

HealthDash: Monitoramento remoto de pacientes utilizando programação baseada em fluxo de dados



Jordano R. Celestrini¹, Renato N. Rocha¹, Celso A. S. Santos¹,
Vinícius F. S. Mota¹, José G. Pereira Filho¹, Rodrigo V. Andreão²

¹Universidade Federal do Espírito Santo

²Instituto Federal do Espírito Santo

PPGI, UFES - Vitória, ES



Agenda

1. Introdução
2. *Cloud* e *Fog* no contexto da saúde
3. Principais desafios no contexto de saúde
4. Arquitetura HealthDash
5. Avaliação
6. Conclusão

Introdução

CDC's National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (NCCDPHP)

6 a 10 adultos nos
EUA têm uma
doença crônica



4 a 10 adultos nos
EUA têm dois ou
mais

- Uma das principais causas de morte e incapacidade nos EUA
- \$3,3 trilhões em custos anuais de assistência médica



HEART DISEASE



CANCER



CHRONIC LUNG
DISEASE



STROKE



ALZHEIMER'S
DISEASE



DIABETES



CHRONIC
KIDNEY DISEASE

Introdução

- **Problemas**

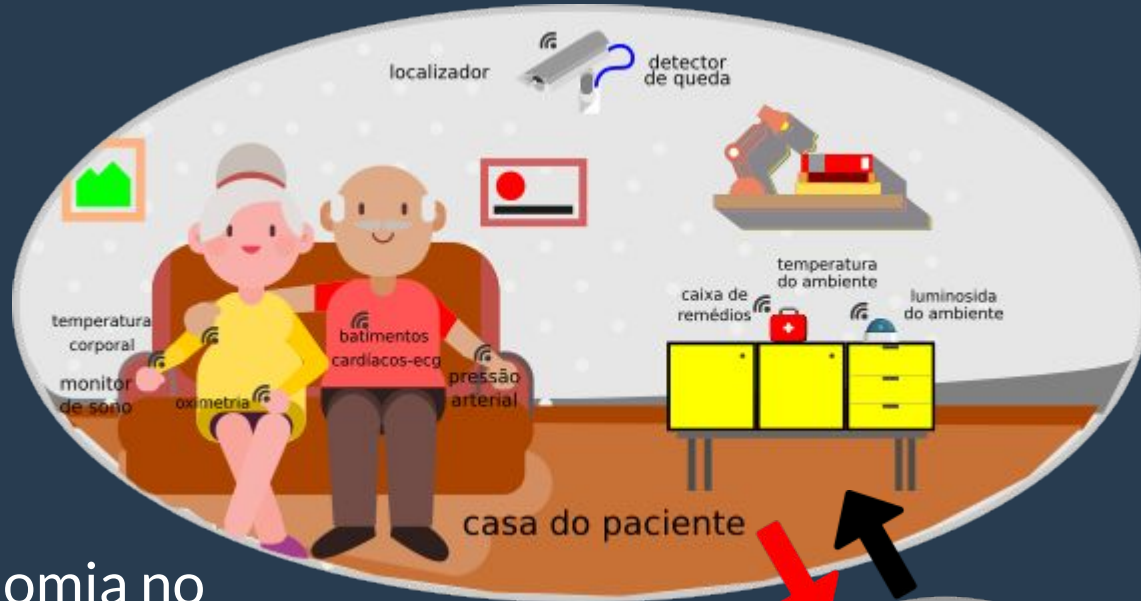
- Melhorar a qualidade de vida de pacientes crônicos
- Monitoramento de pacientes crônicas realizada por uma equipe de saúde especializada: alto custo

