

Conectando ideias, antecipando o futuro:
inovação colaborativa para as redes 5G e 6G.

II WORKSHOP

Internacional do xGMobile

Realização:

xGMobile
Centro de Competência EMBRAPA
em redes 5G e 6G

Inatel

FAPEMIG

EMBRAP
Centro Nacional de Pesquisa
em Agropecuária

**GOVERNO
DE MINAS**
AQUI O TREM PROSPERA.

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

Leveraging 6G Device-Edge-Cloud Orchestration of Networked Extended Reality

Sand Luz Correa

Instituto de Informática
Universidade Federal de Goiás (UFG)

Realização:

xGMobile
Centro de Competência EMBRAPA
Italo em Redes 5G e 6G

Inatel

FAPEMIG

EMBRAP
Empresa Brasileira de Pesquisa
e Inovação

**GOVERNO
DE MINAS**
AQUI O TREM PROSPERA.

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

Agenda

- XR concept
- XR in 5G and beyond
- XR in 6G networks
- XR challenges
 - demand
 - scalability
 - orchestration

Realização:

xGMobile
Centro de Competência EMBRAPA
Realiza em Rede 5G e 6G

Inatel

FAPEMIG

EMBRAPPI
Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação

GOVERNO DE MINAS
AQUI O TREM PROSPERA.

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

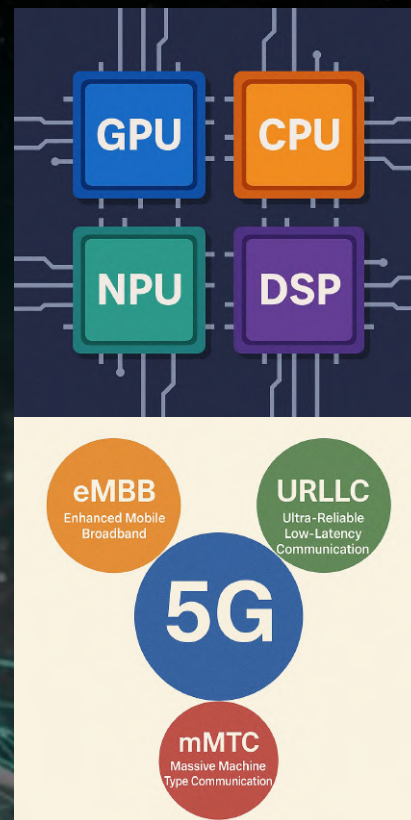
GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

Extended Reality Concept

VIRTUALITY CONTINUUM



+



=



Realização:

xGMobile
Centro de Competência EMBRAPA
Realidade em Rede (C4 e R4)

Inatel

FAPEMIG

EMBRAPPI
Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação

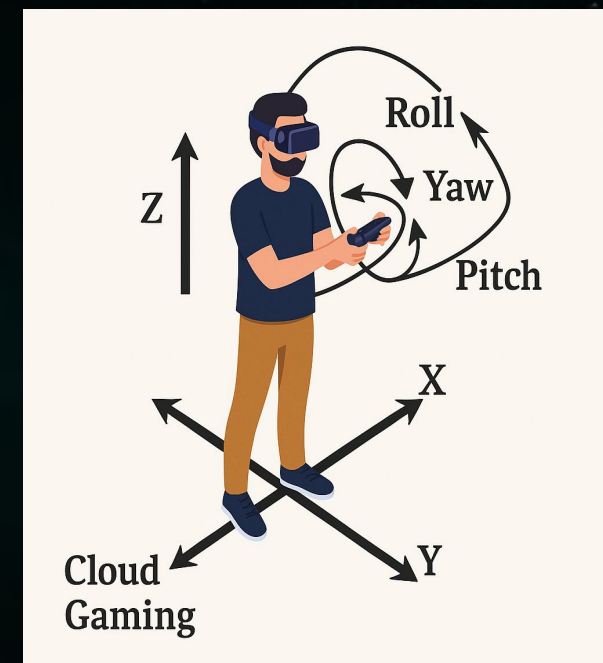
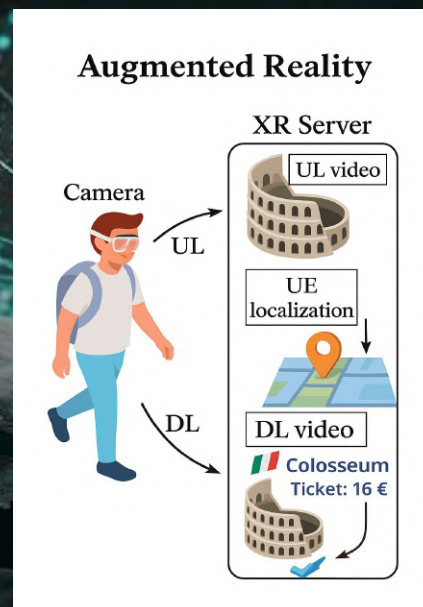
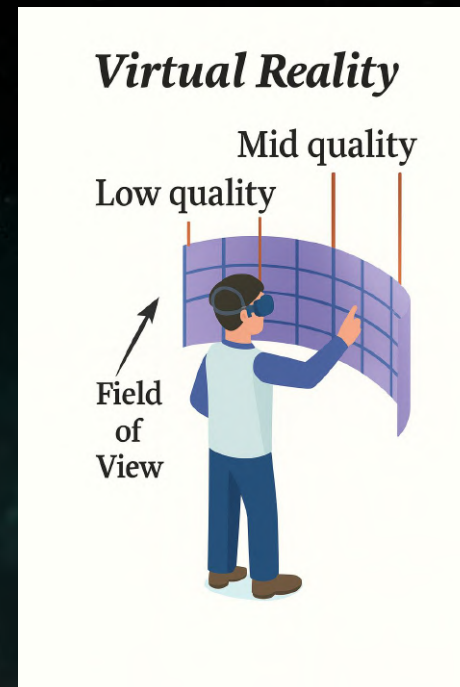
GOVERNO DE MINAS
AQUI O TREM PROSPERA.

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

XR in 5G and Beyond

3GPP Use Cases



Realização:

xGMobile
Centro de Competência EMBRAPA
Italo em Rocio (G4 e 5G)

Inatel

FAPEMIG

EMBRAP
Empresa Brasileira de Pesquisa
e Inovação

GOVERNO DO MINAS
AQUI O TREM PROSPERA.

