



Inteligência Artificial em Obras de Engenharia Civil: Desenvolvimento e Pesquisas na UnB

Prof.a Michele Tereza Marques Carvalho (DSc)



TRIBUNAL DE CONTAS
ESTADO DO AMAZONAS

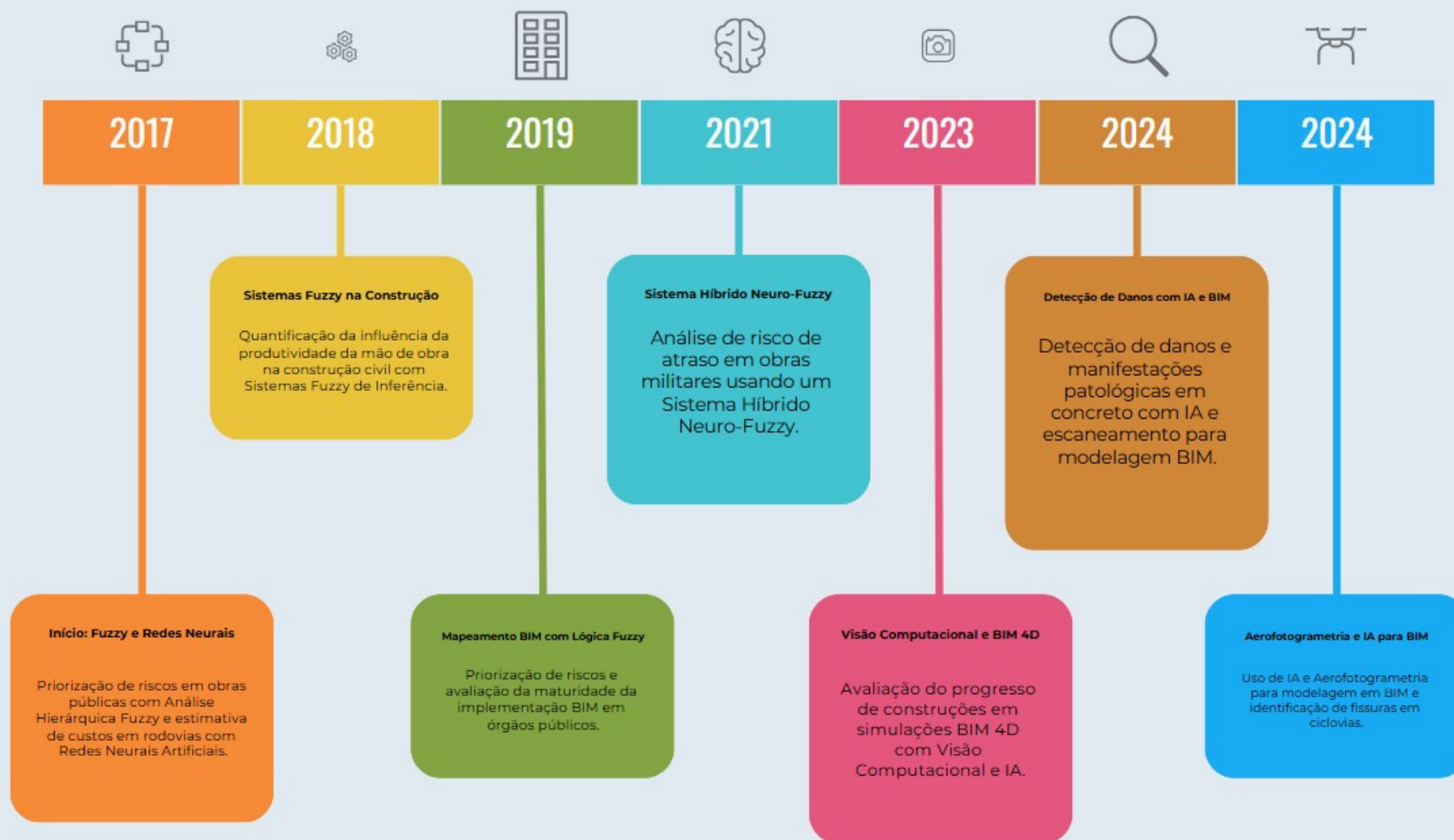
INTRODUCING MYSELF

Engenharia Civil
Obras Públicas
Visão Computacional
Sustentabilidade
Fuzzy Logic
Redes Neurais
Revit
Digital Twin
Navisworks
SINAPI
BIM
GIS
Lean Construction
Construção Civil
Gestão de Risco
Modelagem BIM
Infraestrutura
Cidades Inteligentes

Agenda

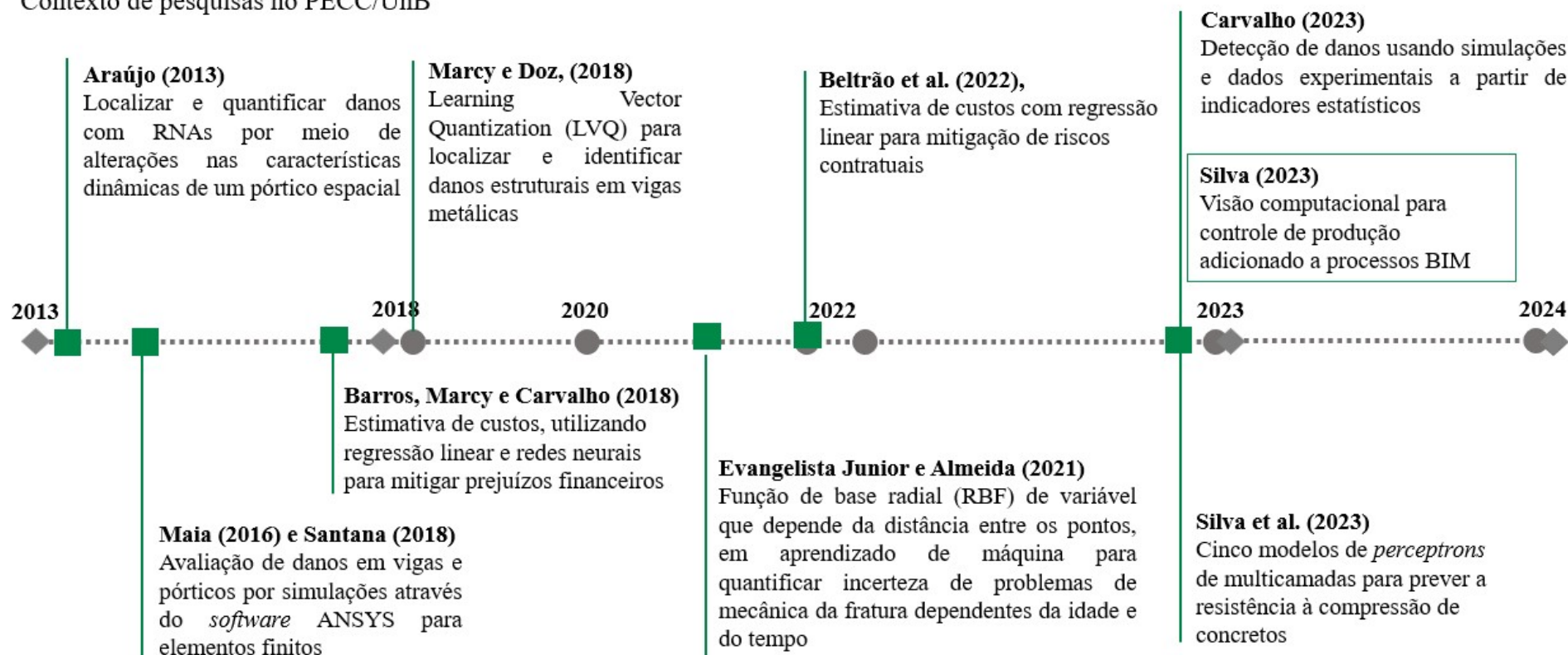
- Quem sou eu?
- Pesquisas UnB
- Conceitos
- Aplicações