- **Solução**

- Monitorar os pacientes remotamente

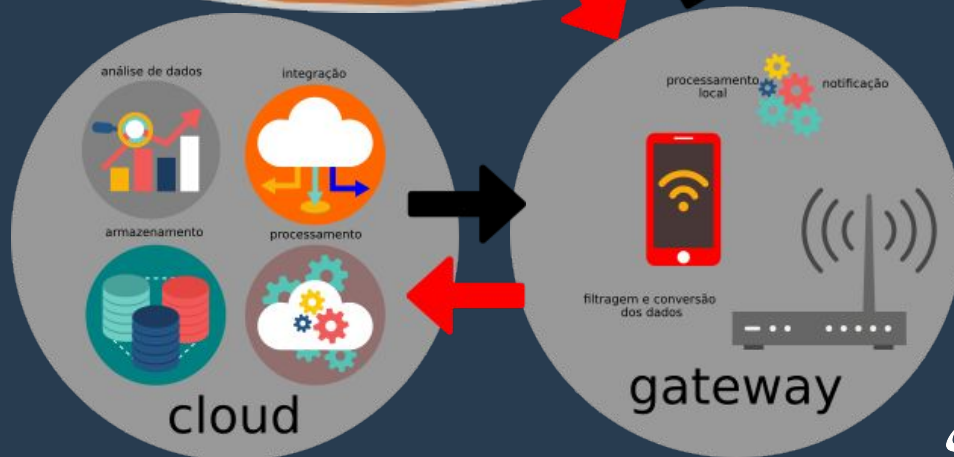


Introdução

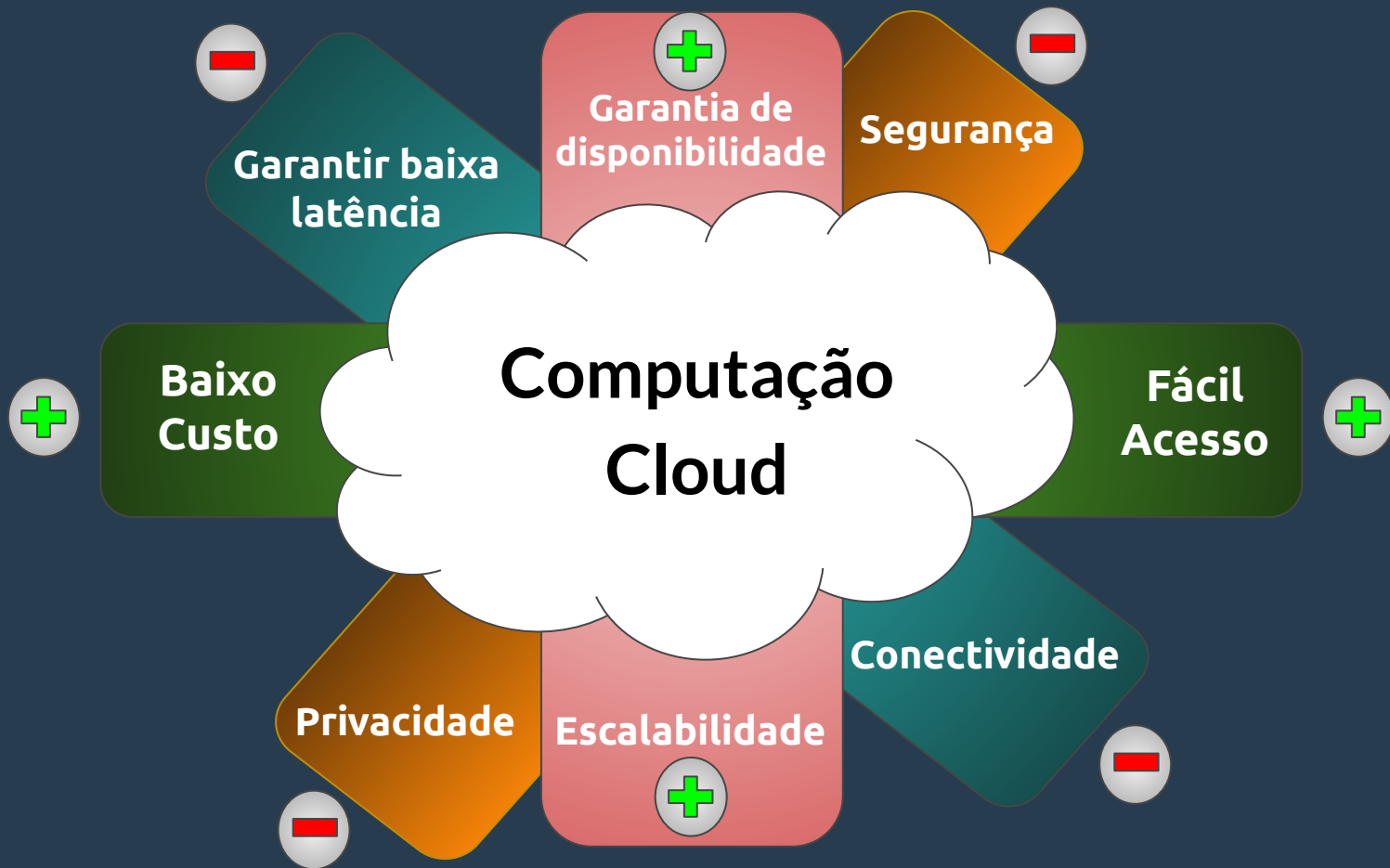


Assistência à Autonomia no Domicílio

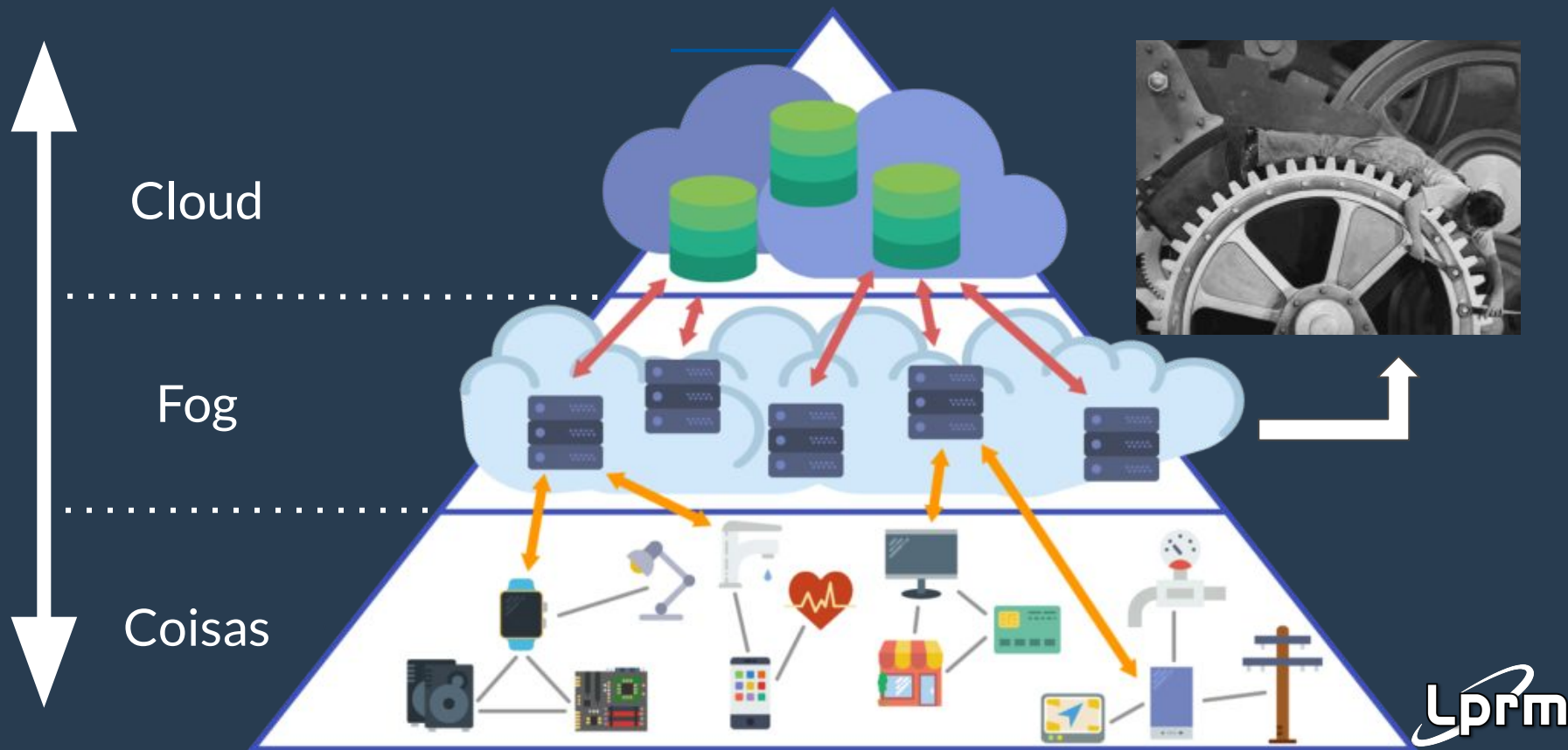