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

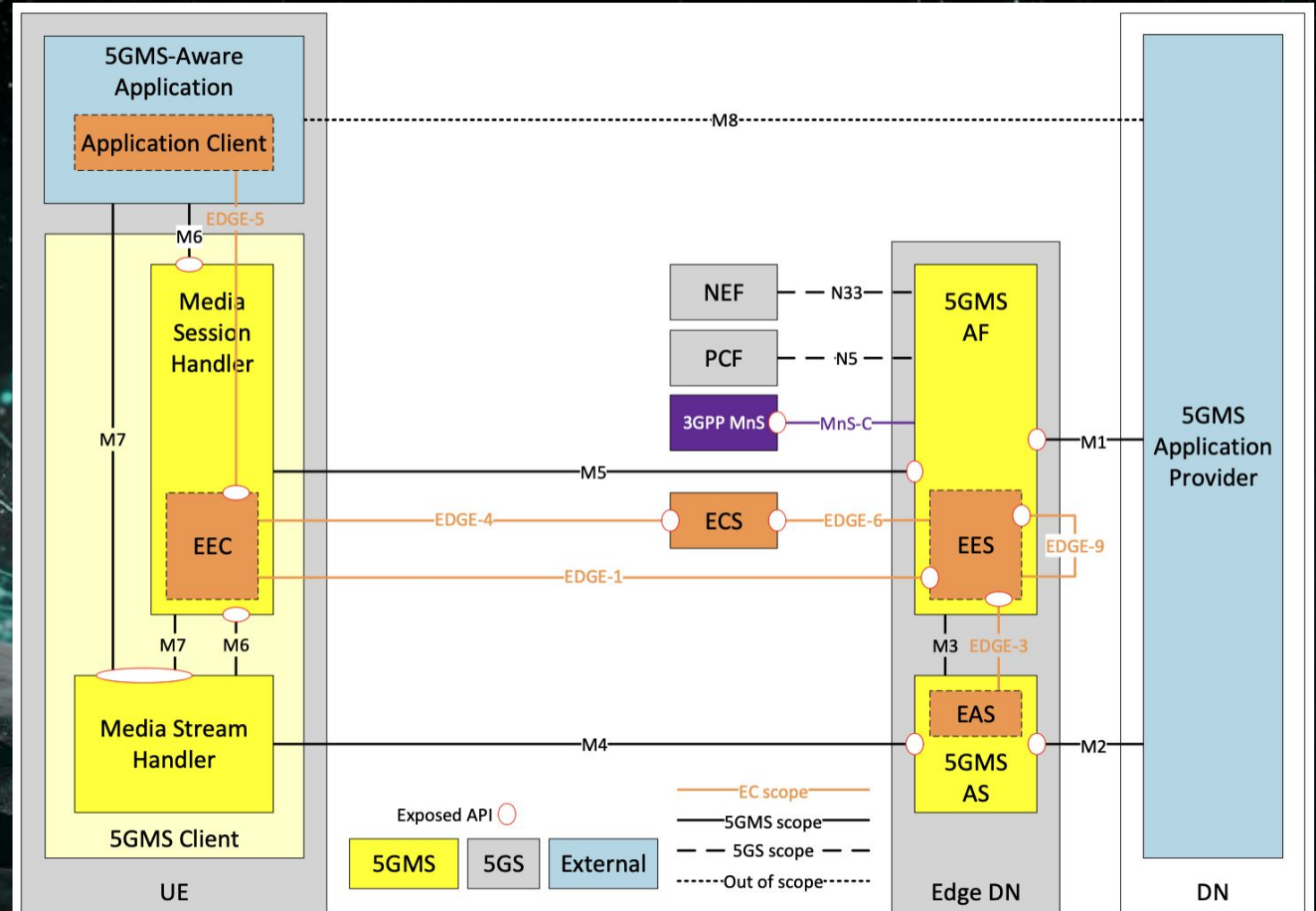
XR in 5G and Beyond - Requirements

Traffic stream	DL/UL	Use Case	Packet rate	Av. data rate	Delay
Video	DL	AR	60 fps, [30,90,120] fps	30 - 60 Mb/s	10 ms
		VR			
		CG		8 - 45 Mb/s	15 ms
	UL	AR	60 fps	10 Mb/s, [20 Mb/s]	30 ms
			250 fps	0.2 Mb/s	10 ms
		VR			
CG					
Motion/Control					
Audio + Data	DL+UL	AR/VR/CG in DL, AR in UL	100 fps	0.756 - 1.12 Mb/s	30 ms

Realização:

5G and Beyond Enabled XR Services

5G Media Streaming combined with Edge Computing



Realização:

xGMobile
Centro de Competência EMBRAPPI
Realiza em Rede 5G e 4G

Inatel

FAPEMIG

EMBRAPPI
Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação

GOVERNO DE MINAS
AQUI O TREM PROSPERA.

