



Linha Temática



Quem somos?



Professores/ Pesquisadores



Augusto Neto
(UFRN)
Coordenador



Carlos Astudillo
UNICAMP



Eduardo Cerqueira
UFPA



Fabiola Martins
UFABC



Alex Monteiro
IFSC/UFAM



Marcelo Fernandes
UFRN



Vicente Junior
UFRN



Antonio Campos
UFRN

Pós-docs



Daniel Luna
UFRN

Estudantes de Doutorado

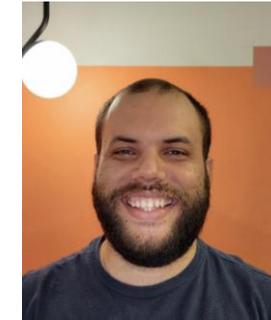


Victor Vilchez
UNSA/UNICAMP



Pedro Gonzales
UNICAMP

Estudantes de Graduação



Vitor Luz
UNESP/UNICAMP

Estudantes de Mestrado



Carlos Lima
UFRN



Matheus Dória
UFRN



Kleber Vilhena
UFPA



Carlos Rocha
UFPA



Eduardo Mosca
UNICAMP



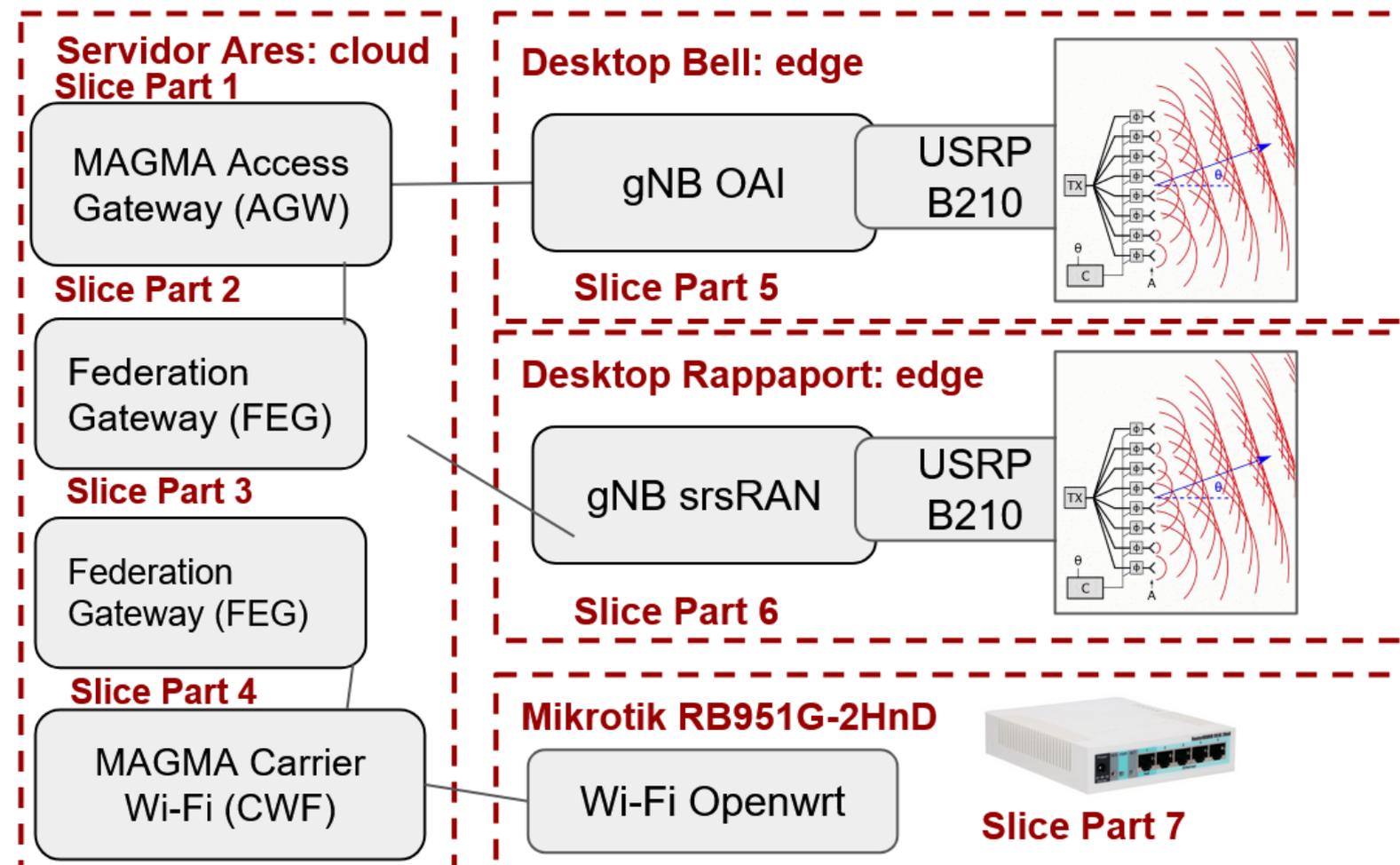
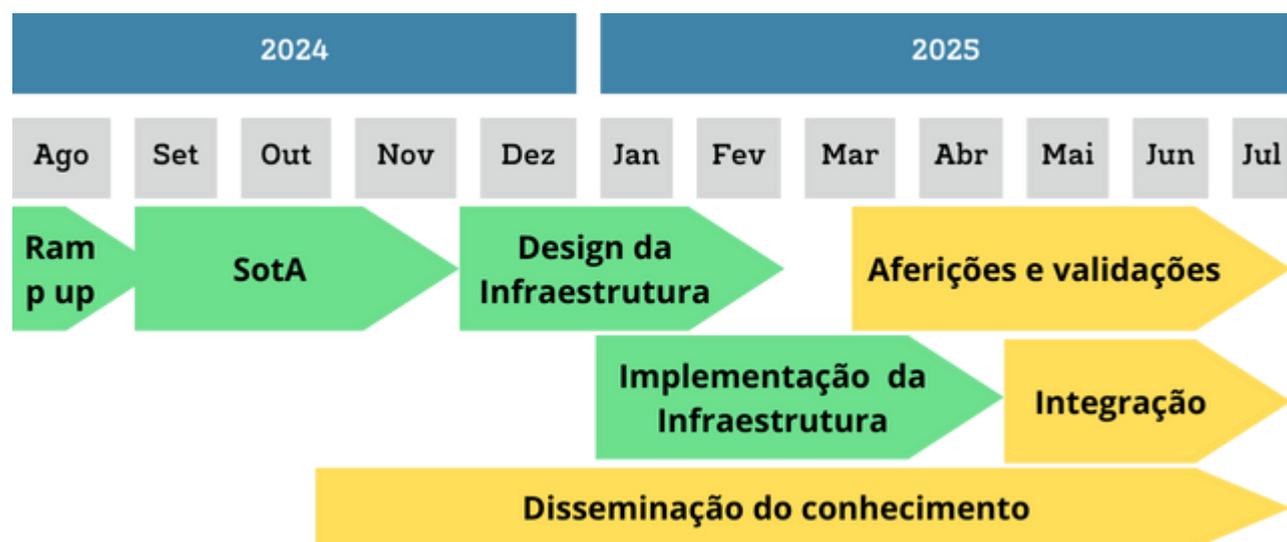
William Reznatt
UNICAMP

Conectividade IoT Ubíqua e Personalizada por Rede Privada com Convergência e Multiacesso por 5G e WiFi

#1

Objetivo:

- Desenvolver uma infraestrutura de rede privada com acesso multi-RAT (4G, 5G e WiFi) baseados em abordagens abertas

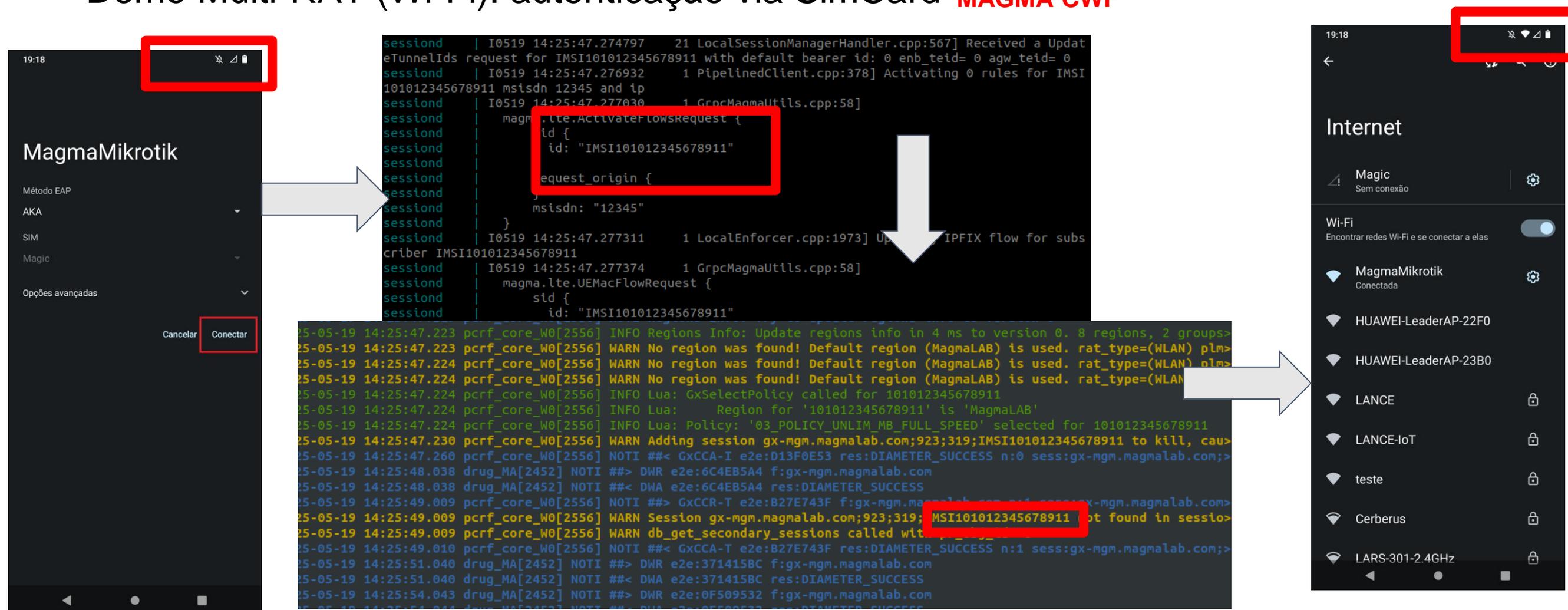




Conectividade IoT Ubíqua e Personalizada por Rede Privada com Convergência e Multiacesso por 5G e WiFi **#1**

Testes

- Demo Multi-RAT (Wi-Fi): autenticação via SimCard **MAGMA CWF**



PCRF



Conectividade IoT Ubíqua e Personalizada por Rede Privada com Convergência e Multiacesso por 5G e WiFi

#1

Testes

eNB Adicionada

Demo Multi-RAT (4G)

```
025432 Mon May 19 14:32:52 2025 7F8A09FFB700 DEBUG S1AP tasks/s1ap/s1ap_mme_handlers.cpp:0576 New s1 setup request incoming from srseNB01 macro eNB id: 0019b
025433 Mon May 19 14:32:52 2025 7F8A09FFB700 DEBUG S1AP tasks/s1ap/s1ap_mme_handlers.cpp:0684 Adding eNB with eNB_id :411 to the list of served eNBs
025434 Mon May 19 14:32:52 2025 7F8A09FFB700 DEBUG S1AP tasks/s1ap/s1ap_state_manager.cp:0254 Finished writing state
025435 Mon May 19 14:32:56 2025 7F89EA7FC700 DEBUG UTIL tasks/grpc_service/S1apServiceIm:0041 Received GetENBState GRPC request
```

```
Opening USRP channels=1, args: type=b200,master_clock_rate=23040000
[INFO] [UHD RF] RF UHD Generic instance constructed
[INFO] [B200] Detected Device: B210
[INFO] [B200] Operating over USB 3.
[INFO] [B200] Detecting internal GPSDO...
[INFO] [GPS] Found an internal GPSDO: GPSTCX0, Firmware Rev 0.932
[INFO] [B200] Initialize CODEC control...
[INFO] [B200] Initialize Radio control...
[INFO] [B200] Performing register loopback test...
[INFO] [B200] Register loopback test passed
[INFO] [B200] Performing register loopback test...
[INFO] [B200] Register loopback test passed
[INFO] [B200] Asking for clock rate 23.040000 MHz...
[INFO] [B200] Actually got clock rate 23.040000 MHz.
RF device 'UHD' successfully opened

==== eNodeB started ====
Type <t> to view trace
Setting frequency: DL=2680.0 Mhz, UL=2560.0 MHz for cc_idx=0 nof_prb=50
```

