas de dados fundamentais: localizações (*locations*), *tags*, menus e *links*. "Localizações" referem-se a

¹<https://github.com/RNP-INF-Collab/ChameleonMap>

identificações de pontos geográficos, permitindo uma representação precisa no mapa. As "tags" são elementos chave do sistema, funcionando como rótulos vinculados a uma cor, e que podem ser associados a múltiplas localizações. A cor de cada tag é usada para representá-la visualmente no mapa, facilitando a identificação e agrupamento de localizações relacionadas. Além disso, os "menus" atuam como conjuntos de tags. Cada menu pode conter diversas tags, permitindo aos usuários alterar o contexto de visualização de maneira simples e eficiente. Por fim, os "links" são usados para representar conexões entre localizações, podendo ser agrupados em um conjunto, dessa forma sendo representados com uma mesma cor no mapa. Ao integrar esses quatro componentes básicos, o sistema oferece uma estrutura abrangente e flexível para visualização de dados, adequada para uma ampla gama de aplicações.

Um exemplo prático do uso do CHAMELEONMAP é ilustrado na Figura 1a, demonstrando a aplicação dos recursos do sistema em um mapa interativo. Na parte superior da barra lateral, pode-se escolher a filtragem de visibilidade de tags ou links. Como neste estado os filtros por tags estão selecionados, observam-se os menus, separados em blocos, com suas respectivas tags. Voltando-se ao mapa, pode-se visualizar como a distribuição de cores auxilia no entendimento geral da distribuição geográfica dos dados, tanto para tags, quanto para links. Pode-se observar, portanto, como uma instância do sistema emprega recursos visuais para criar uma interface intuitiva ao usuário.



(a) Exemplo de instância do CHAMELEONMAP.

(b) Visualização parcial da topologia devido à filtragem.

Figura 1. Visão geral do sistema.

2.2. Funcionalidades Principais

O CHAMELEONMAP oferece uma variedade de recursos para a representação de dados, com o objetivo de facilitar a apresentação de informações de rede em diferentes níveis de detalhamento e contextos. O sistema possui, também, diversos recursos de suporte à personalização. Nas subseções a seguir são descritas as principais funcionalidades.

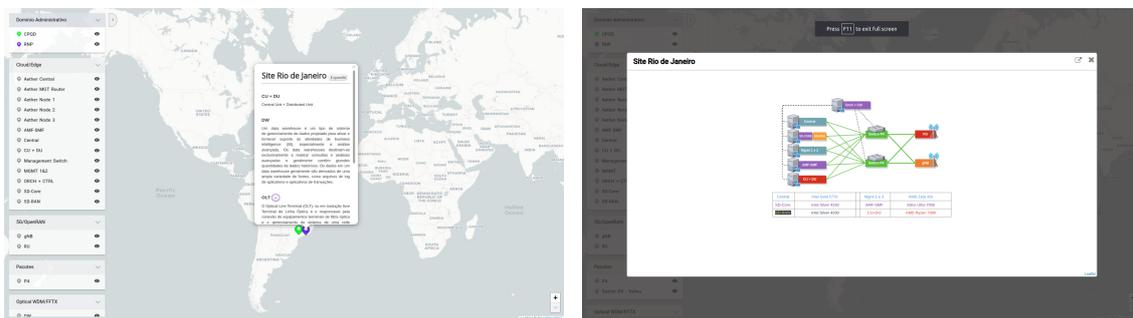
Filtros de visualização. Os *menus de tags* cadastrados no sistema são exibidos ao usuário em uma paleta lateral de *menus*. Um *menu* dessa paleta se torna o *menu atual* ao ser clicado, o que gera a representação de suas *tags* no mapa, através de marcadores coloridos. Sobre cada *location* cadastrada que possua uma *tag* ativa, será impresso um marcador com a cor da *tag* em questão. Sobre *locations* que possuam múltiplas *tags* ativas serão gerados marcadores únicos, porém preenchidos com um mosaico composto pelas cores de todas as *tags* ativas presentes na *location*.