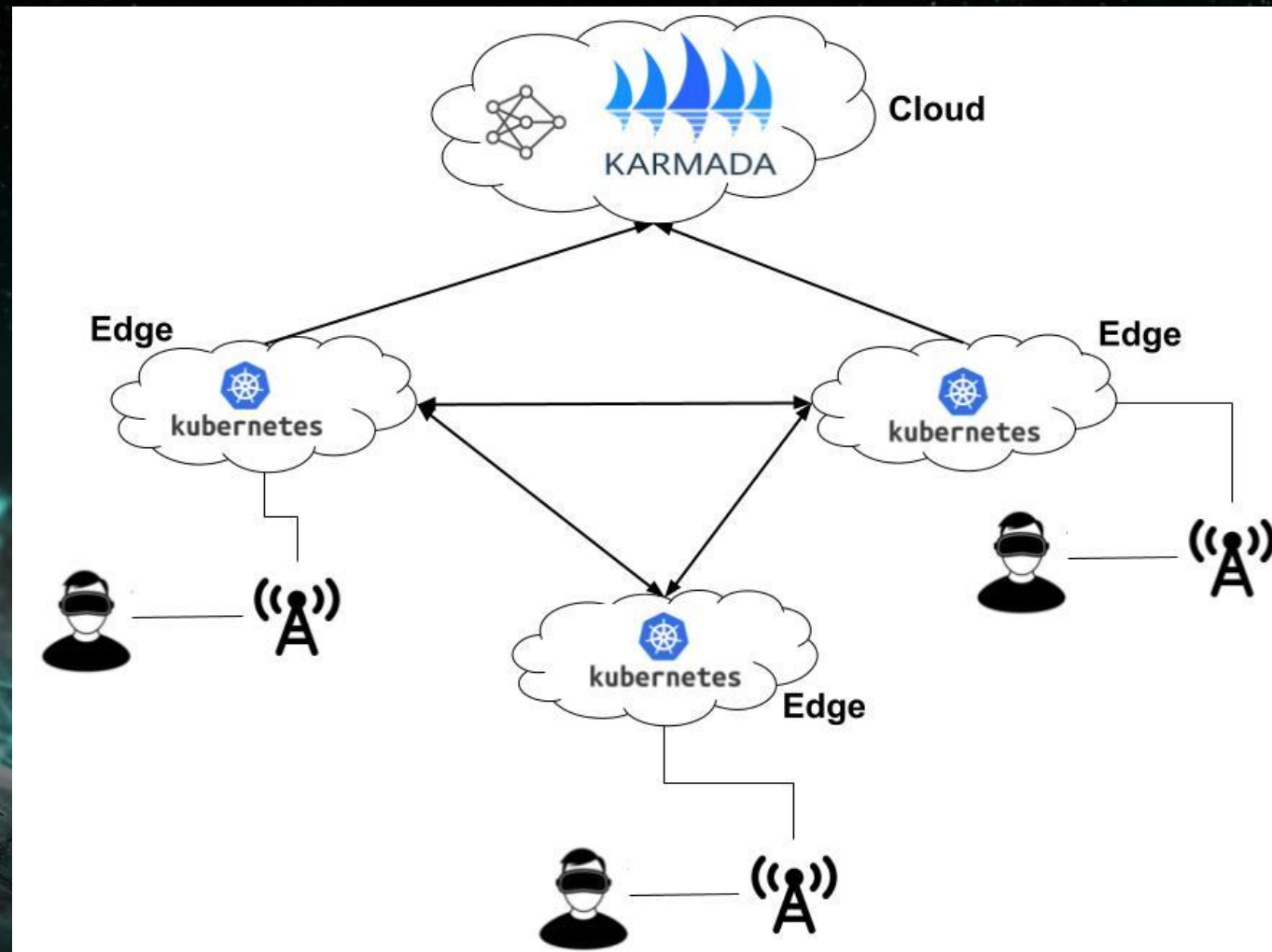
MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

XR in 5G and Beyond - Orchestration

Container-based orchestration

Edge-Cloud Continuum



Realização:

xGMobile
Centro de Competência EMBRAPA
Italo em Rios (G4 e G5)

Inatel

FAPEMIG

EMBRAP
Empresa Brasileira de Pesquisa
e Inovação

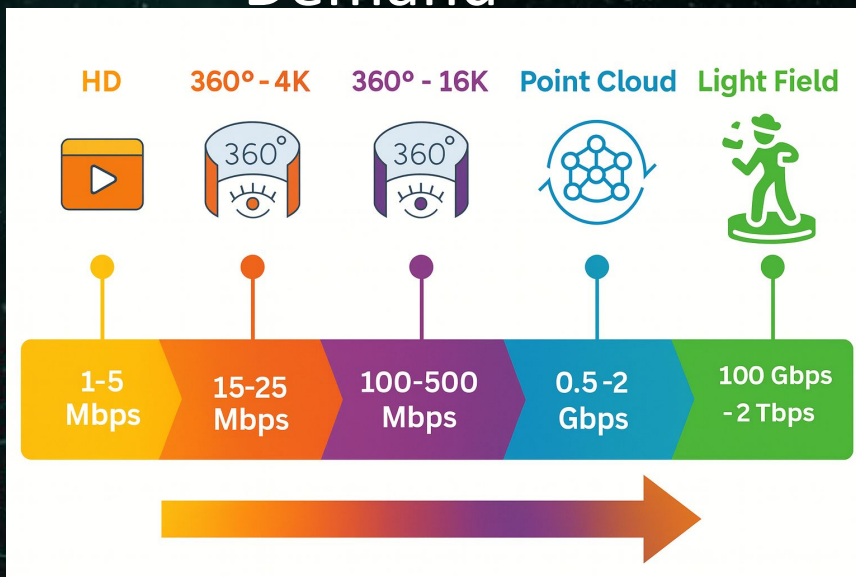
GOVERNO
DE MINAS
AQUI O TREM PROSPERA.

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

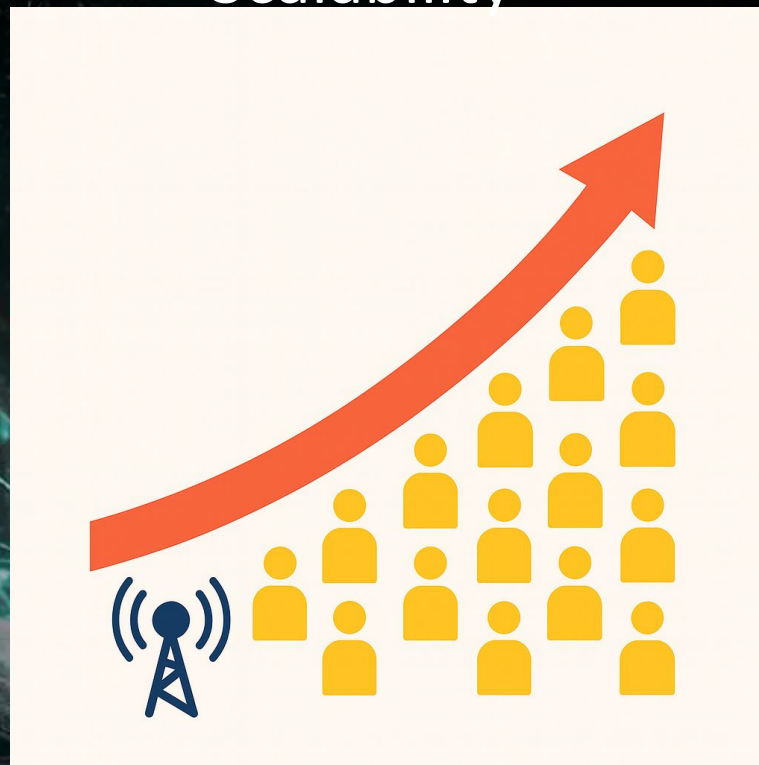
GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

