

# Custos da Rede 5G

**Eduardo Fabricio Notari**

Telecomunicações | PPGEL | UFSC



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA

# Agenda

## **Rede 5G**

Requerimentos para viabilidade 5G

Modelos de Redes

Elementos de Rede

Total Cost of Ownership

## **Custos da Arquitetura de Rádio**

D-RAN - Cálculo do CAPEX

D-RAN - Cálculo do OPEX

openRAN - Cálculo do CAPEX

openRAN - Cálculo do OPEX

# Requerimentos para viabilidade 5G

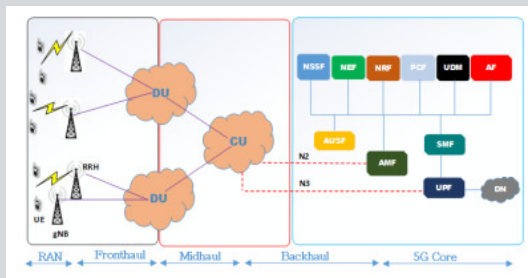
- Resiliência;
- Segurança;
- Alta performance;
- Agregar gerações futuras (Future proof);
- Controle de cobertura, usuários, dispositivos, QoS, segurança aprimorada, flexível.

# Modelos de Redes

- Dono do espectro e dono da gerência;
- Licenciada ou Não-Licenciada;
- Requerimentos atendidos ou outros recursos dedicados;
- Premissa única ou diversas premissas.

# Elementos de Rede

- UDM (*User Data Management*);
- 5G Core Control-Plane;
- UPF (*User Plane Function*);
- gNodeB.



Elementos da rede móvel 5G [Hilary Frank]

# Custos (Total Cost of Ownership TCO)

## CAPEX

- Custos dos rádios (*Radio Unit (RU)*, *Distributed Unit (DU)*, *Centralized Unit (CU)*);
- Custo do Core da rede 5G;
- Custos de refrigeração dos equipamentos;
- Custos de construção da torre da antena.

## OPEX

- Custos Elétricos;
- Custos de operação e manutenção;
- Custos de locação e equipamentos e sites;
- Custos de licença e de SW, e atualizações;
- Custo de locação de uma área para os sites.

# Custos da Arquitetura de Rádio

## D-RAN

- DU e CU alocados no local da antena, torre e RU. Processa a informação de forma independente das outras estações.

## C-RAN

- RU, torre e antena na estação rádio-base e DU e CU num datacenter. Processa várias estações rádio-base de uma vez.
- Vantagens: Custo de equipamentos menor. Menor custo com energia, manutenção e custo de refrigeração.
- Desvantagens: Grande número de estações rádio-base no datacenter. Um problema no datacenter pode afetar todas as estações conectadas.

## openRAN

- Elimina o HW especializado e Fronthaul proprietário;
- Vantagens: Desaregação do HW e SW. Alocação dinâmica de recursos. Rede Flexível e escalonável. Diversidade de fabricantes. Menor manutenção.

# Cálculo do CAPEX

$$CAPEX_{D-RAN}^{5G} = N_{site} \cdot (C_{site} + C_{CWsite}) + C_{optic} + C_{5GC} + C_{5GC}^{cool} + C_{CWcore}$$

onde,

$N_{site}$  - Número de sites;

$C_{site}$  - Custo de instalação do site

$C_{CWsite}$  - Custo de mão-de-obra, calcula-se 20% do custo do site,

$C_{CWsite} = 0.2 \cdot (N_{RU} \cdot C_{RU} + C_{DU/CU} + C_{CPRI})$

$C_{optic}$  - Custo da linha da fibra ótica

$C_{5GC}$  - Custo do Core 5G

$C_{5GC}^{cool}$  - Custo da unidade de refrigeração

$C_{CWcore}$  - Custo de mão-de-obra do Core 5G.



# Custo do Site 5G

$$C_{site} = C_{DU/CU} + N_{RU} \cdot C_{RU} + C_{mast} + C_{cool} + C_{CPRI}$$

onde,

$C_{DU/CU}$  - Custo do módulo CU, calculado como:

$$C_{DU/CU} = C_{DU} + 1/2 C_{CU}$$

$N_{RU}$  - Número de RUs;

$C_{mast}$  - Custo da torre da estação rádio-base;

$C_{cool}$  - Custo da unidade de refrigeração;

$C_{CPRI}$  - *Common Public Radio Interface* custo da placa.