O mecanismo de filtragem do sistema concede, ainda, ao usuário a capacidade de controlar a visibilidade de cada *tag* do *menu atual*. Dessa forma, em dado momento, a representação visual do conjunto de informações cadastradas no mapa dependerá de dois fatores: do *menu atual* selecionado e do ajuste de visibilidade de *tags*, ambos feitos pelo usuário em *tempo real*. A Figura 1b exemplifica a funcionalidade de ajuste de visibilidade, onde a visualização de duas das três *tags* do *menu atual* (*Capacity*) foram desativadas pelo usuário, gerando uma visualização parcial localizações atreladas às *tags*.

O mecanismo de filtragem também pode ser aplicado direta e indiretamente aos *links* cadastrados. De forma indireta, a exibição dos *links* é condicionada às *tags* ativas no momento. Serão desenhados todos os *links* cujas *location* de origem e *location* de destino possuírem, ambas, marcadores desenhados. Em complemento, há a filtragem de *links* de forma direta, através do *menu de links*. Esse menu especial opera como uma camada adicional de filtragem, permitindo o controle da exibição dos *links* sobre o estado atual da visualização, sem alterar o *menu de tags atual*.

Visualização de informações em níveis. Para cada elemento cadastrado no sistema, seja ele uma *tag*, uma *location* ou um *link*, é possível atribuir informações em diferentes níveis de detalhamento: informações concisas e informações detalhadas. As informações concisas serão exibidas em *popup simples* do elemento, que possui limitações espaciais e operacionais, mas são ideais para a exibição de informações sintéticas acerca do elemento. Por sua vez, as informações detalhadas são apresentadas aos utilizadores no *popup expandido*, que possui maior poder de representação. Esse *popup expandido* é capaz de exibir textos, imagens, vídeos e até mesmo incorporar páginas *web* externas, sendo, portanto, uma ferramenta poderosa para representar atributos e dados de um elemento.

A Figura 2 exibe os dois níveis de informações atribuídos a uma *location*, onde, na parte esquerda vemos que um texto, dentro do *popup* simples, fornece informações concisas. Por outro lado, na parte da direita da figura, vemos o *popup* expandido exibindo as informações detalhadas, que incluem uma imagem, uma tabela e um texto formatado. Além disso, quando o elemento em questão se trata de uma *tag*, pode-se cadastrar, ainda, um nível intermediário de representação, que será exibido em um menu lateral à esquerda.



(a) Informações concisas

(b) Informações detalhadas

Figura 2. Representação de informação de um mesmo elemento em diferentes níveis de detalhamento.

Gerenciamento de integrações com sistemas externos. O sistema de mapas foi implementado visando facilitar não apenas a visualização de uma topologia, mas também

possibilitar sua integração dinâmica. Por meio da Plataforma de Administração de Dados, os administradores têm a capacidade de iniciar manualmente importações pré-definidas, solicitando dados atualizados de fontes externas associadas à instância do sistema. Esse processo consiste na requisição e no processamento dos dados pelo *backend*, convertendo-os aos modelos de dados utilizados pelo CHAMELEONMAP.

Após a realização de uma importação, o usuário é direcionado à funcionalidade de curadoria, onde é possível visualizar todas as alterações propostas pela importação. Nesse estágio, o administrador tem a opção de descartar manualmente alterações específicas ou confirmar a integração das novas informações ao sistema. Essa etapa de curadoria é crucial para garantir que as alterações sejam precisas e não comprometam a integridade dos dados existentes. A confirmação das alterações resulta na atualização imediata da aplicação *frontend*, refletindo as modificações para o usuário final.