Monitoramento remoto de pacientes



Cloud e Fog no contexto da saúde



Cloud e Fog no contexto da saúde

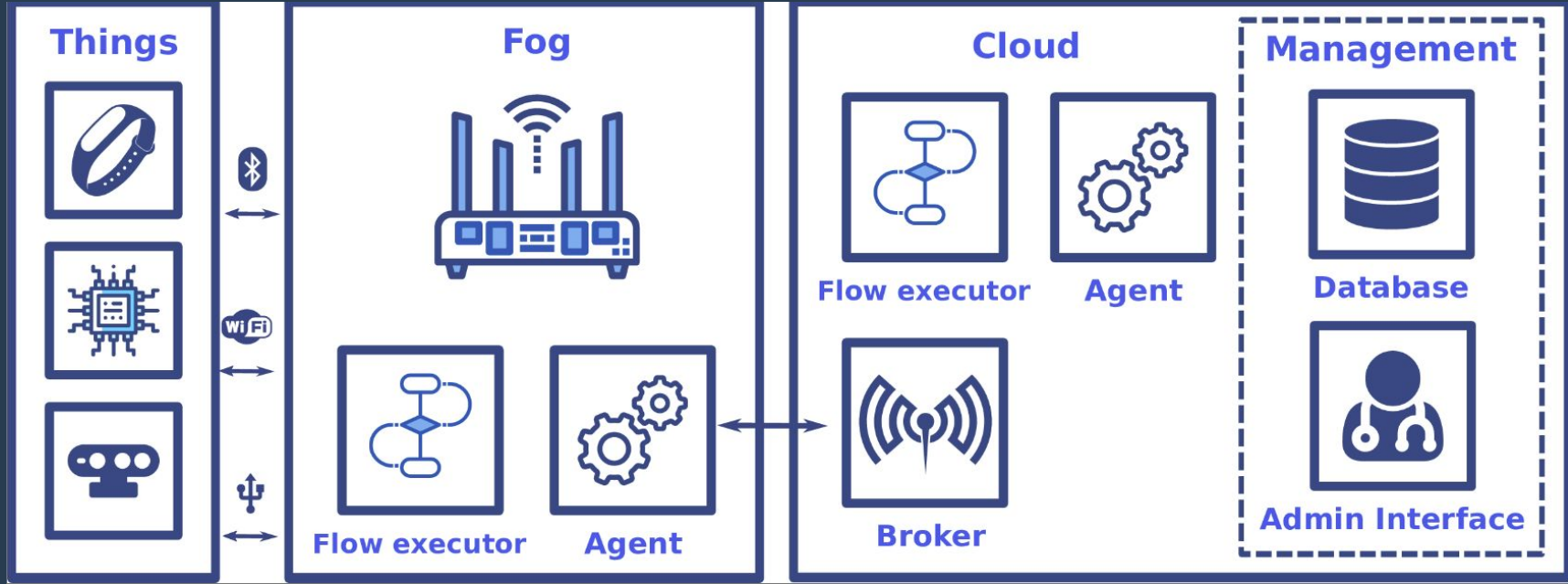


Principais desafios no contexto de saúde

- Camada de operação estática (*Fog* ou *Cloud*)
- Tecnologias heterogêneas de desenvolvimento
- Pouca aderência dos modelos existentes com o contexto de saúde
- Componentes isolados em cada camada (*Fog* ou *Cloud*)
- Complexidade de implantação e manutenção das soluções

Arquitetura HealthDash

Visão geral da arquitetura proposta



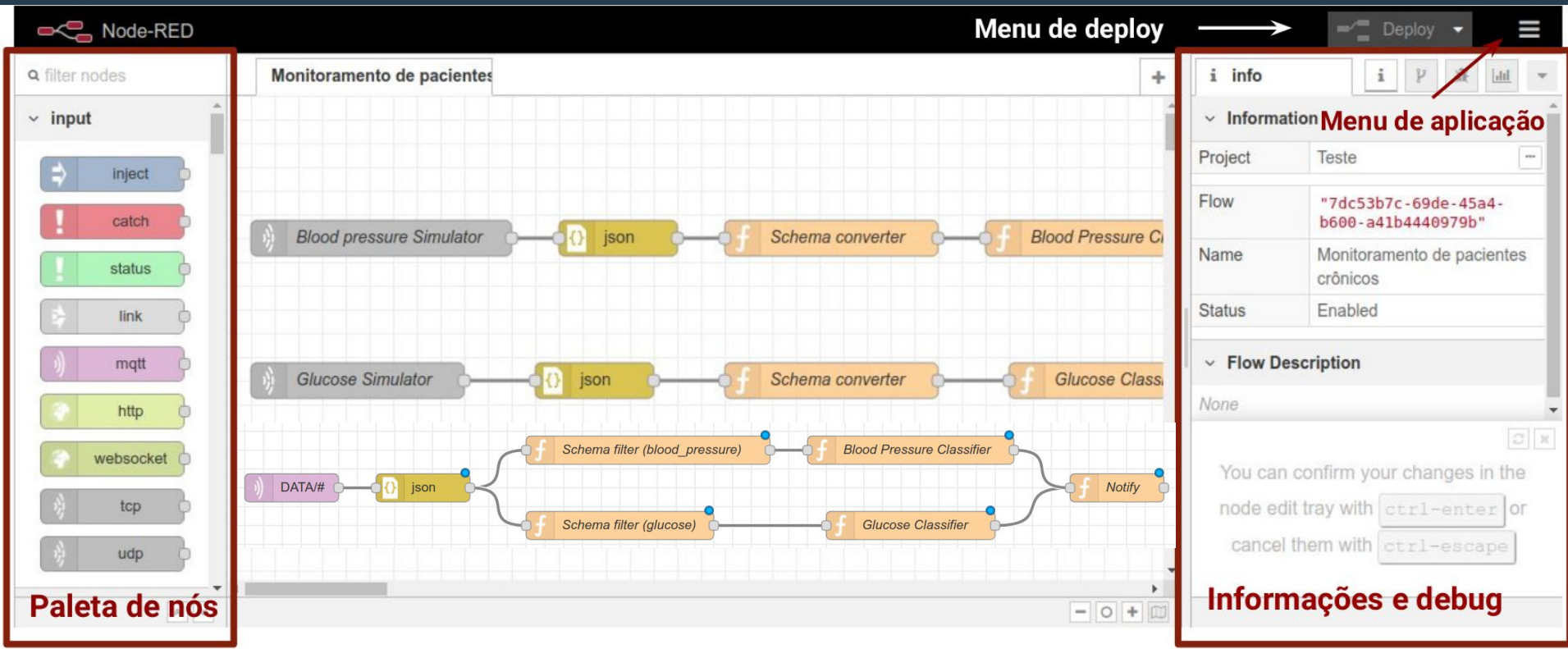
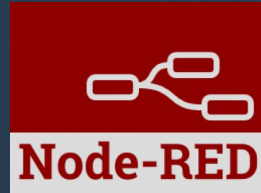
Programação orientada a fluxo de dados

- Lógica expressa por meio de uma representação gráfica direcionada
- As mensagens fluem entre os nós e passam por uma série de operações à medida que o código é executado



- Abstração das preocupações em desenvolver código de programação, já que toda a lógica necessária para executar determinada função está encapsulada

Programação orientada a fluxo de dados

A screenshot of the Node-RED web interface. The top bar shows the Node-RED logo, a "Menu de deploy" button, and a "Deploy" button. The left sidebar, labeled "Paleta de nós", contains a search bar and a list of input nodes: inject, catch, status, link, mqtt, http, websocket, tcp, and udp. The main workspace, titled "Monitoramento de pacientes", displays a flow diagram with three parallel processing paths. The top path uses a "Blood pressure Simulator" node. The middle path uses a "Glucose Simulator" node. The bottom path starts with a "DATA/#" node. All paths use "json" and "Schema converter" nodes. The bottom path also includes "Schema filter" and "Classifier" nodes before a final "Notify" node. The right sidebar, labeled "Menu de aplicação", shows the "info" tab with project details (Project: Teste, Flow ID, Name: Monitoramento de pacientes crônicos, Status: Enabled) and a "Flow Description" section. Below this, it provides instructions on how to confirm changes (ctrl-enter) or cancel them (ctrl-escape) in the node edit tray.

Node-RED

Menu de deploy

Deploy

filter nodes

input

- inject
- catch
- status
- link
- mqtt
- http
- websocket
- tcp
- udp

Monitoramento de pacientes

Blood pressure Simulator

json

Schema converter

Blood Pressure C

Glucose Simulator

json

Schema converter

Glucose Class

DATA/#

json

Schema filter (blood_pressure)

Blood Pressure Classifier

Schema filter (glucose)

Glucose Classifier

Notify

info

Information

Project: Teste

Flow: "7dc53b7c-69de-45a4-b600-a41b4440979b"

Name: Monitoramento de pacientes crônicos

Status: Enabled

Flow Description

None

You can confirm your changes in the node edit tray with `ctrl-enter` or cancel them with `ctrl-escape`

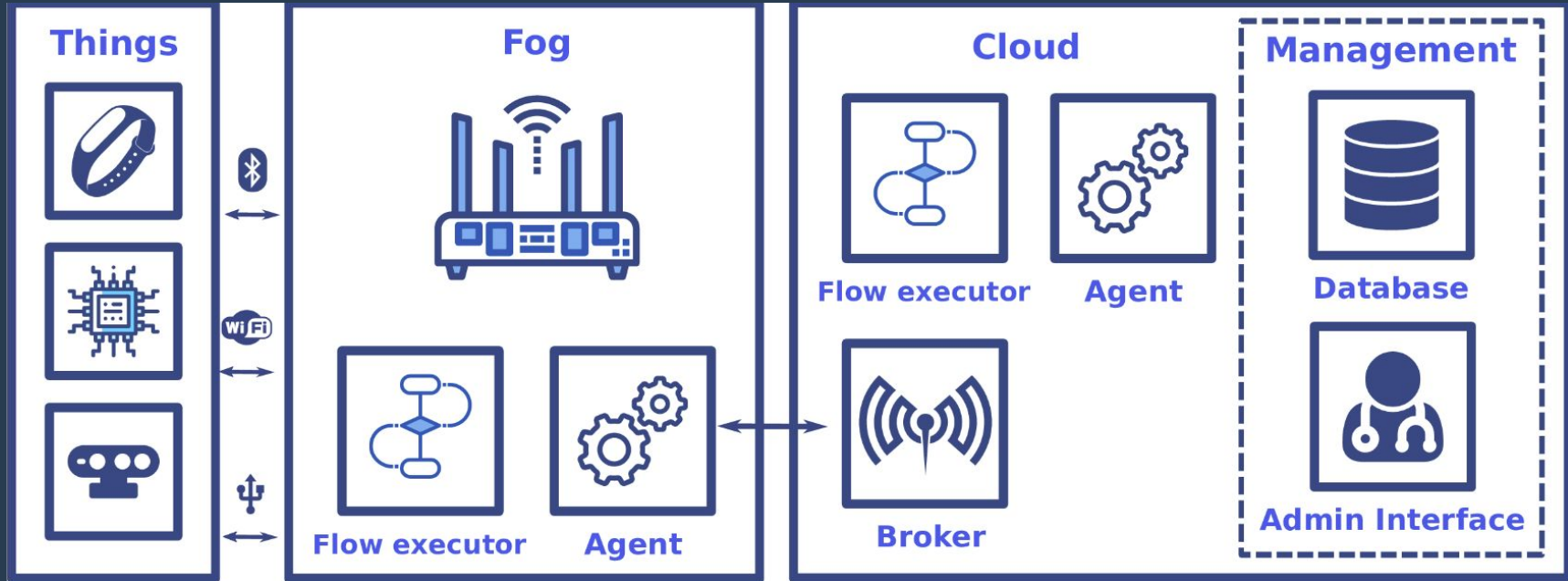
Informações e debug

Paleta de nós

Menu de aplicação

Arquitetura HealthDash

Visão geral da arquitetura proposta



Interface do HealthDash



HEALTHDASH

WE REALLY CARE!

WELCOME, **ADMIN**. [VIEW SITE](#) / [CHANGE PASSWORD](#) / [LOG OUT](#)

HealthDash Administration

COACHING

Care plans

+ Add

 Change

Patients

+ Add

 Change

DATA

Data flows

+ Add

 Change

Data schemas

+ Add

 Change

Records

+ Add

 Change

Recent actions

My actions

✖ Record object (42254)

Record

✖ Record object (42255)

Record

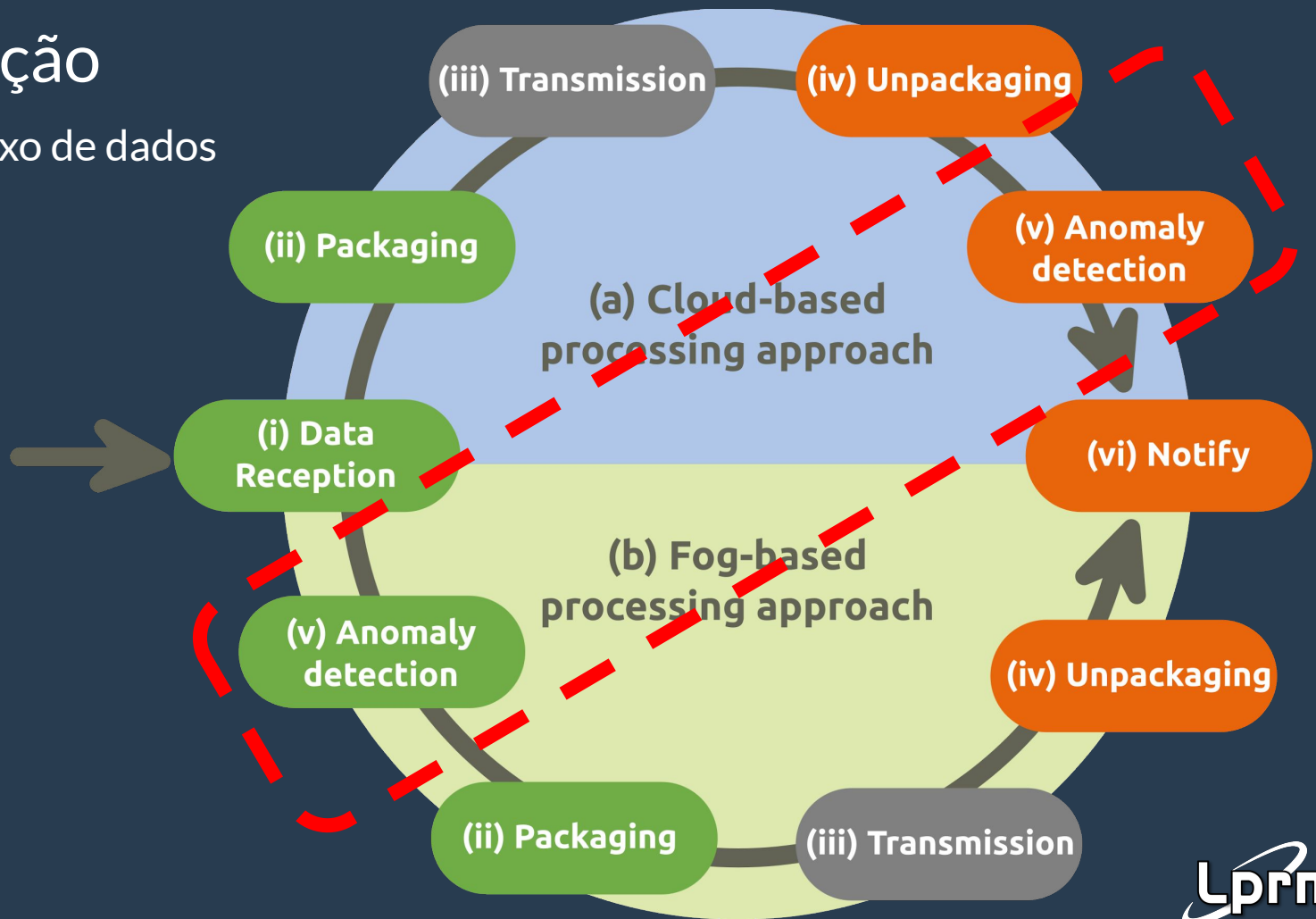
+ Care Plan for Bernardo Lopes Silva

Care plan

✖ Care Plan for Bernardo Lopes Silva

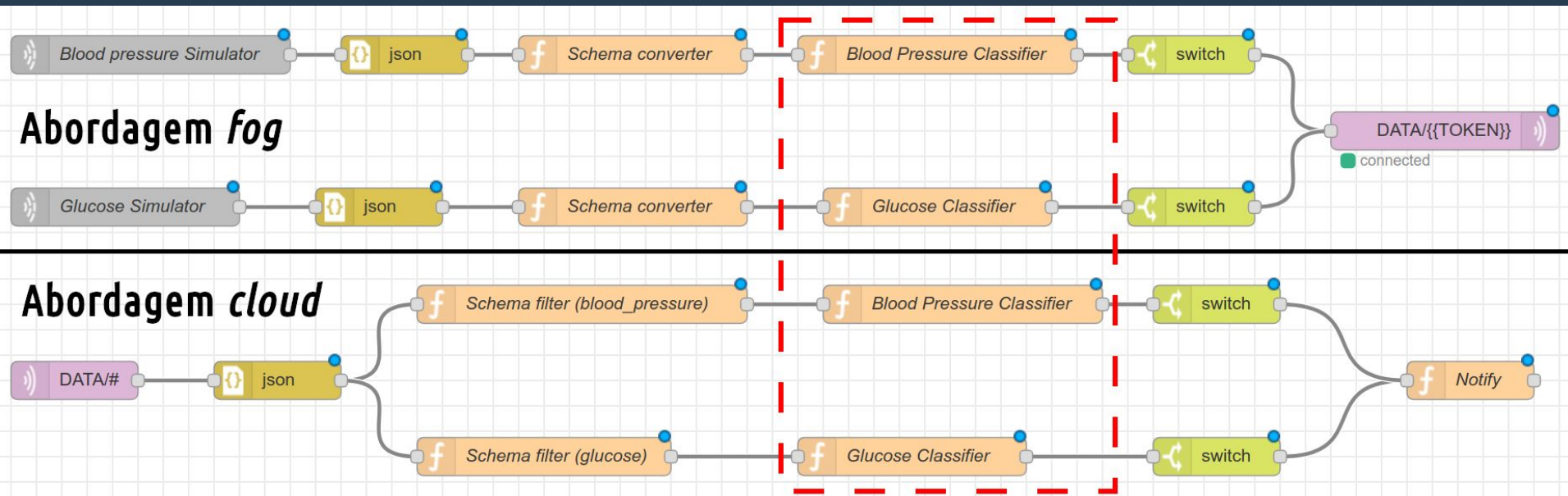
Avaliação

Diagrama de fluxo de dados



Avaliação

- Monitoramento de pacientes crônicos em domicílio: pressão arterial e glicemia



Avaliação

Cenário de aplicação

- Ambiente de teste
 - Provedores: Azure, DigitalOcean e Google Cloud
 - Broker: EMQ X
- Simulador de dados de glicemia e pressão arterial
 - Número de usuários conectados simultaneamente: 100, 1000 e 2000
 - Quantidade de leituras geradas diariamente: 3 coletas de glicemia e 3 coletas de pressão arterial
 - Porcentagem de leituras consideradas anormais: 20% de registros anormais
- Definidos 4 fluxos de dados
- Foram comparadas a latência e a quantidade de dados trafegados

Avaliação

- Latência

$$Lat_{fog|cloud} = T_{preproc} + T_{trans} + T_{proc}$$

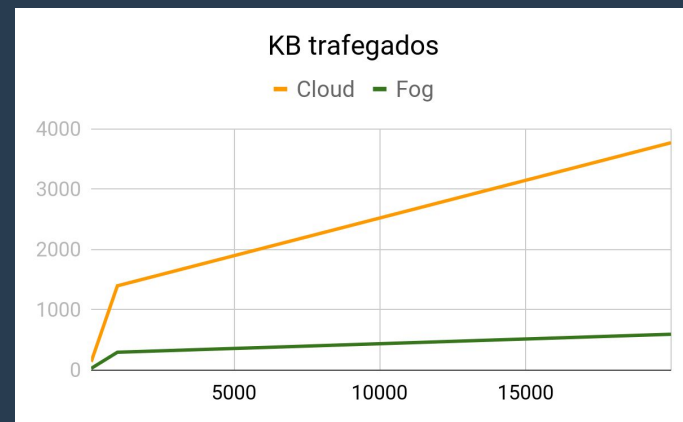
- Latências médias para *Cloud* e *Fog* com tráfego de dados

Usuários	Lat _{cloud} (ms)				Lat _{fog} (ms)			
	$T_{preproc}$	T_{trans}	T_{proc}	T_{total}	$T_{preproc}$	T_{trans}	T_{proc}	T_{total}
100	0.10	17.05	0.19	17.34	0.17	7.12	0.14	7.43
1000	0.08	172.87	0.14	173.09	0.18	169.22	0.12	169.52
2000	0.10	279.91	0.19	280.2	0.18	159.82	0.11	160.11

Avaliação

- **Dados trafegados:**

- Redução na utilização da largura de banda
 - 1 dia de monitoramento - redução de 78% com *Fog*
- Redução de tráfego pode ser maior dependendo do sinal monitorado
- Maior taxa de amostragem = Maior redução no uso de banda



Conclusão

- **Contribuições do HealthDash**

- Emprego da programação orientada a fluxo de dados nas camadas *Cloud* e *Fog*
- Unificação de tecnologias de desenvolvimento em todos níveis da aplicação
- Dinamicidade no processo de criação de aplicações em ambas as camadas
- Redução do volume de informações trafegadas entre as camadas
- Opção de análise e filtragem dos dados mais próximo à borda da rede

Obrigado pela atenção!

Dúvidas



Renato Nolasco da Rocha



rocha.nolasco@gmail.com

Jordano R. Celestrini, Renato N. Rocha, Celso A. S. Santos, Vinícius F. S. Mota, José G. Pereira Filho, Rodrigo V. Andreão. 2019.

HealthDash: Monitoramento remoto de pacientes utilizando programação baseada em fluxo de dados.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da CAPES”