# Custo da Linha Ótica

$$C_{optic} = C_{dig} \left( \frac{L_{summ}^{front}}{N_{RU}} + L_{summ}^{back} \right) + C_{rol} (L_{summ}^{front} + L_{summ}^{back})$$

onde,

$C_{dig}$  - Custo do Km da trincheira

$L_{summ}^{Front}$  - Comprimento da linha Fronthaul

$L_{summ}^{back}$  - Comprimento da linha de Backhaul

$C_{rol}$  - Custo da compra e trâmites do Km da fibra ótica

# Cálculo do OPEX

$$OPEX_{DRAN}^{5G} = C_{W/h} \cdot P + N_{site} \cdot C_{rent} + L_{optic} \cdot C_{lease} + C_{OEM} + C_{wages} + C_{soft}$$

onde,

$C_{W/h}$  - Custo por watt-hora

$P$  - Consumo de energia

$C_{rent}$  - Custos de locação do site

$L_{optic}$  - Comprimento total da linha ótica

$$L_{optic} = L_{summ}^{front} + L_{summ}^{back}$$

$C_{lease}$  - Manutenção anual da fibra ótica por Km.

$C_{OEM}$  - Operação e manutenção anual.

$C_{wages}$  - Salário anual dos empregados, calculado como:

$$C_{wages} = N_{month} \cdot wage \cdot N_{staff}$$

onde,

$N_{month}$  - número de horas por ano

$wage$  - Salário do empregado por mês;

$N_{staff}$  - Número de empregados (1 para cada 500 sites)

$C_{soft}$  - Custo de atualização do SW, sendo 30% do custo do SW:

# Consumo de Energia

Consumo total de energia é 60% dos gastos dos sites, mais equipamentos do core da rede, vezes o número anual de horas:

$$P = 0.6 \cdot N_{hour/year} \cdot (N_{site} \cdot P_{site} + P_{5GC} + P_{5GC}^{cool})$$

onde,

$N_{hour/year}$  - Número de horas por ano.

$N_{site}$  - Número de sites.

$$P_{site} = N_{RU} \cdot P_{RU} + P_{DU/CU} + P_{cool}$$

onde,  $N_{RU}$  - Número de módulos RU;

$P_{RU}$  - Consumo de energia por RU;

$P_{DU/CU}$  - Consumo de energia DU/CU;

$P_{cool}$  - Consumo de energia por unidade de refrigeração.

$P_{5GC}$  - Energia consumida pelo core 5G.

$P_{5GC}^{cool}$  - Energia consumida pela refrigeração.

$$C_{OEM} = C_{percent} \cdot (N_{site} \cdot (N_{RU} \cdot C_{RU} + C_{DU/CU} + C_{CPRI}) + C_{5GC})$$

onde  $C_{percent}$  é 10% do valor do equipamento(depreciação)

# openRAN

$$CAPEX_{O-RAN}^{5G} = N_{DPC} \cdot (C_{DPCbuild} + C_{DPCequip} + C_{CW}^{DPC}) + N_{site} \cdot (C_{site}^{O-RAN} + C_{CW}^{site}) + C_{optic} + C_{soft} + C_{5GC} + C_{5GC}^{cool} + C_{CWcore}$$

onde,

$$N_{DPC} = \text{ceil}\left(\frac{N_{site}}{N_{DPC}^{site}}\right)$$

onde, ceil é o arredondamento da operação e  $N_{site}^{DPC}$  é o número de sites em um raio de 15 km.

$$N_{rack}^{DPC} = \text{ceil}\left(\frac{\text{ceil}\left(N_{site}^{DPC} \cdot \frac{N_{RU}}{N_{DU}^{RU} \cdot N_{vDU \rightarrow DU}}\right) + \text{ceil}\left(N_{site}^{DPC} \cdot \frac{N_{RU}}{N_{DU}^{RU} \cdot N_{CU}^{DU} \cdot N_{vCU \rightarrow CU}}\right)}{N_{serv}^{rack}}\right)$$

$N_{rack}^{DPC}$  é o número de racks por datacenter. Onde,

$N_{DU}^{RU}$  - Número de DUs virtuais servidas por CU;

$N_{vCU \rightarrow DU}$  - Número de DUs virtuais hospedadas a um DU físico;

$N_{vCU \rightarrow CU}$  - Número de CUs hospedadas em um servidor físico CU;

$N_{serv}^{rack}$  - Capacidade máxima por servidor físico.

$$C_{DPCbuild} = C_{rack}^{Tier} \cdot N_{rack}^{DPC}$$

onde  $C_{rack}^{Tier}$  - custo da construção de um datacenter em termos de um rack para o nível de resiliência requerido.

$$C_{DPCequip} = TC_{DU}^{DPC} + TC_{CU}^{DPC} + C_{cool}$$

sendo  $TC_{DU}^{DPC}$  o custo total de servidores DU instalados num datacenter,

$$TC_{DU}^{DPC} = N_{DU}^{DPC} \cdot (C_{DU}^{IXD} + C_{Ethernet})$$

onde,

$N_{DU}^{DPC}$  - Número de DUs num datacenter;

$C_{DU}^{IXD}$  - Custo de implementação de um DU no servidor de HW;

$C_{Ethernet}$  - Custo da interface de rede.