Além do gerenciamento de importações estáticas, o sistema oferece a funcionalidade de marcar certos elementos visuais, como *pop-ups*, para indicar que os dados correspondentes serão obtidos dinamicamente. Os administradores podem configurar *endpoints* específicos para a aquisição desses dados. Quando um usuário acessa um recurso marcado para importação dinâmica, o *frontend* realiza uma requisição ao *backend*, que, por sua vez, obtém os dados atualizados da fonte designada e os retorna em tempo real ao *frontend*. Esta funcionalidade é particularmente útil em contextos como topologias de redes de computadores, onde o acesso a informações de um nó da rede pode fornecer dados dinâmicos, por exemplo, de utilização de recursos, naquele ponto específico.

Personalização de informações do sistema. O CHAMELEONMAP oferece ao administrador uma ampla capacidade de personalização do sistema, permitindo sua adaptação a fins diversos. Atributos customizáveis variam desde aspectos relacionados à estética do mapa, como o estilo do mapa e a posição inicial de visualização, como também atributos mais estruturais que irão impactar na mecânica de interação do usuário com o mapa. Entre as configurações estruturais mais importantes, destaca-se a possibilidade de ativar e desativar o recurso de exibição de *links* cadastrados.

Outra personalização que impacta na interação do usuário com o sistema é a ativação do sistema de heranças de *locations* entre *tags* pais e *tags* filhas. No cadastro da topologia, é possível definir uma hierarquia entre *tags*, atribuindo uma relação de descendência entre duas *tags* quaisquer. Quando o recurso de herança entre *tags* está ativo, *locations* detentoras de uma *tag* específica serão automaticamente detentoras das suas *tags* filhas. Essa funcionalidade oculta as *tags* filhas quando as *tags* pais também estão ocultas, de forma automática.

3. Arquitetura

O sistema foi desenvolvido para abranger uma ampla variedade de casos de uso, facilitando a integração com múltiplas fontes de dados. Sendo assim, com o objetivo de assegurar a flexibilidade do sistema e otimizar o reaproveitamento de componentes, optou-se por uma arquitetura que enfatiza a modularização. Esta estratégia se caracteriza pela segmentação dos processos de importação, processamento, gerenciamento e visualização de dados em módulos distintos, porém interconectados.

O CHAMELEONMAP está organizado em duas partes principais: a interface do usuário (*frontend*) e o gerenciamento de dados (*backend*), funcionando como aplicações

independentes. A administração e a coordenação das aplicações e módulos do sistema são realizadas por meio do uso de *containers*, enquanto a comunicação entre os componentes do sistema é efetuada via APIs, garantindo escalabilidade e eficiência na manutenção.

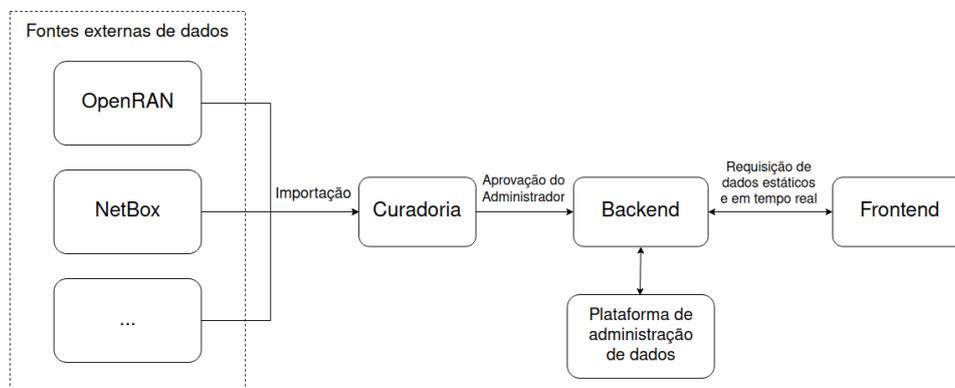


Figura 3. Arquitetura e fluxo de dados do sistema.