XR in 6G networks

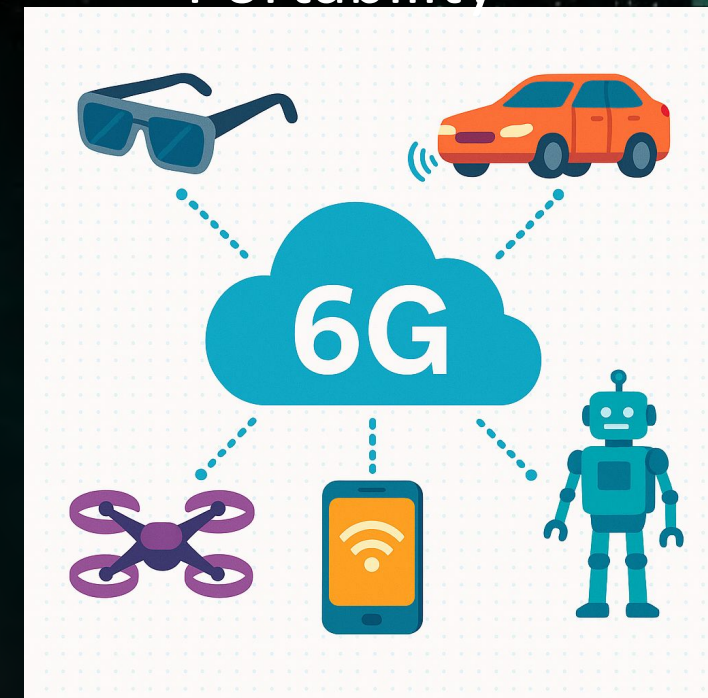
Demand



Scalability



Portability



Realização:

xGMobile
Centro de Competência EMBRAPA
Italo em Rios de Janeiro

Inatel

FAPEMIG

EMBRAPA
Empresa Brasileira de Pesquisa
e Inovação

**GOVERNO
DE MINAS**
AQUI O TREM PROSPERA.

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

Understanding the Demand

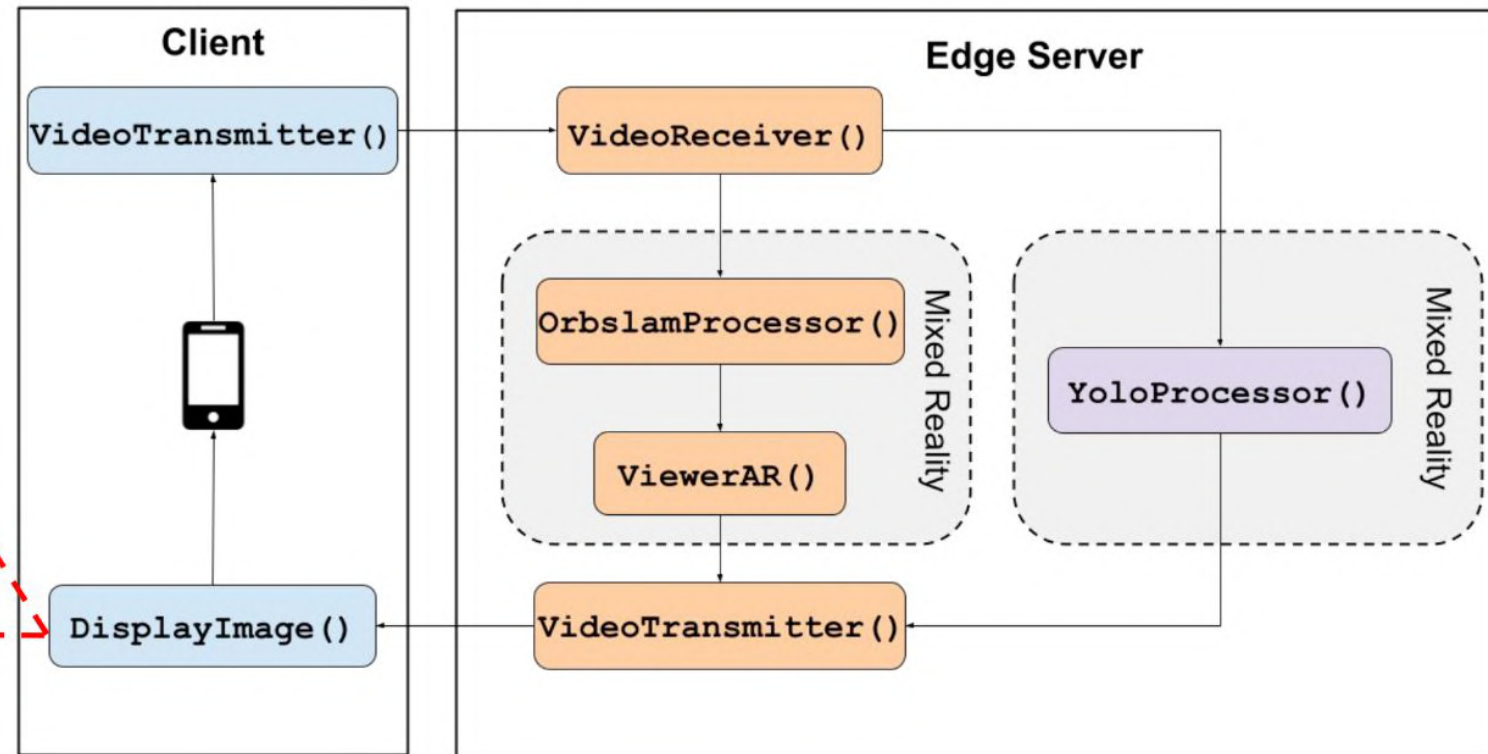
ORB-SLAM2



Yolo

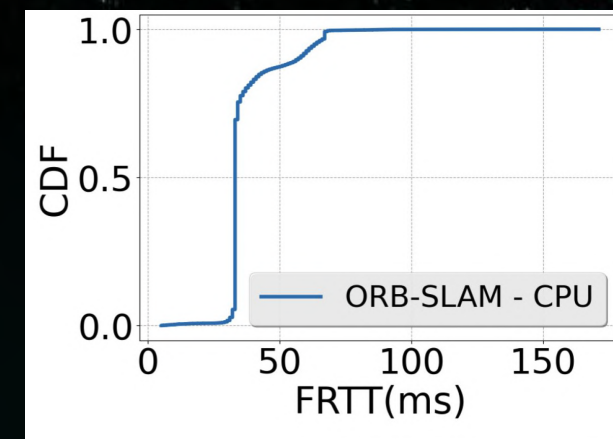
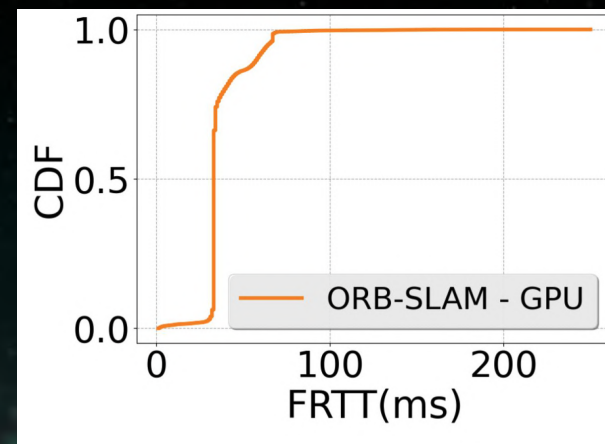
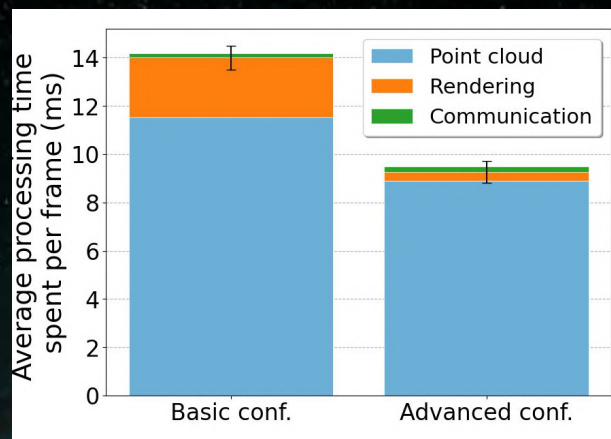


e-MRLEO

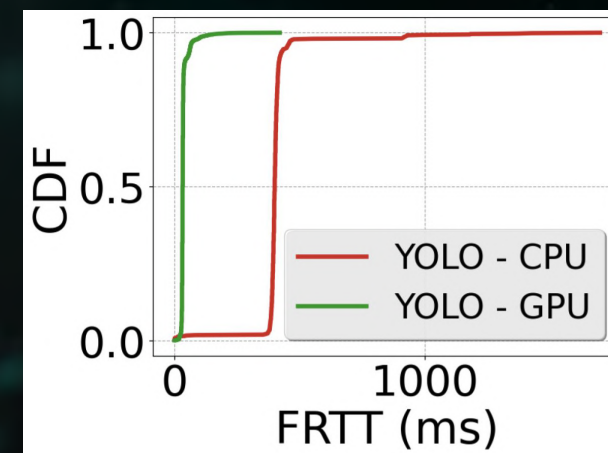
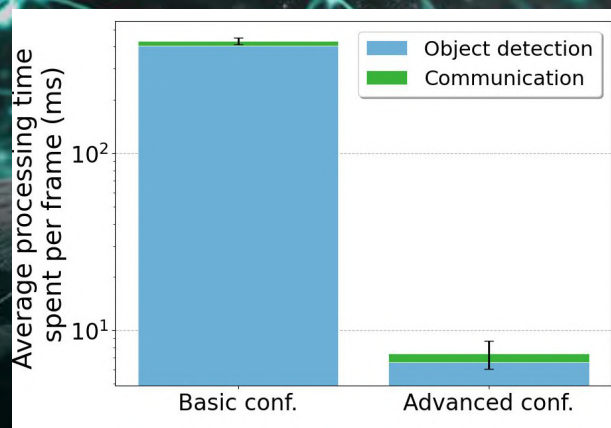


Understanding the Demand

ORB-SLAM2



Yolo



Realização:

xGMobile
Centro de Computação EMORAPI
Realize em Redes 4G e 5G

Inatel

FAPEMIG

EMBRAPPI
Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação

GOVERNO
DE MINAS
AQUI O TREM PROSPERA.

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

Understanding the Demand

Task	Hardware	Activity	Model
ORB-SLAM2	CPU	Task arrival	Periodically, every 33 ms
		Computation	For 43%: $\mathcal{N}(\mu = 494 \text{ MI}, \sigma = 147,97 \text{ MI})$ For 53%: $\mathcal{N}(\mu = 404 \text{ MI}, \sigma = 110,99 \text{ MI})$
		Communication	39 kB per frame
		Memory used by edge server only	408 MB
		Additional memory for each user device	288 MB
YOLO	GPU	Task arrival	Periodically, every 33 ms
		Computation	For 82%: $\mathcal{GN}(\mu = 91 \text{ MI}, \alpha = 0,40 \text{ MI}, \beta = 0,80)$ For 18%: $\mathcal{GN}(\mu = 89 \text{ MI}, \alpha = 2,05 \text{ MI}, \beta = 1,25)$
		Communication	39 kB per frame
		Memory used by edge server only	208 MB
		Additional memory (RAM and VRAM) for each user device	416 MB for each memory

Realização:

xGMobile
Centro de Competência EMORAPI
Realiza em Rede 5G e 4G

Inatel

FAPEMIG

EMBRAPPI
Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação

GOVERNO DE MINAS
AQUI O TREM PROSPERA.