$TC_{CU}^{DPC}$  - Custo total de servidores CUs instalados num datacenter

$$TC_{CU}^{DPC} = N_{CU}^{DPC} \cdot C_{DU}^{IXD}$$

onde,

$N_{CU}^{DPC}$  - Número de CU de um datacenter;

$C_{DU}^{IXD}$  - Custo da implementação de um CU num servidor de HW.

$C_{CW}^{DPC}$  - Custo da instalação, 25% do valor dos servidores no datacenter.

$$C_{CW}^{DPC} = 0.25 \cdot (TC_{DU}^{DPC} / N_{vDU \rightarrow DU} / N_{vCU \rightarrow CU})$$

$C_{site}^{O-RAN}$  - Custo do site openRAN.

$$C_{site}^{O-RAN} = N_{RU} \cdot C_{RU} + C_{mast}$$

$$C_{CW}^{DPC} = 0.2 \cdot (N_{RU} \cdot C_{RU})$$

$C_{soft}$  - Custo da compra do software.

$$C_{soft} = N_{site} \cdot N_{RU} \cdot C_{soft}^{RU} + N_{DPC} \cdot (N_{DU}^{DPC} \cdot C_{soft}^{DU} + N_{CU}^{DPC} \cdot C_{soft}^{CU}) + C_{5GCSOFT}$$

onde,

$C_{soft}^{RU}$  - Custo do software de um RU

$C_{soft}^{DU}$  - Custo de Software de um DU;

$C_{soft}^{CU}$  - Custo de Software de um CU;

$C_{5GCSOFT}$  - Custo do Software do CORE 5G.

# OPEX

$$OPEX_{O-RAN}^{5G} = C_{W/h} \cdot P + N_{site} \cdot C_{rent}^{site} + L_{optic} \cdot C_{lease} + N_{DPC} \cdot C_{rent}^{DPC} + C_{OEM} + C_{wages} + C_{soft}^{UP}$$

onde,

$C_{rent}^{site}$  - Custo de alocação do terreno.

$C_{rent}^{DPC}$  - Custo de locação do site para um datacenter;

$C_{soft}^{UP}$  - Custo anual de atualizações de software, incluídos 30% do custo do software.

$$C_{soft}^{UP} = 0.3 \cdot C_{soft}$$

$$P = 0.6 \cdot N_{year/hour} \cdot (N_{site} \cdot P_{site} + N_{DPC} \cdot P_{DPC} + P_{5GC} + P_{5GC}^{cool})$$

onde,

$P_{DPC}$  - Data consumed by one datacenter.

$$P_{DPC} = N_{DU}^{DPC} \cdot P_{DU}^{IXD} + N_{CU}^{DPC} \cdot P_{CU}^{IXD} + P_{cool} \cdot P_{DU}^{IXD} - \text{Potência consumida em um DU}.$$

$P_{CU}^{IXD}$  - Potência Consumida por um CU .

$P_{site}$  - Potência consumida por um site.

$$P_{site} = N_{RU} \cdot P_{RU}$$

$C_{OEM}$  - Custos de Operação e Manutenção

$$C_{OEM} = C_{percent} \cdot (N_{site} \cdot (N_{RU} \cdot C_{RU}) + N_{DPC} \cdot (C_{DPCequip} + C_{cool}) + C_{5GC})$$



# Bibliografia

Eswaran, S., Honnavalli, P. Private 5G networks: a survey on enabling technologies, deployment models, use cases and research directions. *Telecommun Syst* 82, 3–26 (2023).  
<https://doi.org/10.1007/s11235-022-00978-z>

Hilary Frank, Rodrigo S. Tessinari, Yuqing Zhang, Zhengguang Gao, Carlos Colman Meixner, et al.. Resource Analysis and Cost Modeling for End-to-End 5G Mobile Networks. 23th International IFIP Conference on Optical Network Design and Modeling (ONDM), May 2019, Athens, Greece. pp.492- 503, [ff10.1007/978-3-030-38085-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38085-4_2)*ff.fhal* – 03200697

Kondrashov, D., Rogozhnikov E., Abenov R., Novichkov, S., Ageev E., Calculation of the Total Cost of Ownership of 5G network for different types of architecture: Distributed RAN, centralized RAN and openRAN., *Proceedings on Engineering Sciences*, Vol. 05, No. 1 (2023) 73-84, doi: 10.24874/PES05.01.007.