Linha do tempo de pesquisas em IA

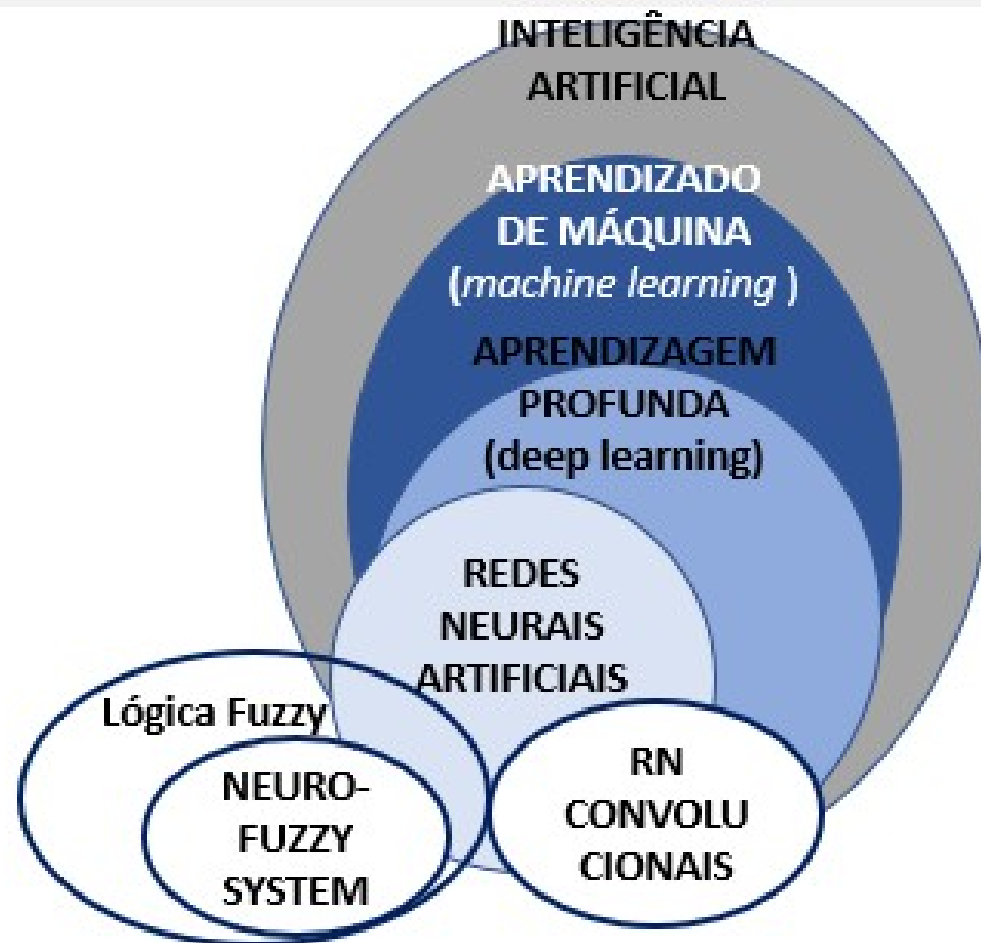


O BIM como proposta de integração de dados

Contexto de pesquisas no PECC/UnB



Conceitos

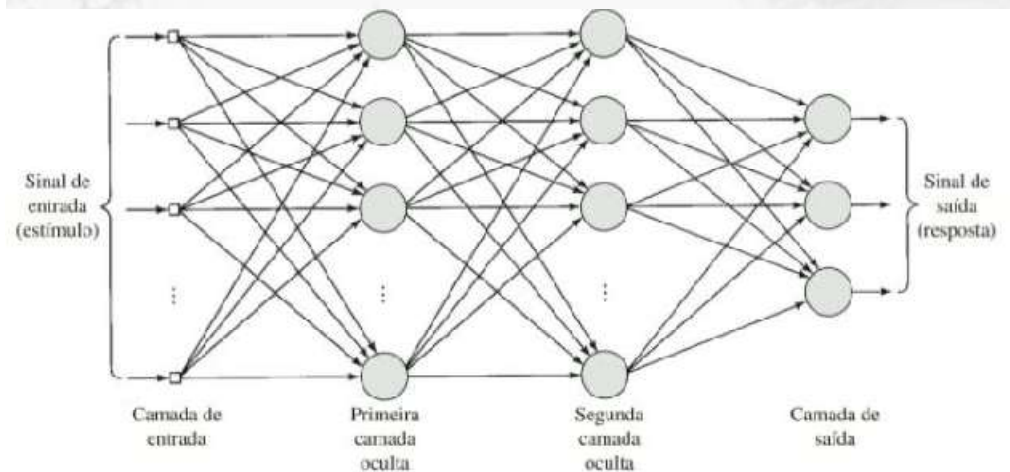
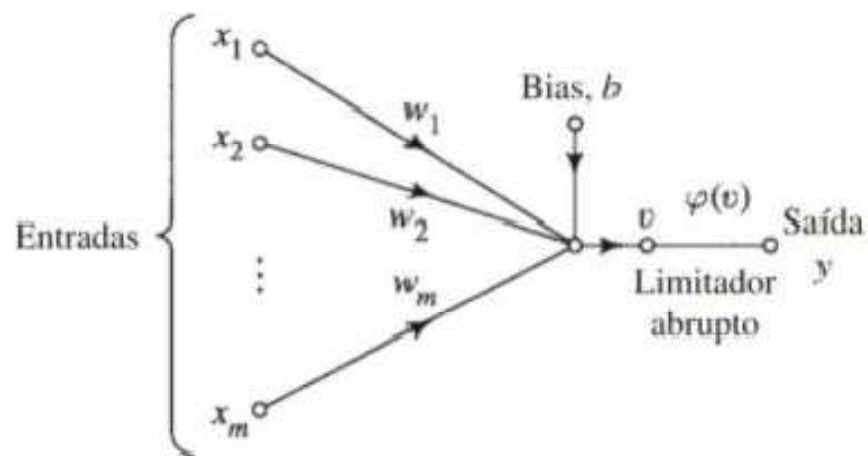


Fonte: Castro (2020), adaptado de Goodfellow et al., 2006 e Salehi and Burgueño, 2018) e Silva (2023)

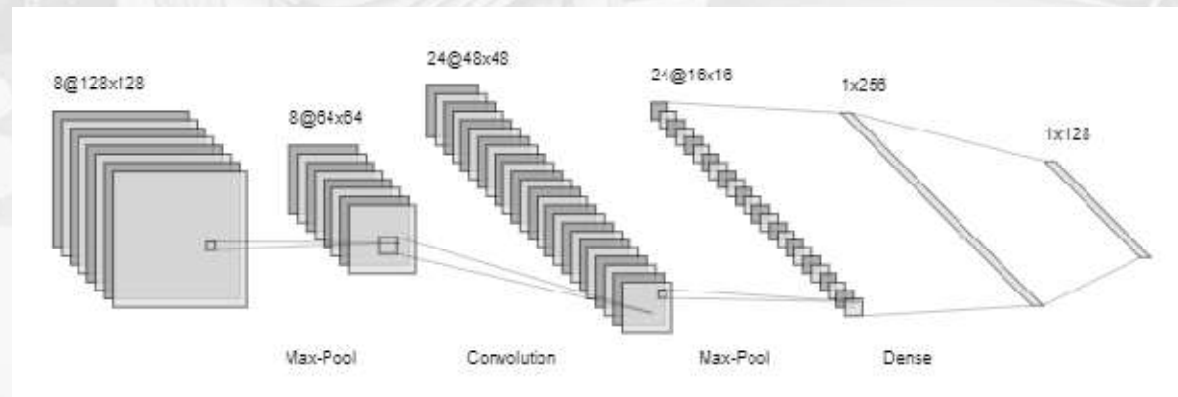
Aplicações



Conceitos

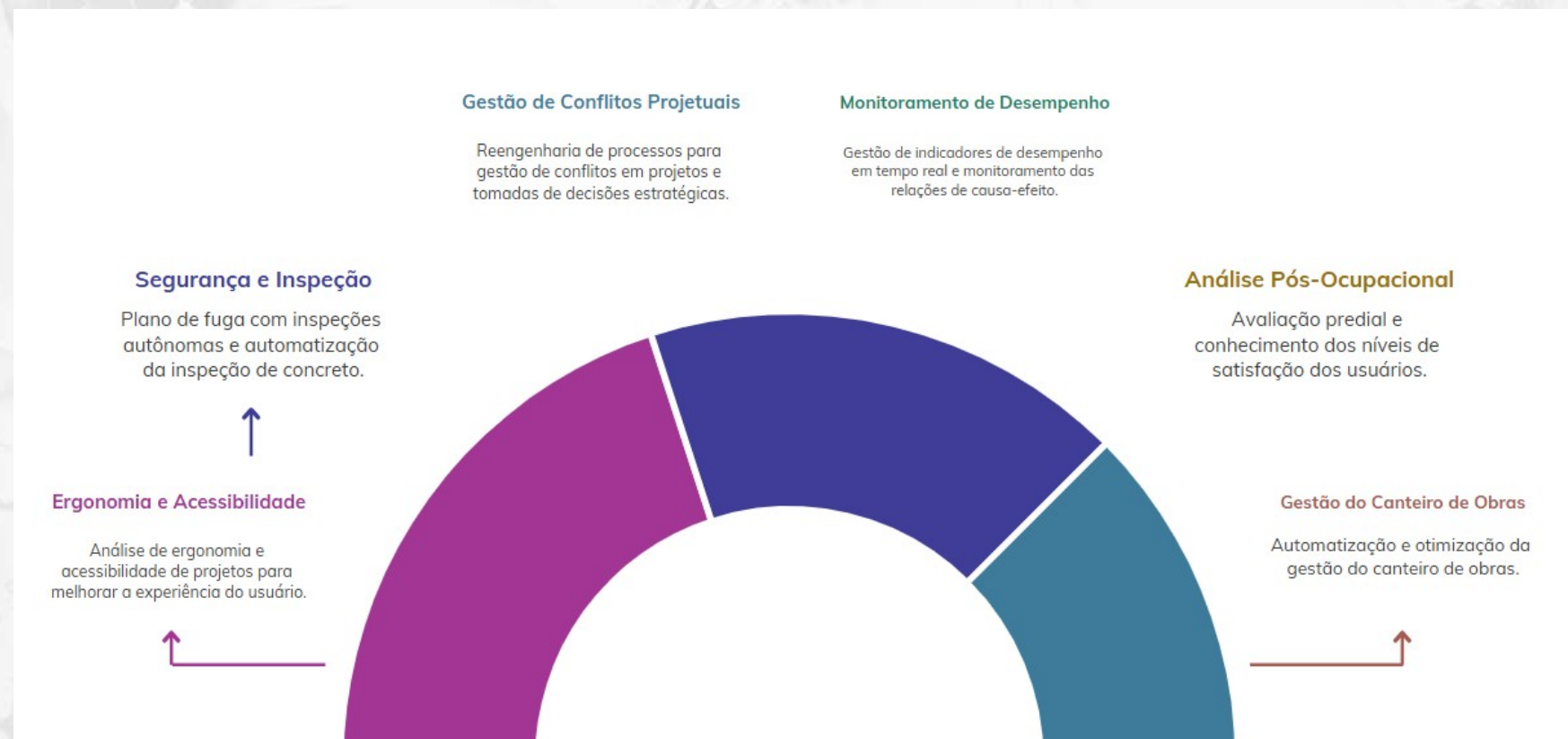


Fonte: HAYKIN (2001)



Fonte: <<http://alexlenail.me/NN-SVG/LeNet.html>>

Aplicações de CNNs na Indústria AEC



BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO BIM-GIS-IA



Silva; Carvalho 2025



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Automation in Construction

journal homepage: www.elsevier.com/locate/autcon



Multi-class segmentation of structural damage and pathological manifestations using YOLOv8 and Segment Anything Model

Paulo Alberto Sampaio Santos^{ID}*, Michele Tereza Marques Carvalho^{ID}

Postgraduate Program in Structural Engineering and Construction, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Brasília (UnB), Building SG-12 1st Floor, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília, 70910-900, Federal District, Brazil



Pós-graduação em
Estruturas e Construção Civil



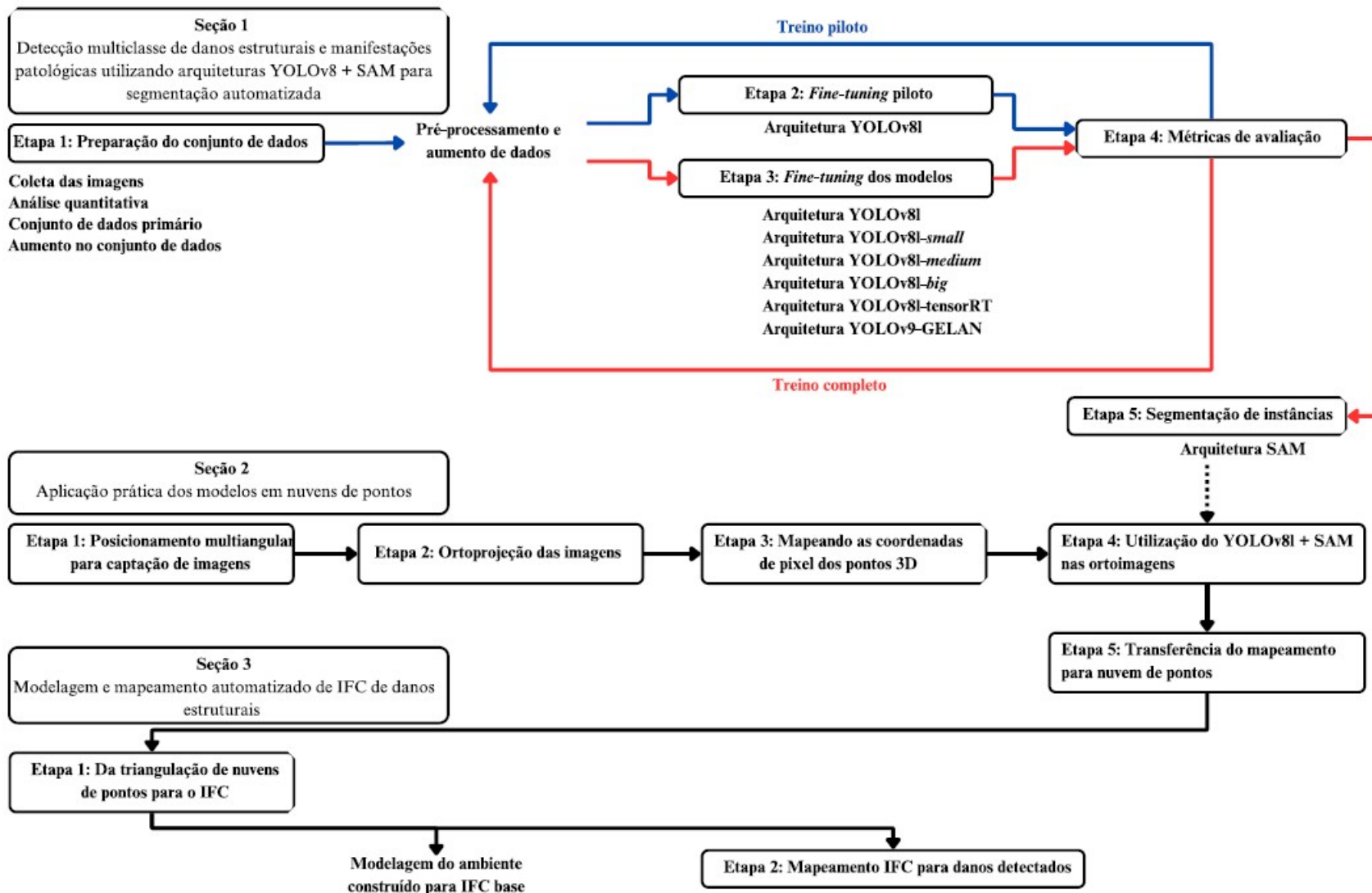
DETECÇÃO E REPRESENTAÇÃO MULTICLASSE DE DANOS E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONCRETO COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E ESCANEAMENTO PARA MODELAGEM BIM

PAULO ALBERTO SAMPAIO SANTOS



"INFRAESTRUTURA PARA UM BRASIL SUSTENTÁVEL E INTEGRADO"





Pré-processamento e aumento de dados no conjunto de dados primário



original



2% noise



1280x1280
resized



-15° rotation



+15° rotation

Conjunto de dados

Danos anotados	Nº de Imagens	Influência no conjunto
Fissuras	150.167	37.75%
Nicho de concretagem	60.675	15.25%
Eflorescência	31.824	8.00%
Desplacamento de concreto com armadura exposta	23.868	6.00%
Corrosão	19.890	5.00%
Mancha de Umidade	9.563	2.40%
Buraco na pista	6.349	1.60%
Degradação no concreto devido ação biológica	4.922	1.24%
Junta danificada ou inexistente	3.034	0.76%
Dois ou mais danos na mesma imagem	87.518	22.00%
Total	397.810	

Conjunto de dados reprocessado



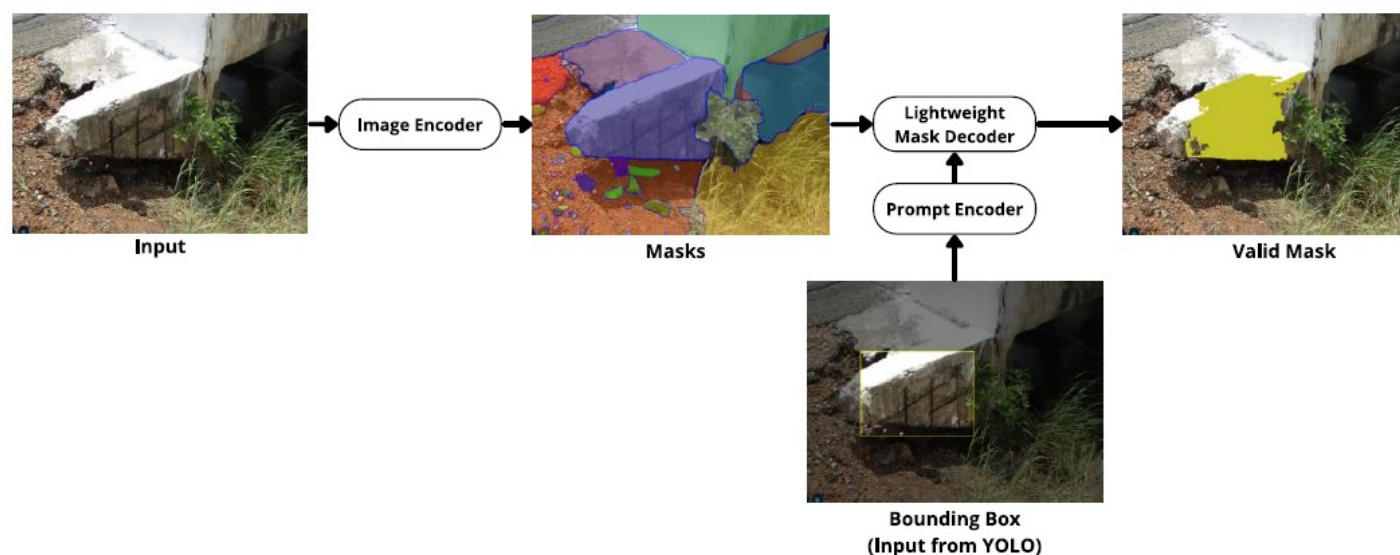
anotação original

objetos isolados

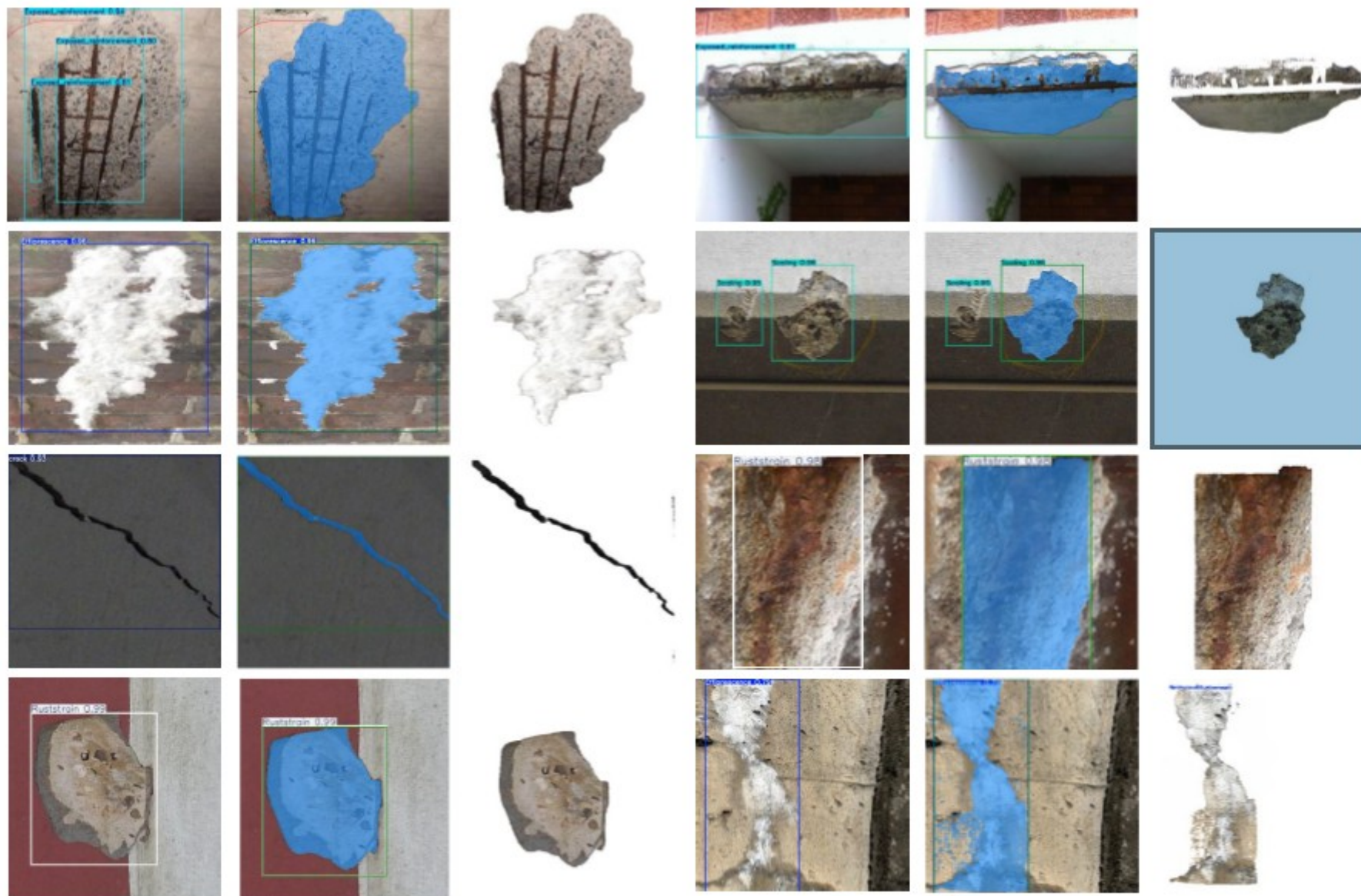
anotação original

objetos isolados

Arquitetura SAM para segmentação de instâncias de danos estruturais



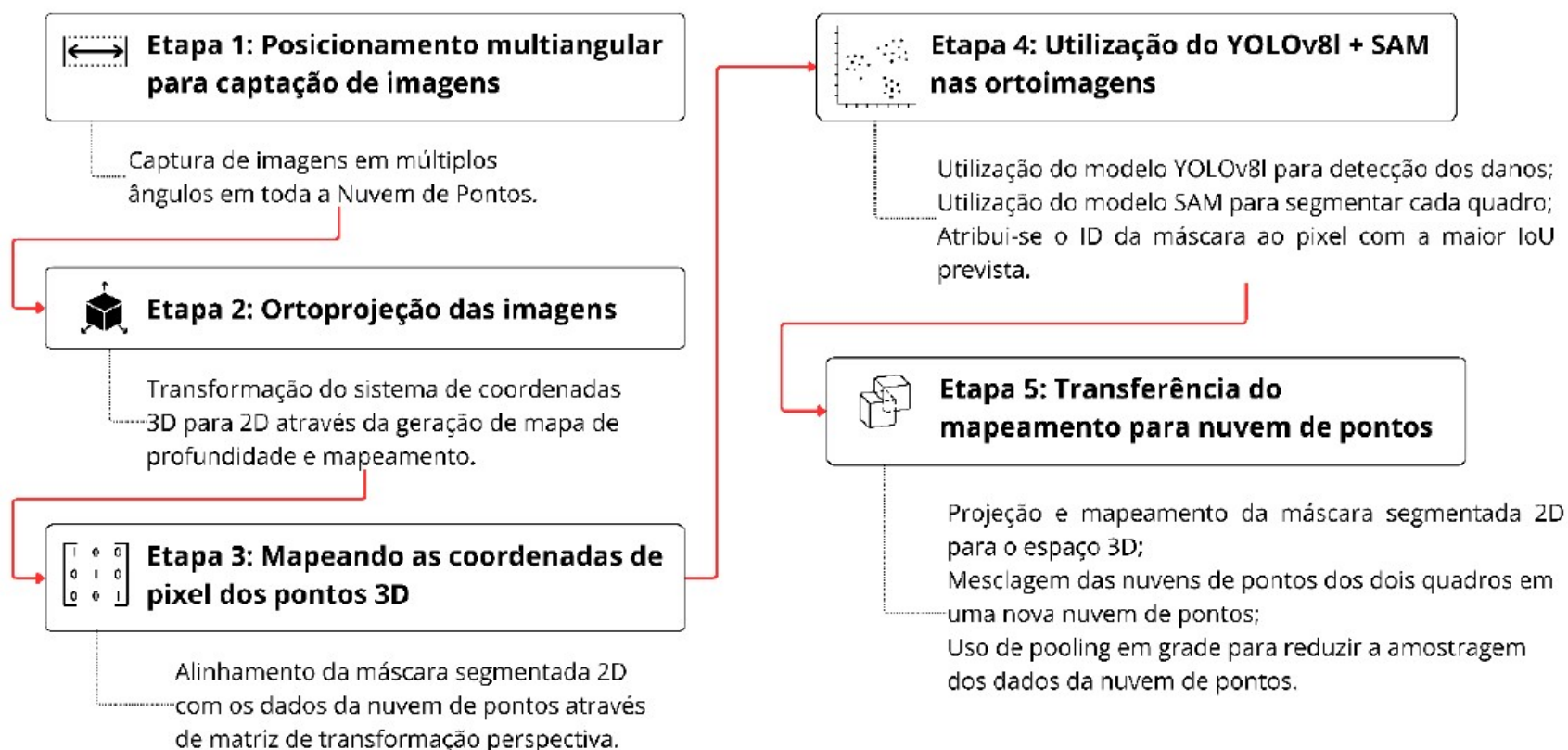
Situações de predição YOLOv8l+SAM



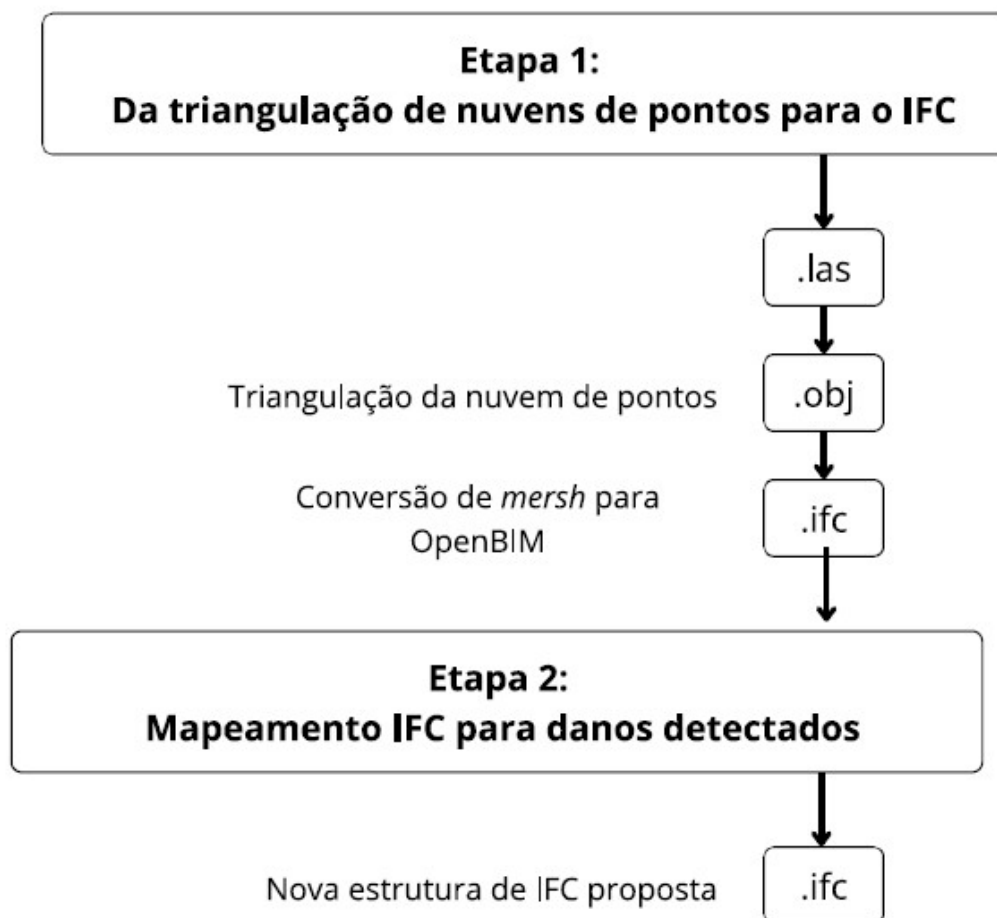
(a) satisfatório

(b) requer atenção

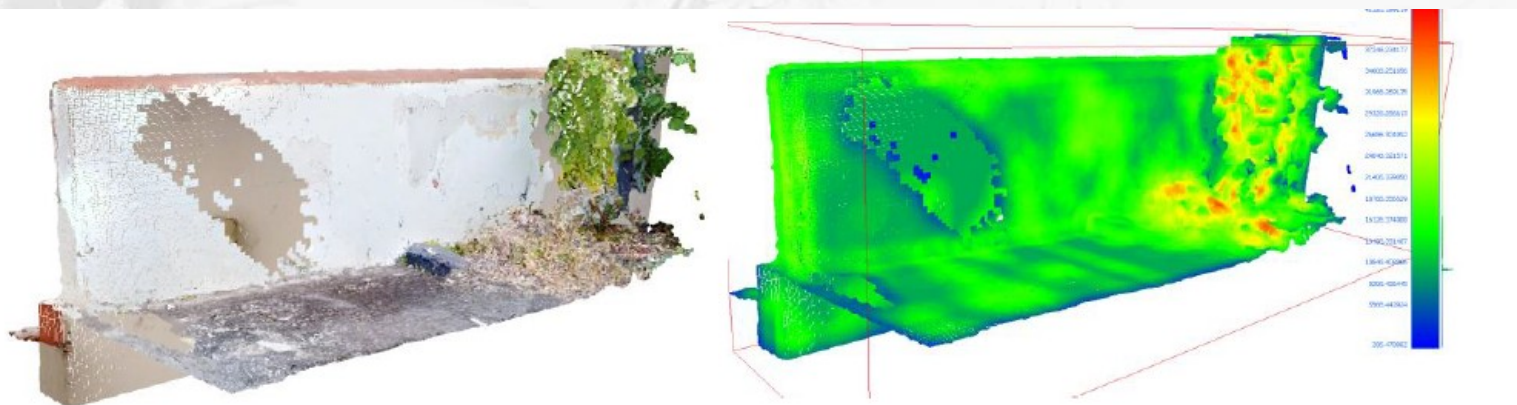
Aplicação prática dos modelos em nuvens de pontos



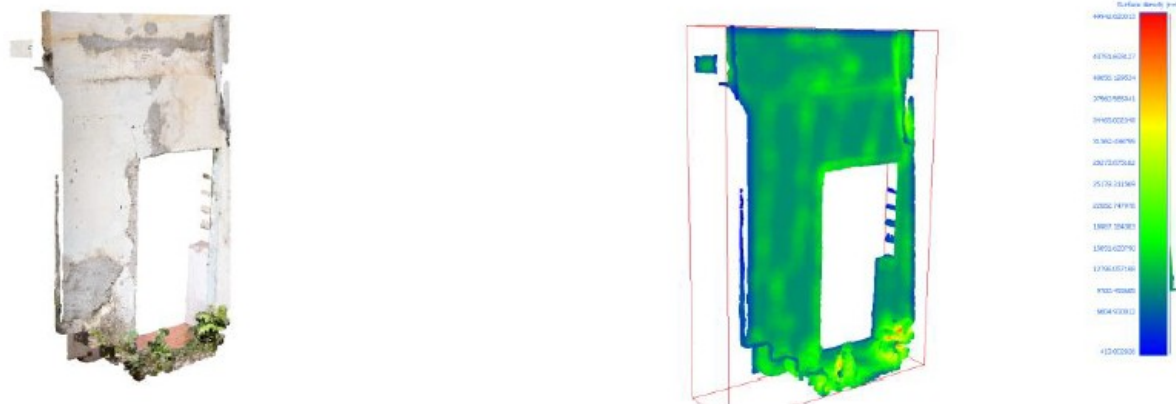
Modelagem e mapeamento automatizado de IFC de danos estruturais



Conjunto de dados de nuvens de pontos

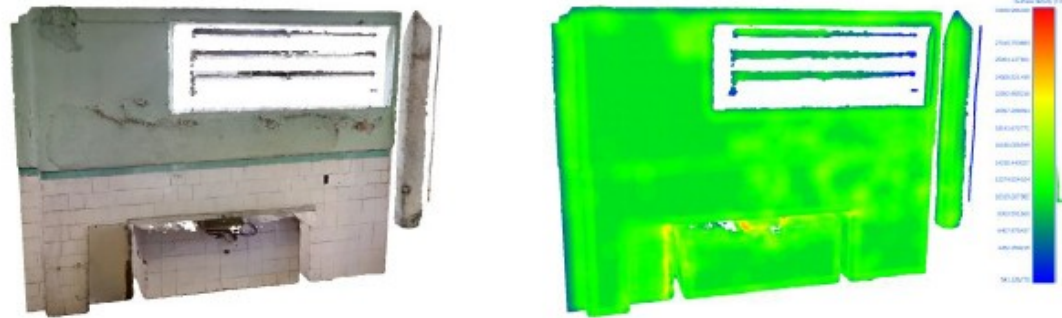


(a) amostragem 1 – RGB e densidade pontos/pixel

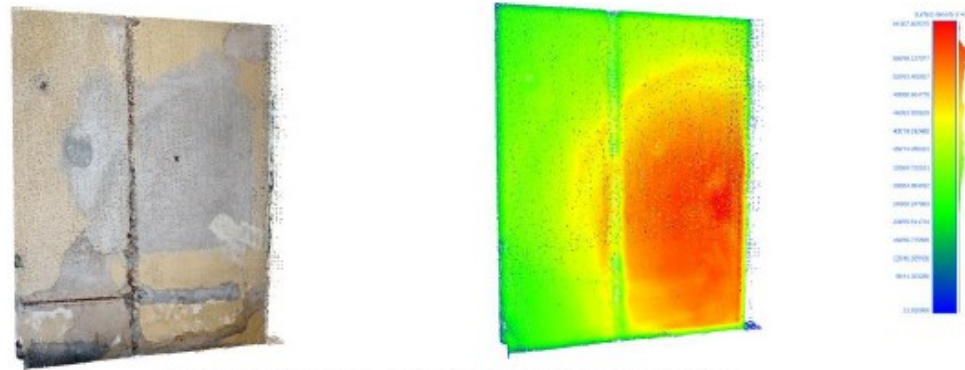


(b) amostragem 2 – RGB e densidade pontos/pixel

Conjunto de dados de nuvens de pontos



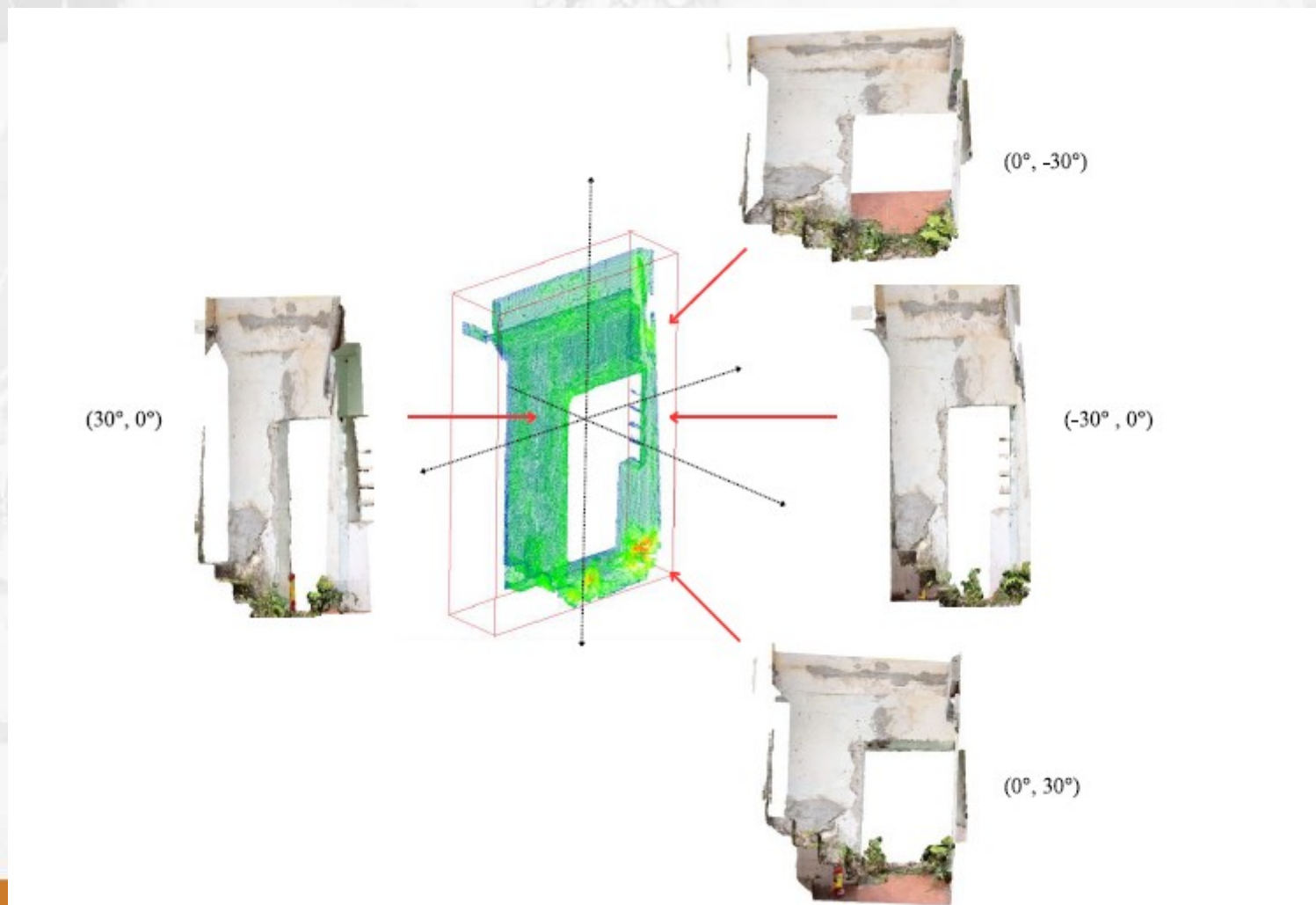
(c) amostragem 3 – RGB e densidade pontos/pixel



(d) amostragem 4 – RGB e densidade pontos/pixel



Visão geral do posicionamento multiangular para captação de imagens



Ortoimagens multiangulares geradas a partir dos dados RGB das amostragens

amostragem 1



$(-30^\circ, 0^\circ)$



$(0^\circ, -30^\circ)$



$(30^\circ, 0^\circ)$



$(0^\circ, 30^\circ)$

amostragem 2



$(-30^\circ, 0^\circ)$



$(0^\circ, -30^\circ)$

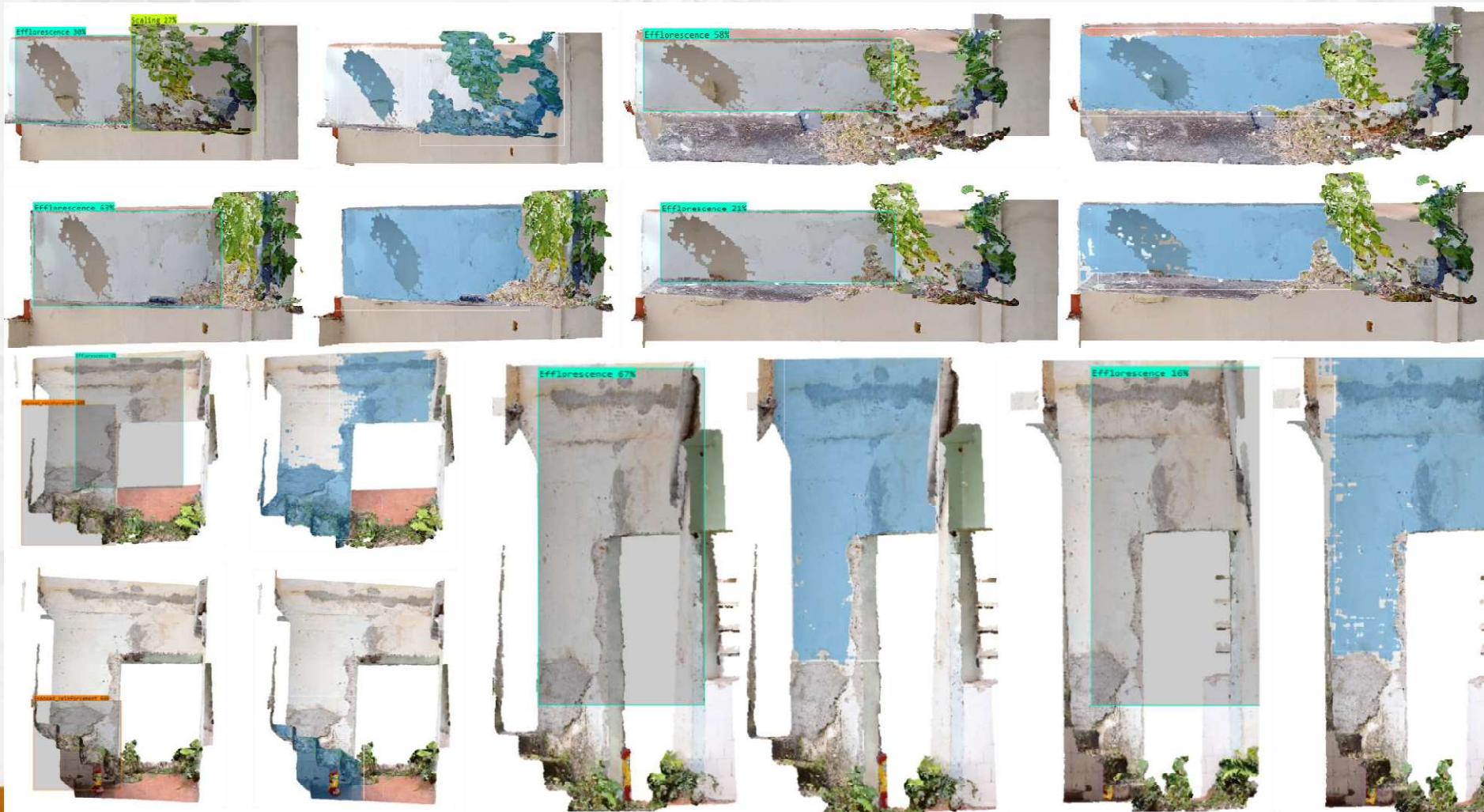


$(30^\circ, 0^\circ)$



$(0^\circ, 30^\circ)$

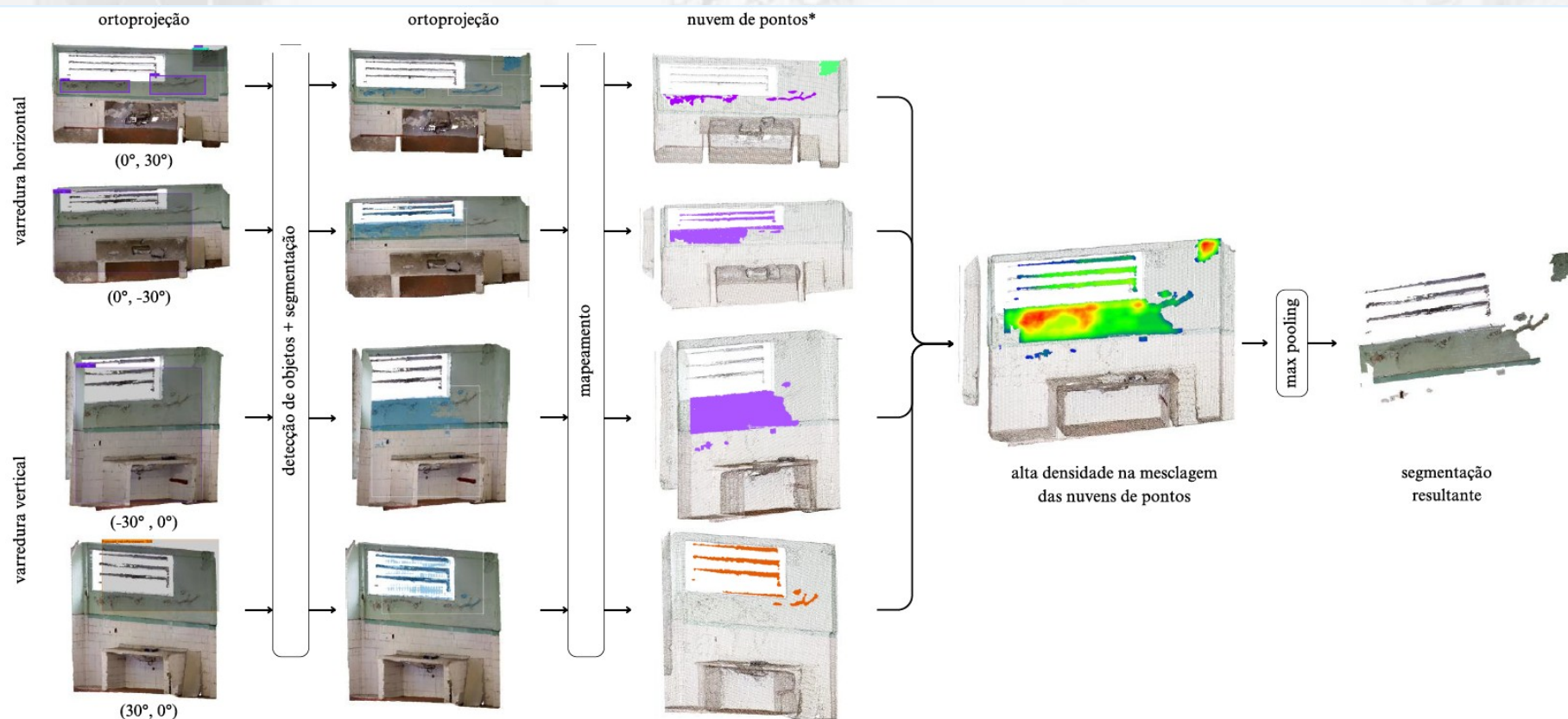
Utilização do YOLOv8l + SAM nas ortoimagens



Utilização do YOLOv8l + SAM nas ortoimagens

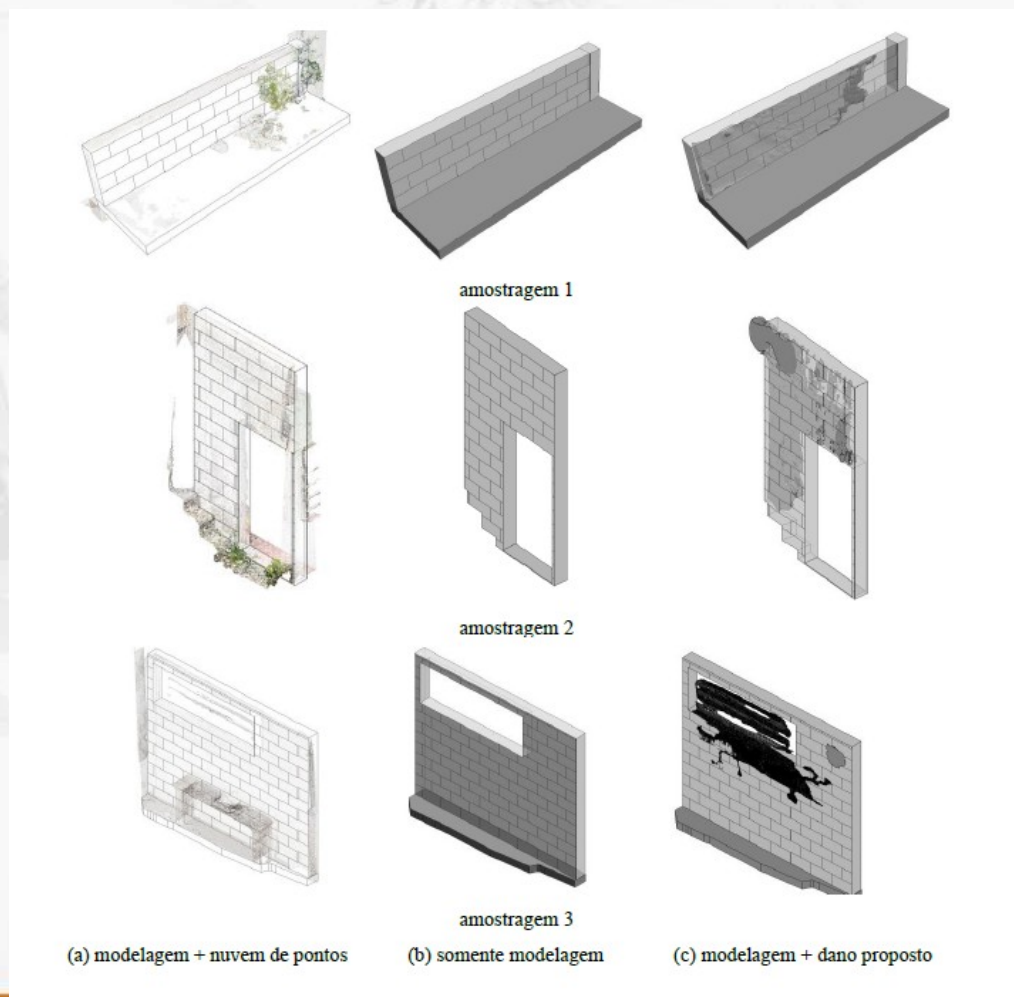


Transferência do mapeamento para nuvem de pontos

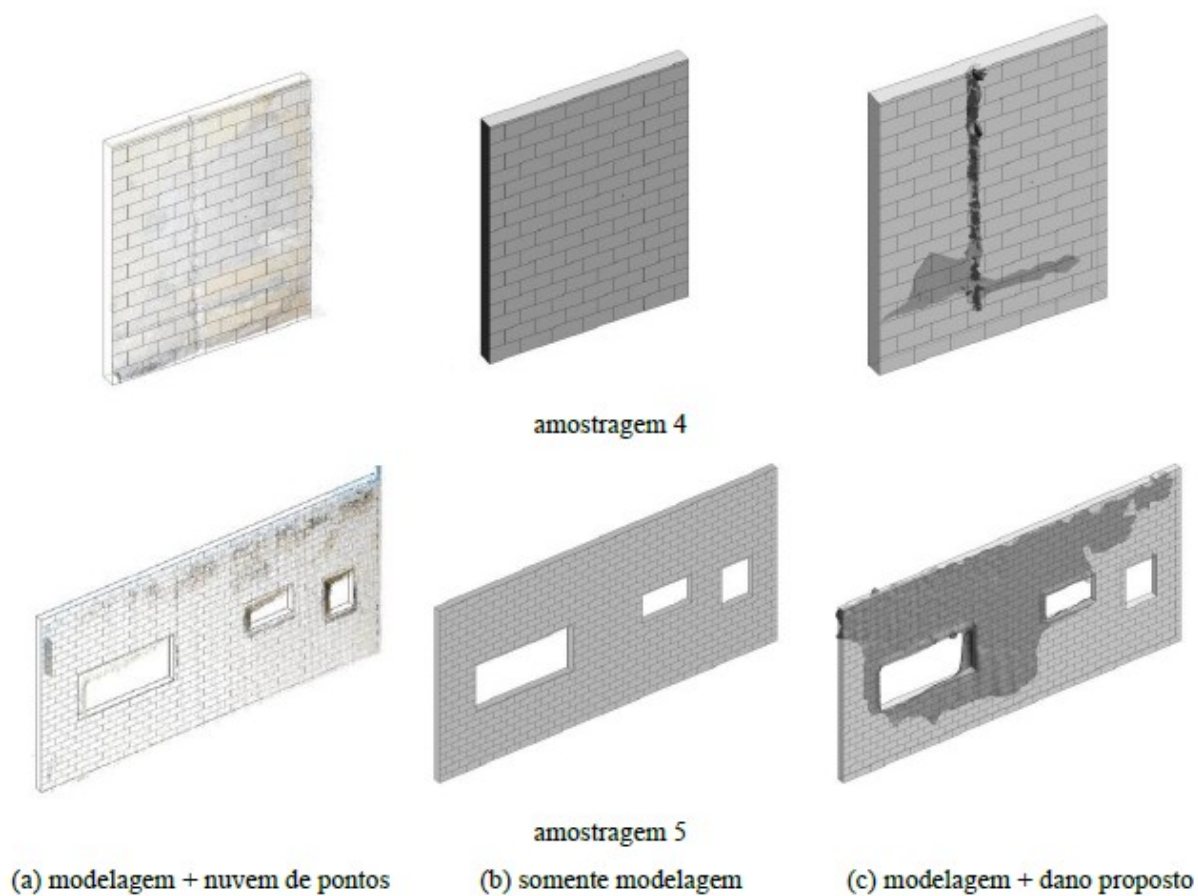


(*) As nuvens de pontos desta etapa sofreram diminuição do tamanho dos pontos somente para renderização desta imagem, para melhor destacar o resultado da segmentação

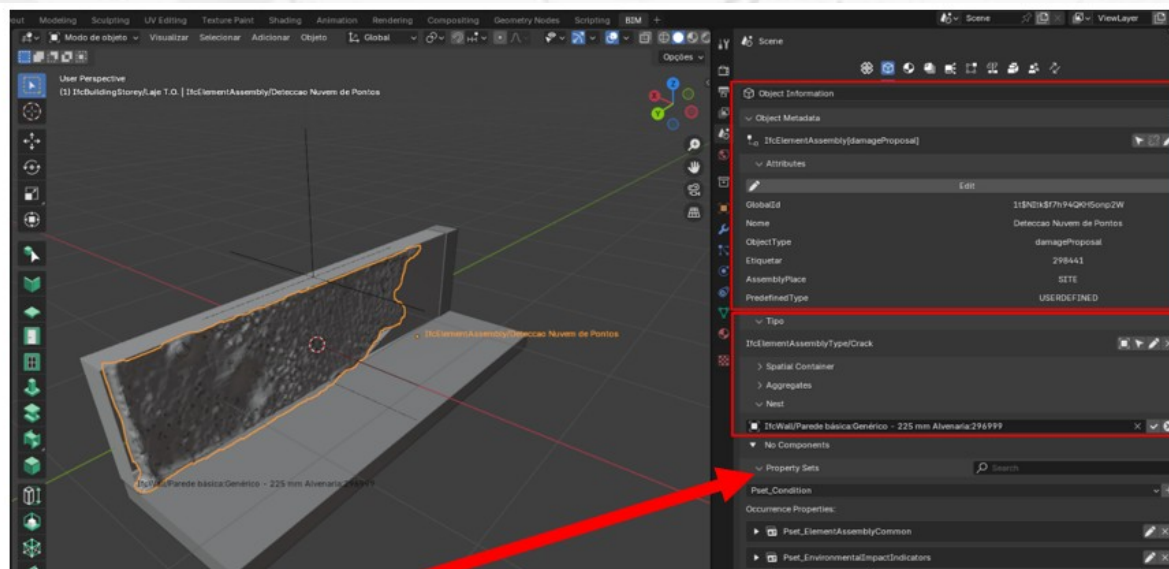
Modelagem e mapeamento automatizado de IFC de danos estruturais:



Modelagem e mapeamento automatizado de IFC de danos estruturais:



Da triangulação de nuvens de pontos para o IFC



Proposição de enriquecimento semântico com propriedades ifcOWL - Ontologia de Topologia de Danos (DOT)

```
ifc:hasPropertySet a owl:ObjectProperty;  
dot:DamageElement ifc:IfcRelDefinesByProperties (rdfs)  
dot:ClassifiedDamage ifc:IfcPropertySetDefinition (rdfs)
```

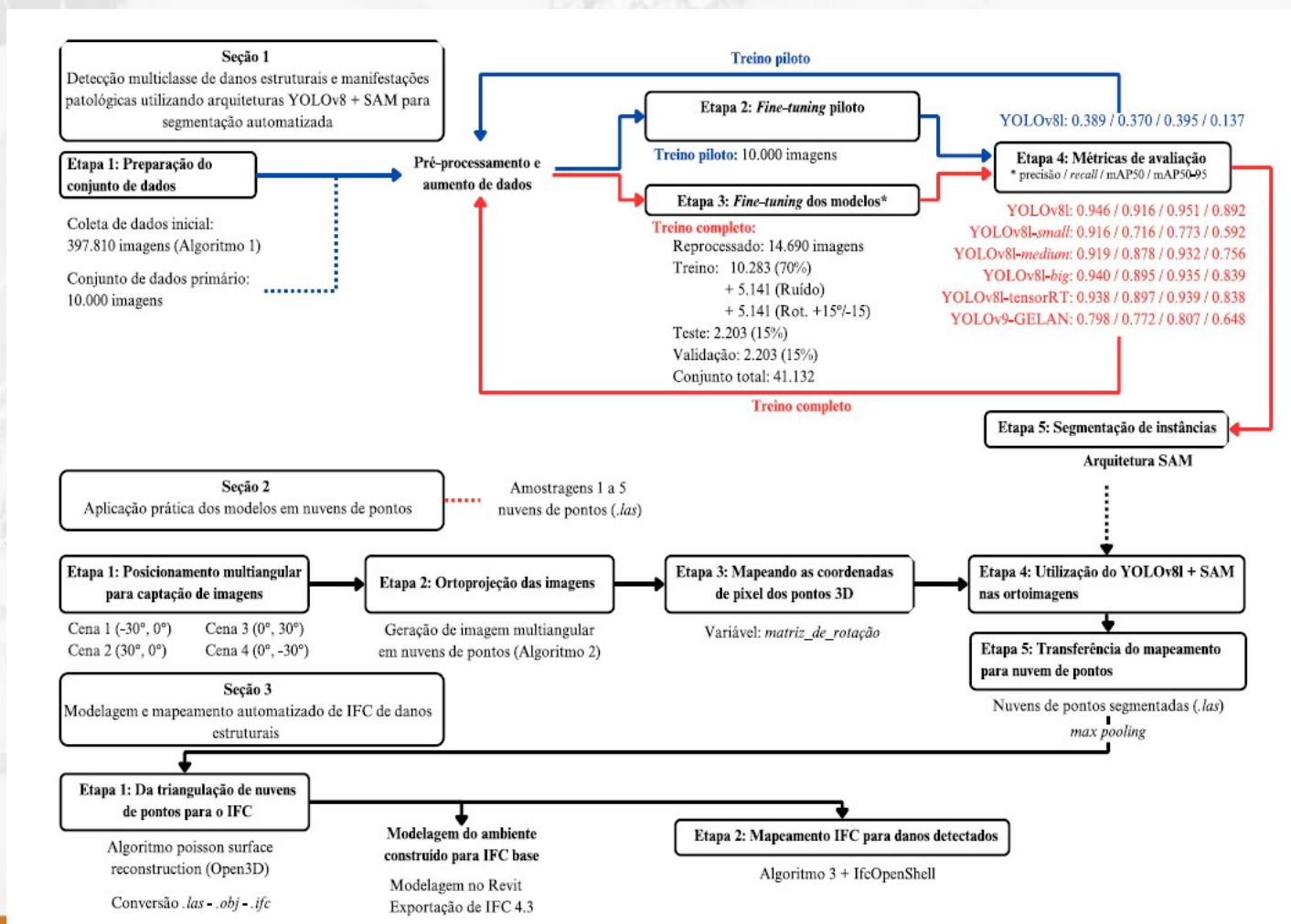
IfcElementAssembly.USERDEFINED
| ObjectType: damageProposal
| IfcElementAssemblyType.CRACK

ou

IfcFeatureElementSubtraction.USERDEFINED
| ObjectType: damageProposal
| IfcElementAssemblyType.SCALLING

Fig. 27 Visualização dos mapeamentos IFC (Fonte: O Autor)

Visão abrangente dos resultados e produtos obtidos



Sistema Inteligente de Gestão de Infraestrutura: módulo OAEs

- LABORATÓRIO DE MÉTODOS COMPUTACIONAIS IA (LAMCIA)



- Parceria Prof. Francisco Evangelista Junior, PhD

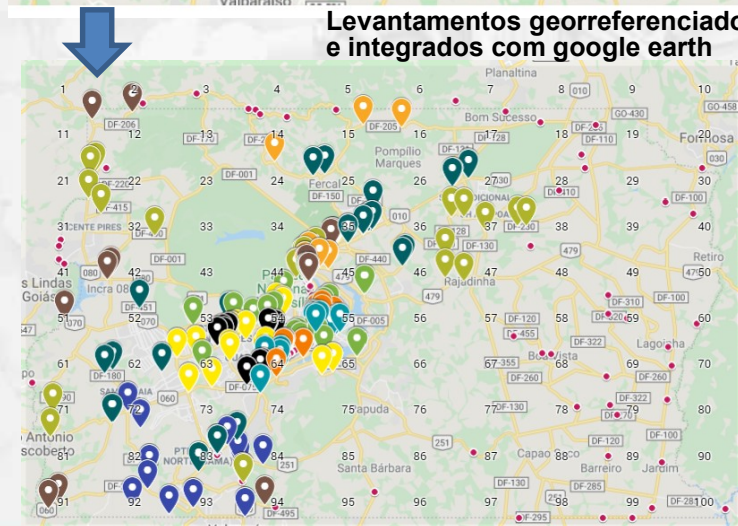
Plataforma IA: gerenciamento, controle e tomada de decisão de infraestrutura



Determinação de quantitativos das patologias

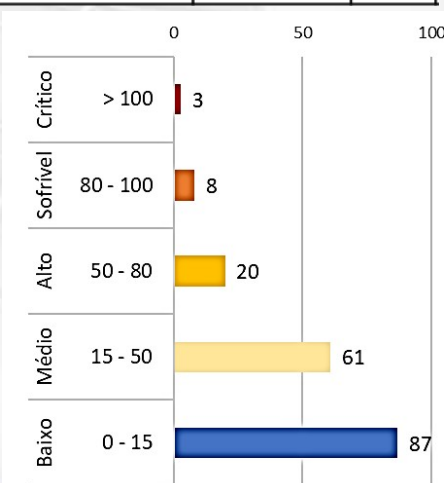
Dano	Ocorrências	%
Abrasão do concreto	236	5.1%
Cobrimento deficiente	283	6.1%
Corrosão de armaduras	427	9.2%
Desagregação	226	4.9%
Deslocamento por empuxo	4	0.1%
Desplacamento	332	7.2%
Desvio de geometria	11	0.2%
Eflorescência	530	11.4%
Falhas de concretagem	379	8.2%
Fissuras	701	15.1%
Flechas	2	0.0%
Infiltração de água	539	11.6%
Manchas	973	21.0%

Levantamentos georreferenciados e integrados com google earth



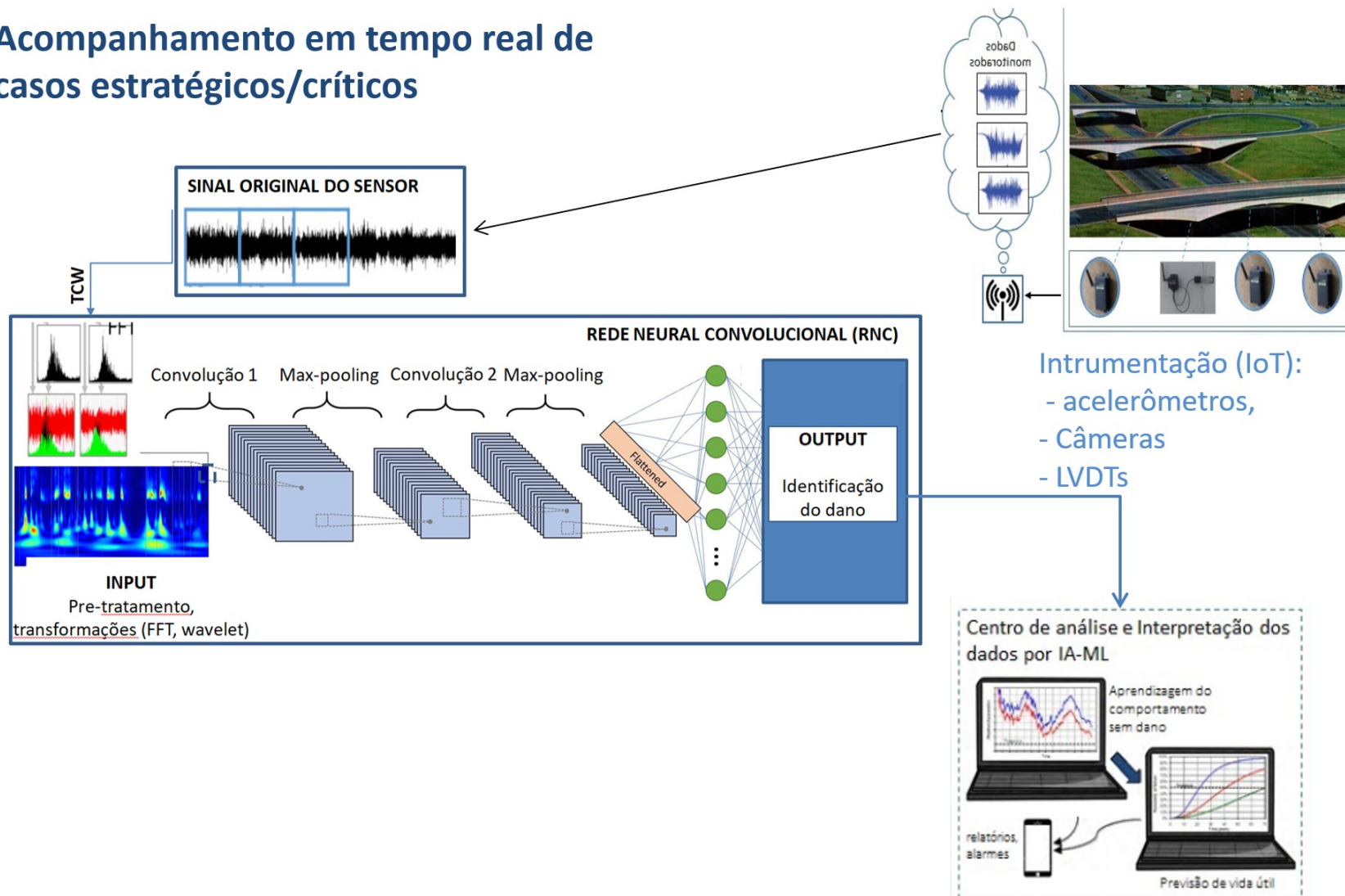
OAEs no Banco de Dados	356
OAEs Inspeccionadas	179
% Inspeccionadas	50.3%
Grau Deterioração Máximo	142.84
Grau Deterioração Mínimo	0.83
Grau Deterioração Médio	27.53

Nível de deterioração

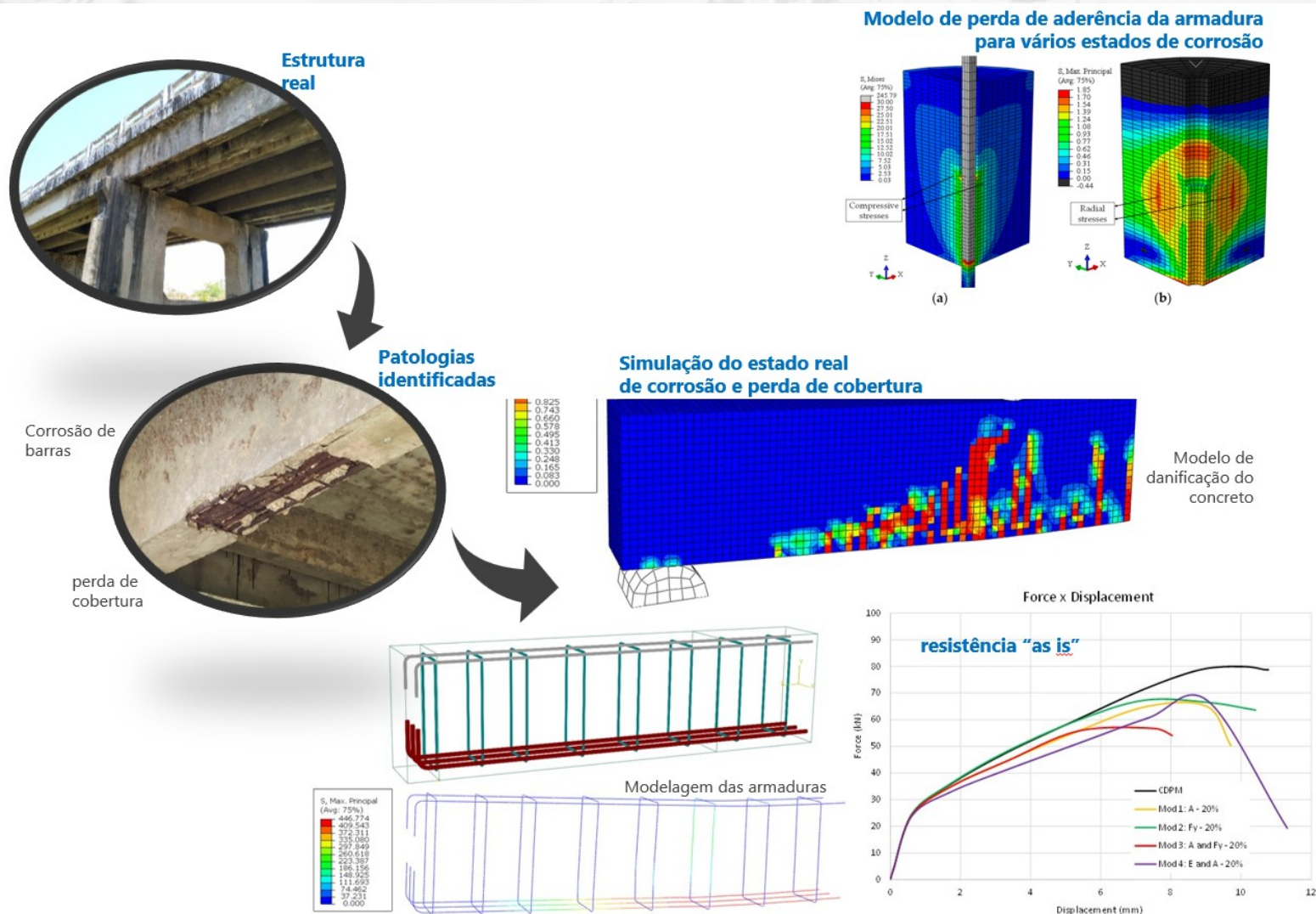


Digital shadow/twin: monitoramento IoT – detecção de anomalias estruturais

Acompanhamento em tempo real de casos estratégicos/críticos



Digital shadow/twin: monitoramento IoT – Simulação estrutural tempo real



MODELO DE DETECÇÃO E SEGMENTAÇÃO DE FISSURAS



MODELO DE DETECÇÃO E SEGMENTAÇÃO DE FISSURAS



Desenvolvimento de Multiagentes Inteligentes Dinâmicos para Apoio na Tomada de Decisão na gestão de prazo na construção civil.



Chatbots: Fornece respostas ou executa tarefa específica
(Gopinath and Kasilingam, 2023)



Agentes: Capaz de agir de forma autônoma em um ambiente específico, tomando decisões com base nas informações processadas e disponibilizadas (Bignold et al., 2023).

Sistema de Multiagentes (MAS)

01 **Interagem**

02 **Colaboram**

03 **Negociam**

“Compreender”
o usuário

Inteligentes e
Dinâmicos



para atingir objetivos comuns ou resolver problemas que seriam intratáveis para um único agente (Calegari et al., 2021).

Uma das **tendências** apontadas por (Lim et al., 2024) é uma integração contínua de LLMs em sistemas multiagentes para **aumentar a flexibilidade e a capacidade de resposta em ambientes dinâmicos**.

Futuras pesquisas

- Integração de Técnicas de Inteligência Artificial à Gestão Orçamentária de Obras Públicas
 - Desenvolver artefato para integrar técnicas de Inteligência Artificial à gestão orçamentária de obras públicas, com foco na estimativa de quantitativo e de custos, a partir de bases de dados oficiais brasileiras (SINAPI), visando ganhos de precisão, eficiência e aplicabilidade institucional.

**"A partir da sua abordagem na palestra, como
você acha que podemos fomentar uma
infraestrutura sustentável e integrada no
Brasil?"**

Obrigada!



micheletezeza@unb.br



61-98821-5800