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

Evaluating Scalability

- Simulation is the main method of evaluating scalability
- Natively, none of the most popular Edge Computing simulation tools (EdgeCloudSim, PureEdgeSim, EdgeSimPy, iFogSim) includes an explicit GPU model
 - Number of SMs
 - GPU frequency
 - VRAM
 - vGPU
 - Power model

Realização:

xGMobile
Centro de Computação EMORAPI
Instituto de Física e Matemática

Inatel

FAPEMIG

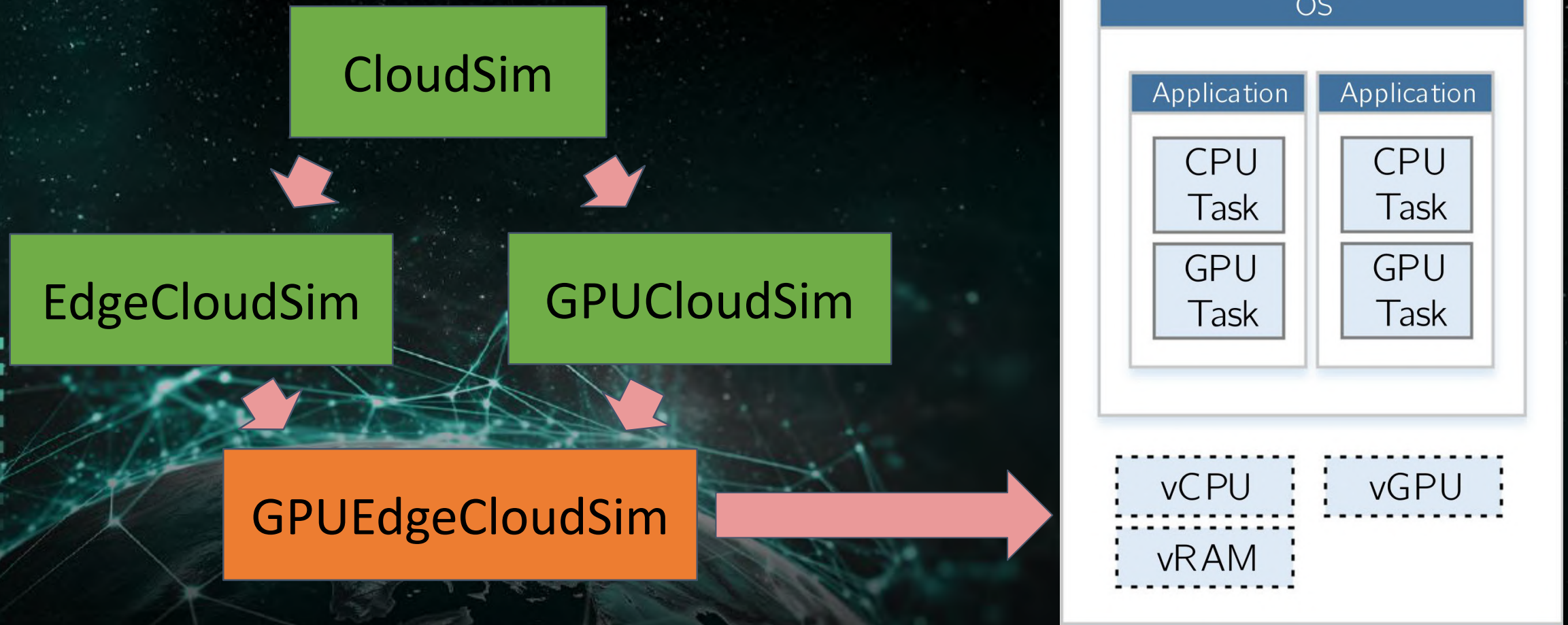
EMBRAPPI
Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação

GOVERNO DE MINAS
AQUI O TREM PROSPERA.

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

Evaluating Scalability



Realização:

xGMobile
Centro de Competência EMBRAPA
Italo em Rios (Cá e 3G)

Inatel

FAPEMIG

EMBRAPA
Empresa Brasileira de Pesquisa
e Inovação

GOVERNO DE MINAS
AQUI O TREM PROSPERA.

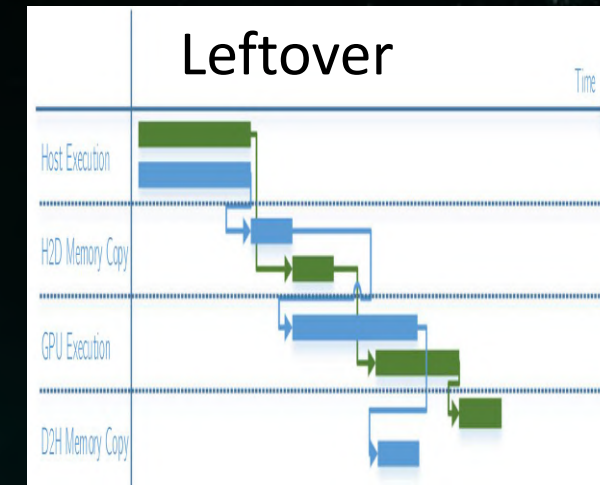
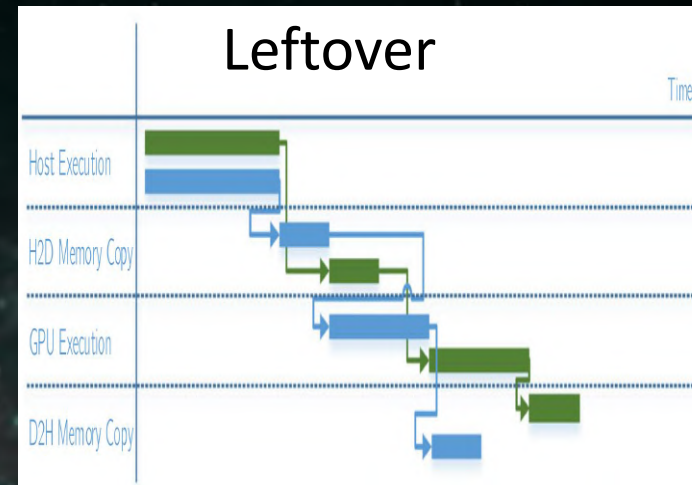
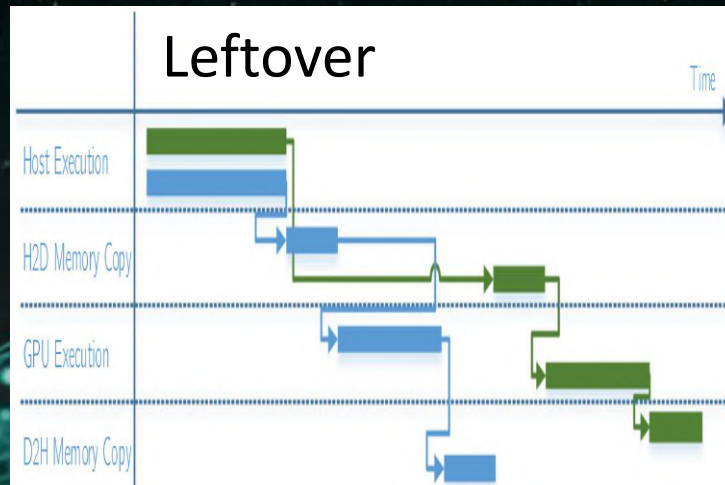
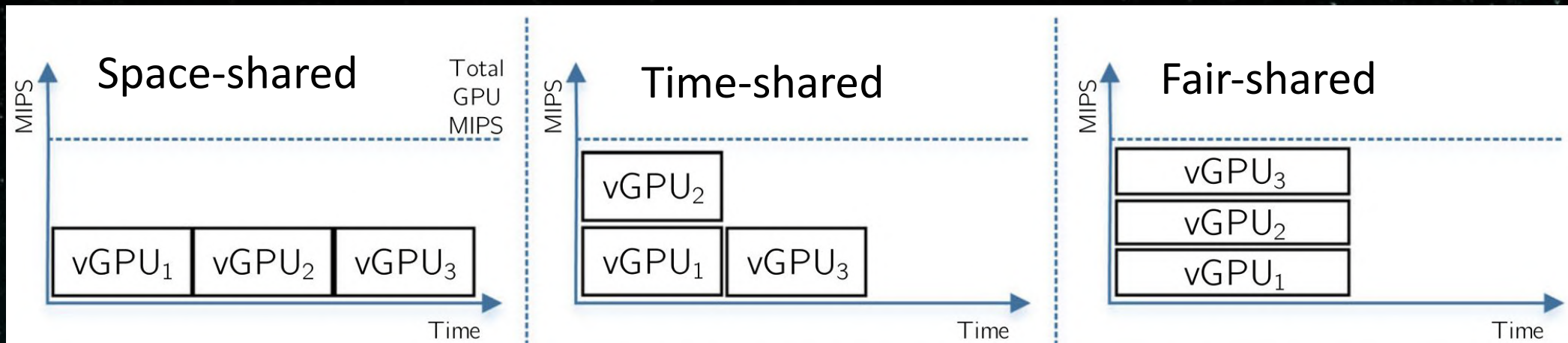
MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