MAGMA AGW (LTE)

SRSRAN eNB

```
[INFO] [B200] Detected Device: B210
[INFO] [B200] Operating over USB 3.
[INFO] [B200] Detecting internal GPSDO...
[INFO] [GPS] Found an internal GPSDO: GPSTCX0, Firmware Rev 0.932
[INFO] [B200] Initialize CODEC control...
[INFO] [B200] Initialize Radio control...
[INFO] [B200] Performing register loopback test...
[INFO] [B200] Register loopback test passed
[INFO] [B200] Performing register loopback test...
[INFO] [B200] Register loopback test passed
[INFO] [B200] Asking for clock rate 23.040000 MHz...
[INFO] [B200] Actually got clock rate 23.040000 MHz.
RF device 'UHD' successfully opened

==== eNodeB started ====
Type <t> to view trace
Setting frequency: DL=2680.0 Mhz, UL=2560.0 MHz for cc_idx=0 nof_prb=50
RACH: tti=2831, cc=0, pci=1, preamble=25, offset=1, temp_crnti=0x46
User 0x46 connected

Conectado
```

Conectado

```
027031 Mon May 19 14:35:54 2025 7F8A227FC700 DEBUG NAS-ES tasks/nas/nas_state_converter.cp:0330 Writing esm proc data to proto
027032 Mon May 19 14:35:54 2025 7F8A227FC700 DEBUG MME-AP tasks/nas/nas_state_converter.cp:0156 State PLMN 001.01 to proto
027033 Mon May 19 14:35:54 2025 7F8A227FC700 DEBUG MME-AP tasks/nas/nas_state_converter.cp:0156 State PLMN 001.01 to proto
027034 Mon May 19 14:35:54 2025 7F8A227FC700 DEBUG MME-AP tasks/nas/nas_state_converter.cp:0156 State PLMN 001.01 to proto
027035 Mon May 19 14:35:54 2025 7F8A227FC700 DEBUG MME-AP tasks/mme_app/mme_app_state_conv:0435 Writing PDN context at index 0
027036 Mon May 19 14:35:54 2025 7F8A227FC700 DEBUG MME-AP tasks/mme_app/mme_app_state_conv:0275 writing bearer context at index 0 with ebi 5 timer id -1
027037 Mon May 19 14:35:54 2025 7F8A09FFB700 DEBUG S1AP tasks/s1ap/s1ap_mme.cpp :0116 S1AP ZMQ latency: 969.
027038 Mon May 19 14:35:54 2025 7F8A227FC700 DEBUG MME-AP include/state_manager.hpp :0186 Finished writing UE state for IMSI 101012345678911
```

UE autenticado

IMSI 101012345678911



Conectividade IoT Ubíqua e Personalizada por Rede Privada com Convergência e Multiacesso por 5G e WiFi

#1

Testes

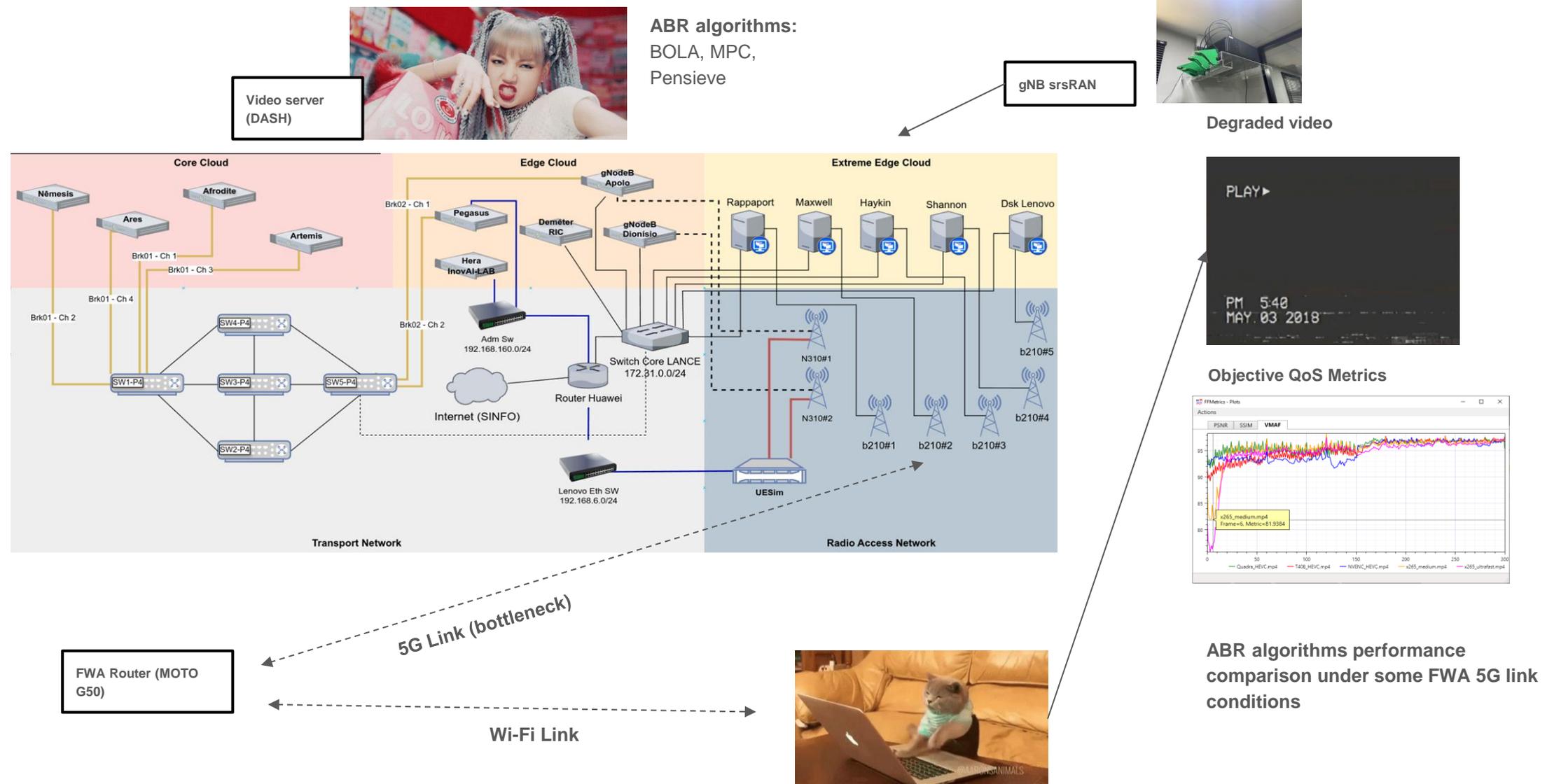
- Demo Multi-RAT (4G + Wi-Fi): autenticação via SimCard



Conectividade IoT Ubíqua e Personalizada por Rede Privada com Convergência e Multiacesso por 5G e WiFi

Testes

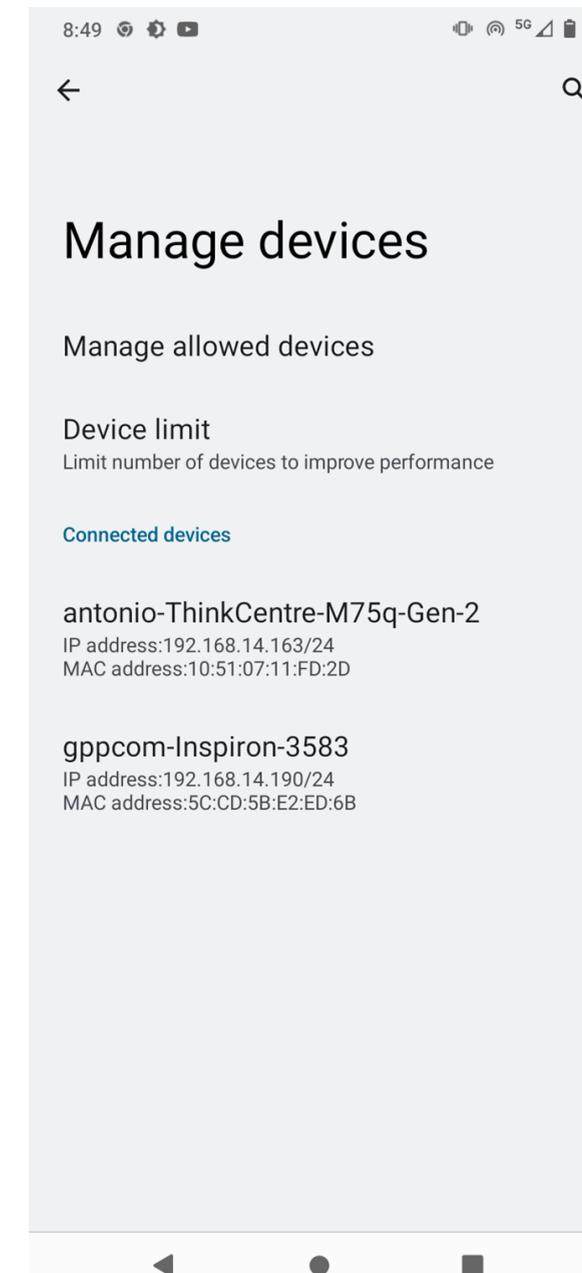
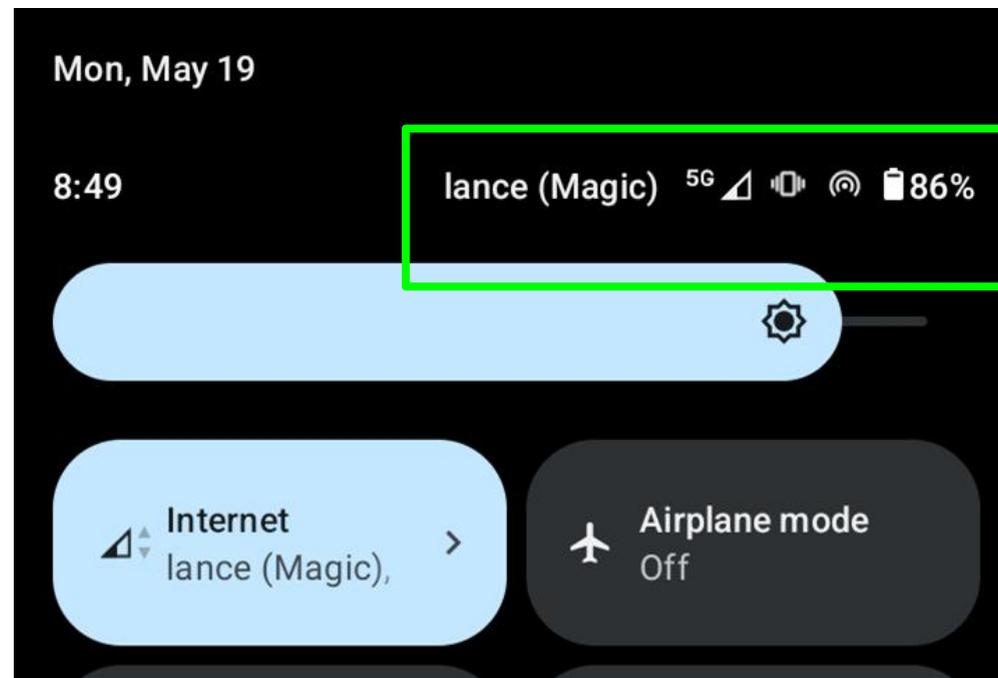
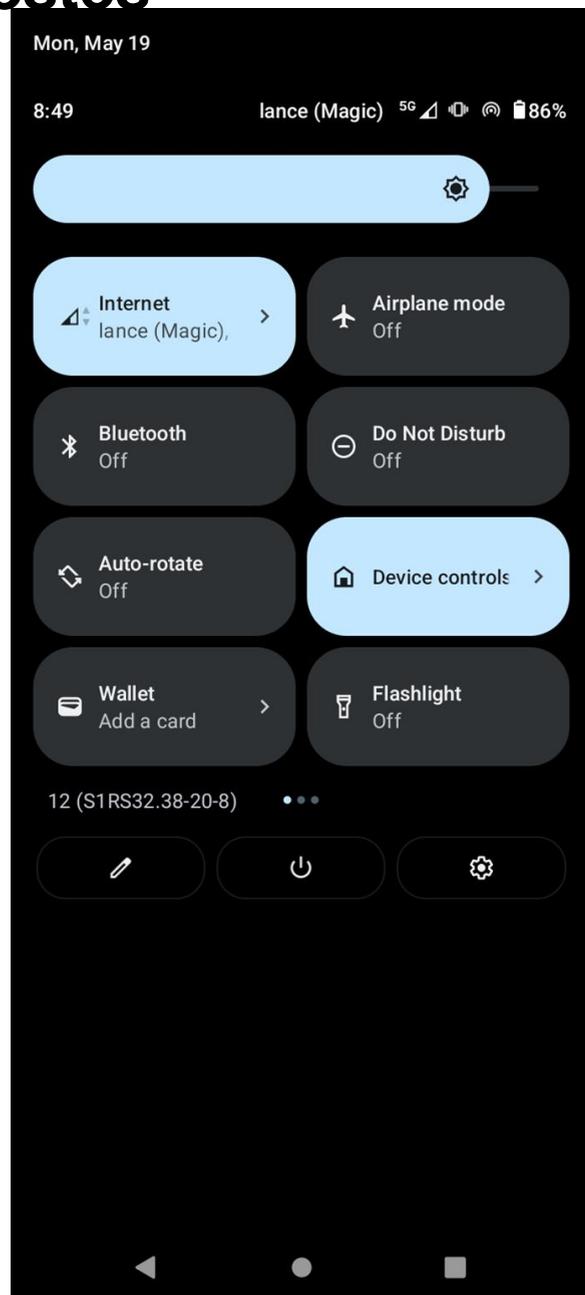
- UHD DASH Video Streaming Evaluation in a 5G FWA SDR-based Network





Conectividade IoT Ubíqua e Personalizada por Rede Privada com Convergência e Multiacesso por 5G e WiFi **#1**

Testes

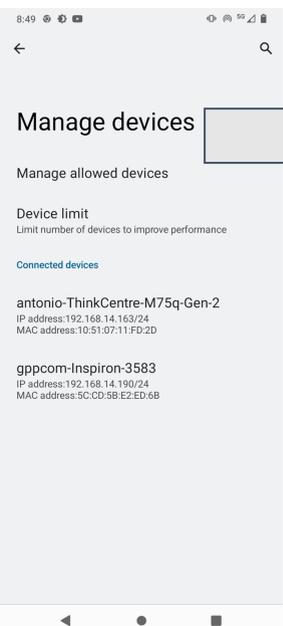




Conectividade IoT Ubíqua e Personalizada por Rede Privada com Convergência e Multiacesso por 5G e WiFi

#1

Testes



Manage devices

Manage allowed devices

Device limit
Limit number of devices to improve performance

Connected devices

antonio-ThinkCentre-M75q-Gen-2
IP address:192.168.14.163/24
MAC address:10:51:07:11:FD:2D

gppcom-Inspiron-3583
IP address:192.168.14.190/24
MAC address:5C:CD:5B:E2:ED:6B

DASH Streaming Player com troca de algoritmo

Usar BOLA Usar Throughput

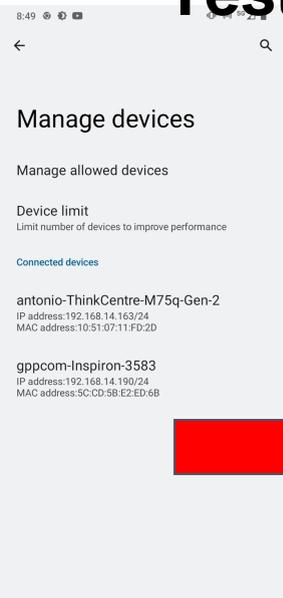
```
gppcom@gppcom-Inspiron-3583:~$ ip -br -c a
lo                UNKNOWN        127.0.0.1/8 ::1/128
enp2s0            UP              192.168.14.190/24 fe80::cf28:f6d9:bbb2:36ad/64
wlo1              UP              172.17.0.1/16
docker0           DOWN            172.19.0.1/24 fe80::9c43:81ff:fed6:37d9/64
br-fb3399100fea   UP              172.19.0.1/24 fe80::a425:74ff:fe2e:69c1/64
veth54e47ba@if2   UP
gppcom@gppcom-Inspiron-3583:~$
```



Conectividade IoT Ubíqua e Personalizada por Rede Privada com Convergência e Multiacesso por 5G e WiFi

Streaming Hospedado no LANCE

Testes



Manage devices

Manage allowed devices

Device limit
Limit number of devices to improve performance

Connected devices

antonio-ThinkCentre-M75q-Gen-2
IP address:192.168.14.163/24
MAC address:10:51:07:11:FD:2D

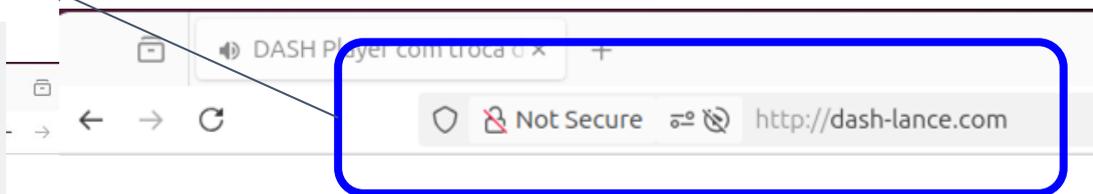
gppcom-Inspiron-3583
IP address:192.168.14.190/24
MAC address:5C:CD:5B:E2:ED:6B



Wi-Fi hotspot

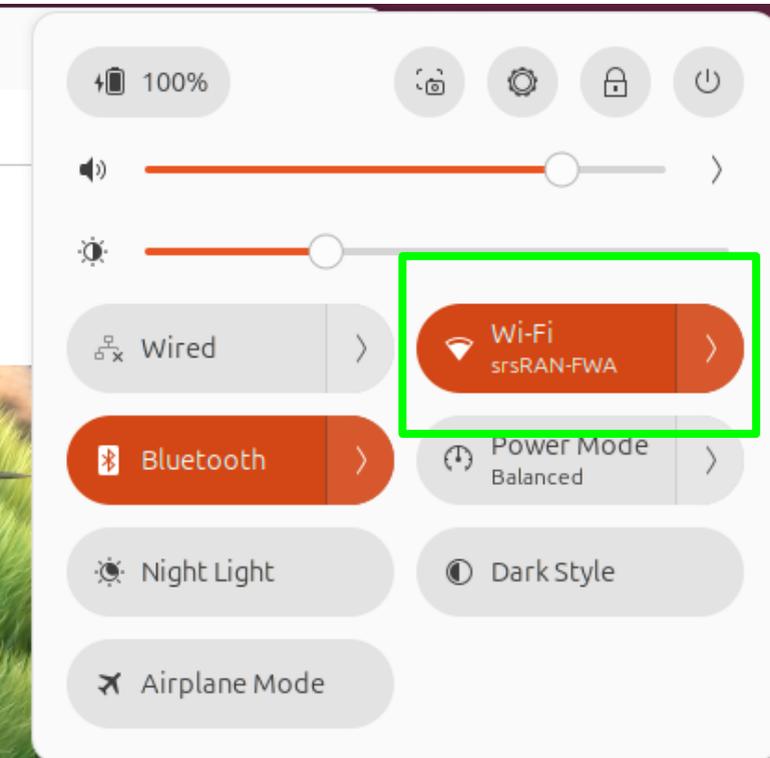
Use Wi-Fi hotspot

Hotspot name
srsRAN-FWA



Usar BOLA Usar Throughput

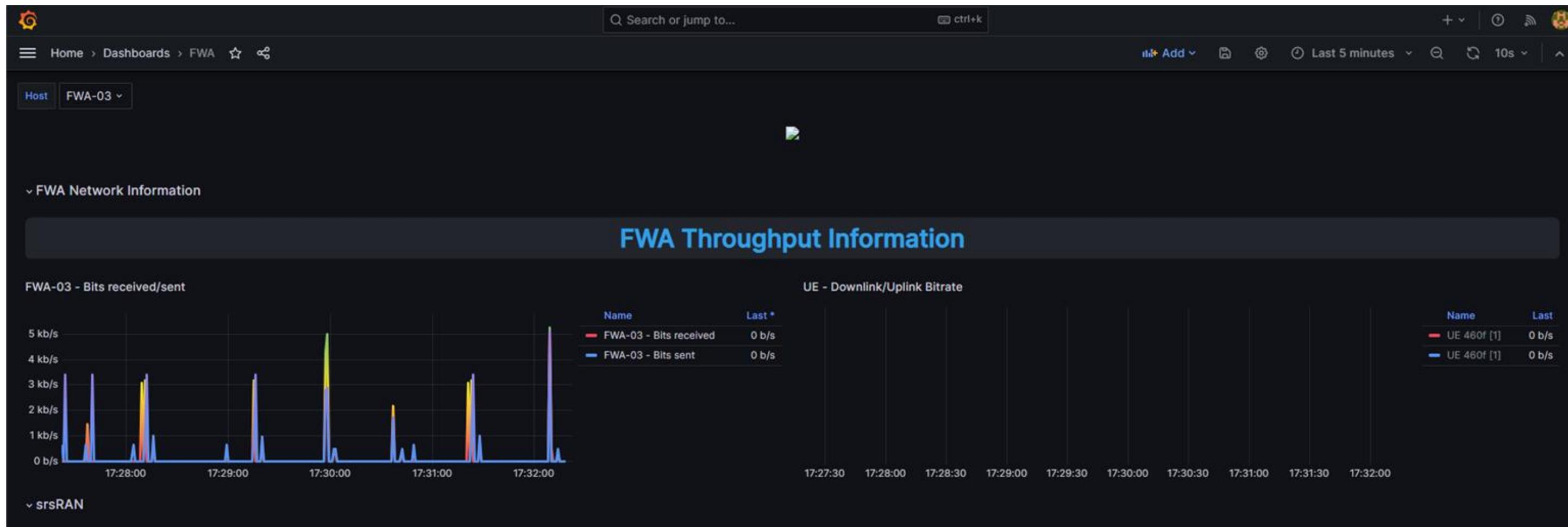
```
gppcom@gppcom-Inspiron-3583: ~  
gppcom@gppcom-Inspiron-3583:~$ ip -br -c a  
lo UNKNOWN 127.0.0.1/8 ::1/128  
enp2s0 UP  
wlo1 UP 192.168.14.190/24 fe80::cf28:f6d9:bbb2:36ad/64  
docker0 DOWN 172.17.0.1/16  
br-fb3399100fea UP 172.19.0.1/24 fe80::9c43:81ff:fed6:37d9/64  
veth54e47ba@if2 UP e80::a425:74ff:fe2e:69c1/64  
gppcom@gppcom-Inspiron-3583:~$
```





Conectividade IoT Ubíqua e Personalizada por Rede Privada com Convergência e Multiacesso por 5G e WiFi #1

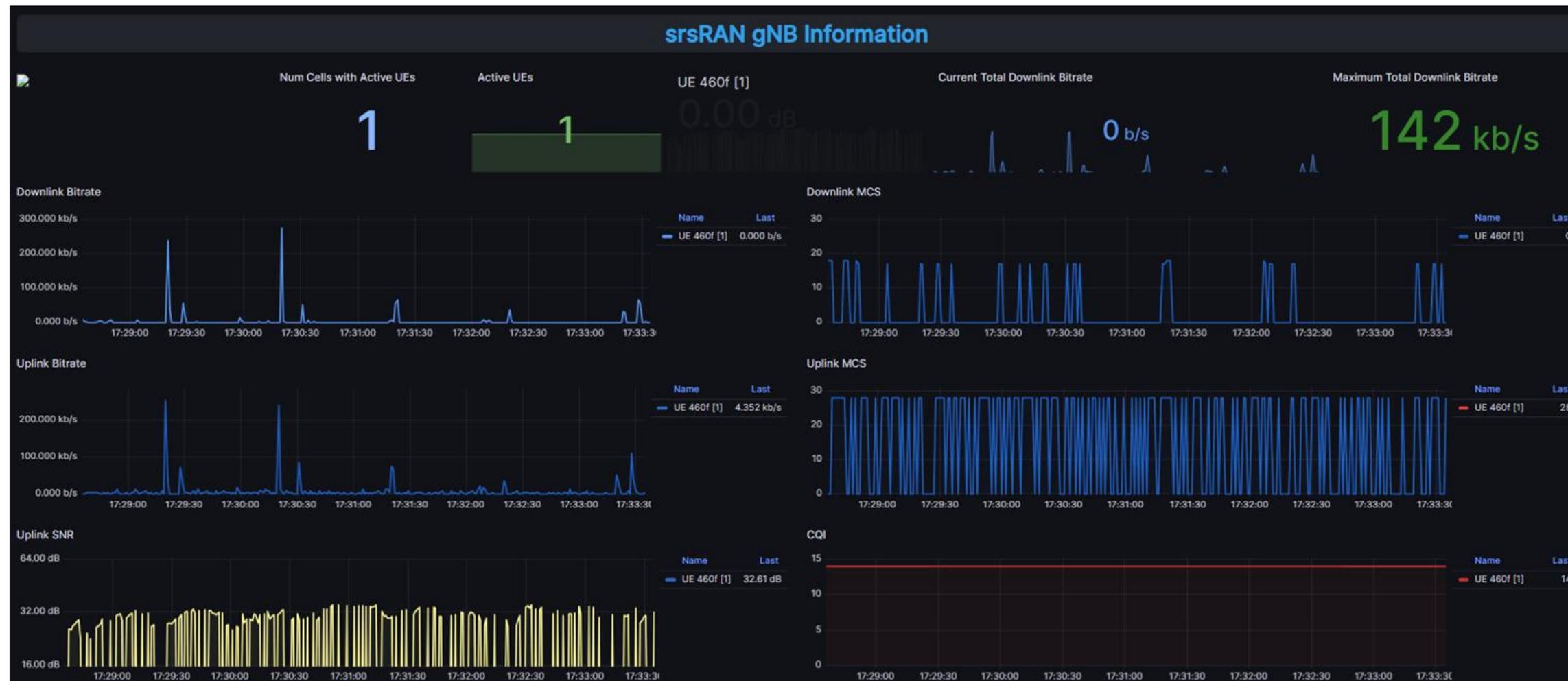
Dashboard com as métricas de REDE:





Conectividade IoT Ubíqua e Personalizada por Rede Privada com Convergência e Multiacesso por 5G e WiFi #1

Dashboard com as métricas de REDE:

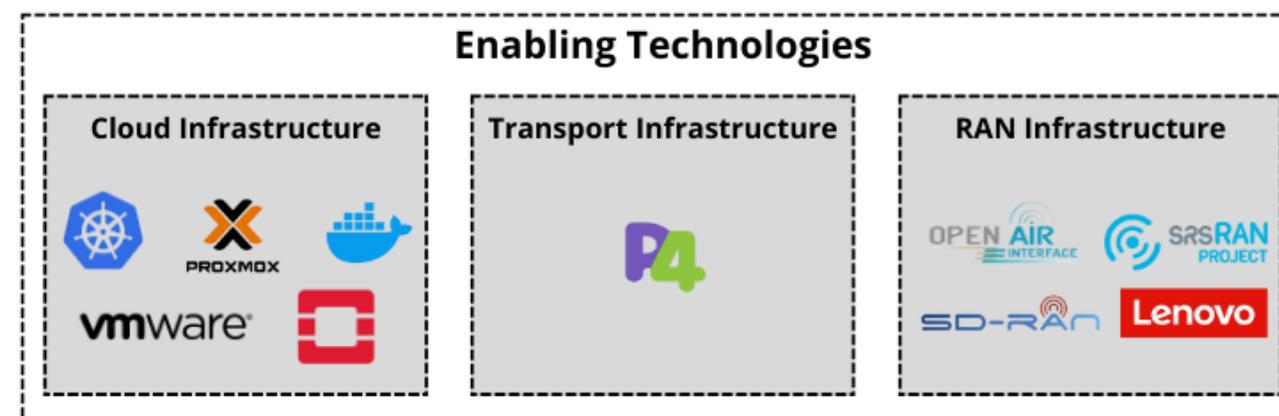
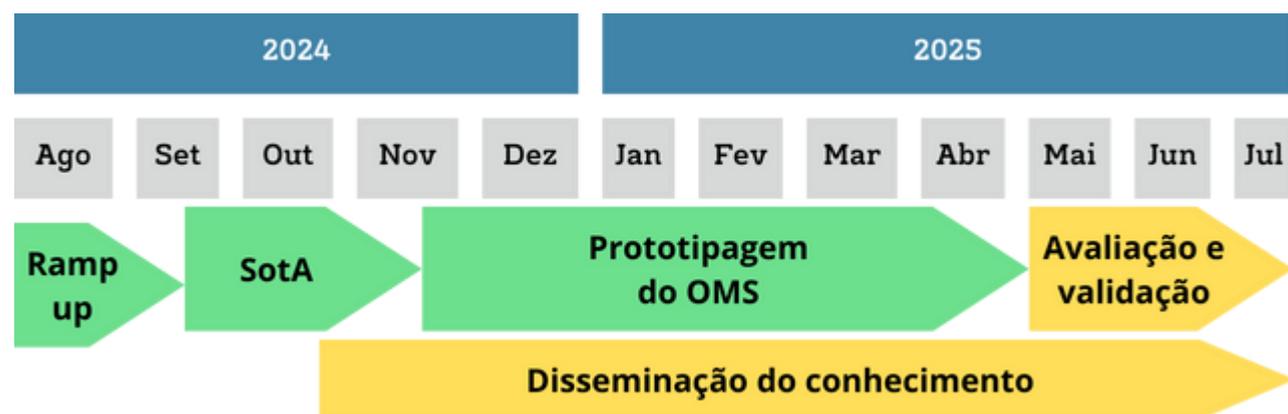
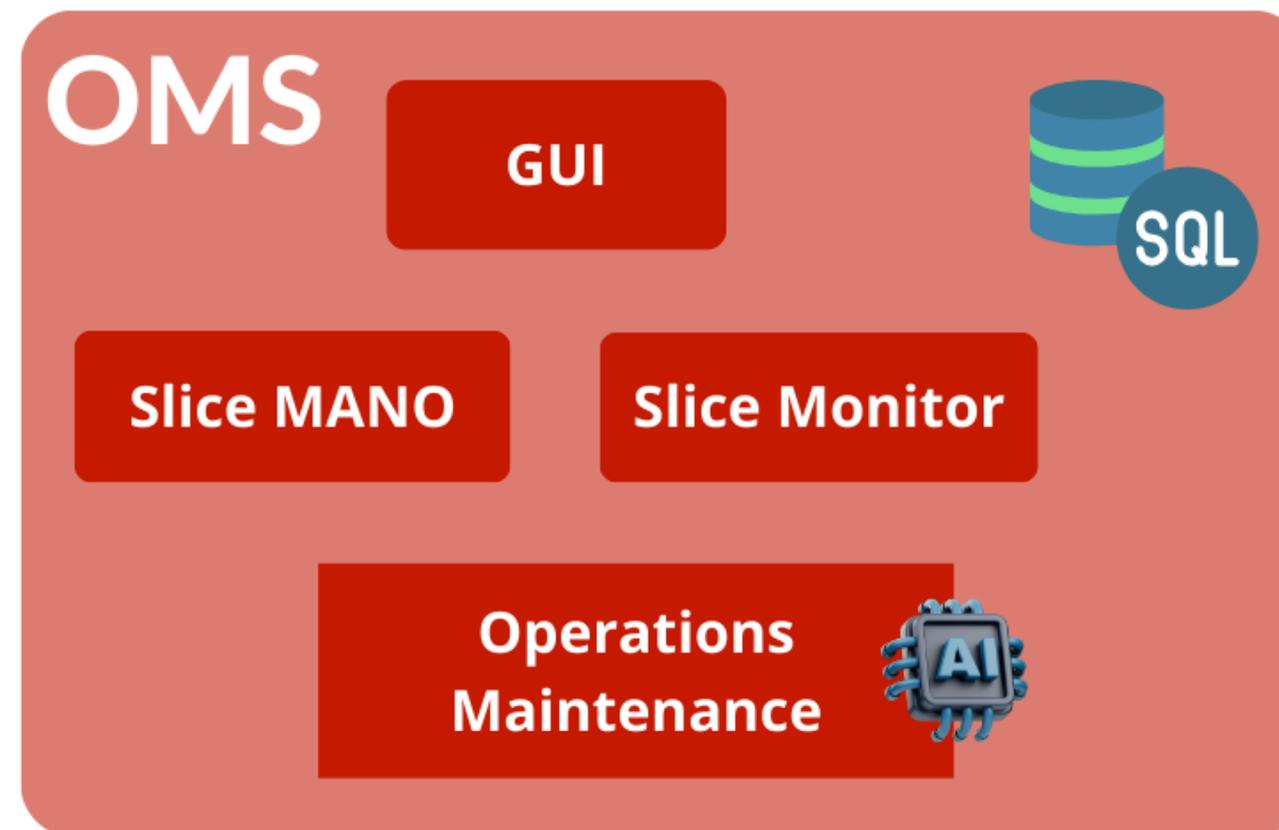




Gerenciamento Proativo e Auto-organizado de Network Slices para Entrega de Serviços IoT Inteligentes sobre 5G

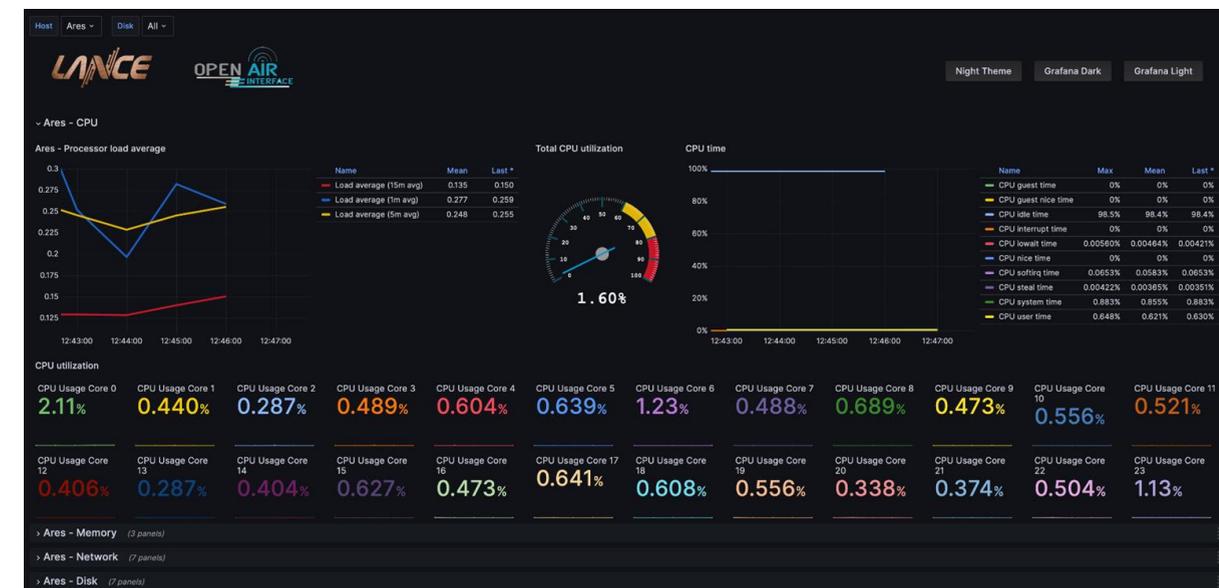
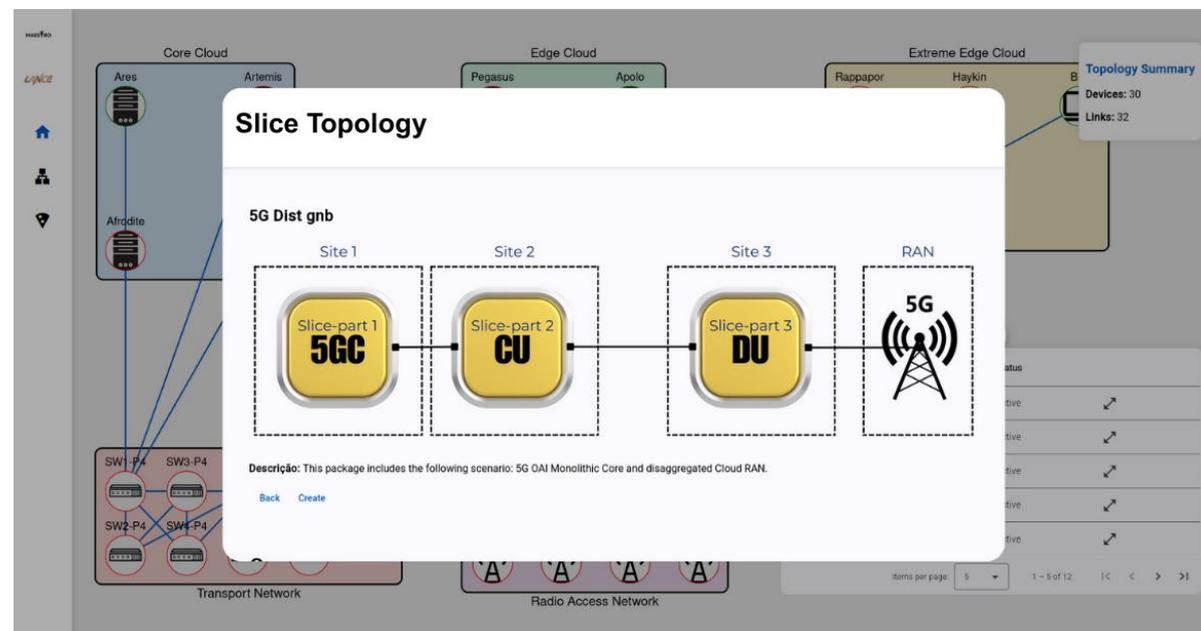
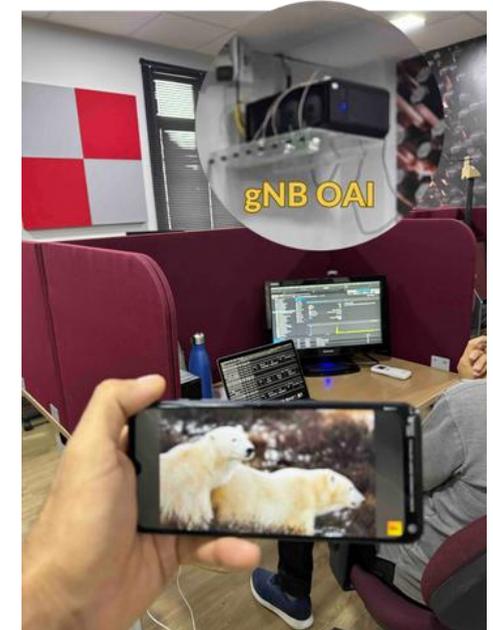
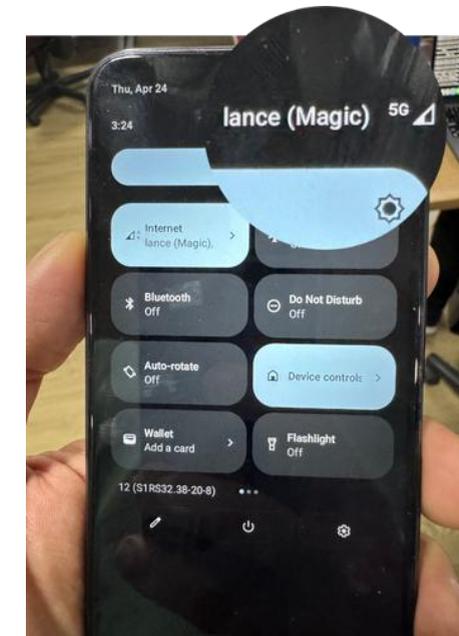
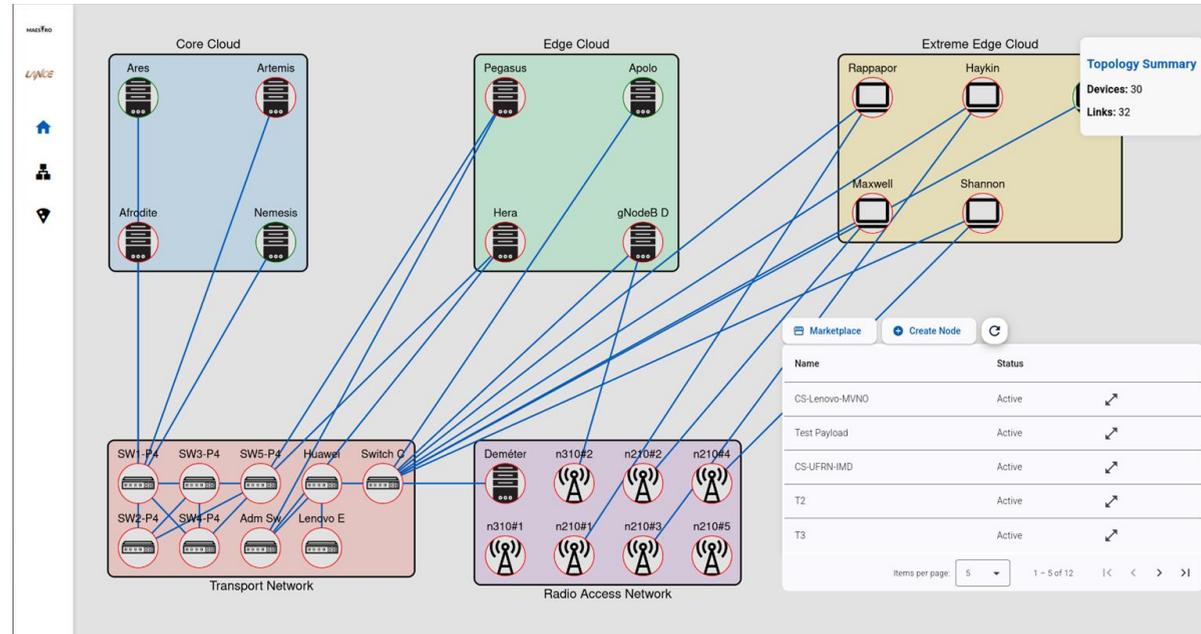
Objetivo - Desenvolver um OMS com as seguintes funcionalidades:

- MANO do ciclo de vida de Cloud-Network Slices E2E
- Abordagem proativa e/ou preventiva para manutenção de slices
- Foco na entrega de serviços inteligentes em cenários IoT



Gerenciamento Proativo e Auto-organizado de Network Slices para Entrega de Serviços IoT Inteligentes sobre 5G

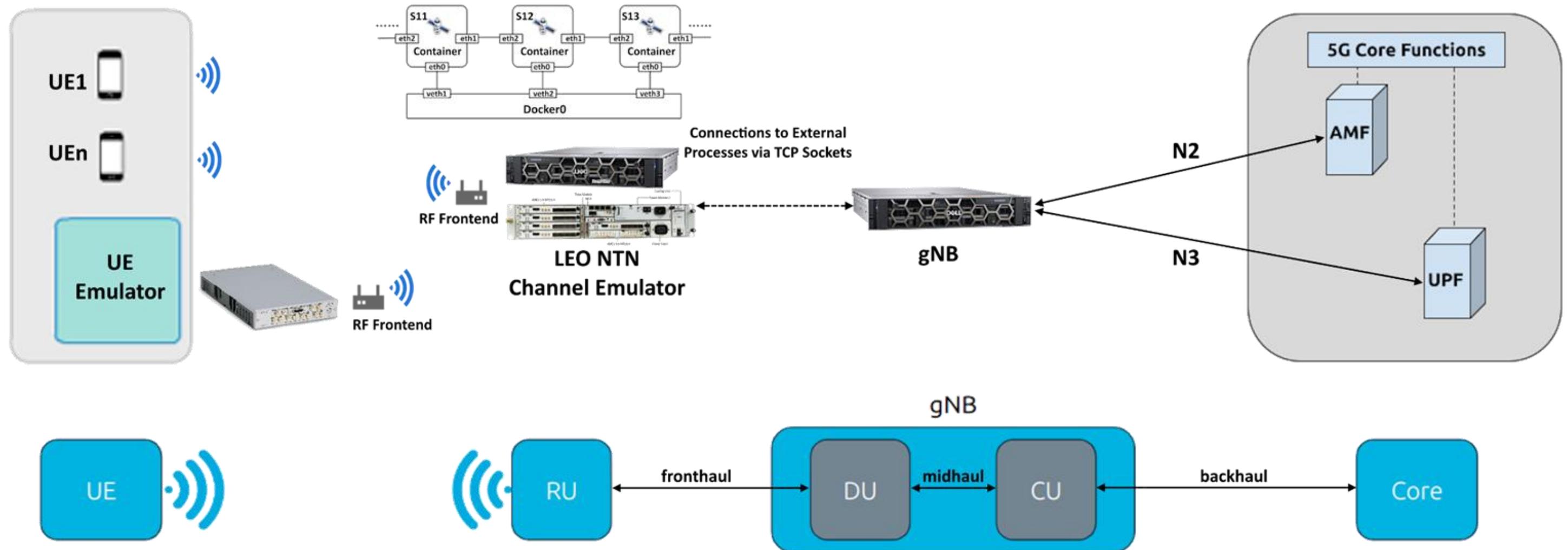
Avaliação: TLR3/4



Sub-Projetos



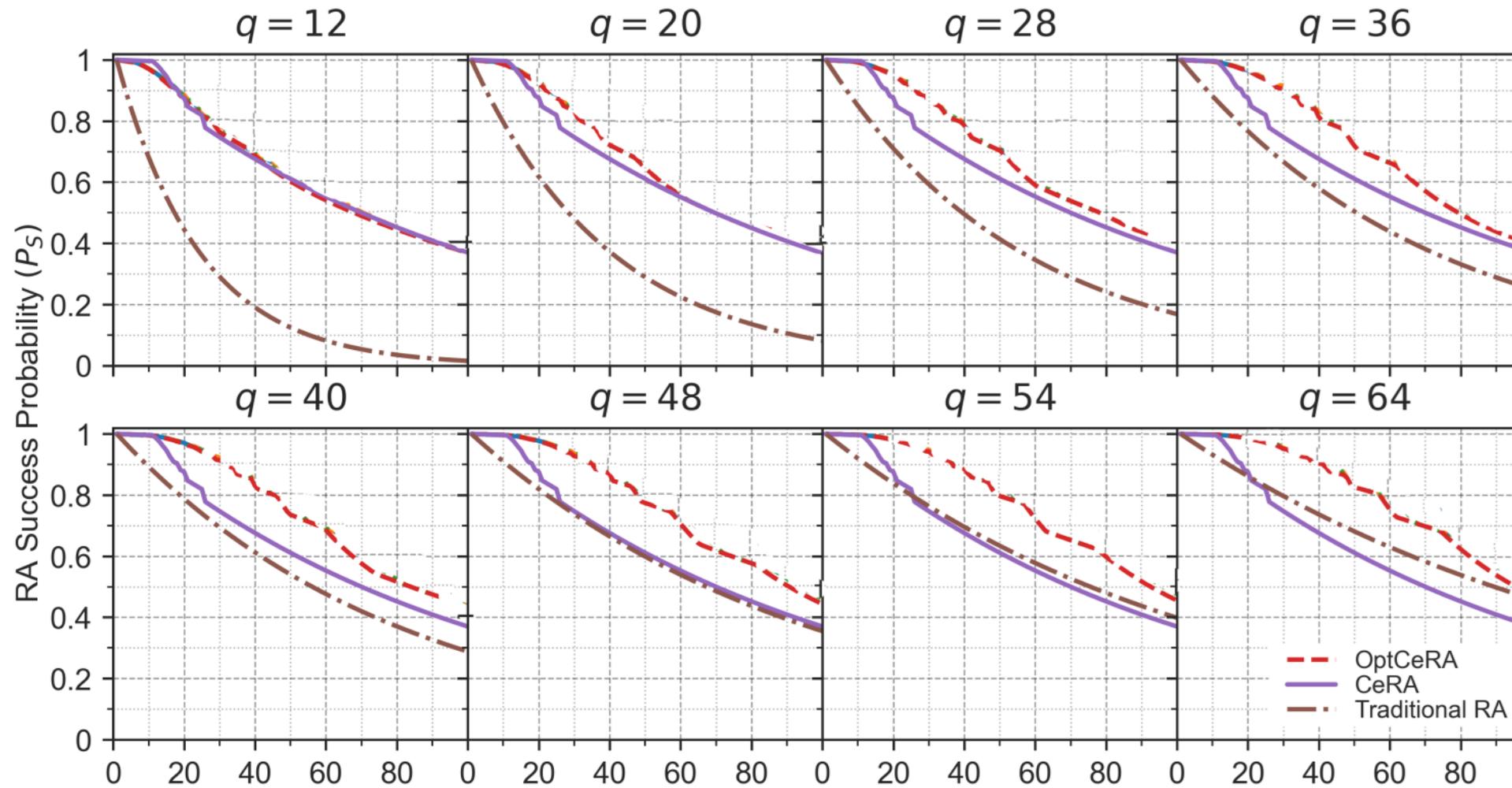
Simulação de Constelação Satelital via Software para Ambientes Experimentais de 5G NTN



Sub-Projetos



Avaliação experimental do esquema *Optimal Code Expanded Random Access (OptCeRA)* e solução baseada em ML para Problema de Ambiguidade do Código



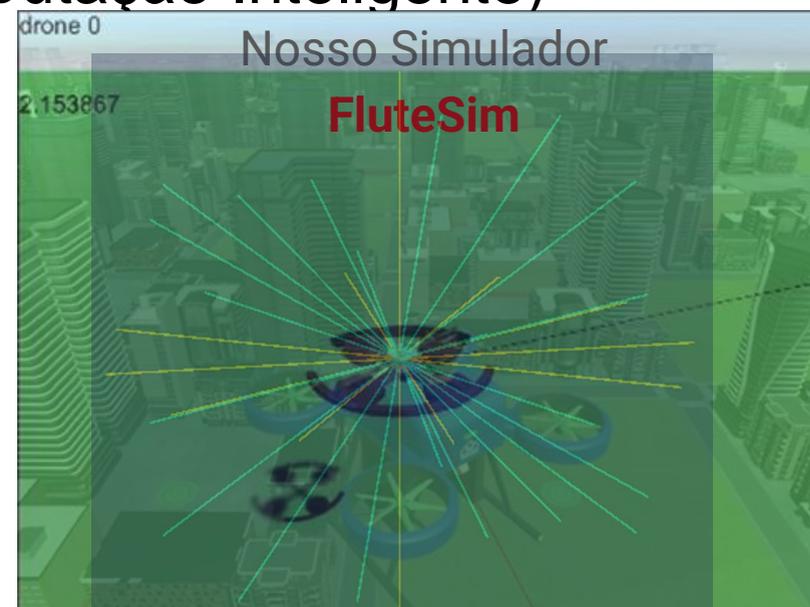
Resultados de simulação já mostraram que CeRA supera o procedimento de acesso aleatório tradicional das redes móveis 5G.

Sub-Projetos #4

Prevenção de Colisões e Otimização de Trajetórias em Serviços de Entregas por Drones e Ambientes Aéreos de Alta Densidade

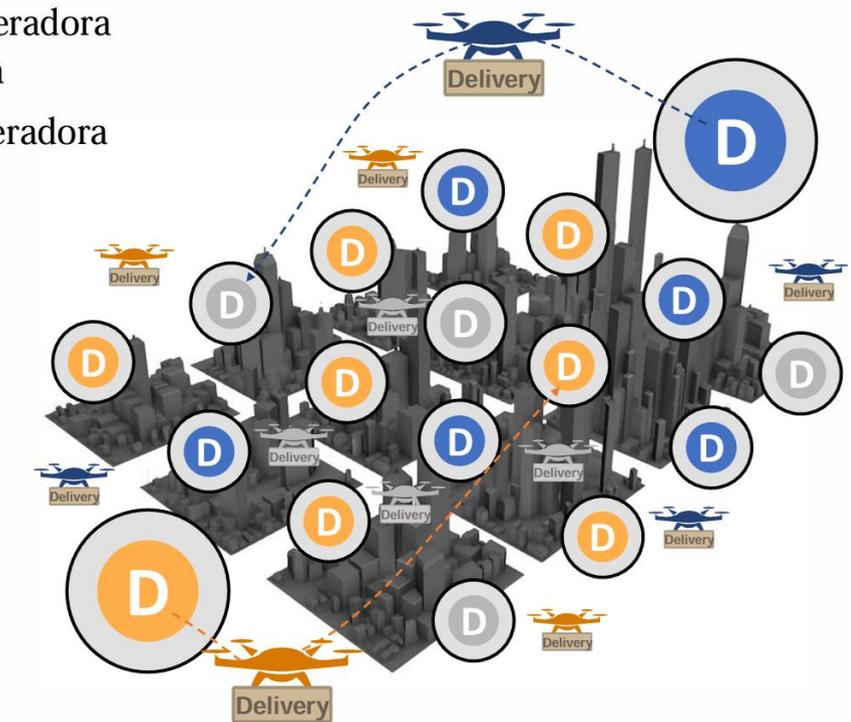
Objetivo - Propor algoritmos anticolisão e de otimização de rotas para drones em serviços de entregas aéreas de alta densidade incluindo métodos baseados em

- Comunicação 5G/6G
- Aprendizado de Máquina (por Reforço)
- Execução distribuída na Borda (Contínuo de Computação Inteligente)



-  Drone ponto da operadora de logística laranja
-  Drone ponto da operadora de logística azul
-  Drone ponto de outras missões

-  Drone da operadora de logística laranja
-  Drone da operadora de logística azul
-  Drone de outras missões

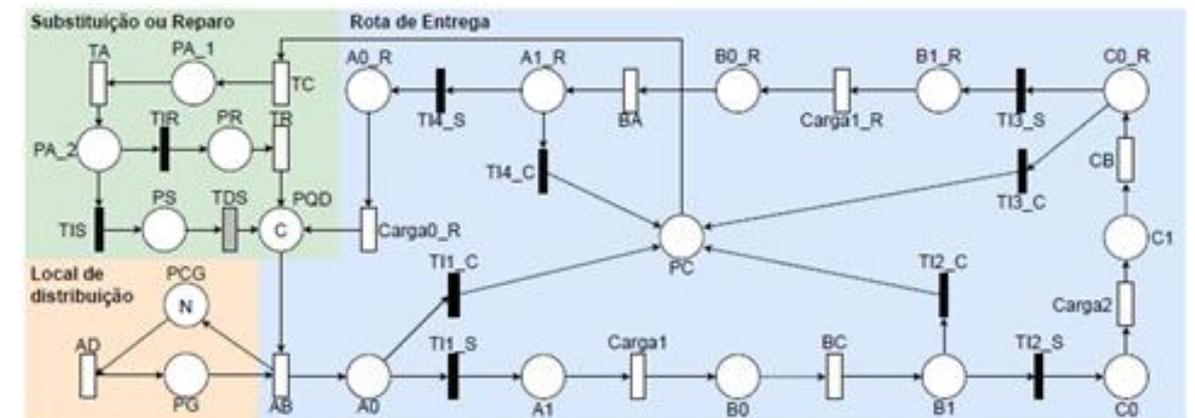
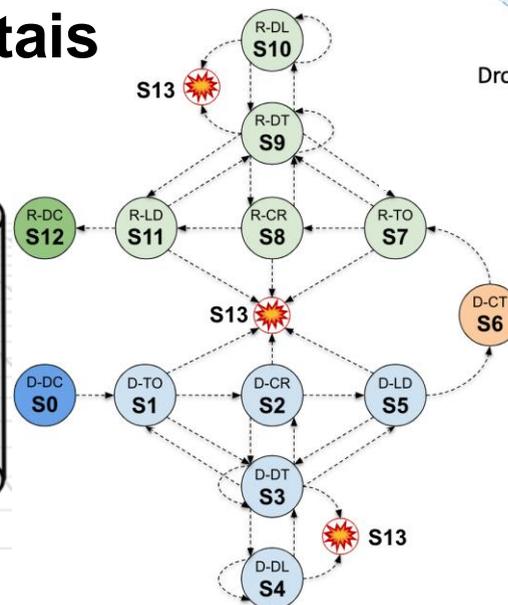
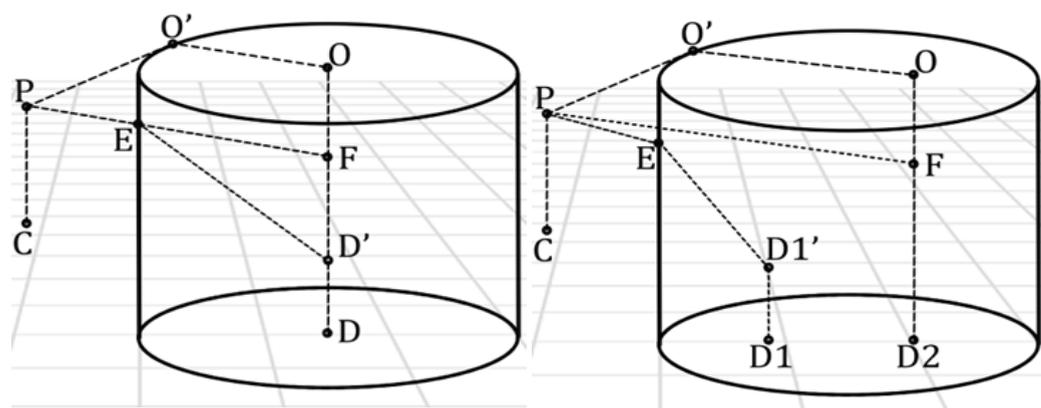
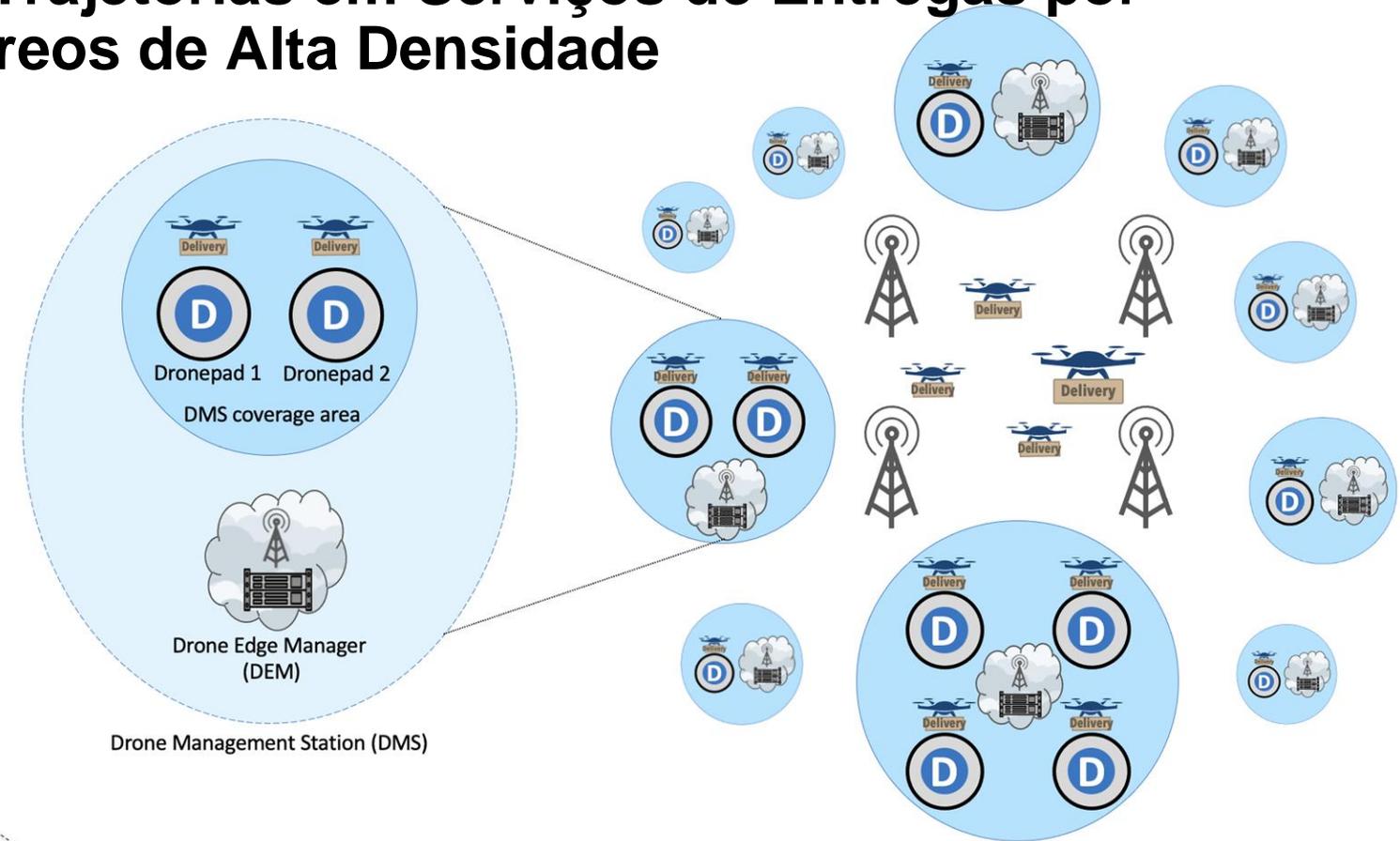


Sub-Projetos #4

Prevenção de Colisões e Otimização de Trajetórias em Serviços de Entregas por Drones e Ambientes Aéreos de Alta Densidade

Modelagens e Simulações

- Cadeias de Markov
- Redes de Petri Estocásticas
- Simulações baseadas em Unity
 - Sistema de Gerenciamento de Drones na Borda (DREMS)
 - Latência LiDAR/5G/6G
 - Aprendizado por Reforço
- Planos para testes experimentais

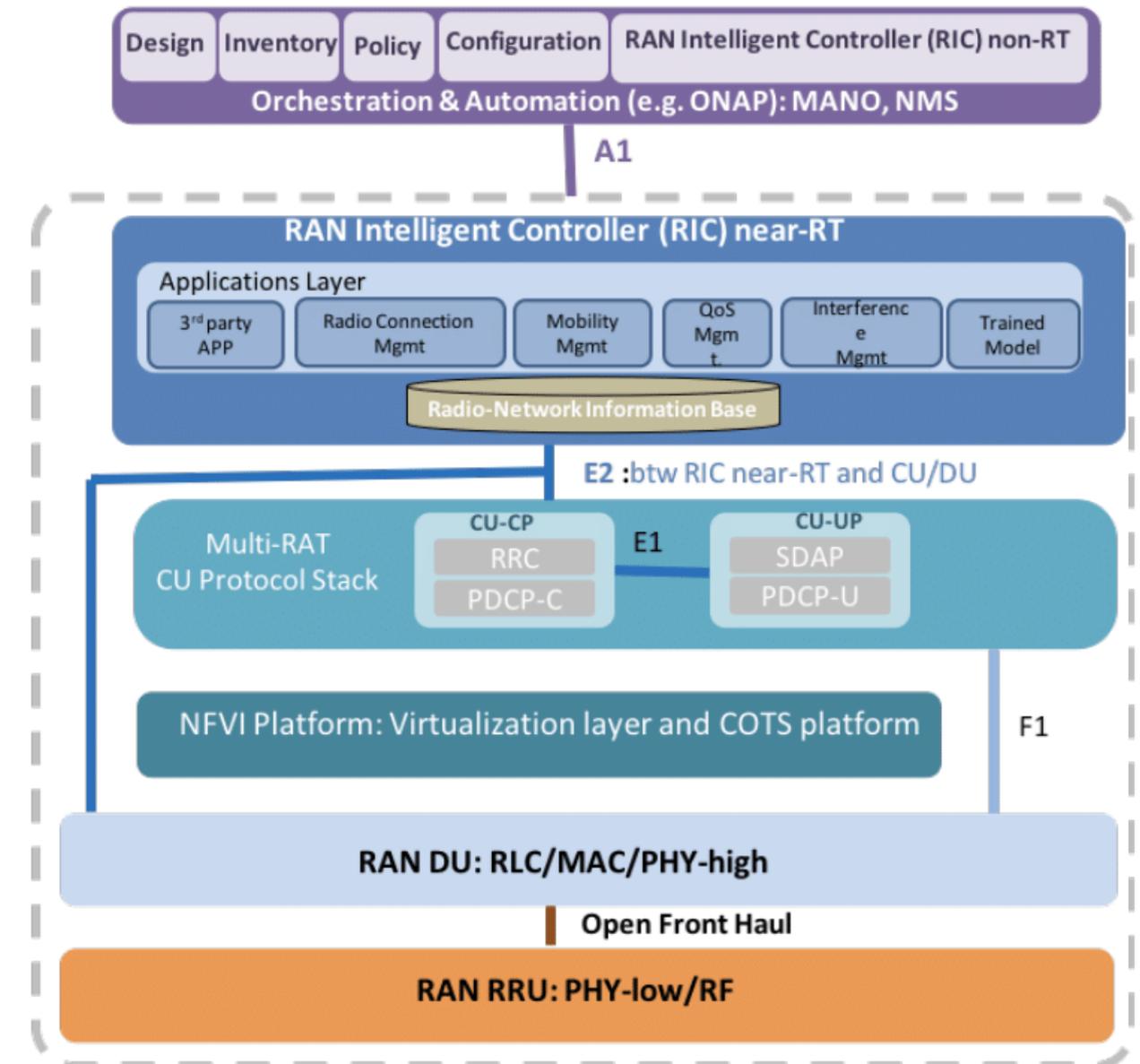


Sub-Projetos #6

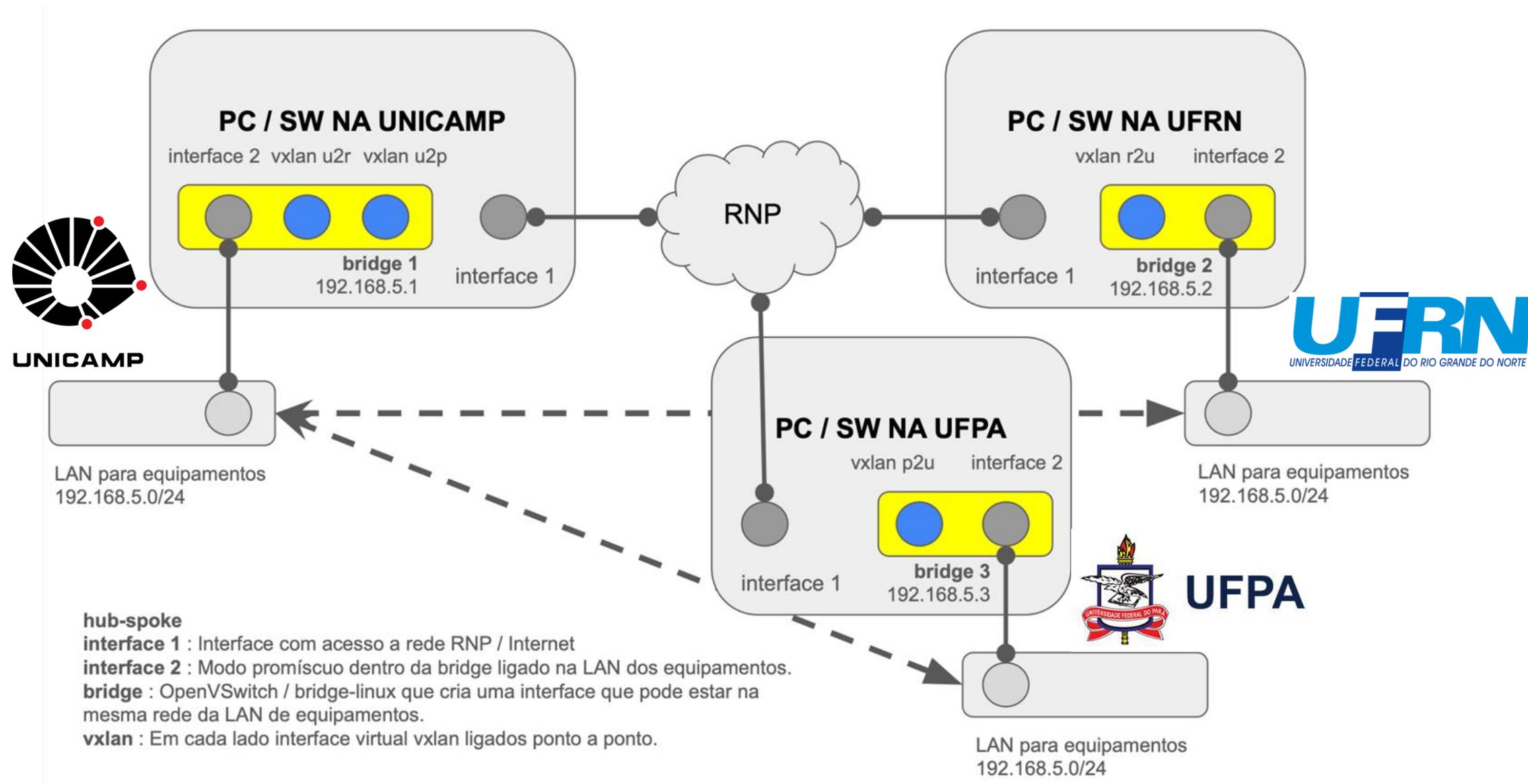
Segurança para xApps em Redes Móveis 5G baseadas em Arquitetura OpenRAN

Objetivo - Investigar e desenvolver mecanismos de segurança de integridade para xApps em ambientes Open RAN, com o objetivo de prevenir execuções maliciosas, vazamento de dados sensíveis e interferências não autorizadas entre aplicações, garantindo a segurança e a confiabilidade da RAN Inteligente em redes 5G.

- **Analisar o ciclo de vida de xApps** e identificar pontos críticos de vulnerabilidade em ambientes RIC.
- **Segurança Colaborativa entre xApps:** Comunicação segura entre xApps que compartilham decisões e Protocolos de consenso entre xApps para validar ações críticas.
- **Propor diretrizes de segurança** para o desenvolvimento e a implantação de xApps por terceiros.



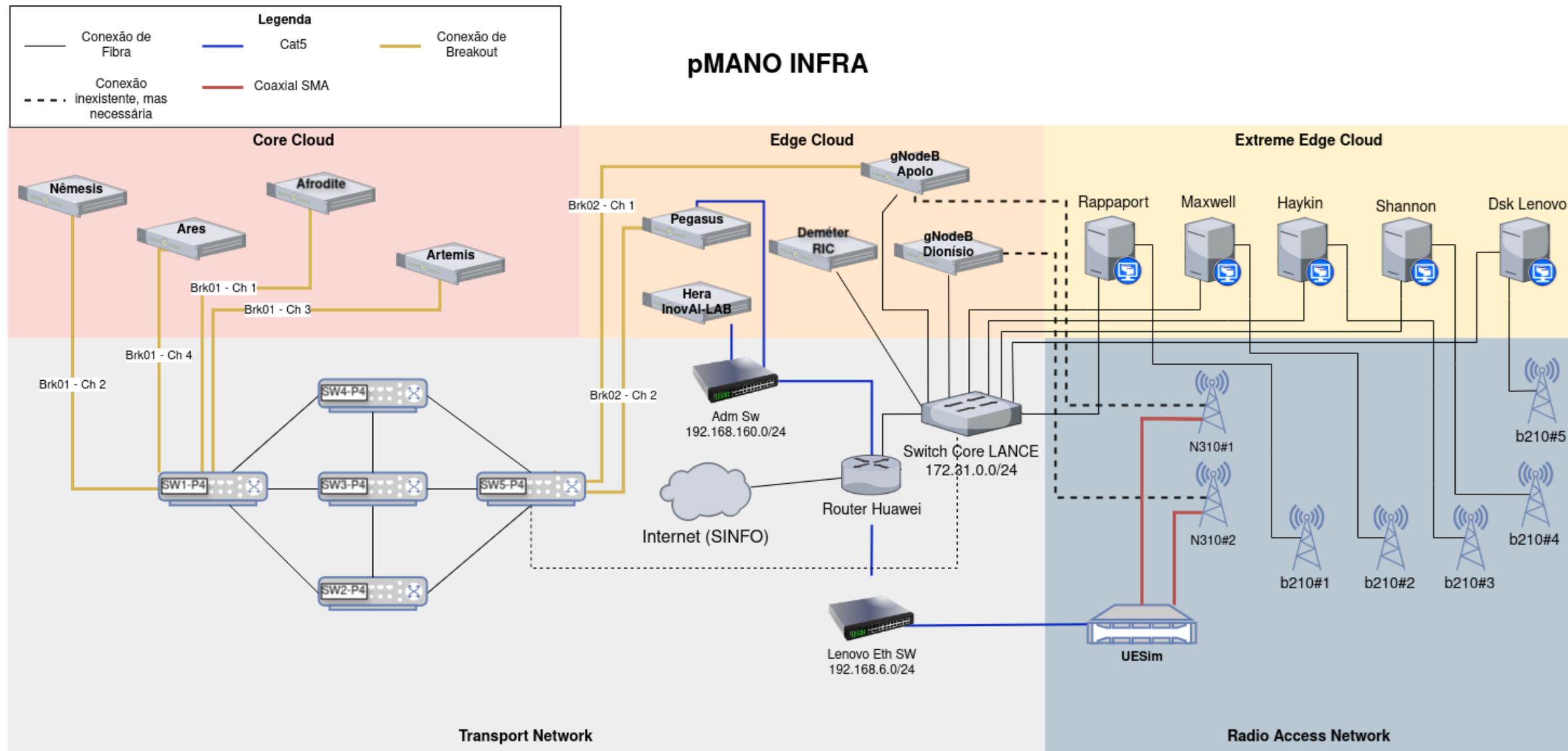
Interconexão Nacional



Testbed intercontinental



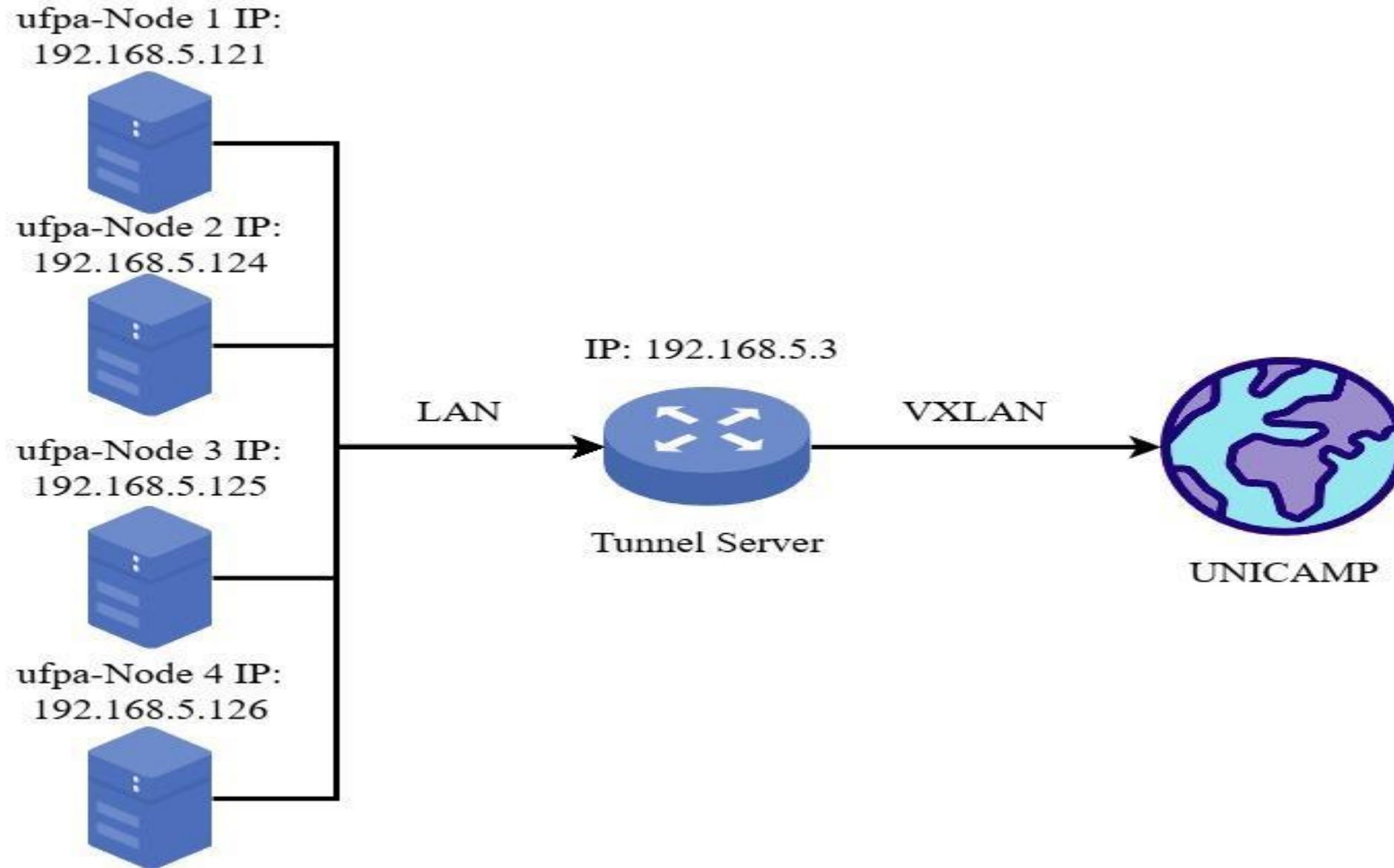
Testbed



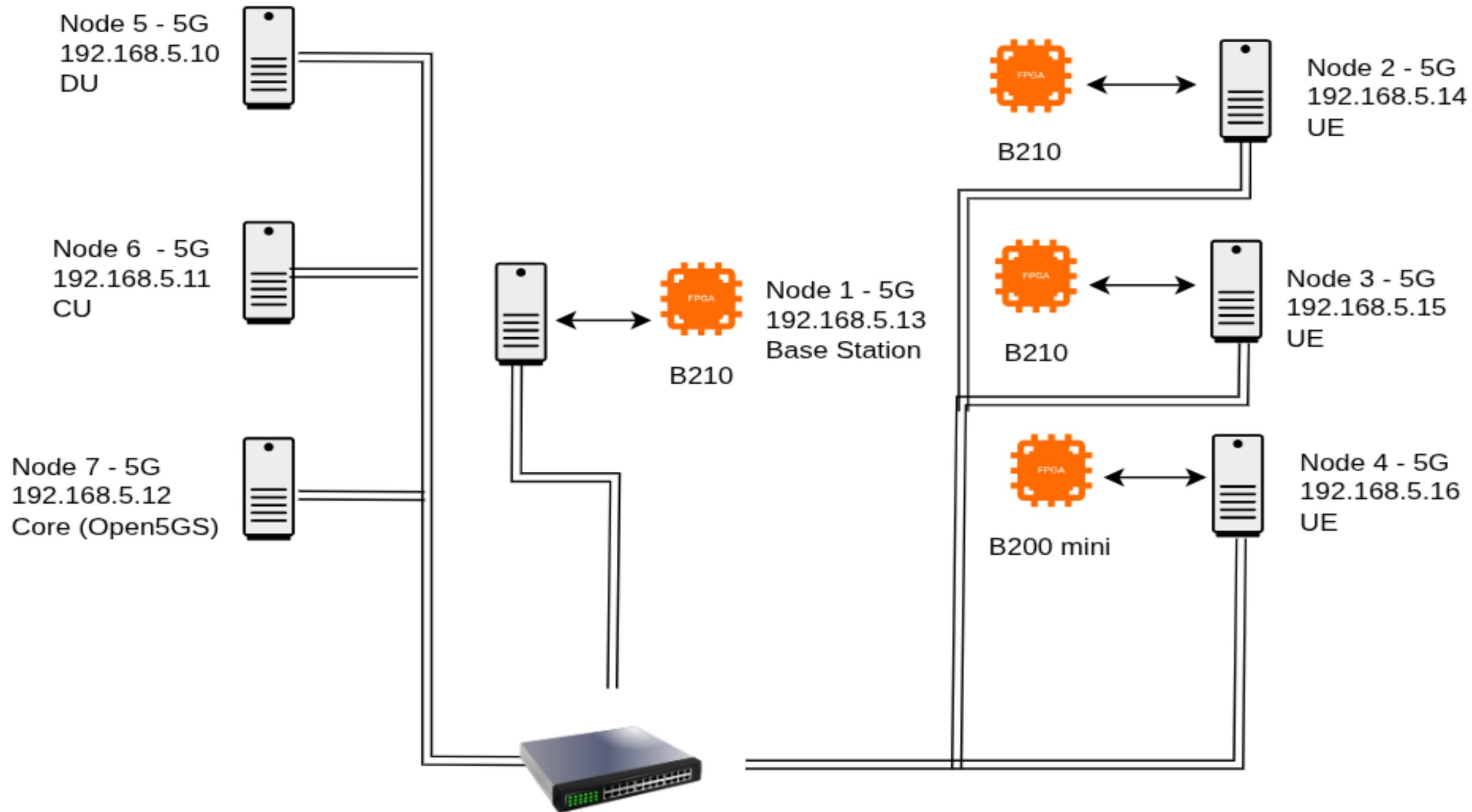
Testbed



UFPA



Testbed



Publicações



- SANTOS, C. H. ; A. Neto ; FONTES, R. R. ; R. Immich ; SOUSA JUNIOR, V. A. ; H. Silva . **Predictive Disaster Recovery for Multi-Redundant Operations and Maintenance 5G Network Systems**. In: 21st International Wireless Communications & Mobile Computing Conference, 2025, Abu Dhabi. Proceedings of IWCMC 2025, 2025.
- OLIVEIRA, N. I. ; H. Silva ; PINHEIRO, M. C. M. A. ; A. Neto . **Security and regulatory insights for 5G Network Slicing-enabled eHealth applications**. In: 21st International Wireless Communications & Mobile Computing Conference, 2025, Abu Dhabi. Proceedings of IWCMC 2025, 2025.
- C. A. Astudillo and N. L. S. Da Fonseca, "**Optimized Code-Expanded Random Access Procedure for Massive Internet of Things**," 2024 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Cape Town, South Africa, 2024, pp. 1257-1262.
- E. E. P. Mosca, S. E. S. B. Ribeiro, N. L. S. Da Fonseca and C. A. Astudillo, "**Scalable Code-Expanded Random Access Procedure for Massive MTC in Mobile Networks**," 2024 IEEE 10th World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Ottawa, ON, Canada, 2024, pp. 912-917
- DORIA, M. F. S. ; Sousa Jr., Vicente A. de ; CAMPOS, A. L. P. S. ; OLIVERIA, N. I. ; EDUARDO, P. ; FILHO, P. ; LIMA FILHO, C. A. ; OLIVEIRA, J. G. D. ; LUNA, D. R. ; Iago Diógenes Do Rêgo ; FERNANDES, M. A. C. ; VENANCIO NETO, A. J. . **Virtualized 5G Testbed using OpenAirInterface: Tutorial and Benchmarking Tests**. JOURNAL OF INTERNET SERVICES AND APPLICATIONS, v. 1, p. 1, 2024.
- MUNIZ, MARILIA C ; NASCIMENTO, WILLIAM M. C. DO ; SOUSA, VICENTE ; LUNA, DANIEL R. DE ; GUERRA, TARCIANA C. DE B. . **Análise de Viabilidade do Uso do ns-3 para Prototipagem do NB-IoT**. In: XLII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais, 2024, Belém. Anais do XLII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais, 2024.
- Luna, D. R. De, Jr, F. M. A., Ricardo, P., Paiva, M. B. De, Jr, V. A. D. S., & Venancio, A. J. (2024.). **Multi-Objective Optimization of Open RAN Data Center Placement for Enhanced 5G Deployments**. NFV-SDN 2024, Natal.
- Antonio Campos, Vicente Angelo de Sousa Junior, João Oliveira, Matheus Dória, Carlos Lima, Nelson Ion de Oliveira, Paulo Filho, Paulo Eduardo, Ricardo Queiroz, Daniel Luna, Marcelo A. C. Fernandes, Augusto José Venâncio Neto, Halysson Mendonça, **Licenciamento de Espectro para uso Científico: Legislação e Estudo de Caso de Sistema 5G Aberto**, ENCOM 2024

Q&A



UFRN
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

metrópole
DIGITAL

www.lance.ufrn.br