A Figura 3 apresenta uma visão em alto nível dos componentes principais do sistema e o fluxo de dados desde a sua fonte até a apresentação ao usuário final. As funções desempenhadas por cada componente ao longo desse fluxo são descritas resumidamente a seguir:

- *Fontes externas de dados*: incluem bancos de dados, inventários ou *APIs* externas, que possibilitam a importação automática de dados para uma instância específica;
- *Curadoria*: processo pelo qual o administrador revisa as informações adquiridas por meio de importações, assegurando sua precisão e relevância;
- *Backend*: módulo encarregado do processamento, gerenciamento e modelagem dos dados, disponibilizando-os através de APIs REST;
- *Plataforma de administração de dados*: subsistema direcionado ao administrador da instância, onde pode-se realizar a edição manual dos elementos da base de dados, personalizações do sistema e gerenciamento de importações;
- *Frontend*: aplicação focada na experiência do usuário, incorporando o mapa e suas camadas de funcionalidades para variados níveis de detalhamento.

Em síntese, a arquitetura apresentada neste artigo proporciona um sistema adaptável e eficiente. Com sua estrutura modular, que enfatiza a separação entre *frontend* e *backend* em *containers* interdependentes, oferece-se escalabilidade e facilidade na customização e adição de novas funcionalidades. Essa abordagem assegura não apenas a atenção às necessidades atuais, mas também a capacidade de adaptação a futuras demandas e inovações.

4. Instanciação

O sistema foi desenvolvido utilizando *containers* Docker para facilitar a instanciação e garantir a estabilidade. Utilizam-se quatro containers: um para o *backend*, um para o *frontend*, um para o banco de dados e outro para o *nginx*. Utilizam-se variáveis de ambiente para que administradores definam credenciais e mantenham o sistema seguro. Para implementação, um administrador segue um procedimento simples: clonar o repositório, configurar variáveis e executar um comando *docker-compose*, podendo operar em

modo de desenvolvimento ou produção. Uma vez operacional, informações como *menus*, *tags*, *locations* e *links* podem ser inseridas manualmente ou importadas automaticamente de ferramentas pré-existentes e já integradas, como o NetBox.

5. Trabalhos Relacionados

ArcGIS [ESRI 2023] e QGIS [QGIS 2023] são ferramentas GIS populares que, apesar de suas funcionalidades abrangentes, apresentam limitações na modelagem de infraestruturas de redes, principalmente devido à falta de recursos específicos sem a instalação de *plugins* adicionais, além de possuírem uma curva de aprendizado íngreme. O ArcGIS é uma ferramenta paga e operada online, o que facilita a colaboração entre usuários; em contrapartida, o QGIS é gratuito e funciona offline, o que pode restringir sua flexibilidade para trabalhos colaborativos.

Em contrapartida às ferramentas de visualização genéricas, plataformas como o MEICAN [Wickboldt et al. 2017] e o GREN Map [GNA-G] se destacam por sua especialização em casos de uso específicos. O MEICAN, em particular, permite a visualização e gerenciamento das Redes de Circuitos Dinâmicos (DCNs). Por outro lado, o GREN Map concentra-se na coleta, armazenamento e consolidação de dados das Redes Nacionais de Ensino e Pesquisa (NRENs), oferecendo uma visualização agregada em um mapa dinâmico da rede global, conhecida como Global Research & Education Network (GREN). Essas ferramentas são focadas em casos de uso específicos e evidenciam a necessidade de uma ferramenta de visualização de infraestruturas de redes mais abrangente.

Neste contexto, o CHAMELEONMAP surge como uma solução eficiente para integrar geolocalização e representação de infraestruturas de redes. Sendo uma ferramenta *Open Source* e acessível via *web*, proporciona ampla acessibilidade, uma interface intuitiva e facilita a colaboração. Desta forma, simplifica o mapeamento, análise e gerenciamento de redes por meio de um mapa interativo, atendendo à demanda por uma ferramenta mais compreensiva para a gestão de redes.