GPU Provision

GPU Task Allocation

VM Placement



First-Fit

Realização:

xGMobile
Centro de Computação EMRAP
Realiza em Redes 5G e 4G

Inatel

FAPEMIG

EMBRAPPI
Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação

GOVERNO
DE MINAS
AQUI O TREM PROSPERA.

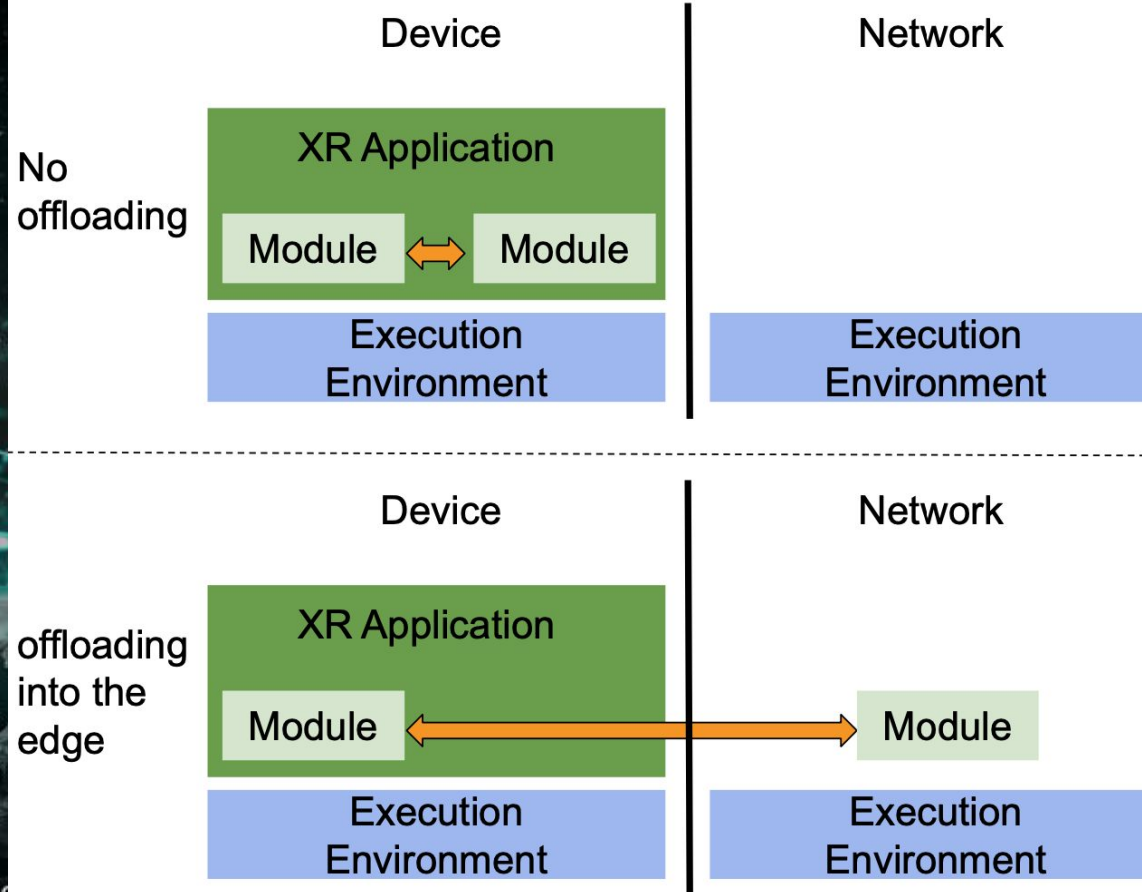
MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

Addressing Portability



Design, implement and evaluate an offload framework that expand **XR applications** functionalities dynamically from devices to wireless connected compute



Offloading benefits

- reduce computational response time
- balancing compute and energy tradeoff
- reduce device heat

Design goals

- dynamic deployment and scheduling
- easy to consume programmatically
- lightweight
- platform-agnostic