6. Casos de Uso

O CHAMELEONMAP foi aplicado em 4 contextos distintos mostrando sua versatilidade: (i) Mapa de Chamadas Coordenadas Brasil-Europa², (ii) Serviço de Testbeds RNP³, (iii) Programa OpenRAN@Brasil e (iv) WRNP 2023⁴. A seguir, são descritas duas instâncias para o contexto de redes de computadores.

6.1. Serviço de Testbeds RNP

O CHAMELEONMAP foi aplicado para dar visibilidade aos equipamentos de pesquisa e desenvolvimento do Serviço de Testbeds da RNP. Esses equipamentos estão distribuídos em diversas infraestruturas pelo Brasil, e um mapa de visualização interativa permite que pesquisadores possam visualizar e filtrar recursos específicos para realizar suas pesquisas. CHAMELEONMAP fornecer uma camada de apresentação na qual é possível organizar informações através de localidades, menus e etiquetas em uma mapa geolocalizado. Além disso, é possível adicionar informações em cada um dos elementos utilizando

²<https://mapactic.rnp.br/>

³<https://www.rnp.br/servicos/testbeds>

⁴<https://eduplay.rnp.br/portal/video/192048>

pop-ups com informações resumidas e/ou incorporar vídeos, imagens ou dashboards em cada um de seus elementos. O sistema também possui uma camada de automatização que pode ser configurada para coletar informações de uma fonte de dados e então criar visualização detalhada do inventário de cada localidade.

6.2. OpenRAN@Brasil

OpenRan@Brasil é um programa do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) que visa estimular avanço e a adoção de tecnologias de rede aberta, com ênfase especial no 5G e tecnologias subsequentes. Para atingir este objetivo, o programa disponibiliza uma plataforma de experimentação *open source* em infraestruturas de redes programáveis compostas por equipamentos abertos e desagregados. Através do CHAMELEONMAP é adicionada uma camada de visualização para os atuais *sites* do programa (Campinas e Rio de Janeiro), onde é possível observar a infraestrutura disponível em cada localidade. Com a integração com os controladores da infraestrutura, o CHAMELEONMAP pode representar a topologia de um *site*, as fatias de rede alocadas para um determinado usuário e contextualizar sobre as características de cada dispositivo de rede.

7. Conclusão

O CHAMELEONMAP é uma ferramenta de visualização geolocalizada de ambientes de rede eficaz e versátil. A modularização dos componentes e as funcionalidades incorporadas ao sistema satisfazem as necessidades atuais e estabelecem uma base sólida para futuras inovações. Esse sistema preenche uma lacuna existente em outras ferramentas ao possibilitar a visualização intuitiva de inventários de dados descentralizados.

Visando o futuro, há planos para integrar o sistema com *APIs* que permitam a recuperação de dados em tempo real de infraestruturas e para adicionar *dashboards* externos, como o *Grafana*. Essas melhorias visam oferecer uma camada extra de análise e visualização para usuários interessados em obter insights mais profundos sobre o desempenho das infraestruturas de rede.

Referências

- ESRI (2023). About arcgis — mapping analytics software and services. Disponível na internet em: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview>. Acessado em: 11 de Janeiro de 2024.
- GNA-G. Grenmap. <https://www.gna-g.net/join-working-group/gren-mapping/>. Accessed: 2024-03-19.
- Misra, K. (2004). *OSS for Telecom Networks: An Introduction to Networks Management*. Springer Science & Business Media.
- QGIS (2023). Descubra o qgis. Disponível na internet em: https://qgis.org/pt_BR/site/about/index.html. Acessado em: 11 de Janeiro de 2024.
- Wickboldt, J. A., Guerreiro, M. Q., Granville, L. Z., Gaspary, L. P., Schwarz, M. F., Guok, C., Chaniotakis, V., Lake, A., and MacAuley, J. (2017). Meican: simplifying dcn life-cycle management from end-user and operator perspectives in inter-domain environments. *IEEE Communications Magazine*, 56(1):179–187.