Realização

xGMobile
Centro de Competência EMBRAPII
Realizar em Rede 5G e 4G

Inatel

FAPEMIG

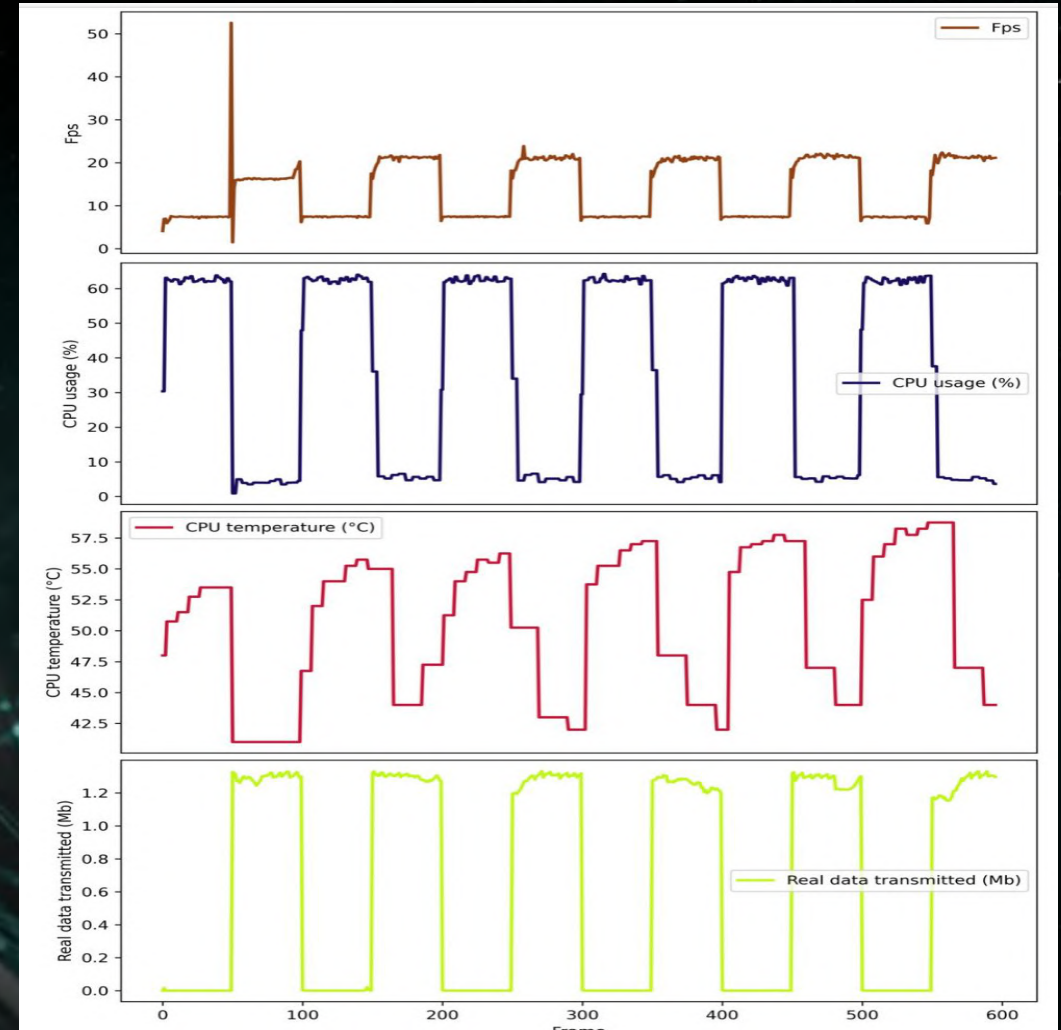
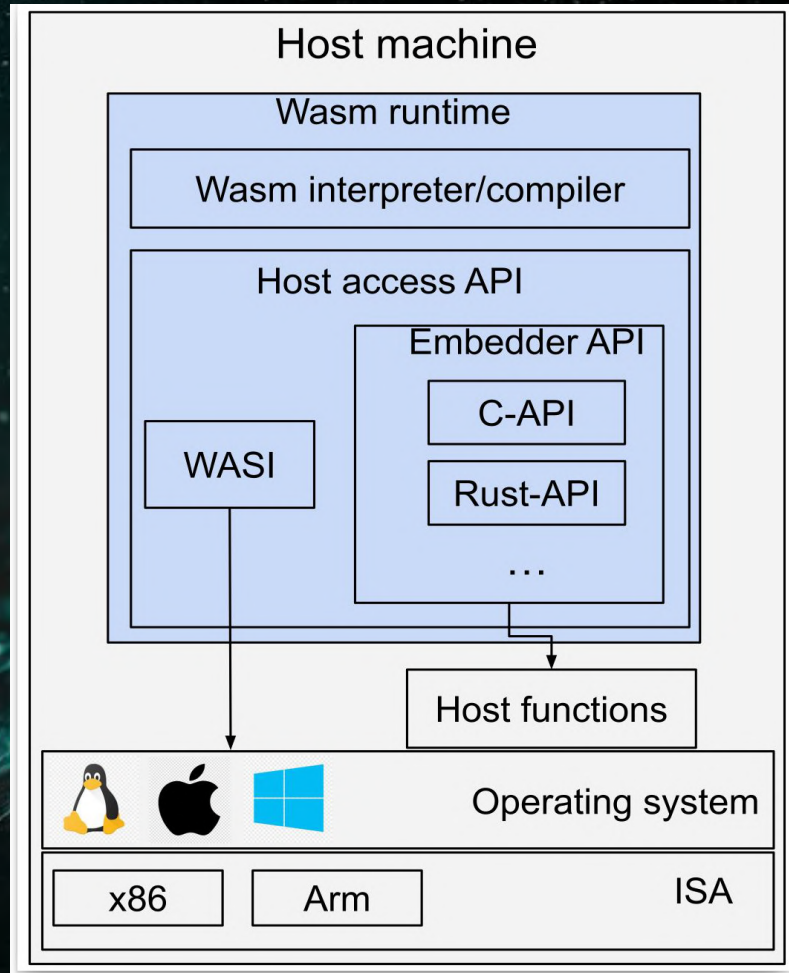
EMBRAPII
Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação

GOVERNO
DE MINAS
AQUI O TREM PROSPERA.

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

Addressing Portability



Conectando ideias, antecipando o futuro:
inovação colaborativa para as redes 5G e 6G.

II WORKSHOP

Internacional do xGMobile

sandluz@ufg.br

Realização:

xGMobile
Centro de Competência EMBRAPA
em redes 5G e 6G

Inatel

FAPEMIG

EMBRAPA
Centro Nacional de Pesquisa
em Agropecuária

**GOVERNO
DE MINAS**
AQUI O TREM PROSPERA.

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO