

# **IMPLANTAÇÃO E GESTÃO DE UMA PLATAFORMA DE CIDADES INTELIGENTES BASEADA EM INTERNET DAS COISAS - IOT PARA O MUNICÍPIO DE CANAÃ DOS CARAJÁS**

**LABORATÓRIO DE PLANEJAMENTO DE  
REDES DE ALTO DESEMPENHO**

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

**BELÉM - 2023**

**IMPLANTAÇÃO E  
GESTÃO DE UMA  
PLATAFORMA DE  
CIDADES INTELIGENTES  
BASEADA EM INTERNET  
DAS COISAS - IOT PARA  
O MUNICÍPIO DE CANAÃ  
DOS CARAJÁS**

LABORATÓRIO DE PLANEJAMENTO DE  
REDES DE ALTO DESEMPENHO

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

BELÉM - 2023



# APRESENTAÇÃO

O Projeto “Implantação e gestão de uma plataforma de cidades inteligentes baseada em Internet das Coisas (IoT) para o Município de Canaã dos Carajás”, celebrado por meio do Convênio 02/2020 entre a Prefeitura Municipal de Canaã dos Carajás, Universidade Federal do Pará e Fundação de Amparo ao Desenvolvimento da Pesquisa, foi financiado com recursos do Fundo Municipal de Desenvolvimento Sustentável - FMDS.

A execução deste projeto contou com as participações imprescindíveis das seguintes Secretarias Municipais:

- Secretaria Municipal de Governo;
- Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico
- Secretaria Municipal de Planejamento
- Secretaria Municipal de Educação
- Secretaria Municipal de Saúde
- Secretaria Municipal de Obras

Para execução do projeto, a Universidade Federal do Pará contou com a parceria do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo  $\boxtimes$  ICMC/USP, por meio do convênio firmado entre UFPA, ICMC/USP e FADESP, processo no 24845/2020.



## PALAVRA DA PREFEITA

Nos últimos anos, temos, como governo, investido em diversas áreas para tornar nossa Canaã dos Carajás mais moderna, participativa, eficiente e, com qualidade de vida para todos aqueles que escolheram nossa cidade como lar.

Dentre as mais diversas áreas, a da Tecnologia de Informação e Comunicação - TIC, em especial a Internet das Coisas e a Inteligência Artificial, tem sido contemplada com o Projeto Smart City Canaã dos Carajás, que visa a transformar a cidade em um pólo de desenvolvimento de tecnologia e inovação para toda a população da cidade.

A partir das ações planejadas para esse programa, temos fomentado a capacitação tecnológica, melhorias na comunicação entre os cidadãos e a Prefeitura, além da expectativa de implantarmos sistemas inteligentes e inovadores em áreas essenciais para a população, como Saúde e Educação.

Esse projeto não se limita ao desenvolvimento de tecnologia, mas visa também ao desenvolvimento das pessoas, por meio da criação de um ambiente que favoreça a formação de mão de obra especializada e a geração de oportunidades de trabalho e renda para os jovens de Canaã. Tudo isso, para que possamos gerar mais qualidade de vida para todos.

O projeto Smart City Canaã dos Carajás é uma construção conjunta da prefeitura de Canaã com diversos atores, dentre eles a Universidade Federal do Pará - centro de referência em pesquisa na região - e, que desempenha um papel fundamental ao contribuir com conhecimento técnico e científico para o desenvolvimento do projeto de construção da Canaã do amanhã. Uma cidade com mais tecnologia, mais inclusiva e mais humana, como desejamos e trabalhamos diariamente para realizar.

**Josemira Gadelha**

Prefeita de Canaã dos Carajás

## PALAVRA DO COORDENADOR GERAL

A combinação da inteligência artificial (IA) e da Internet das Coisas (IoT) tem desempenhado um papel fundamental na transformação de cidades em ambientes inteligentes e eficientes. Os benefícios dessas tecnologias são inúmeros e impactam positivamente diversos aspectos da vida urbana.

A IA e a IoT têm o potencial de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. Por meio de dispositivos conectados e assistentes virtuais, as pessoas podem ter acesso a informações em tempo real sobre o cotidiano das cidades, além de poder tornar a cidade mais adaptada às necessidades de seus cidadãos. Além disso, a análise de dados coletados pode fornecer insights para o planejamento urbano, como a identificação de áreas com necessidade de melhorias na infraestrutura, saúde pública, segurança, educação e bem-estar da população.

Este é o contexto em que se insere o projeto "Implantação e gestão de uma plataforma de cidades inteligentes baseada em Internet das Coisas (IoT) para o Município de Canaã dos Carajás": um vetor que contribuirá com a inserção de Canaã dos Carajás no seleto conjunto de cidades efetivamente inteligentes.

**Prof. Dr. Carlos Renato Lisboa Francês**

Coordenador Geral do Projeto



# FICHA TÉCNICA

## EQUIPE DE ELABORAÇÃO

- Prof. Dr. **Carlos Renato Lisboa Francês** (Coordenador Geral do Projeto) ..... UFPA
- Prof. Dr. **Aldebaro Barreto da Rocha Klautau Junior** ..... UFPA
- Prof. Dr. **André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho** ..... USP
- Prof. Dr. **Armando Lírio de Souza** ..... UFPA
- Prof. Dr. **Diego Lisboa Cardoso** ..... UFPA
- Prof. Dr. **Edvar da Luz Oliveira** ..... UFRA
- Profa. Dra. **Evelin Helena Silva Cardoso** ..... UFRA
- Prof. Dr. **Hugo Pereira Kuribayashi** ..... UNIFESSPA
- Profa. Dra. **Jasmine Priscyla Leite de Araújo** ..... UFPA
- Prof. Dr. **João Crisóstomo Weyl Albuquerque Costa** ..... UFPA
- Prof. Dr. **Jorge Antonio Moraes de Souza** ..... UFRA
- Dra. **Marcela Alves de Souza** ..... UNIFESSPA
- Prof. Dr. **Marcelino Silva da Silva** ..... UFOPA
- TAE Ma. **Aline Marques Casimiro** ..... UFPA
- **Jorge Tomazi Trajane** ..... DCTI/PMCC

## EDIÇÃO E PROJETO EDITORIAL

**Lorena Filqueiras / Lettera L Editora**

## PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

**Neto Porpino**

# ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	7
2. O PROJETO .....	9
3. IMPLANTAÇÃO E GESTÃO DE INFRAESTRUTURA DE TELECOMUNICAÇÕES .....	15
4. INFRAESTRUTURA E GESTÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO .....	29
5. DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE APLICAÇÕES INTELIGENTES .....	31
5.1. APLICAÇÕES DE CIDADES INTELIGENTES PARA CANAÃ DOS CARAJÁS .....	31
5.2. APLICAÇÃO CONECTA CANAÃ .....	32
5.3. APLICAÇÃO INTELIGENTE DE SAÚDE - MONITORAMENTO REMOTO DE PACIENTES .....	35
5.4. APLICAÇÃO INTELIGENTE DE EDUCAÇÃO - RECONHECIMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE EMOÇÕES DE ESTUDANTES EM SALA DE AULA .....	40
5.5. APLICAÇÃO INTELIGENTE DE SEGURANÇA - SISTEMA INTELIGENTE DE RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE ESTUDANTES DE ESCOLAS PÚBLICAS NO USO DE ÔNIBUS ESCOLAR .....	44
5.6. DEMO-PILOTO DE APLICAÇÃO DE VISÃO COMPUTACIONAL - DETECÇÃO DE LIXO .....	48
6. ELABORAÇÃO DE POLÍTICAS PARA FOMENTO DE PROJETOS INOVADORES DE EMPREENDEDORISMO INDIVIDUAL E/OU EMPREENDEDORISMO COLETIVO (BERÇÁRIO DE STARTUPS) .....	53
7. FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS ESPECIALIZADO EM TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO .....	57
8. CIDADE INTELIGENTE DE CANAÃ DOS CARAJÁS E O CENTRO DE PESQUISA APLICADA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL IARA - GANHOS, AÇÕES ADICIONAIS E VALOR AGREGADO AOS RESULTADOS ESPERADOS ORIGINAIS .....	63
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	69
10. REFERÊNCIAS .....	73
11. QUADRO DE ANEXOS .....	75
12. QUADRO DE APÊNDICES .....	77



# 1. INTRODUÇÃO

O futuro já começou.

A frase, um clichê utilizado comumente para celebrar a chegada de um ano novo, transfigura-se em uma premissa para os dias atuais, enquanto seguimos na direção da revolução que será o mundo dos próximos tempos. Um de seus agentes será a Internet das Coisas (Internet of things - IoT), um conceito surgido no fim do século passado e que nasceu predestinado a nos fazer/permitir ressignificar o mundo como o conhecíamos (e como o conhecemos atualmente); por meio de compartilhamento de dados, novas experiências - mais otimizadas - serão possíveis em nichos (bem como camadas) variados da sociedade.

Este documento, portanto, é o relatório final do projeto "Implantação e gestão de uma plataforma de cidades inteligentes baseada em Internet das Coisas (IoT) para o Município de Canaã dos Carajás", celebrado entre a Universidade Federal do Pará (UFPA), a Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP) e a Prefeitura Municipal de Canaã dos Carajás (PMCC), por meio de financiamento do Fundo Municipal de Desenvolvimento Sustentável do Município (FMDS).

Trata-se de um relato minucioso acerca do atendimento das metas estabelecidas no Plano de Trabalho que compõe o projeto, de acordo com os entregáveis estabelecidos no CONVÊNIO n° 02/2020, publicado no Diário Oficial dos Municípios do Estado do Pará, em 06 de agosto de 2020, com adequações relativas ao primeiro termo aditivo, publicado no Diário Oficial dos Municípios do Estado do Pará, em 04 de agosto de 2021, e do segundo termo aditivo publicado no Diário Oficial dos Municípios do Estado do Pará, em 05 de julho de 2022.



## 2. O PROJETO

Canaã dos Carajás ganhou *status* de município em 1994, por meio da Lei Estadual 5.860. Apesar de seu relativo pouco tempo de existência, na condição de autônomo, a cidade tem conquistado cada vez mais destaque no cenário nacional e mundial, especialmente a partir da descoberta de jazidas minerais de cobre, níquel e ferro, que atraiu grandes projetos de mineração, dentre eles o complexo S11D da Vale, o maior do mundo, até o presente momento.

Com os grandes projetos de mineração, também vieram novos habitantes, atraídos especialmente pelas oportunidades de trabalho. Em 2020, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) estimava uma população de 38.103 habitantes, 40% superior à do censo anterior (2010), de 26.716 habitantes. Nos últimos anos, a gestão municipal de Canaã dos Carajás vem trabalhando em direção a novas soluções visando melhorar a qualidade de vida das pessoas e à, bem como dinamizar e diversificar a economia local da economia local. Em outras palavras, a gestão municipal busca diminuir a dependência econômica em relação à mineração, a fim de que o município continue a progredir social e economicamente mesmo ao final do ciclo minerário.

Neste contexto, desde 2013, Canaã dos Carajás vem buscando os caminhos do desenvolvimento sustentável e em 2015 lançou o Plano de Desenvolvimento Canaã 2035 – dividido em 6 eixos e inúmeras ações que passaram a orientar as ações de Governo local e que também serviu de base ao PPA 2018/2021. O Canaã 2035 desenvolveu inúmeros programas para fortalecimento, implantação e estruturação de segmentos econômicos alternativos à mineração, como o PROCAMPO, o Distrito Empresarial, o Polo Educacional e o Fundo Municipal de Desenvolvimento Sustentável (FMDS), que demonstram uma grande preocupação com a geração de emprego e renda, a curto e longo prazo. Vale destacar que o FMDS foi criado para o uso inteligente dos recursos provenientes da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CEFEM) e utiliza 5% do montante anual dos repasses da CEFEM, constituindo-se na principal fonte de investimento do Plano de Desenvolvimento Canaã 2035.

A fim de tornar o município referência nacional em qualidade de vida e desenvolvimento sustentável até o ano de 2035, foi desenvolvido o #pactoporcanaã, que é um esforço coordenado de mais de 17 ações públicas em parceria com o setor privado e sociedade civil. No mesmo diapasão, o investimento em desenvolvimento tecnológico, para que o município de Canaã dos Carajás possa se tornar uma produtora de sistemas de computação, proporcionando a criação de um novo setor econômico competitivo e grande gerador de emprego e renda, em razoável período de tempo.

Em consecução às ações anteriormente apresentadas, o município de Canaã dos Carajás atualmente trabalha para se tornar uma das primeiras cidades inteligentes do país, utilizando ferramentas computacionais modernas, como a Inteligência Artificial - IA e IOTs, capazes de auxiliar na formulação de políticas públicas, além de estimular a criação de *startups*<sup>1</sup> que vão auxiliar o município na diversificação econômica e na geração de emprego e renda, sobretudo para os mais jovens.

O propósito de uma cidade inteligente (*Smart City*) é melhorar a qualidade de vida das pessoas e

<sup>1</sup> Empresas jovens de tecnologia detentoras de conhecimento técnico e que, via de regra, são financiadas para executar seus projetos.

manter o desenvolvimento econômico, por meio de operações urbanas mais eficientes, amparadas por IoT e IA. Em 2019, a PMCC assinou o primeiro convênio com a Universidade Federal do Pará - UFPA, com o objetivo de realizar estudo de viabilidade de implantação de uma *Smart City* e de um Polo de Desenvolvimento Tecnológico no município de Canaã dos Carajás. A fim de acelerar o processo de consolidação do Polo Tecnológico, foi assinado um segundo Convênio entre a UFPA e o FMDS, com o objetivo de iniciar o processo de formação de capital humano, aquisição e implantação de um Data Center e definir as políticas que serão bases do ecossistema gerador de inovação municipal.

Vale ressaltar que o Projeto *Smart City* Canaã dos Carajás foi um dos principais motivadores e gênese do projeto de um novo **Centro de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial IARA** (Inteligência Artificial Recriando Ambientes), aprovado na chamada lançada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI, pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e pelo Comitê Gestor da Internet (GCI.Br). O projeto IARA se constitui em uma rede internacional, coordenada pela Universidade de São Paulo (USP), que contempla 35 universidades brasileiras, 20 universidades estrangeiras, 98 pesquisadores, oito fundações estaduais de amparo à pesquisa, com o apoio de 13 cidades, por meio de suas prefeituras, além de grandes empresas tecnológicas do setor privado: Intel, TIM, Ericsson, Grupo Splice, Cilla Tech Park, Jacto, Stellantis (que inclui marcas como Fiat, Chrysler, Jeep, Peugeot e Citroën), NESSEHealth, Instituto Inova, FITec e ATI.

O Convênio entre a UFPA, FAPESP e PMCC/FMDS visa à implantação e gestão de uma plataforma integradora de soluções de **Internet das Coisas** separa cidades inteligentes no município de Canaã dos Carajás. A infraestrutura deve considerar uma arquitetura de serviços, de modo a apoiar fortemente a tomada de decisão na gestão municipal. Para a viabilização de tal arquitetura, há 5 (cinco) eixos temáticos sendo trabalhados:

- a) **Implantação e gestão de infraestrutura de telecomunicações:** aborda o planejamento, implantação e gestão de estruturas, tais como Estrutura de Backbone/Backhaul, Núcleo de Distribuição e de Acesso e Solução Gerenciadora da Infraestrutura (SGI);
- b) **Infraestrutura e gestão de Tecnologia da Informação e Comunicação:** este Eixo inclui o planejamento e gestão da Infraestrutura computacional para serviços de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Estrutura de computação de alto desempenho baseada em Graphics Processing Unit (GPU), observando requisitos de redundância, disponibilidade e resiliência técnica para proteção de dados e segurança da informação;
- c) **Desenvolvimento e implantação de aplicações inteligentes:** desenvolvimento de aplicações para casos de uso elencados pela PMCC. A primeira aplicação a ser implantada é o **Conecta Canaã**, que, em atendimento ao preconizado pela Lei 13.460, de 26/06/2017, que dispõe sobre participação, proteção e defesa dos direitos do usuário dos serviços públicos da administração pública, abrirá um canal de comunicação entre a população e vários serviços públicos, por meio de um aplicativo de celular, que permitirá a abertura de ocorrência (para casos de iluminação pública, segurança, violência contra a mulher, entre outras), que chegará *on-line* para um "colaborador controlador" específico daquela ocorrência e que enviará para um "executor" ou responderá diretamente ao requerente. Outras aplicações inteligentes abordam o uso de Visão Computacional, capaz de adquirir, processar e interpretar imagens por meio de computadores, cujo principal desdobramento esperado é a composição de um sistema de videomonitoramento urbano para o município de Canaã dos Carajás.

- d) **Elaboração de políticas para fomento de projetos inovadores de empreendedorismo individual e/ou empreendedorismo coletivo (berçário de startups):** este Eixo tem o objetivo principal de elaborar as diretrizes e políticas visando a fomentar a formação de empresas/*startups* de base tecnológica e realizar acompanhamento do processo de incubação destas empresas/*startups*. As atividades destas empresas/*startups* serão destinadas ao desenvolvimento ostensivo de aplicações inteligentes ao município de Canaã dos Carajás, de forma a prover melhorias no processo de gestão municipal e ajudar no desenvolvimento econômico e social da população local;
- e) **Formação de capital humano especializado em Tecnologia da Informação e Comunicação:** este Eixo aborda a formação de capital humano especializado em TIC, a partir de cursos e treinamentos de curta duração. Tal formação tem especial foco em aplicações de cidades inteligentes e ciência de dados, de tal forma a apoiar, por meio do berçário de empresas/*startups*, a criação, o desenvolvimento e a consolidação de empreendimentos que se proponham a desenvolver inovação tecnológica ou agregar valor a processos, produtos e serviços do município de Canaã dos Carajás.

O Convênio nº 02/2020 entre a UFPA, FAPESP e PMCC/FMDS teve início em agosto de 2020, com término previsto para julho de 2021. O Convênio passou por adequações de prazo e ampliação de metas, com assinatura do primeiro termo aditivo, publicado no Diário Oficial dos Municípios do Estado do Pará em 04 de agosto de 2021 e do segundo termo aditivo, publicado no Diário Oficial dos Municípios do Estado do Pará, em 05 de julho de 2022.

Os objetivos, metas, entregáveis, bem como o seu identificador físico e data de início e fim de cada etapa foram redefinidos no plano de trabalho do segundo termo aditivo, os quais estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11. Síntese das metas estabelecidas no Segundo Termo Aditivo de Contrato

OBJETIVO	ETAPA	ESPECIFICAÇÃO	INDICADOR FÍSICO		DURAÇÃO	
			UND.	QTD.	INÍCIO	FIM
1 - Implantação e estruturação de instalação física centralizada, composta de equipamentos de computação e telecomunicação/ Implantação e Gestão de Infraestrutura de Telecomunicações  Vide Item 3	1	Estudo sobre soluções tecnológicas de comunicação de dados para implantação da plataforma de comunicação de aplicações de Internet das Coisas (Aplicações de educação ou saúde).	Relatório	1	12/2021	02/2023
	2	Estudo Técnico de conectividade Lógica e Física do Data center (Projeto Técnico para criação de AS e PTT)	Relatório	1	10/2021	02/2023
	3	Projeto técnico de interconexão das Unidades da PMCC (Inclusão de novos prédios/instalações e dados de cobertura de novos provedores de Internet)	Relatório	1	08/2021	12/2021

CONTINUA >>>

1 - Implantação e estruturação de instalação física centralizada, composta de equipamentos de computação e telecomunicação/ Implantação e Gestão de Infraestrutura de Telecomunicações  <b>Vide Item 4</b>	1	Relatório de Planejamento de contratação para aquisição de equipamentos do Datacenter PMCC (Estudo Técnico Preliminar, Mapa de Riscos)	Relatório	1	08/2020	10/2020
	2	Relatório sobre aquisição de equipamentos do Datacenter PMCC	Relatório	1	08/2020	11/2022
	3	Relatório de Instalação de Equipamentos do Datacenter PMCC	Relatório	1	11/2020	12/2022
	4	Modelo de Gestão do Data Center	Relatório	1	05/2022	02/2023
2 - Implantação e estruturação do parque de IoT  <b>Vide Item 3</b>	1	Relatório de Planejamento de contratação para aquisição de equipamentos de IoT PMCC (Estudo Técnico Preliminar, Mapa de Riscos)	Relatório	1	08/2020	10/2020
	2	Relatório sobre aquisição de equipamentos de IoT PMCC	Relatório	1	08/2020	12/2022
	3	Relatório de Instalação de Equipamentos de IoT PMCC	Relatório	1	11/2020	02/2023
3 - Implantação de equipe técnica capacitada e destinada à sustentação dos serviços e infraestrutura de tecnologia da informação necessários ao funcionamento das aplicações inteligentes  <b>Vide Item 7</b>	1	Planejamento de contratações de terceirizados para sustentação de serviços de TIC e IoT do Projeto	Percentual	100%	08/2020	11/2021
	2	Contratação de equipe de apoio técnico à operação do Datacenter e serviços de IoT	Percentual	100%	10/2020	01/2022
	3	Desenvolvimento de cursos/treinamentos para capacitação de equipe e desenvolvimento de mão-de-obra local: Trilha de Programação	Unidade	2	10/2020	02/2023
	4	Desenvolvimento de cursos/treinamentos para capacitação de equipe e desenvolvimento de mão-de-obra local: Trilha de suporte/ Data Center	Unidade	2	10/2020	02/2023
	5	Desenvolvimento de cursos/treinamentos para capacitação de equipe e desenvolvimento de mão-de-obra local: Trilha de Inteligência Artificial	Unidade	2	10/2020	04/2022
	6	Desenvolvimento de cursos/treinamentos para capacitação de equipe e desenvolvimento de mão-de-obra local: Trilha de capacitação de professores da Rede	Unidade	1	10/2020	02/2023

CONTINUA >>>

4 - Implantação de ao menos (03) três aplicações piloto de tecnologia da informação, no contexto de Internet das Coisas e Cidades Inteligentes para o Município de Canaã dos Carajás  <b>Vide Item 5</b>	1	Desenvolvimento e implantação de Aplicação Inteligente n. 01 - Saúde	Relatório	1	03/2021	02/2023
	2	Desenvolvimento e implantação de aplicação inteligente n. 02 - Educação	Relatório	1	04/2021	02/2023
	3	Desenvolvimento e implantação de aplicação inteligente n. 03 - Segurança	Relatório	1	05/2021	02/2023
	4	Desenvolvimento e implantação da primeira versão do Conecta Canaã	Relatório	1	08/2020	04/2022
	5	Desenvolvimento de demo/piloto de aplicações de Visão Computacional	Relatório	1	08/2020	02/2023
	6	Desenvolvimento e implantação da segunda versão do Conecta Canaã	Relatório	1	08/2021	02/2023
	7	Integração de demo/piloto de aplicações de visão computacional com o Conecta Canaã	Relatório	1	08/2021	02/2023
5 - Desenvolvimento de instrumentos formais de planejamento, acompanhamento e governança voltados à gestão e funcionamento do berçário de startups e empresas/startup incubadas junto à PMCC  <b>Vide Item 6</b>	1	Levantamento técnico e junto a legislação vigente e definição de linhas de desenvolvimento e atuação	Relatório	1	08/2020	02/2023
	2	Elaboração e acompanhamento de editais de fomento e incubação de startup junto à PMCC	Relatório	1	09/2020	02/2023
	3	Planejamento do Acompanhamento de empresas/startups incubadas junto à PMCC	Percentual	100%	12/2020	02/2023
	4	Estudo de viabilidade, riscos e continuidade quanto a criação de entidade destinada à gestão do berçário de empresas/startups de Canaã dos Carajás	Percentual	100%	12/2020	12/2022
	5	Estudo quanto ao modelo de gestão, governança, funcionamento e financiamento do berçário de empresas/startups junto à PMCC	Percentual	100%	01/2021	12/2022
	6	Relatório final de atividades de modo a contemplar práticas e atividades sugeridas, além de resumir todas as atividades realizadas no âmbito do projeto	Relatório	1	07/2021	02/2023

CONTINUA >>>

6 - Desenvolvimento de um ecossistema de inovação regional local, por meio ações do Centro de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial (CPA-IA IARA)  Vide Item 8	1	Inclusão de Canaã dos Carajás entre as cidades polo do novo Centro de Pesquisa Aplicada em Inteligência Artificial (CPA-IA) IARA	Relatório	1	10/2020	02/2023
	2	Planejamento e realização de atividades para tornar a cidade de Canaã dos Carajás uma cidade inteligente no escopo das parcerias do CPA-IA IARA	Relatório	1	01/2022	02/2023

A seguir, considerando a complexidade do projeto e das ações envolvidas, serão apresentados resumidamente as atividades executadas e os entregáveis de cada etapa. As atividades desenvolvidas, reuniões, modelos computacionais, relatórios de medidas, relatórios de testes, *softwares* desenvolvidos e arquiteturas propostas são detalhados nos anexos deste relatório.

### 3 . IMPLANTAÇÃO E GESTÃO DE INFRAESTRUTURA DE TELECOMUNICAÇÕES

Em função do desenvolvimento e implantação de uma plataforma de cidades inteligentes, fez-se necessária também a implantação de uma infraestrutura computacional de alto desempenho para execução de serviços de Tecnologia da Informação e Comunicação, inerentes ao funcionamento da cidade inteligente de Canaã dos Carajás. Tal infraestrutura atende a um conjunto de requisitos operacionais que visam à sustentabilidade técnica e financeira da infraestrutura em questão, e sustenta a infraestrutura computacional necessária à execução do conjunto de aplicativos **Conecta Canaã** e demais aplicativos.

Para este objetivo, o plano de trabalho do convênio celebrado entre UFPA, FADESP e PMCC contemplou a especificação técnica de todas as soluções envolvidas, sua aquisição, por meio de processo licitatório celebrado pela FADESP, à luz da legislação vigente, e posterior implantação e *startup* de operações em Canaã dos Carajás, em outubro de 2022. Apesar de a equipe técnica do projeto ter realizado o desenvolvimento de todas as especificações técnicas e termos de referência necessários à aquisição, este processo de detalhamento idealmente é acompanhado de visitas técnicas, para validar as questões relacionadas à engenharia, instalação e funcionamento das soluções consideradas para aquisição.

Tais visitas técnicas foram fundamentais para determinar aspectos gerais e específicos das condições de funcionamento das soluções, e foram realizadas pela equipe de planejamento da contratação (Equipe UFPA/FADESP), quanto pelas diversas empresas fornecedoras de solução. Cabe registrar que, embora estas empresas tenham ofertado propostas comerciais compatíveis com as expectativas e limites orçamentários do projeto, as atividades relacionadas ao levantamento técnico presencial não puderam ser realizadas, em razão das restrições causadas pela pandemia do coronavírus (COVID-19), fazendo com que a efetiva entrega e ativação da solução fosse postergada de fevereiro de 2021 para outubro de 2022, conforme justificativa apresentada em relatórios anteriores.

De forma geral, a Tabela 3.1 apresenta um quadro resumo com os indicadores de meta física associados aos objetivos do eixo de infraestrutura de tecnologia da informação e comunicação, nos termos do Convênio n. 02/2022. Conforme demonstrado pela referida Tabela, as etapas 1 e 2 foram concluídas em novembro de 2020. Por outro lado, as demais etapas, 3 e 4, passaram por ajustes no prazo de entrega, e estão funcionalmente contempladas no corpo deste documento, nas subseções 3.1 e 3.2, respectivamente.

Tabela 3.1 Resumo das metas - Infraestrutura e Gestão de TIC

OBJETIVO	ETAPA	ESPECIFICAÇÃO	INDICADOR FÍSICO		DURAÇÃO		
			UND.	QTD.	INÍCIO	FIM	STATUS
2	1	Relatório de Planejamento de contratação para aquisição de equipamentos do Data Center PMCC (Estudo Técnico Preliminar, Mapa de Riscos)	Relatório	1	08/2020	10/2020	Concluído/ Entregue
	2	Relatório sobre aquisição de equipamentos do Data Center PMCC	Relatório	1	08/2020	11/2020	Concluído/ Entregue
	3	Relatório de Instalação de Equipamentos do Data Center PMCC	Relatório	1	11/2020	02/2021	Concluído
	4	Modelo de Gestão do Data Center	Relatório	1	05/2022	07/2022	Concluído

### 3.1. INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DO DATA CENTER PMCC

O convênio 02/2020 previu um total de R\$ 2.777.973,14 (dois milhões, setecentos e setenta e sete mil, novecentos e setenta e três reais e quatorze centavos) em investimentos de capital, para a aquisição das soluções de TIC, de tal forma que buscou-se ponderar pela sustentabilidade técnica e financeira deste recurso, uma vez que tais soluções passarão a ser ativos do poder municipal. Assim, anteriormente aos processos de aquisição, durante a fase de planejamento de aquisições, estabeleceu-se um conjunto de diretrizes gerais de contratação (conforme preteritamente informado no relatório 2 do objetivo 2), que estabeleceu, na prática, critérios formais prévios, para a especificação técnica dos equipamentos, bem como posteriormente, para a escolha de fornecedores. Em relação a tais diretrizes técnicas de projeto, destacam-se:

- a) **Baixa Complexidade de Instalação e Gerenciamento simplificado:** Necessidade de aquisição de equipamento com baixo grau de complexidade de instalação e gerenciamento, devido ao reduzido quantitativo de capital humano especializado disponível em Canaã dos Carajás, capaz de compor, em um primeiro momento, o corpo técnico de gerenciamento das soluções envolvidas. Além disso, foram cogitadas soluções com reduzido tempo de implantação, para minimizar eventuais tempos de indisponibilidade relacionados a operações de manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos;
- b) **Escalabilidade:** Este requisito é ponderado pela aquisição de equipamentos de fácil escalada, em termos de capacidade de funcionamento e operação. Pelo fato de a infraestrutura de TIC inicial a ser adquirida ser eventualmente insuficiente em um tempo futuro, o conjunto de soluções de TIC deve observar fundamentalmente a facilidade de integração e escalabilidade entre as

soluções, evitando assim a aquisição de um conjunto de soluções isoladas e com baixo grau de interoperabilidade entre si. Desta forma, as soluções computacionais devem ser logicamente integráveis e operadas como um conjunto único, independente do rol de fabricantes e soluções que compõem a arquitetura como um todo;

- c) **Suporte, documentação e casos de uso em território brasileiro:** Requisito que busca pela aquisição de soluções com casos de uso estabelecidos em território brasileiro, de forma a apoiar a viabilidade técnica do projeto, por meio de suporte técnico dos fabricantes envolvidos, documentação em língua portuguesa ou mesmo pela consideração de casos de uso similares para avaliação do conjunto de soluções a serem adquiridas. Neste contexto, procedimentos de contratação celebrados no âmbito da esfera pública podem sugerir estratégias de contratação que podem ser. Em particular, questões como tempo de garantia, acordos de nível de serviço e pesquisa de mercado representam importantes indicadores que devem ser analisados nestas contratações;
- d) **Facilidades de redundância, proteção e disponibilidade:** Requisito relacionado às garantias de facilidades de implantação de cenários de alta disponibilidade, entre as soluções a serem adquiridas. Tais garantias estão relacionadas a critérios de disponibilidade, integridade e confiabilidade dos dados gerenciados pelas soluções envolvidas. Em geral, tal requisito se baseia no sistema Tier, que é classificado em quatro níveis (I, II, III e IV) e tem como função comparar a funcionalidade, capacidade e a disponibilidade de um *data center*. Quanto maior o nível, maior a redundância da infraestrutura e menor a probabilidade de paradas em caso de crise. Esta redundância pode ser entendida como uma duplicidade de equipamentos, sistemas, entre outros fatores, e tem como objetivo evitar o tempo de parada (*downtime*) por falhas e manutenção preventiva ou corretiva. Neste contexto é importante dimensionar soluções com nível mínimo de N+1;
- e) **Monitoramento de provimento de recursos:** Requisito relacionado ao suporte de monitoramento em tempo real do provisionamento de recursos, utilização, sobrecarga e monitoramento/operação remota de condições de funcionamento, sendo necessário considerar soluções que contemplem a execução de atividades operacionais remotas, de forma a minimizar riscos de tempo de parada e incidentes de segurança e considerar questões como estabilização de infraestrutura e rápidas respostas de operação.

A partir da definição de diretrizes gerais de contratação, nos termos do Plano de Trabalho do Convênio 02/2022, as soluções de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) previstas de aquisição foram: 1. micro data center; 2. solução de infraestrutura hiperconvergente; 3. solução de segurança computacional baseada em firewall; e 4. switches de troca de tráfego. A seguir são apresentados em detalhes, questões relativas à aquisição, recebimento e instalação de tais equipamentos em instituições do município de Canaã dos Carajás.

#### 3.1.1. SOLUÇÃO DE MICRO DATA CENTER

A partir das diretrizes técnicas apresentadas anteriormente, buscou-se, entre as várias opções disponíveis em mercado, uma solução de Micro Data Center modular e expansível para proteção física de uma, duas ou três unidades de rack, para garantir a operação, espelhamento de equipamentos ou armazenamento de informações em menor escala de um Data Center. Inicialmente, a solução especificada era

constituída por painéis e componentes desmontáveis que facilitariam a implantação sem interrupção do funcionamento dos equipamentos próximos ou que permitiriam ainda a realocação dos equipamentos para uma outra área física.

Além disso, a solução de Micro Data Center foi especificada para suportar circunstâncias adversas e a variedade de locais ao apresentar um relativo baixo custo de implantação frente à implantação de um Data Center tradicional. Adicionalmente, a solução foi especificada para proporcionar rápida instalação e flexibilidade de instalação em qualquer local *indoor*, não requerendo, portanto, ambiente técnico para sua utilização. Todos esses detalhes técnicos compuseram o Termo de Referência (TR) da Solicitação de Compras da FADESP registrada sob o número Web:4308/2021. O processo de compras foi conduzido pela equipe de licitações da FADESP, resultando no mapa de apuração de cotação apresentado pela Figura 3.1.

ORD	DESCRIÇÃO	QUANT. REQ.	VALOR/MÉDIA		
1	Solução de segurança de dados baseada em firewall do tipo "Next-Generation" (NGFW) em arquitetura appliance, sendo composta no mínimo por 02 (dois) nós, conforme especificações técnicas.	00002	1022.333,33		
FORNECEDOR		QUANT PROP.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL	
CNPJ: 03.888.247/0001-84 - Gemelo do Brasil Data Centers, Comércio E Serviços Ltda		2	437.000,00	874.000,00	
CNPJ: 07.578.521/0001-70 - Tivx Tecnologia		2	539.000,00	1078.000,00	
CNPJ: 00.729.029/0001-09 - Sysdesign Consultoria em Informática Eireli		2	557.500,00	1115.000,00	

Figura 3.1 Mapa de apuração de cotação da requisição de compras FADESP Web:4308/2021

Nos termos do parecer técnico emitido à FADESP, em 13 de janeiro de 2022 (conforme Anexo A - Parecer Técnico sobre a análise de fornecedores de Solução de Data Center), sugeriu-se a aquisição da solução de menor custo financeiro, cujo detalhamento técnico atendia, na ocasião, a todos os requisitos especificados no respectivo TR. A partir do parecer expedido e à luz da legislação vigente, a FADESP expediu a Ordem de Fornecimento - OF 0372/2022 para Gemelo do Brasil Data Centers, no valor de R\$ 873.000,00 (oitocentos e setenta e quatro mil reais). A partir da emissão OF 0372/2022, a empresa contratada levou vários meses até a efetiva entrega e instalação da solução. Cabe destacar também que neste íterim, houve a elaboração de projetos técnicos (estruturais, elétricos, conforme Anexo B - Data Center pré-fabricado outdoor), reuniões on-line e visitas técnicas em Canaã dos Carajás, fosse da equipe técnica da Gemelo, fosse da equipe técnica da UFPA/FADESP, para planejamento e acompanhamento da entrega da solução. Contudo, embora houvesse um prazo formal de entrega definido na OF, a empresa contratada requisitou formalmente à FADESP, sucessivas vezes a postergação da entrega, que viria a ocorrer apenas entre setembro e outubro de 2022.

Finalizado o processo de entrega da solução, houve, entre setembro e outubro, um intenso período de visitas técnicas a Canaã dos Carajás para ajustar os procedimentos de instalação e energização da solução. Cabe destacar a necessidade de construção de um piso de concreto (conforme pode ser observado nas figuras 3.2 e 3.3) para acomodar a solução e realizar a passagem do cabeamento elétrico e de refrigeração da solução.



Figura 3.2 Solução de Micro Data Center da Cidade Inteligente de Canaã dos Carajás



Figura 3.3 Visão interna da solução de Micro Data Center

Em particular, ratifica-se que a solução também é composta por um Trafo 220-380, de UPS (Nobreak) e Gerador, além dos demais componentes instalados no interior da solução (conforme apresentado pela Figura 3.3), de acordo com o respectivo TR. Por fim, cabe relatar que a solução se encontra em pleno funcionamento, desde outubro de 2022, e já tem sido utilizada como infraestrutura de execução dos primeiros aplicativos da Cidade Inteligente de Canaã dos Carajás. Além disso, a solução foi instalada na Central do Cidadão, localizada na Avenida Ipanema 299, Bairro Novo Horizonte 2, Canaã dos Carajás. Um memorial fotográfico pode ser consultado no Anexo C - Memorial Fotográfico - Micro Data Center.

### 3.1.2. SOLUÇÃO DE INFRAESTRUTURA HIPERCONVERGENTE

Infraestrutura Hiperconvergente é uma estrutura de TIC que combina armazenamento, computação e rede em um único sistema. O objetivo é unir forças para reduzir a complexidade do Data Center e aumentar a escalabilidade do sistema. A hiper convergência usa uma abordagem de construção em blocos, o que permite expandir a estrutura, adicionando recursos conforme necessário. Dessa forma, ela permite que os recursos de TI sejam usados com maior eficiência do que no modelo de Data Center tradicional, onde grandes atualizações de *hardwares* e substituições são necessárias mais frequentemente.

Assim, diferente de um Data Center tradicional, em que a proteção dos dados pode ser cara e complexa de ser implementada, em um ambiente hiperconvergente, o *backup* e a recuperação de desastres, por exemplo, podem fazer parte da infraestrutura desde o início, justamente devido à existência de vários nós independentes, em que um pode servir de redundância ao outro, apesar do isolamento.

Na avaliação da equipe técnica do projeto, as características associadas a um projeto de infraestrutura hiperconvergente atendem às diretrizes técnicas gerais estabelecidas na fase de planejamento das contratações, em especial no que tange aos requisitos de escalabilidade, baixa complexidade de instalação, gerenciamento simplificado e facilidades de proteção, redundância e disponibilidade. Nestes termos, a equipe técnica do projeto conduziu o desenvolvimento de um TR destinado à aquisição de uma solução de infraestrutura hiperconvergente, conforme a Solicitação de Compras FADESP Web:4308/2021.

Cabe destacar que a solução especificada buscou contemplar os requisitos técnicos de *software* e *hardware*, necessário para a execução do conjunto de sistemas **Conecta Canaã**. Em suma, a especificação geral possui a seguinte configuração por nó: 2x Processadores Intel Xeon Silver 4214R ou superior, ao menos 384 GB, 15TB de Armazenamento SSD em RAID, 1x GPU Nvidia Tesla T4 16GB ou modelo equivalente e 2x Placas NIC SFP+ Dual. A solução proposta contemplou o pedido de ao menos 03 (três) nós com a referida configuração, com garantia mínima de 03 (três) anos, instalação e treinamento. Além disso, a especificação define que o conjunto da solução deve acompanhar plataforma virtualização e gerenciamento (*hypervisor*), licenciada para a capacidade máxima de utilização de todos os recursos envolvidos. A referida solicitação foi processada pela FADESP, resultando na pesquisa de mercado demonstrada pela Figura 3.4.

ORD	DESCRIÇÃO	QUANT. REQ.	VALOR/MÉDIA	
1	Solução Computacional de Infraestrutura Hiperconvergente (HCI), incluindo solução de virtualização, plataforma de gerenciamento, servidores hiperconvergentes e switch topo de rack, conforme especificações técnicas mínimas presentes no Termo de Referência.	00001	1855.078,90	
FORNECEDOR		QUANT PROP.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
CNPJ: 12.995.860/0001-91 - S. Fisher Informática - 360 Plus		1	1	1434.478,05
CNPJ: 24.376.542/0001-21 - Approach Tecnologia LTDA		1	1	1554.601,24
CNPJ: 08.002.231/0001-46 - MM02000		1	1	1588.018,00
CNPJ: 18.516.905/0001-84 - Voxdata Telecom - Com. e Serv. Em Telecomunicações e Informática LTDA		1	1	2.009.079,00
CNPJ: 09.720.120/0001-38 - TechChannel - Soluções em Tecnologia de Informação - LTDA		1	1	2.256.764,00
CNPJ: 78.766.151/0001-42 - Sigma Telecom		1	1	2.287.533,08

Figura 3.4 Mapa de apuração de cotação da requisição de compras FADESP Web:4308/2021

Com a emissão do mapa de apuração da solução apresentada por parte da FADESP, a equipe técnica do projeto emitiu, em 15 de outubro de 2021, parecer técnico com a análise das especificações técnicas encaminhadas pelas empresas proponentes (conforme Anexo D - Parecer Técnico sobre a análise de fornecedores de Solução de HCI). Neste sentido, o parecer indicou que, à exceção do fornecedor S. Fisher Informática 360 Plus (CNPJ 12.995.860/0001-91), todos os demais fornecedores encaminharam propostas com soluções técnicas compatíveis com as especificações definidas no TR. A partir destas questões, sugeriu-se a aquisição da solução de menor preço e que atendesse a todas as especificações definidas. Assim, o parecer técnico foi acatado pela equipe de licitações da FADESP, gerando a OF 1991/2021, em nome da Approach Tecnologia LTDA (CNPJ 23.376.542/0001-21) no valor de R\$ 1.553.601,24 (um milhão, quinhentos e cinquenta e quatro mil, seiscentos e um reais e vinte e quatro centavos).

A partir da emissão da OF, a solução contratada foi efetivamente entregue apenas em julho de 2021 (9 meses após a emissão da OF). Após entrega em Canaã dos Carajás, a instalação ocorreu apenas após a instalação e energização da solução de Micro Data Center (conforme descrito na seção 3.11). A rigor, o processo de instalação exigiu sucessivas visitas ao município, especialmente entre setembro e outubro de 2022. A Figura 3.5 apresenta o posicionamento exato de instalação da solução de infraestrutura hiperconvergente, dentro da solução de Micro Data Center.



Figura 3.5. Visões frontal e traseira da solução de infraestrutura hiperconvergente.

disponibilidades de dados e aplicativos envolvidos.

A equipe técnica do projeto realizou o desenvolvimento de um novo TR, destinado à aquisição de uma solução de segurança baseada em *firewall Next-Generation*. A especificação contemplou o detalhamento técnico da solução que seria contratada, bem como o detalhamento do quantitativo de equipamentos a serem adquiridos. Neste caso, optou-se pela aquisição de 02 (duas) unidades, para que estas funcionassem e criassem um cenário de alta disponibilidade. Em seguida, após o desenvolvimento da especificação, encaminhou-se o novo TR à FADESP para pesquisa de mercado e demais providências relacionadas à celebração de processo licitatório, nos termos da Solicitação Web 9217/2021. Durante a fase de pesquisa de mercado, a equipe de licitações encaminhou, à época, o mapa de apuração de preços apresentado pela Figura 3.6.

Ord	Descrição	Quant. Req.	Valor/Média		
1	Solução de segurança de dados baseada em firewall do tipo "Next-Generation" (NGFW) em arquitetura appliance, sendo composta no mínimo por 02 (dois) nós, conforme especificações técnicas presentes no item 121	00002	96.785,00		
Fornecedor		Quant Prop.	Valor Unit.	Valor Total	
CNPJ: 24.376.542/0001-21 - Approach Tecnologia LTDA		2	43.628,59	87.257,18	
CNPJ: 78.766.151/0001-42 - Sigma Telecom		2	49.523,54	99.047,08	
CNPJ: 73.514.382/0001-45 - 2R Datatel Teleinformática		2	52.025,37	104.050,74	

Figura 3.6. Mapa de apuração de cotação da requisição de compras FADESP Web 9217/2021.

### 3.1.3. SOLUÇÃO DE SEGURANÇA BASEADA EM FIREWALL TIPO NEXT-GENERATION

Os Firewalls tipo Next-Generation em geral contemplam a incorporação de Sistemas de Prevenção de Intrusão - IPS e Sistemas de Detecção de Intrusão - IDS, o que tende a proporcionar um melhor desempenho do que *firewalls* das gerações anteriores. Estes firewalls proporcionam melhor processo de tomada de decisão sobre os fluxos de dados que entram ou saem da rede. De forma complementar, tais equipamentos conseguem filtrar dados da camada de aplicação, sendo possível, portanto, filtrar protocolos e aplicações específicas, proporcionando um melhor grau de segurança à rede. Por meio das regras de segurança definidas em seu funcionamento, *firewalls* (tipo Next-Generation) buscam dificultar a infecção de sistemas, incluindo a gerenciabilidade a nível de usuário interno ou grupo de usuários de uma Secretaria ou Órgão em particular.

Adicionalmente, destaca-se a necessidade de aquisição da solução para a proteção cibernética dos dados armazenados pelas aplicações, em execução no conjunto da infraestrutura. Neste contexto, à luz da Lei n. 12.709/2018, também conhecida como Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), que estabelece que os detentores de dados digitais devem proteger a privacidade dos usuários e estabelece que empresas, órgãos do governo federal, estados e municípios só podem armazenar e tratar dados pessoais, se o cidadão permitir. Assim, ao disponibilizar aplicações, como por exemplo o **Conecta Canaã**, há a obrigatoriedade de se estabelecer controles, restrições e contramedidas cibernéticas para garantir confidencialidade, integridade e

Após a emissão do mapa de apuração de cotação, a equipe técnica da UFPA/FADESP procedeu com a avaliação técnica das propostas apresentadas, em comparação com as especificações técnicas contidas no respectivo TR. Em seguida, procedeu-se à emissão de um parecer técnico, datado de 17 de dezembro de 2022 (conforme Anexo E - Parecer Técnico sobre a análise de fornecedores de Solução de Firewall). O parecer informa que todas as propostas apresentadas atenderiam às especificações técnicas definidas no TR, e que assim dever-se-ia proceder com a contratação da empresa com menor valor financeiro. A equipe de licitações da FADESP acatou o parecer técnico expedido, e procedeu com a contratação da proposta de menor valor, no caso, da empresa APPROACH TECNOLOGIA LTDA (CNPJ 23.376.542/0001-21), nos termos da OF 016/2022.

A exemplo das demais aquisições, destaca-se um expressivo atraso no processo de entrega, que veio a ocorrer apenas em julho de 2022. Consequentemente, o processo de instalação somente deu-se entre setembro e outubro de 2022, sendo executado em conjunto com as demais soluções supracitadas. Conforme pode ser observado na Figura 3.7, a solução de Firewall Next-Generation foi instalada fisicamente dentro da solução de Micro Data Center, para facilitar sua integração com os demais equipamentos, além das facilidades de energia e climatização proporcionadas pela última.



Figura 3.7. Visões frontal e traseira da solução de infraestrutura hiperconvergente.

### 3.1.4. SOLUÇÃO DE CONECTIVIDADE BASEADA EM SWITCH SFP

O convênio n. 02/2020 previu a aquisição de uma solução de conectividade, baseada em switch expansível de acesso com 16 portas SFP e dois slots de módulo aberto para mais conexões de alta velocidade. Este tipo de *switch* é ideal para conexões de fibra 10G de alta densidade e são destinados a interconectar todas as soluções existentes no Micro Data Center com a Internet, potencialmente por meio dos diversos provedores de Internet existentes em Canaã dos Carajás. O objetivo da aquisição de tais equipamentos é a criação de um Ponto de Troca de Tráfego em Canaã dos Carajás, que deverá permitir acesso facilitado por parte do cidadão canaãense a todos os serviços digitais hospedados no Micro Data Center.

A solução especificada apresenta um quantitativo mínimo de 16 (dezesseis) portas 1000/10000 SFP+, juntamente com 2 *slots* de módulo aberto, um *slot* de módulo de empilhamento, e fontes de alimentação redundante, conforme diretrizes de redundância sugeridas. Além disso, a solução especificada busca ser modular, de forma a permitir a expansão de capacidade, caso a demanda de uso seja ampliada. Além disso, a solução técnica contempla a tecnologia de empilhamento de *backplane*, de forma a oferecer maior resiliência e escalabilidade e um conjunto de recursos das Camadas 2 e 3 com OSPF, IPv6, IPv4 BGP, nó Tunneled, QoS e roteamento baseado em políticas sem licenciamento de *software*. Adicionalmente, a solução especificada deve suportar o protocolo *OpenFlow* de forma a aproveitar recursos de redes definidas por *software*.

A partir da definição técnica, a equipe técnica realizou a elaboração de um novo TR, registrado sob a Solicitação de Compras FADESP Web-8823/2022 (Anexo F - Requisição de Material Permanente). A equipe licitatória da FADESP procedeu com a pesquisa de mercado e selecionou a proposta de menor valor financeiro, entre as propostas apresentadas pelos diversos fornecedores de solução, nos termos da OF 59/2023. Cabe destacar que até a data de elaboração deste relatório, não se registrou o recebimento da solução, prevista para a segunda quinzena de janeiro de 2023.

## 3.2. MODELO DE GESTÃO DO DATA CENTER

O Convênio n. 02/2020 prevê a doação e incorporação de todos os equipamentos, adquiridos no âmbito do projeto, ao patrimônio do poder municipal de Canaã dos Carajás. Dada a complexidade das soluções adquiridas, bem como o conjunto de aplicações já em funcionamento na infraestrutura, faz-se necessária a proposição de um modelo gestão do conjunto de soluções, para facilitar o processo de apropriação tecnológica por parte da equipe técnica da PMCC. Assim, esta subseção apresenta uma proposta de modelo de gestão, elaborada pela equipe técnica do projeto.

### 3.2.1. CHIEF INFORMATION CENTER

O ponto inicial para a definição de um modelo de gestão é a definição do *Chief Information Officer* (CIO) ou Diretor de TI, que é o responsável pela área de informática da Prefeitura. Suas atribuições são predominantemente administrativas e gerenciais, além de raramente técnicas. Dentre suas diversas responsabilidades, as principais são:

- a) Manter segurança e conformidade do Data Center sob controle;
- b) Coordenar a automatização de processos e reduzir complexidade;
- c) Otimizar recursos, cumprir níveis de serviço e implementar agilidade;
- d) Adaptar os serviços de TI de acordo com as necessidades de negócios.

Neste sentido, sugere-se que este colaborador seja do *staff* técnico da PMCC, e que ocupe um cargo de alto nível hierárquico no corpo administrativo da PMCC, para garantir o alinhamento de estratégias de negócio com a área de TIC da PMCC. Esta recomendação também sugere a necessidade de sustentação orçamentária, dada a necessidade de manutenções eventuais no conjunto da infraestrutura adquirida.

### 3.2.2. CATÁLOGO DE SERVIÇOS DE TI

Após a definição do CIO, um segundo passo recomendado é o estabelecimento de um portfólio de serviços de TI. Um portfólio (ou catálogo de Serviços de TI) é uma ferramenta que reúne todos os serviços que a área de tecnologia da informação oferece, além das principais informações sobre tais serviços. Em termos práticos, este portfólio cataloga todos os serviços de TIC internos ou externos, que são disponibilizados pela infraestrutura de TI a ser gerenciada.

Esse catálogo, em regra, contém a descrição de todos os serviços disponibilizados na infraestrutura de TI, o público-alvo (cliente) do serviço (assim como os respectivos responsáveis gerenciais), os processos

de negócio e ferramentas envolvidas, bem como os níveis de qualidade e disponibilidade acordados, em termos de *Service Level Agreement* - SLA. Além disso, o catálogo deve incluir o prazo de restabelecimento de cada serviço, os custos envolvidos de aquisição e operacionais, além de qualquer informação potencialmente importante, necessária ao funcionamento do sistema.

Implantar um catálogo de serviços de TI é uma das boas práticas recomendadas pela *Information Technology Infrastructure Library* (ITIL), uma biblioteca sobre gerenciamento de serviços de TI. Esse catálogo dá suporte para a governança de TI, pois deixa claro os processos e as condições envolvidas na requisição de serviços, permitindo a melhora contínua dos processos de sustentação dos serviços de TI disponibilizados na infraestrutura a ser gerenciada. Sua criação também deve ser alinhada com instrumentos estratégicos de TI e da organização, bem como os planejamentos diretores associados.

### 3.2.3. DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO

Com as definições do CIO e serviços de TIC, tornou-se necessária a consolidação de um instrumento que defina o nível geral de serviços de todos os ativos e fornecedores - estrutura necessária à garantia de *Service Level Agreement* dos itens identificados anteriormente. Isto é, para o gerenciamento de um Data Center, há a necessidade de identificar rapidamente quais os fornecedores de soluções básicas, verificar seus SLAs, e avaliar o impacto destes nos SLAs das soluções de TIC disponibilizadas pelo Data Center.

Fornecedores de *link* de *internet*, por exemplo, se enquadram nesse levantamento. Para um contrato de *link* dedicado, em geral, há a necessidade de se monitorar e medir continuamente o estado dos *links*, se estão disponíveis, taxas de vazão e latência, assim como o tempo médio de recuperação em caso de incidentes de interrupção. Neste sentido, o mesmo procedimento se aplica a fornecedores de energia elétrica, suportes remotos de *softwares* que estejam em uso na infraestrutura, assim como o SLA da própria equipe de profissionais que fará a sustentação técnica dos serviços e da infraestrutura.

De modo complementar, embora haja a preocupação com o SLA, a importância deste deve ser mensurado de modo relativo a outros princípios de gestão, como a proteção de dados. Assim, apesar da preocupação com desempenho e tempo de resposta, não se pode deixar de lado a resiliência do negócio, que consiste na ponderação da proteção da informação, a elaboração de um Plano de Gestão de Continuidade de Negócios, sempre em alinhamento com a legislação vigente.

Neste sentido, o processo de definição do Nível de serviço do *data center* deverá se apoiar na definição de algumas métricas de disponibilidade, conforme guias de boas práticas relacionadas ao gerenciamento de serviços de TI. Entre tais métricas, destacam-se *Recovery Point Objective* (RPO), *Recovery Time Objective* (RTO) e *Network Recovery Objective* (NRO). Em particular, o RPO é definido como a quantidade máxima de dados - conforme medido pelo tempo - que pode ser perdida após a recuperação de um desastre, falha ou evento comparável, antes que a perda de dados exceda o que é aceitável para uma organização. Por outro lado, o RTO define qual tempo máximo para recuperação desse ambiente e assim definem-se segundos, minutos, horas, dias, semanas através do RTO. Por fim, NRO estabelece qual o tempo máximo que a rede pode ficar fora do ar. O banco de dados pode estar ativo, o ambiente de aplicação pode estar ativo. Mesmo que não tenha perdido informação, a rede pode estar fora do ar.

Tais métricas são importantes para o gerenciamento do negócio e serviços de TIC, pois estabelecem bases sólidas para o trabalho de sustentação técnica destes serviços. Sem essas bases, os responsáveis pela sustentação, assim como o CIO, não teriam um prazo de restabelecimento de serviço a seguir. Adicionalmente, estas métricas são baseadas em cálculos detalhados de riscos, que garantem margens

seguras para a disponibilização de sistemas e retorno das operações de um negócio. O RPO, por exemplo, serve para planejar um plano B quando os problemas forem irreversíveis, funcionando como agente minimizador de problemas ao extremo e nada de relevante se perde. Já o RTO trabalha com prevenção para garantir o menor prejuízo, com mais agilidade nas respostas aos problemas - o que garante uma melhor recuperação de dados e menos gargalos para o negócio.

Neste cenário, o grande objetivo de um gestor de TI/CIO, em casos de panes ou paralisações, é ter o menor dano possível. RTO, RPO e NRO são importantes nesse sentido, pois permitem que a organização planeje as políticas de segurança baseadas em dados mais concretos. Elas garantem a precisão de tempo para resolver os problemas e evitar atrasos.

### 3.2.4. PLANO DE CONTINUIDADE DE NEGÓCIOS

A partir da definição do CIO, do Catálogo de Serviços e do Nível de Serviço, faz-se fundamental o desenvolvimento de um **Plano de Gestão de Continuidade ou Plano de Continuidade de Negócios**. O PCN é um instrumento capaz de proporcionar a uma organização um nível de funcionamento operacional suficiente após interrupções ou incidentes de negócios. Caso uma organização tenha seus dados roubados, após um incidente cibernético, por exemplo, a existência de um PCN poderá fazer com sejam implementadas medidas de proteção reativas, que foram previamente testadas e homologadas pela equipe técnica de TI. Nestes termos, o PCN representa um planejamento anterior, que se antecipa a potenciais incidentes e vulnerabilidades, com o objetivo de eliminar ou ao menos mitigar os prejuízos causados a partir de um dado incidente.

Assim, cabe ressaltar que o PCN não é necessariamente um instrumento de prevenção à ocorrência de incidentes. Mas, um plano tático, baseado na análise de potenciais riscos enfrentados pela organização, que busca a resolução antecipada das causas que geraram o incidente, e assim a redução do dano à organização. Por este motivo, é fundamental que as estratégias e os planos táticos sejam desenvolvidos preventivamente. Quando ocorrer o incidente, a organização já estará planejada para garantir seus serviços essenciais, e proteger sua imagem. Neste contexto, o PCN prevê também a existência de um plano de guarda e proteção de dados, que entre outras atividades prevê rotinas padronizadas de *backup* de dados, protocolos de verificação de integridade destes dados e auditorias periódicas de análise dos processos de *backup*.

Conforme exposto, a elaboração do PCN baseia-se na execução contínua e anterior de um processo de gestão e análise de riscos e impactos organizacionais. À luz da norma ISO 31000, riscos são ameaças existentes às operações de uma organização. Suas ocorrências são inexatas, isto é, probabilística, mas quando se materializam, ameaçam o funcionamento de serviços de TI. Tais ameaças causam um impacto, que pode ser mensurado inclusive financeiramente, além de outras mensurações não pecuniárias. Assim, com o processo de gestão e análise de riscos é possível estimar o grau de exposição da organização aos riscos operacionais associados aos serviços de TI.

Por fim, ressalta-se que o PCN tem como objetivo criar padrões para que as organizações e projetos, diante de um incidente em sua infraestrutura, possam operar em condições adequadas até a normalização da atividade. Quando o plano é adequado e aderente aos riscos daquela organização, há boas chances de o negócio voltar a operar sem maiores problemas. Outro motivo fortemente relacionado à elaboração de um PCN está nas obrigações imputadas à organização gestora dos dados advindas da LGPD (Lei n. 12.709/2018). A LGPD determina a obrigatoriedade de se estabelecer controles, restrições e contramedidas

cibernéticas para garantir confidencialidade, integridade e disponibilidades de dados e aplicativos envolvidos. O PCN tem a função de auxiliar no cumprimento destas obrigações estabelecidas pela LGPD.

### 3.2.5. SUSTENTAÇÃO TÉCNICA E FINANCEIRA DOS SERVIÇOS DE TIC

Por último, após o cumprimento dos requisitos anteriores, destaca-se a necessidade de alinhamento estratégico-operacional dos serviços disponibilizados pela infraestrutura, com o órgão executor e seus interesses institucionais. Neste contexto, um instrumento recorrente é a elaboração do Plano Estratégico de Tecnologia da Informação (PETI) e um Plano Diretor de Tecnologia da Informação e Comunicações - PDTIC. Tais instrumentos constituem alicerces que fundamentam o planejamento operacional, próximo nível de detalhamento, que contempla aspectos de implementação tais como orçamento, cronogramas, recursos humanos e materiais. Assim, garante-se previsibilidade de recursos, e a ininterruptão dos serviços gerenciados.

Além disso, recomenda-se uma cuidadosa escolha da equipe técnica que deverá ser a responsável pela sustentação dos serviços do Data Center. Tal equipe deverá cumprir os parâmetros de atendimento e resolução de SLA relacionados aos serviços de TIC. Para isso, sugere-se fortemente o recrutamento de colaboradores ou empresas locais para a execução deste processo de sustentação, alinhado, evidentemente, aos devidos planos de funcionamento da infraestrutura. Este processo, por exemplo, pode prever ainda a formação continuada de recursos humanos locais, dada a crescente presença de Instituições de Ensino Superior no Município. Destaca-se a possibilidade de recrutamento de estudantes por meio de programas de *trainees*, residência ou ainda por meio da execução parcial de serviços por meio de empresas juniores que atuem em TI.

De modo complementar, a solução de Micro Data Center (Seção 3.11), embora idealizada para receber o mínimo de intervenção presencial, eventualmente requererá visitas presenciais para manutenções preventivas ou reativas (emergenciais). E, nestes casos, especialmente os emergenciais, faz-se necessária a execução de medidas urgentes (previstas no PCN), as quais serão executadas mais rapidamente por uma equipe técnica previamente instalada fisicamente em Canaã dos Carajás.

## 4. INFRAESTRUTURA E GESTÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Ainda em relação ao eixo de Infraestrutura e gestão de Tecnologia da Informação e Comunicação, durante a vigência do Convênio n. 02/2022, houve a implantação de uma equipe técnica capacitada e destinada à sustentação dos serviços e infraestrutura de tecnologia da informação necessários ao funcionamento das aplicações inteligentes a serem implantadas no município, conforme objetivo 3 do Plano de Trabalho. Neste contexto, embora o projeto tenha realizado o planejamento de contratações de terceirizados para sustentação dos serviços de TIC e IoT, conforme justificado, a pandemia da COVID-19 levou ao atraso de implantação de tais serviços. Como consequência, apenas parte da equipe de terceirizados foi, de fato contratada, conforme resumido pela Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Resumo das metas - Objetivo implantação de equipe técnica capacitada e destinada à sustentação dos serviços e infraestrutura de tecnologia da informação

OBJETIVO	ETAPA	ESPECIFICAÇÃO	INDICADOR FÍSICO		DURAÇÃO	
			UND.	QTD.	INÍCIO	FIM
3	1	Planejamento de contratações de terceirizados para sustentação de serviços de TIC e IoT do Projeto	Perc.	100%	08/2020	10/2020
	2	Contratação de equipe de apoio técnico à operação do Data Center e serviços de IoT	Perc.	100%	10/2020	07/2022

De modo complementar, cabe destacar que durante sua vigência, o Convênio n. 02/2020 contou com contratação de (02) dois colaboradores terceirizados em regime CLT. O processo de contratação foi executado inteiramente pela FADESP, conforme previsto no Plano de Trabalho e à luz da legislação trabalhista vigente. Além disso, durante esse período, houve a colaboração técnica de servidores da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), que apoiaram todo o processo de sustentação técnica. Muitas das tecnologias utilizadas no Micro Data Center de Canaã dos Carajás também são utilizadas pela Unifesspa na gestão de seu parque computacional. Assim, conveniência e oportunidade foram observadas e efetivadas, de tal forma que houve significativas contribuições dos técnicos daquela Universidade Federal.

## 5 . DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE APLICAÇÕES INTELIGENTES

### 5 . 1 . APLICAÇÕES DE CIDADES INTELIGENTES PARA CANAÃ DOS CARAJÁS

A utilização e disponibilização de aplicações de cidades inteligentes pela sociedade e pelo próprio poder público têm o intuito de auxiliar na adequada utilização dos recursos públicos, aumentando a abrangência e qualidade dos serviços oferecidos à população e, ao mesmo tempo, reduzindo os custos operacionais da administração pública.

O convênio 02/2020 entre a UFPA e a PMCC contemplou o desenvolvimento de aplicações de cidades inteligentes para Canaã dos Carajás, dentre os objetivos de tais aplicações, um dos principais é apresentar de forma prática aos cidadãos os potenciais de uma cidade inteligente, monitorando e armazenando dados de diversos aspectos cotidianos do município, os quais permitam tomadas de decisão rápidas e assertivas pelos agentes e gestores públicos.

A partir do estudo de tecnologias mais recentes e de reuniões técnicas com as diversas equipes da PMCC, observando a realidade e as necessidades dos serviços sendo prestados pela Prefeitura, definiu-se o desenvolvimento das seguintes aplicações inteligentes:

- 1) Aplicação Conecta Canaã;
- 2) Aplicação Inteligente de Saúde: Monitoramento Remoto de Pacientes;
- 3) Aplicação Inteligente de Educação: Reconhecimento e Classificação de Emoções de Estudantes em Sala de Aula;
- 4) Aplicação Inteligente de Segurança: Sistema Inteligente de Reconhecimento Automático de Estudantes de Escolas Públicas no Uso de Ônibus Escolar;
- 5) Demo-Piloto de Aplicações de Visão Computacional: Sistema Inteligente de Detecção de Lixo na rua baseado em Visão Computacional.

Cada uma destas aplicações foi apresentada à população de Canaã dos Carajás em dois eventos: "Semana Tecnológica", de 23 a 24/11/2021, e "Smart City Canaã dos Carajás - A cidade do futuro começa hoje", realizado no dia 01/12/2022, no Canaã Esporte Clube, em Canaã dos Carajás. O último contou com a participação da população do município, de agentes e gestores públicos da PMCC, suas Secretarias, além da população, em geral.

As próximas seções apresentam uma visão geral de cada uma das aplicações desenvolvidas dentro deste projeto. Os manuais de utilização dos sistemas são apresentados no Apêndice A - Manual de Usuário. A documentação técnica de desenvolvimento de *software* é apresentada no Apêndice B - Tecnologias e Arquitetura dos Sistemas.

## 5.2. APLICAÇÃO CONECTA CANAÃ

### 5.2.1. APRESENTAÇÃO

O *Conecta Canaã* foi a primeira aplicação de cidade inteligente implantada em Canaã dos Carajás e abriu um novo canal de comunicação entre os cidadãos e a PMCC, para que, de forma *on-line*, a população pudesse solicitar serviços relacionados a diversas áreas, como iluminação pública, coleta de lixo e entulho, obras e infraestrutura, serviço de saúde, entre outros.

A aplicação foi planejada para ser uma ferramenta que utiliza os conceitos de Cidades Inteligentes para operacionalização das normativas da Lei 13.460 de 26/06/2017, que estabelece normas básicas para participação, proteção e defesa dos direitos do usuário dos serviços públicos prestados direta ou indiretamente pela administração pública.

Entre os diversos meios de comunicação possíveis atualmente, os aplicativos para *smartphone* se consolidaram como ferramentas eficientes, de rápido acesso e de baixo custo para os usuários. Desta forma, a equipe de execução do projeto junto com a equipe da PMCC definiu a expansão das metas de desenvolvimento do projeto, incluindo o desenvolvimento da aplicação *Conecta Canaã*.

O *Conecta Canaã* foi desenvolvido tendo três características norteadoras:

- Comunicação direta com a Prefeitura Municipal de Canaã dos Carajás: o *Conecta Canaã* foi concebido para viabilizar um canal de comunicação direto entre os cidadãos e a PMCC. Por meio deste canal, é possível solicitar serviços à Prefeitura, registrando ocorrências, como por exemplo, falha de iluminação pública, despejo de entulho/lixo em local inapropriado e necessidade de serviço de atendimento móvel de urgência - SAMU.
- Agilidade para solicitar serviços e consultar seu andamento: pelo aplicativo móvel do *Conecta Canaã* instalado em um *smartphone*, em poucos minutos um cidadão pode solicitar serviços à Prefeitura, registrando ocorrências, passando informações do tipo de serviço necessário, do local e também enviando foto do local. As ocorrências ficam registradas no aplicativo e é possível acompanhar o andamento do atendimento do serviço pela Prefeitura.
- Gestão eficiente das ocorrências registradas: as ocorrências realizadas serão recebidas pela Prefeitura em um sistema Web, a partir do qual é possível realizar a gerência dos serviços solicitados, alocando responsáveis para atendimento das solicitações, dando resposta ao cidadão sobre o serviço solicitado e visualizando estatísticas de ocorrências por bairro, período, etc.

### 5.2.2. A APLICAÇÃO

O *Conecta Canaã* é um Sistema Georreferenciado que cria um canal de comunicação direto, entre o cidadão e a PMCC, para a solicitação e acompanhamento de serviços. O *Conecta Canaã* é composto por duas partes principais: um aplicativo móvel, que o cidadão utiliza no *smartphone* para registrar ocorrências (solicitação/acompanhamento de serviços); e um sistema Web, que os agentes da Prefeitura utilizam para gerenciar, alocar responsáveis e dar retorno ao cidadão sobre o atendimento da ocorrência registrada. Para a comunicação efetiva entre ambos os módulos/sistemas do *Conecta Canaã*, usou-se uma arquitetura baseada em micro serviços conforme consta na documentação técnica encontrada no Apêndice B

- Tecnologias e Arquitetura dos Sistemas.

No sistema Web do *Conecta Canaã* é possível gerenciar todas as ocorrências abertas pelos cidadãos de Canaã. Além disso, é possível extrair diversas informações por meio de relatórios gerenciais. A tela principal de visualização das ocorrências é semelhante para todos os usuários, diferenciando-se pelas ocorrências que são exibidas (de acordo com o nível do usuário e das categorias de ocorrências associadas). Para facilitar a compreensão da usabilidade do sistema *Conecta Canaã*, aponta-se o Apêndice A - Manual de Usuário.

A Figura 5.1 apresenta a tela de visualização das ocorrências. Nela, são visualizados os resumos das ocorrências em aberto (novas ocorrências registradas que ainda não foram visualizadas pelo controlador e as ocorrências que já estão em atendimento pelo executor, porém ainda não foram concluídas), que inclui o código da ocorrência, área (categoria) da ocorrência, data de criação da ocorrência e status.

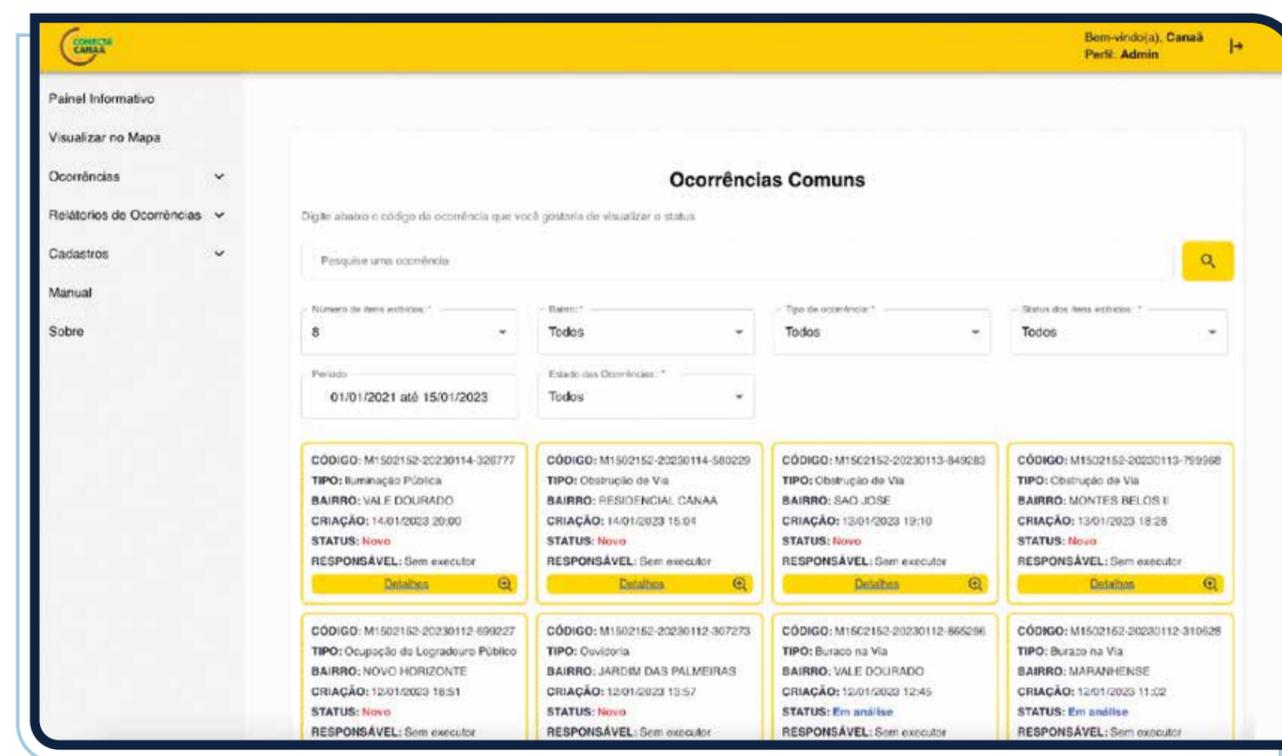


Figura 5.1 Tela que mostra as ocorrências abertas do *Conecta Canaã*.

O aplicativo móvel *Conecta Canaã* é composto por uma série de funcionalidades, tais como: registrar ocorrências (serviços solicitados à Prefeitura), acompanhar as ocorrências registradas, inserir fotos, geolocalização, entre outras. A Figura 5.2 mostra a tela principal do aplicativo, sendo que nela é possível iniciar o processo de abertura de uma ocorrência, além de clicar no menu disponível.



Figura 5.2 Tela Principal do aplicativo móvel Conecta Canaã

O funcionamento da aplicação Conecta Canaã ocorre da seguinte forma: o usuário cidadão registra uma ocorrência, via aplicativo móvel, informando todos os dados da ocorrência, como bairro, geolocalização, etc. O usuário controlador recebe essa ocorrência e aloca para o usuário executor. O usuário executor resolve a ocorrência registrando um parecer na ocorrência. O usuário cidadão acompanha o status da ocorrência e, finalmente, pode dar um *feedback* para a equipe da Prefeitura em relação a resolução da ocorrência. A Figura 5.3 apresenta o cenário completo da solução.

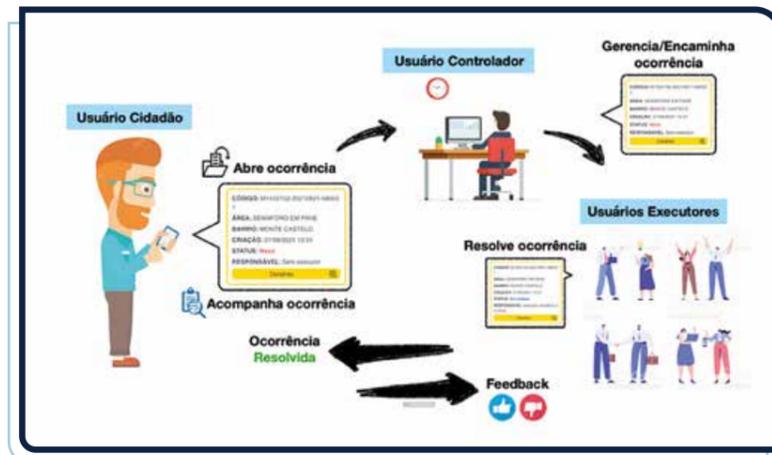


Figura 5.3. Big picture - Sistema Conecta Canaã

A primeira versão do Conecta Canaã contemplou o desenvolvimento da plataforma móvel e Web, possibilitando o cadastro e acompanhamento das ocorrências; os registros de dados georreferenciados, imagens, bairro, visualização de pareceres, etc. Na segunda e atual versão do Conecta Canaã foram realizadas uma série de melhorias e aprimoramentos da solução de *software*, os quais serão descritos a seguir. Dentre as principais, foi implementado o painel informativo que possui um conjunto de indicadores que foram mensurados/calculados automaticamente e apresentados em formato de *dashboard* ou em formato de relatório gerencial. Como exemplo, destacam-se os indicadores de quantidade de ocorrências registradas por tipo, por período de tempo ou por bairro. Foi implementado também a visualização das informações georreferenciadas no mapa do município de Canaã a fim de facilitar a exata posição geográfica de uma determinada ocorrência.

### 5.2.3. TESTES REALIZADOS

Durante a implantação do sistema Conecta Canaã foram realizados diversos testes, entre eles, testes de usabilidade, unitário, ponta a ponta, etc. Os testes de usabilidade foram realizados considerando a navegação do sistema, cores utilizadas, e principais funcionalidades. Os testes unitários ocorreram nas

assinaturas de entrada e saída do sistema, consistindo em validar dados válidos e inválidos via I/O (entrada/saída) e foram aplicados pela equipe de desenvolvimento do projeto. O teste ponta a ponta foi feito quando todas as dependências ficaram disponíveis, ou seja, em um ambiente com o front end, APIs, banco de dados conectados, utilizando o mesmo ambiente que o usuário final utilizaria.

Dentre os objetivos que foram alcançados, mediante a aplicação dos testes, podemos citar: entendimento de como o usuário iria utilizar o sistema; identificação dos gargalos e pontos de melhoria da solução proposta; avaliação do engajamento dos usuários com as interfaces; identificação das necessidades de atualização das funcionalidades do produto; entendimento se determinada *feature* estava trazendo o retorno desejado para o usuário.

Durante o processo de desenvolvimento do Conecta Canaã houve diversas reuniões com a equipe da PMCC, para análise do problema e projeto da solução. Utilizamos a metodologia SCRUM (SCRUM, 2023), método de gerenciamento de projetos, realizado a partir de pequenos ciclos de atividades dentro de um projeto. Cada ciclo de atividade, denominado Sprint, é planejado previamente, sendo composto por um período de tempo predefinido em que as tarefas devem ser realizadas pela equipe.

Os requisitos foram coletados em forma de checklists e foram priorizados de acordo com a necessidade dos *stakeholders*<sup>2</sup> e dentro do período de cada Sprint. Após disponibilizado uma *nova versão* para o usuário, repetimos todos os testes novamente para garantir que a aplicação estava aderente aos requisitos de qualidade de *software*.

### 5.2.4. ACESSO/DISPONIBILIZAÇÃO DA APLICAÇÃO

Qualquer cidadão pode acessar os serviços do Conecta Canaã, baixando o aplicativo diretamente das lojas oficiais de aplicativos para Android ou iOS (Figuras 5.4 e 5.5).

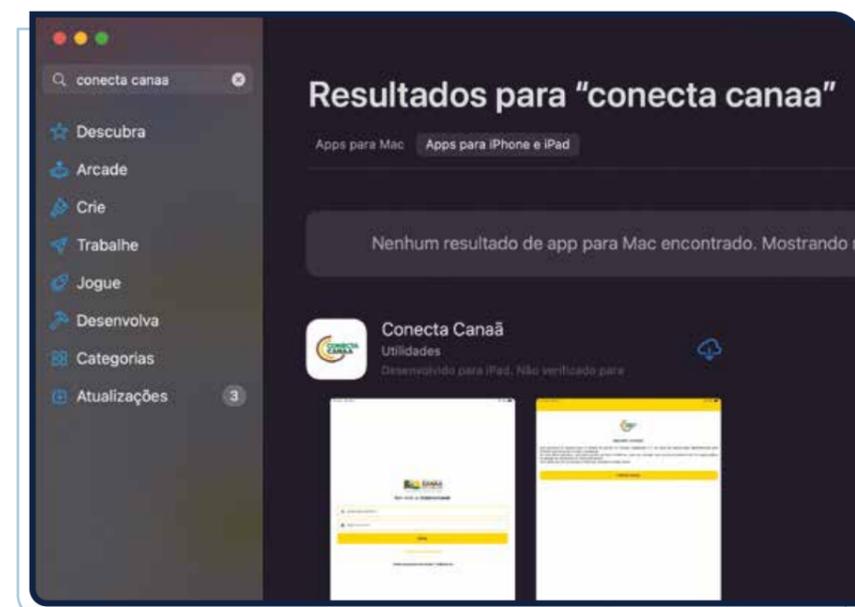


Figura 5.4. Aplicativo disponível na loja da App Store

<sup>2</sup> Conceito criado na década de 1980, pelo filósofo norte-americano Robert Edward Freeman, o stakeholder é qualquer indivíduo ou organização que, de alguma forma, é impactado pelas ações de uma determinada empresa. Em uma tradução livre para o português, o termo significa parte interessada.

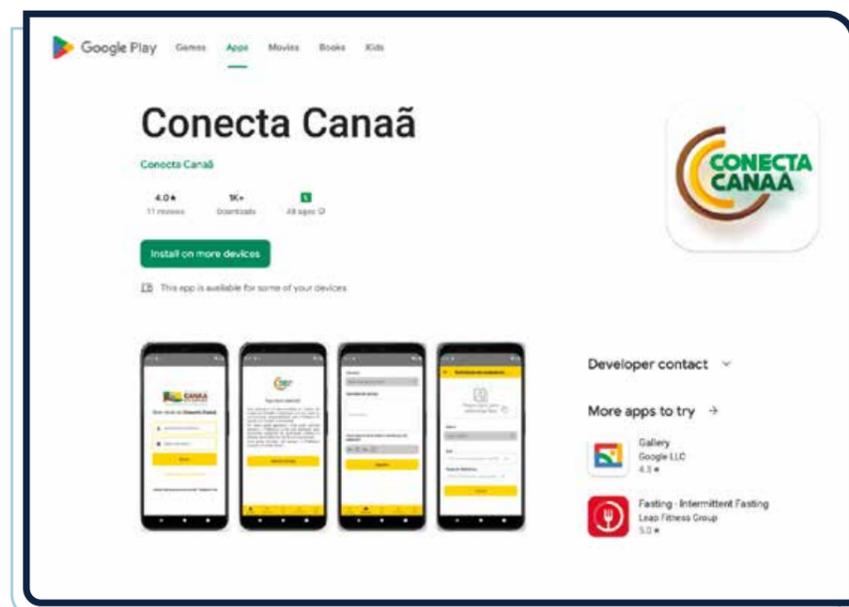


Figura 5.5. Aplicativo disponível na loja Play Store.

Já os agentes da Prefeitura (usuário controlador e usuário executor) acessam o Conecta Canaã para acompanhamento e gerência das chamadas, a partir do sistema Web disponível em <https://conectacanaa.unifesspa.edu.br> (Figura 5.6).

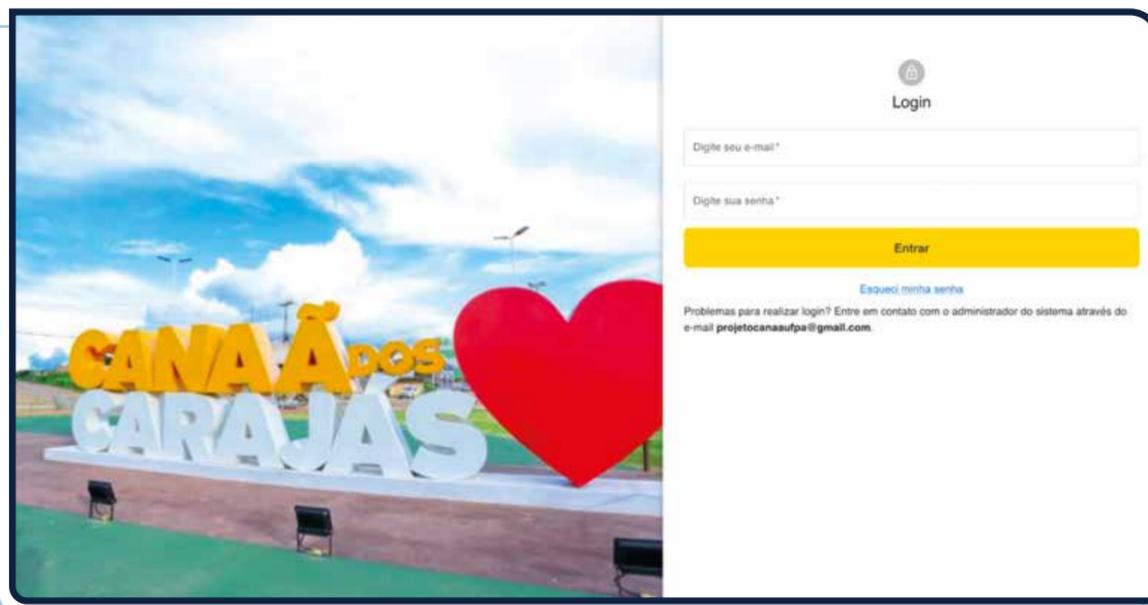


Figura 5.6. Tela inicial do Conecta Canaã Web

Conforme mostra a Figura 5.7, retirada do *dashboard* de acompanhamento do Conecta Canaã, em 2022,

1029 ocorrências foram registradas no sistema Conecta Canaã. Deste total, 829 foram atendidas pela equipe da PMCC. Em termos de proporção de atendimento, de forma geral, teve-se 26% dos chamados sobre buracos nas vias; 17% relacionados à iluminação pública, enquanto que 7% foram a respeito de entulhos nas ruas, entre outros. Todos registros auxiliam de forma significativa a equipe de Canaã na resolução de problemas associados ao código de postura do município. Mais detalhes podem ser encontrados acessando o sistema *Conecta Canaã*.

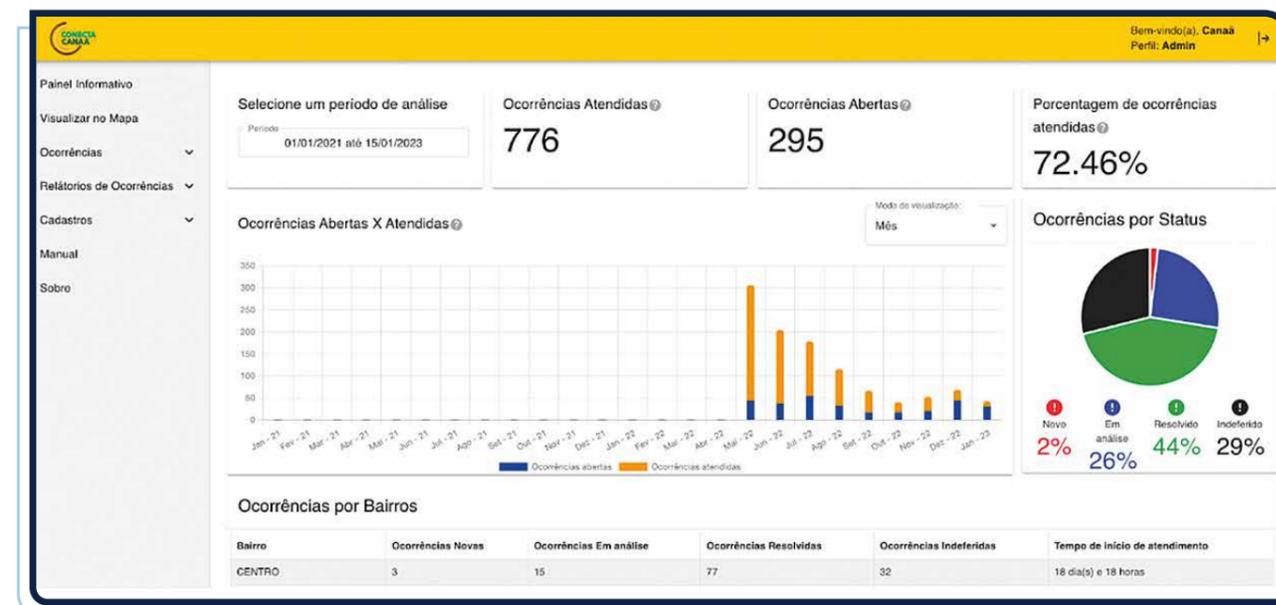


Figura 5.7. Compilado das informações gerenciais (*dashboard*) das ocorrências registradas em Canaã.

### 5.3. APLICAÇÃO INTELIGENTE DE SAÚDE - MONITORAMENTO REMOTO DE PACIENTES

#### 5.3.1. APRESENTAÇÃO

Em geral, o desenvolvimento de soluções tecnológicas para a área de saúde envolve um elevado investimento em infraestrutura tanto de *hardware* quanto de *software*. Porém, o nível tecnológico atual permite que dispositivos de monitoramento de saúde, que antes eram destinados especificamente para ambientes como hospitais e clínicas, como medidor de frequência cardíaca, de oxigenação do sangue, de bioimpedância e até eletrocardiograma, possam ser embarcados em dispositivos pessoais de uso cotidiano, como *smartwatch* e *smartband*.

Assim, visando inovar em relação a utilização destes dispositivos pessoais, em especial nos *smartwatches* com funções de monitoramento de saúde, e dentro do contexto de cidades inteligentes e Internet das Coisas, foi planejada uma aplicação de saúde voltada para o monitoramento remoto de pacientes sendo atendidos pelo SUS, no município de Canaã dos Carajás.

Esta inovação no acompanhamento de pacientes do município é extremamente útil na coordenação dos cuidados preventivos aos portadores de patologias crônicas, no controle das sinistralidades e no

monitoramento remoto dos pacientes.

A aplicação possibilita que o corpo especializado (médicos, enfermeiros, nutricionistas, etc) tenha acesso a todos os dados captados, que são apresentados em forma de relatórios ou por meio de um *dashboard*, implementado via aplicação Web. Isto também contribui como subsídio às decisões clínicas da Equipe de Saúde do município.

As principais medidas de saúde coletadas incluem frequência cardíaca, pressão arterial, oxigenação sanguínea, nível de atividade física e nível de sono. As medições são apresentadas em um painel informativo (*dashboard*) para a equipe de saúde da Prefeitura, o qual também apresentará histórico médico do paciente, com doenças diagnosticadas, cirurgias realizadas e medicações utilizadas. A partir das diversas informações no *dashboard*, a equipe de saúde pode tomar decisões, tais como solicitar que o paciente compareça a uma unidade de saúde para uma avaliação clínica, ou encaminhar uma equipe para atendimento de emergência.

São benefícios desta aplicação:

- Acompanhamento sistemático do paciente, integrando dados medidos remotamente com o histórico do paciente;
- Redução de filas nas unidades de saúde e da necessidade de deslocamento do paciente;
- Definição mais assertiva de ações preventivas.

### 5.3.2. A APLICAÇÃO

A aplicação de monitoramento remoto de pacientes é composta de, em termos de *hardware*, um relógio inteligente e um *smartphone*, a serem utilizados para o monitoramento de cada paciente; enquanto na Central de monitoramento, deve haver um servidor para armazenamento do banco de dados e do sistema Web, o qual disponibiliza para a equipe de saúde da Prefeitura os dados de saúde dos pacientes sendo monitorados.

Já em termos de *software*, foram desenvolvidos um aplicativo para *smartphone* Android, que coleta e envia os dados de saúde medidos pelo *smartwatch* para o servidor de banco de dados; e um sistema Web que, além de buscar os dados de saúde dos pacientes no banco de dados para exibição no *dashboard*, também permite todo o cadastro e acompanhamento de pacientes, mesmo daqueles sem *smartwatch* para monitoramento remoto.

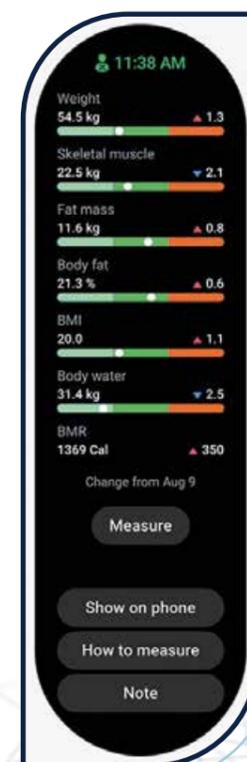
Tal como o Conecta Canaã, o sistema desenvolvido para a aplicação de saúde é baseado em uma arquitetura de micro serviços, conforme apresentado em detalhes nas seções 3 e 6 do Apêndice B - Tecnologias e Arquitetura dos Sistemas.

A Figura 5.8 apresenta, de forma ilustrativa, a utilização da aplicação. No exemplo, a paciente (cidadã do município de Canaã dos Carajás), estando de posse do *smartwatch* e *smartphone* cedidos pela Secretaria de Saúde de Canaã dos Carajás, tem seus dados de saúde coletados e enviados para o banco de dados. O profissional de saúde acompanha, então, remotamente, por meio de uma central de monitoramento, a evolução dos dados de saúde da paciente em questão. Além dos dados coletados remotamente, na central de monitoramento, o profissional de saúde também tem acesso aos demais dados da paciente, como histórico de procedimentos, medicamentos administrados e demais exames e medidas realizadas

em acompanhamentos presenciais. A partir deste conjunto de informações, o profissional de saúde toma decisões como agendar consulta, solicitar exames ou solicitar atendimento de emergência para o paciente em questão.



Figura 5.8 - Utilização da aplicação de saúde para monitoramento remoto de pacientes.



Para a medição remota utilizando o *smartwatch*, os pacientes deverão realizar as medições de acordo com as instruções do dispositivo e utilizando os *softwares* (aplicativos do *smartwatch* e *smartphone*) do próprio fabricante do relógio inteligente. Tais instruções são exibidas pelo próprio aplicativo deste tipo de relógio durante sua utilização. A Figura 5.9 apresenta imagens de exemplo do aplicativo de medição de composição corporal do *smartwatch*. A figura 5.10 apresenta exemplo do aplicativo do *smartphone* disponibilizado pelo fabricante para visualização das medições realizadas.

Figura 5.9 - Aplicativo do smartwatch disponibilizado pelo fabricante para medição de composição corporal.



Figura 5.10 - Aplicativo do smartphone disponibilizado pelo fabricante para visualização das medições do smartwatch. No exemplo, está sendo apresentado o aplicativo de análise de composição corporal.

Para envio das medições remotas para o servidor de banco de dados, o paciente inicializa o aplicativo desenvolvido pela equipe deste projeto. A Figura 5.11 apresenta exemplos de telas do aplicativo para envio dos dados coletados remotamente.

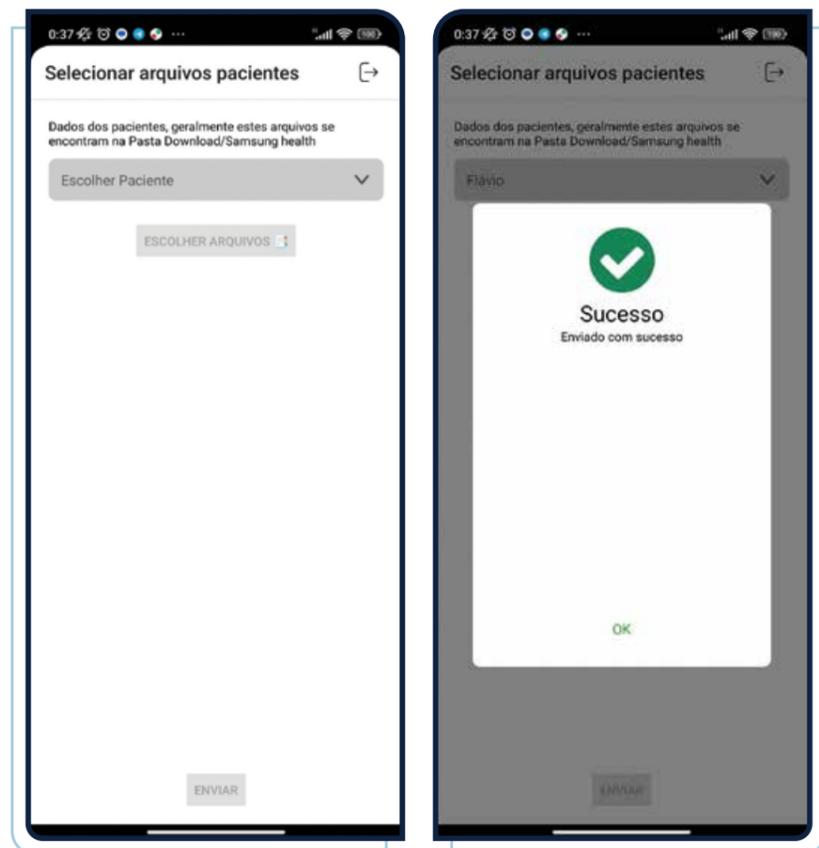


Figura 5.11 - Exemplo de telas do aplicativo para envio dos dados das medições para o servidor de banco de dados.

Para acompanhamento dos pacientes, a equipe de saúde acessa a Central de Monitoramento, um sistema web desenvolvido pela equipe deste projeto, utilizando um navegador web em um computador qualquer com acesso à internet. Após *login* na Central de Monitoramento, o profissional de saúde (ou a equipe de profissionais de saúde) responsável pelo acompanhamento de determinado paciente, pode:

- Cadastrar novo paciente no sistema para acompanhamento;
- Cadastrar informações referentes a uma consulta realizada, com os dados de saúde referentes a exames ou procedimentos realizados;
- Agendar nova consulta para o paciente;
- Associar um paciente a um smartwatch, o que indica que o paciente está também sendo monitorado remotamente e inicia o processo de medições remotas de saúde do respectivo paciente.

A Figura 5.12 apresenta a tela de *dashboard* da Central de Monitoramento, para acompanhamento das medições remotas de uma paciente.

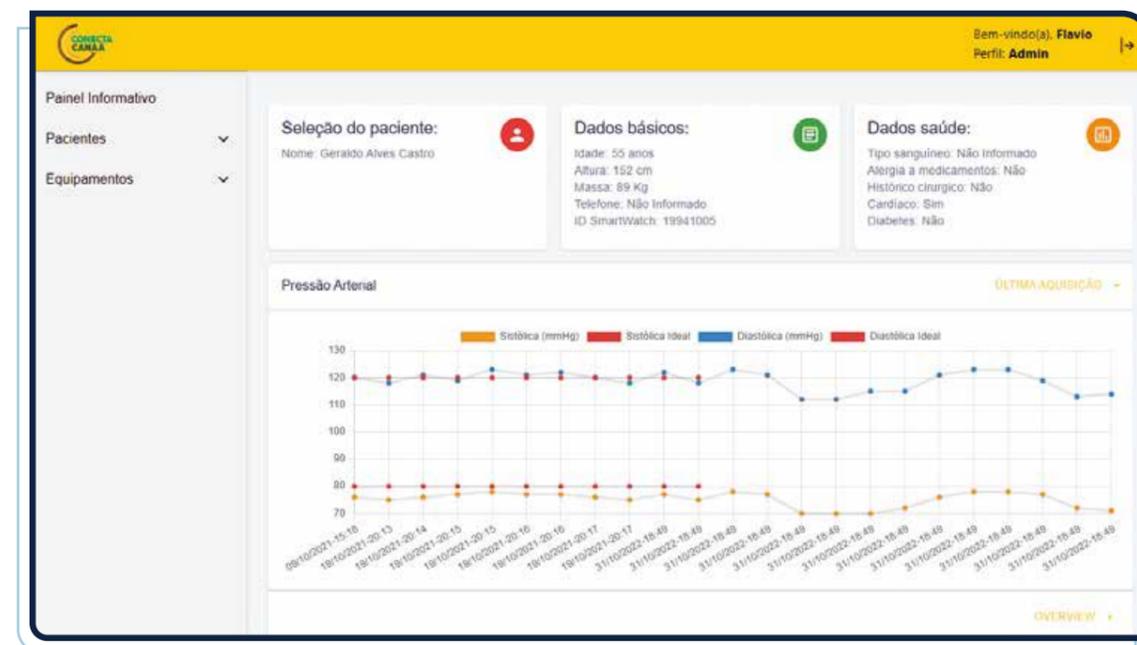


Figura 5.12 - Central de Monitoramento - Sistema Web

A descrição completa das telas e funcionalidades do sistema é apresentada no Manual do Usuário da Aplicação de Saúde, que se encontra na seção 3 do Apêndice A - Manual de Usuário.

### 5.3.3. TESTES REALIZADOS

Primeiramente, para desenvolvimento da aplicação de saúde, assim como para a realização de testes, foram definidos e adquiridos os relógios inteligentes. Após análise das possibilidades disponíveis no mercado, observando a maior variedade de medições de saúde, optou-se por utilizar o *smartwatch* Samsung Galaxy Watch 4. A Figura 5.13 apresenta uma imagem do referido *dispositivo*.

Entre os disponíveis no mercado nacional na época da aquisição, este *smartwatch* foi escolhido porque possuía a maior abrangência de medições de saúde, sendo eles: Nível de oxigenação sanguínea, frequência cardíaca, eletrocardiograma, pressão arterial, composição corporal, qualidade do sono, contagem de passos e atividade física.

Figura 5.13 - Samsung Galaxy Watch 4.

Após aquisição dos *smartwatch* Galaxy Watch 4, passou-se para a fase de desenvolvimento da aplicação e, em paralelo, foram iniciados os testes. Os testes foram divididos em duas etapas distintas:

- Testes internos com a própria equipe de profissionais de saúde de Canaã dos Carajás, para análise da adequação da aplicação as atividades desta equipe; e



- Testes com pacientes reais para análise da viabilidade de implantação da aplicação de saúde de forma sistêmica e abrangente.

Os testes internos consistiram de reuniões com a equipe da Secretaria de Saúde, no qual foi apresentado e testado a funcionalidade tanto do *smartwatch*, quanto do sistema desenvolvido.

Durante os testes, definiu-se e avaliou-se quais os requisitos funcionais da aplicação; discutiu-se sobre como a aplicação se adequa às atividades dos profissionais de saúde do município; e realizou-se testes sobre como utilizar e realizar as medições de saúde pelo *smartwatch*.

Como resultados dos testes internos, tem-se:

- Treinamento e transferência de conhecimento para a equipe de saúde de Canaã dos Carajás sobre as partes que compõem a aplicação de saúde (aplicativos do *smartwatch* e sistema *Web*);
- O entendimento de como as medições são realizadas pelo *smartwatch*, principalmente observando as posições que o paciente necessita estar (em pé ou sentado, com braços na altura do corpo, encostando ou não dedos nos sensores do *smartwatch*) permitiram que a equipe de saúde definisse quais pacientes são elegíveis para realizarem acompanhamento remoto;
- Também foram definidas quais medidas e como estas medidas devem ser apresentadas no *dashboard* para melhor análise e interpretação dos resultados;
- Foi definida a amostra de pacientes para os testes com pacientes reais, a saber, pacientes sendo atendidos pelo programa Melhor em Casa.

Para os testes com pacientes reais, uma vez que envolvem seres humanos, primeiramente foi necessário solicitar autorização do Comitê de Ética, por meio da Plataforma Brasil. Este processo envolveu a elaboração de documentos, tais como: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); Termo de Compromisso de Utilização de Dados (TCUD), Termo de Anuência da Instituição de pesquisa (nesse caso, da UFPA), Termo de Anuência da Secretaria Municipal de Saúde de Canaã dos Carajás; Termo de Compromisso dos Pesquisadores; Projeto detalhado, dentre outros. O projeto intitulado “Aplicações Inteligentes Aplicadas à Área da Saúde para o Município de Canaã dos Carajás”, que tem como pesquisador responsável o professor Carlos Renato Lisboa Francês, foi recebido para análise ética no Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde da UFPA – em 23/11/2022, conforme mostra o comprovante de envio (Anexo G - COMPROVANTE DE ENVIO - Comitê de Ética - Aplicação de Saúde) e está em fase final de tramitação.

Vale ressaltar que após a submissão da documentação pela Plataforma Brasil, foi solicitado pelo Comitê de Ética uma documentação complementar, que consiste na Resolução do Conselho Municipal de Saúde, aprovando a realização da pesquisa no município. Assim, o projeto foi submetido pela Secretaria de Saúde de Canaã dos Carajás ao Conselho Municipal de Saúde, o qual aprovou, em 11 de janeiro de 2022, a realização da pesquisa, conforme o Anexo H - RESOLUÇÃO 01/2023 - CONSELHO MUNICIPAL DE SAÚDE).

Até a presente data, a Equipe da UFPA/SEMSA aguarda o parecer final do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) aprovando a realização da pesquisa para dar início aos testes com pacientes. A expectativa é de que os testes em campo sejam iniciados a partir de fevereiro de 2023. E que serão conduzidos por profissionais de saúde do município, com apoio da equipe de desenvolvimento do projeto, no qual serão monitorados pacientes sendo atendidos pelo programa Melhor em Casa. Também estão previstos como parte

das atividades de desenvolvimento da continuação deste projeto, para permitir a implantação do sistema e disponibilização da aplicação.

#### 5.3.4. ACESSO/DISPONIBILIZAÇÃO DA APLICAÇÃO

A aplicação de saúde consiste em um conjunto de dispositivos (*smartwatch* e *smartphone*) e *softwares* (aplicativos do fabricante para o *smartwatch* e *smartphone*; aplicativo no *smartphone* para envio das medições para o servidor de banco de dados; sistema de banco de dados; e sistema *Web*).

Atualmente estão disponíveis 10 (dez) pares de *smartwatch* + *smartphone* para realização de testes, sendo que 05 (cinco) estão com a Secretaria de Saúde de Canaã dos Carajás e 05 (cinco) estão com a equipe de desenvolvimento da UFPA.

Para que o sistema seja colocado em produção, após os testes com pacientes reais, o município necessita adquirir *dispositivos* compatíveis com a solução proposta, de acordo com a estimativa da Secretaria de Saúde sobre número de pacientes sendo monitorados simultaneamente.

Em relação aos *softwares*:

- Os aplicativos do fabricante necessários são disponibilizados pela loja oficial de aplicativos da *Play Store*, disponíveis nos links <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sec.android.apps.health> (aplicativo *Samsung Health*) e <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.samsung.android.appwatchmanager> (aplicativo *Galaxy Wearable*).
- O aplicativo implementado para o *smartphone* desenvolvido no projeto para envio das medições para o servidor de banco de dados é instalado pela própria equipe da UFPA nos smartphones e também está disponível no sistema *Web* para *download*. Uma vez que este aplicativo é exclusivo para a aplicação de saúde, não é recomendado que seja publicado na loja de aplicativos da *Play Store*, uma vez que outras pessoas além de pacientes monitorados pela Secretaria de Saúde.
- O Sistema de banco de dados e o sistema *Web* (Central de Monitoramento) estão armazenados no *DATA CENTER* de Canaã dos Carajás e é acessível por qualquer navegador *Web* via Internet, pelo endereço eletrônico <https://canaasaude-hom.unifesspa.edu.br>

#### 5.4. APLICAÇÃO INTELIGENTE DE EDUCAÇÃO - RECONHECIMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE EMOÇÕES DE ESTUDANTES EM SALA DE AULA

##### 5.4.1. APRESENTAÇÃO

A aplicação de Reconhecimento e Classificação de Emoções de Estudantes em Sala de Aula abrange o desenvolvimento de aplicações inteligentes baseadas em IA e técnicas de Visão Computacional planejadas especialmente para atender a área da Educação. A Educação é um fator crucial para capacitar os cidadãos e é a chave para a transformação de uma sociedade. De acordo com Caragliu, Del Bo e Nijkamp (2013), o nível de Educação está entre os fatores que se correlacionam com a inteligência urbana e, portanto, as cidades não podem “*alcançar a Inteligência sem criatividade, educação, conhecimento e aprendizagem*” (ARROUB et al., 2016).

Para Jacob e Loureiro (1996), múltiplos fatores ambientais e individuais estão envolvidos na questão da aprendizagem e do atraso escolar. Eles destacam como fatores ambientais mais amplos, os aspectos culturais, sociais e políticos, e chama a atenção também para a qualidade do ensino nas escolas, o papel social da escola na vida dos indivíduos e o preparo dos professores como condição importante de aprendizagem proporcionada às crianças. Já os fatores individuais, internos da criança, mais comumente identificados, são relativos a aspectos biológicos, cognitivos e/ou afetivos, que isoladamente ou em conjunto, determinam as condições do aprendizado (PAIN, 1985).

Para muitos autores, alguns comportamentos que interferem negativamente no processo da aprendizagem podem estar relacionados às dificuldades no processamento sensorial. Segundo a *Teoria da Integração Sensorial* desenvolvida por Ayres (1972) e mencionada por autores como Maltos (2019), Da Fonseca (2009) e Momo e Silvestre (2011), dificuldades nas habilidades do processamento sensorial, comprometem, em graus variados, o desenvolvimento e a aprendizagem do indivíduo.

Maltos (2019) destaca que, no processamento sensorial, são mais no processamento sensorial são mais frequentemente observados em crianças diagnosticadas com transtornos como o Transtorno do Espectro Autista - TEA. Por isto, há um interesse particular em desenvolver um módulo inteligente para ser implementado em sala de aula baseado em técnicas de visão computacional e IA, capaz de reconhecer os discentes e identificar suas emoções ao longo do tempo. Com isso, espera-se que os dados da série histórica possam revelar, por exemplo, padrões de comportamento que venham a auxiliar no diagnóstico precoce do TEA e futuramente de outros transtornos do neurodesenvolvimento (tais como o Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade - TDAH, e até mesmo da alma (como ansiedade e depressão).

Cabe destacar que o foco prioritário da solução é auxiliar os docentes da rede municipal de Educação na identificação de potenciais crianças com TEA. É importante ressaltar que a solução desenvolvida não tem a intenção de fechar o diagnóstico do transtorno, mas sim de chamar a atenção dos professores para potenciais indivíduos com TEA, afim de que sejam encaminhados a uma equipe especializada para avaliá-los e assim chegar num diagnóstico correto.

#### 5.4.2. A APLICAÇÃO

As emoções são eficazes e autoexplicativas nas interações humanas comuns do dia a dia. A emoção humana mais perceptível é por meio de suas expressões faciais. Crianças com TEA apresentam déficits em sua capacidade de produzir e interpretar expressões faciais (GORDON et al., 2014). A Associação Americana de Psiquiatria define o TEA como um transtorno do neurodesenvolvimento caracterizado por dificuldades na comunicação social e interação com padrões restritos e/ou repetitivos de comportamento, interesse ou atividades. De acordo com (LORD et al., 2000), um dos déficits na comunicação social é a produção de expressão facial plana (falta de) ou desorganizada (ambígua).

Neste contexto, a hipótese que levou ao desenvolvimento desta aplicação é que a análise de sentimento a partir de detecção e classificação automática de expressão facial de estudantes em sala de aula pode auxiliar na identificação de indivíduos que apresentem déficit na produção de expressões faciais em comparação com a resposta típica da turma diante de estímulos intencionais ou espontâneos observados ao longo do tempo.

Esta aplicação tem como objetivo gerar pesquisa e soluções aplicadas baseadas em IA e Visão Computacional a fim de auxiliar no diagnóstico precoce de doenças do neurodesenvolvimento, tais como o TEA. Isto porque o diagnóstico precoce tem um papel importante no tratamento, uma vez que, quanto mais

cedo a intervenção for iniciada, melhores oportunidades de desenvolvimento serão dadas ao indivíduo com TEA, proporcionando qualidade de vida dessas pessoas e de seus familiares.

Para implementar o sistema proposto, um módulo inteligente é instalado em sala de aula, baseado em técnicas de visão computacional e IA. O módulo é capaz de reconhecer os discentes e identificar suas emoções ao longo do tempo. A metodologia empregada para identificar emoções de estudantes em sala de aula a partir de suas expressões faciais inclui três processos: o Reconhecimento facial, a fim de identificar quem é o/a estudante, o Reconhecimento de Expressão facial e a Classificação de emoções e análise de dados. Mais detalhes sobre esses três processos podem ser encontrados no Apêndice B - Tecnologias e Arquitetura dos Sistemas. Para isto, uma câmera é instalada em um ponto estratégico da sala de aula, a fim de capturar a imagem dos estudantes ao longo das aulas, como ilustra a Figura 5.14.

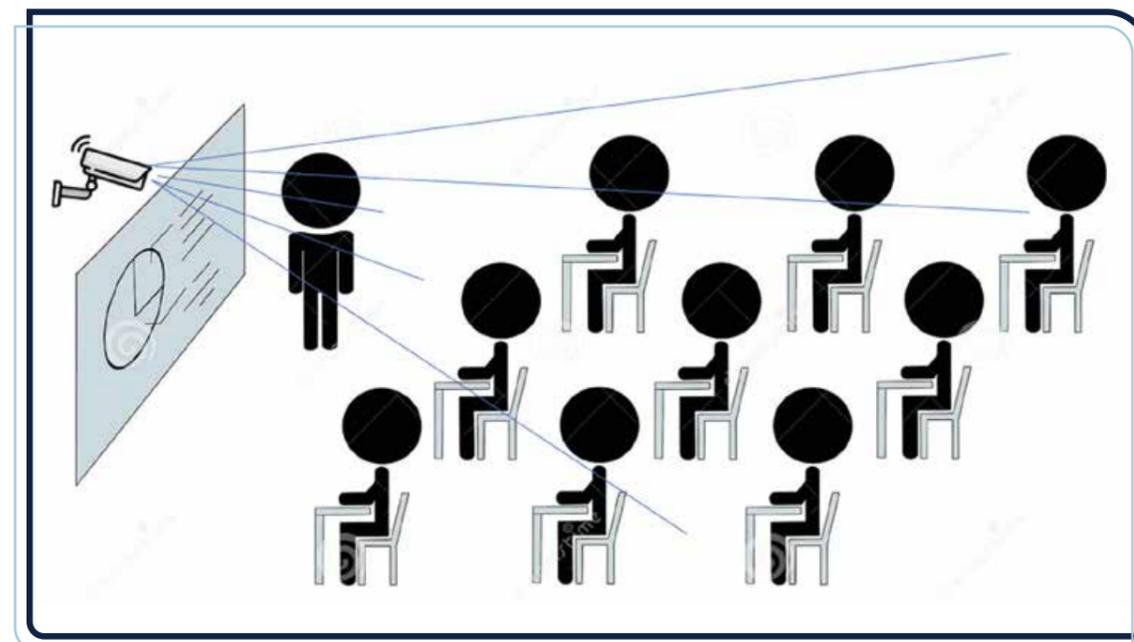


Figura 5.14. Ilustração de um possível cenário de teste

As imagens capturadas pela câmera são processadas por meio de um modelo computacional inteligente instalado em um servidor local (ou na nuvem). O modelo é capaz de reconhecer faces humanas e identificar suas emoções. Os dados da série histórica revelam, por exemplo, padrões de comportamento dos discentes (expressões faciais), a fim de identificar indivíduos atípicos e assim recomendar que esses indivíduos sejam avaliados por uma equipe técnica especializada (tais como neurologistas, psicólogos e psiquiatras com especialidade no assunto) e assim auxiliar no diagnóstico precoce do TEA.

Todos os participantes envolvidos no estudo assinam o TCLE. Os dados coletados dos participantes incluem nome, idade, sexo, endereço, dados escolares (escola, matrícula, turno no qual estuda, trajeto escolar, dados de pais/responsáveis) e são disponibilizados pela Secretaria Municipal de Educação da Prefeitura Municipal de Canaã dos Carajás (SEMED/PMCC);

Dados de imagem e vídeo: a entrada de dados esperada pelo módulo inteligente inclui a tomada de imagens e vídeo dos estudantes, capturados por meio de câmeras em sala ao longo das aulas e para

elaborar modelos de reconhecimento facial automático, com o objetivo de treinar o modelo baseado em IA, para que este possa identificar de maneira automática os estudantes, além de classificar suas emoções durante um período de observação.

Ressalta-se que todo o desenvolvimento e implantação do sistema estão de acordo com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (Lei nº 13.709/2018), que regula as atividades de tratamento de dados pessoais no Brasil.

Esta inovação no acompanhamento de estudantes do município pode ser extremamente útil na coordenação dos cuidados preventivos e reforça a importância da identificação precoce dos sinais de risco para transtorno do espectro autista.

São potenciais benefícios da implantação desta aplicação no município de Canaã dos Carajás:

- Acompanhamento sistemático do estudante em sala de aula, integrando dados coletados com saberes multidisciplinares de equipe técnica especializada, a fim de prover o diagnóstico precoce de doenças que podem afetar o processo ensino-aprendizado, como o TEA;
- Geração de evidências científicas que demonstrem a realidade local para apoiar o desenvolvimento de ações e políticas públicas;
- A conscientização sobre o TEA fomenta a discussão acerca do desenvolvimento de metodologias e práticas pedagógicas inclusivas.

O sistema de Reconhecimento e Classificação de Emoções de Estudantes em Sala de Aula é formado por quatro módulos:

**Módulo de Entrada de Dados** - é o módulo responsável por controlar a entrada de dados e garantir a integridade, confiabilidade e sincronismo dos dados;

**Módulo de Construção de Modelos Inteligentes** - é responsável por criar e treinar os modelos de aprendizado de máquina - modelo computacional inteligente instalado em um servidor local (ou na nuvem);

**Módulo de Análise de Sentimentos** - é responsável por extrair características, classificar e gerar dados de sentimentos a partir dos modelos treinados no módulo de Construção de Modelos Inteligentes e dos dados inseridos no módulo de Entrada de Dados;

**Módulo de Visualização de dados** - é responsável por pré-processar, integrar, e representar visualmente os dados em componentes de visualização, para que possam ser melhor interpretados e manipulados. Tais informações podem ser disponibilizadas por meio de um painel visual, por exemplo, contendo informações, métricas e indicadores.

O Sistema de Reconhecimento e Classificação de Emoções de Estudantes em Sala de Aula faz uso de algumas funcionalidades do Sistema Web Canaã Educação (detalhado no Apêndice B - Tecnologias e Arquitetura dos Sistemas), uma vez que o sistema Web Canaã Educação já permite o cadastro de escolas, estudantes e usuários do sistema. Por outro lado, a aplicação de Reconhecimento e Classificação de Emoções de Estudantes em Sala de Aula requer um sistema Web específico para atender e incorporar os

quatro módulos citados. Nesta data, já se encontra disponível uma versão de teste. O módulo de Entrada de Dados é ilustrado na Figura 5.15.



Figura 5.15. Sistema de Reconhecimento e Classificação de emoções de estudantes em sala de aula - Tela Principal.

Na versão de teste, o sistema é capaz de receber um vídeo, detectar todas as faces, reconhecer os estudantes, e classificar suas emoções baseado em suas expressões faciais.

#### 5.4.3. TESTES REALIZADOS

Ao longo do desenvolvimento desta aplicação, contamos com a colaboração da Equipe da SEMED para realizar o levantamento de requisitos, bem como de profissionais específicos da área. Esta foi a aplicação mais recente a ser desenvolvida pela equipe da UFPA e também a mais complexa em vários níveis. Por este motivo e dada a sua importância social e relevância científica, esta aplicação será continuada e aprimorada ao longo das novas parcerias UFPA-PMCC.

Uma versão funcional do Sistema de Reconhecimento e Classificação de emoções de estudantes em sala de aula está pronto para uso, mas ainda deve passar por melhorias para incorporar mais funcionalidades. O Manual de Usuário pode ser encontrado no Apêndice A - Manual de Usuário.

Por envolver seres humanos, a pesquisa foi submetida para apreciação do CEP, por meio da Plataforma Brasil, conforme mostra o Anexo 1 - COMPROVANTE DE ENVIO - Comitê de Ética - Aplicação de Educação-Segurança. Vale destacar que testes em campo, envolvendo os estudantes da rede municipal de ensino, serão permitidos somente após parecer final do CEP aprovando a realização da pesquisa.

A submissão do projeto envolveu a elaboração de documentos, tais como: O TCLE, o TCUD, o Termo de Anuência da Instituição de pesquisa (UFPA), Termo de Anuência da Secretaria Municipal de Educação de Canaã dos Carajás, Termo de Compromisso dos Pesquisadores, Projeto detalhado, dentre outros. O projeto intitulado "Desenvolvimento de aplicações baseadas em IA para identificar emoções de discentes em sala

de aula”, que tem como pesquisador responsável o professor Carlos Renato Lisboa Francês, foi recebido para análise ética no CEP da UFPA - Instituto de Ciências da Saúde da UFPA - em 05/01/2022 e está em fase de apreciação ética por parte do Comitê.

A Equipe da UFPA/SEMED aguarda o parecer final do CEP aprovando a realização da pesquisa para dar início aos testes com estudantes da rede do município. A expectativa é de que os testes em campo sejam iniciados a partir de março de 2023. Estes testes serão conduzidos por profissionais designados pela SEMED, com apoio da equipe de desenvolvimento do projeto.

Para validar a versão de testes, realizou-se (i) testes internos com a própria equipe de desenvolvimento da UFPA e (ii) testes utilizando banco de imagens da Internet (de uso público) para fins de treinamento/validação da aplicação envolvendo o reconhecimento facial e classificação de emoções. Todos o detalhamento técnico acerca das tecnologias envolvidas e arquitetura do sistema, bem como o Manual do Usuário podem ser encontrados nos Apêndices A - Manual de Usuário e B - Tecnologias e Arquitetura dos Sistemas.

#### 5.4.4. ACESSO/DISPONIBILIZAÇÃO DA APLICAÇÃO

Os códigos fonte, do *front-end* e do *back-end* da aplicação encontram-se hospedados no Data Center de Canaã de Carajás. O acesso à aplicação é restrito à equipe de desenvolvimento da UFPA e à equipe da SEMED. Apenas usuários autorizados por uma ou ambas as equipes podem acessar suas funcionalidades. Isto porque trata-se de uma aplicação de uso específico e não de domínio público. Além disso, envolve dados sensíveis de seres humanos. Qualquer dúvida ou informação a respeito pode ser solicitada por meio do endereço eletrônico [projetcanaaufpa@gmail.com](mailto:projetcanaaufpa@gmail.com).

### 5.5. APLICAÇÃO INTELIGENTE DE SEGURANÇA - SISTEMA INTELIGENTE DE RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE ESTUDANTES DE ESCOLAS PÚBLICAS NO USO DE ÔNIBUS ESCOLAR

#### 5.5.1. APRESENTAÇÃO

Hoje em dia são inúmeras as ameaças à segurança e ao pleno desenvolvimento de crianças e adolescentes, especialmente em países subdesenvolvidos (ou em desenvolvimento), como o Brasil. Dentre essas ameaças, destacamos aqui os casos de desaparecimento e a evasão escolar. Para ilustrar, no Brasil, a Rede Nacional de Identificação e Localização de Crianças e Adolescentes Desaparecidos (ReDESAP) registra cerca de 40.000 desaparecimentos por ano (ROLIM et al., 2018).

O índice de evasão escolar também é preocupante no Brasil. A taxa de abandono escolar brasileira (24,3%) é a terceira maior, dentre os 100 países do mundo com os maiores Índice de Desenvolvimento Humano - IDH (SILVA FILHO e DE LIMA ARAÚJO, 2017). Embora o abandono escolar seja um problema complexo com muitas causas e de difícil solução, o crescente número de faltas de um estudante pode ser um indicativo de iminência de abandono escolar e por isso merece atenção por parte do município.

Diante deste contexto e a fim de minimizar a ocorrência desse problema de segurança pública, foi desenvolvido um Sistema inteligente de Embarque e Desembarque de Estudantes em ônibus escolar para uso dos estudantes do município Canaã dos Carajás.

A aplicação busca reconhecer automaticamente os estudantes que usam o transporte público escolar por meio de leitura de QR Code (carteira estudantil) ou por meio de Reconhecimento Facial automático, permitindo que as viagens realizadas por um estudante sejam registradas e disponibilizadas para a Secretaria Municipal de Educação (SEMED). Desta maneira, a SEMED terá acesso a todos os registros de estudantes que embarcaram e desembarcaram do transporte escolar (nome do estudante, número de matrícula, data/hora, número do ônibus, informações de trajeto - ida/volta da escola).

Deseja-se assim minimizar problemas tais como estudantes que embarcam em ônibus errado ou desembarcam em pontos inadequados, além de possibilitar à SEMED que identifique estudantes que usam o transporte escolar e possam estar em situações que o levem a risco de evasão escolar, a partir de busca ativa de potenciais estudantes com faltas fora do padrão.

#### 5.5.2. A APLICAÇÃO

O principal objetivo do Sistema Inteligente de Reconhecimento Automático de Estudantes de Escolas Públicas no Uso de Ônibus Escolar é registrar de forma automática o acesso de estudantes do ensino básico e superior ao serviço de transporte escolar disponibilizado pela Prefeitura, a fim de aumentar o nível de segurança dos estudantes, bem como o controle por parte da SEMED. Toda a frota de ônibus escolar do município deverá ser equipada com o sistema. Em reuniões com a Equipe da SEMED, concordou-se em utilizar para o reconhecimento de estudantes do ensino básico (crianças e adolescentes) um sistema de leitura de QR Code gravado nas carteirinhas estudantis, já disponibilizadas pelo município. Para os estudantes do ensino superior (jovens e adultos), será utilizado um sistema de reconhecimento facial baseado em visão computacional. Este sistema será embarcado em módulos inteligentes instalados nos ônibus que atendem esse público.

O Sistema inteligente de Embarque e Desembarque de Estudantes faz parte do Sistema Web Canaã Educação, que além do Embarque/Desembarque, permite o cadastro de escolas, estudantes e usuários do sistema. Sobre o cadastro de usuários do sistema, cabe ao administrador (designado pela SEMED) definir o nível de acesso dos novos usuários (técnico, monitor e administrador), de acordo com suas responsabilidades/atribuições. A seguir, o detalhamento de cada um desses perfis:

O perfil **técnico** permite ao usuário realizar o cadastro de uma escola, e relacioná-la a um estudante no momento do cadastro do discente. Este perfil se destina a utilizadores da SEMED de Canaã dos Carajás.

O perfil **monitor** permite que o usuário faça o registro de embarque e desembarque dos estudantes a bordo do ônibus escolar. O perfil refere-se ao funcionário designado pela SEMED que acompanhará os estudantes ao longo das viagens.

O perfil **administrador** permite ao usuário o amplo acesso a todas as funcionalidades do sistema Web, incluindo a criação e gerenciamento de usuários, escolas e estudantes, além de poder gerar relatórios de viagens durante todo o período ou sobre um período de interesse. Este perfil é destinado a coordenadores/secretários da SEMED.

Um aplicativo para celular (aplicação móvel) também foi desenvolvido para permitir o acompanhamento do histórico de viagens do estudante por parte dos seus pais/responsáveis. Esse aplicativo estará disponível apenas para pais/responsáveis de estudantes do ensino básico devidamente cadastrados no

sistema Web da Educação. Ressalta-se que com o uso desta aplicação apenas pessoas autorizadas poderão utilizar o transporte escolar, oferecendo um maior grau de segurança para os estudantes usuários do transporte. A Figura 5.16 a seguir apresenta o resumo das etapas que compõem esta aplicação inteligente.

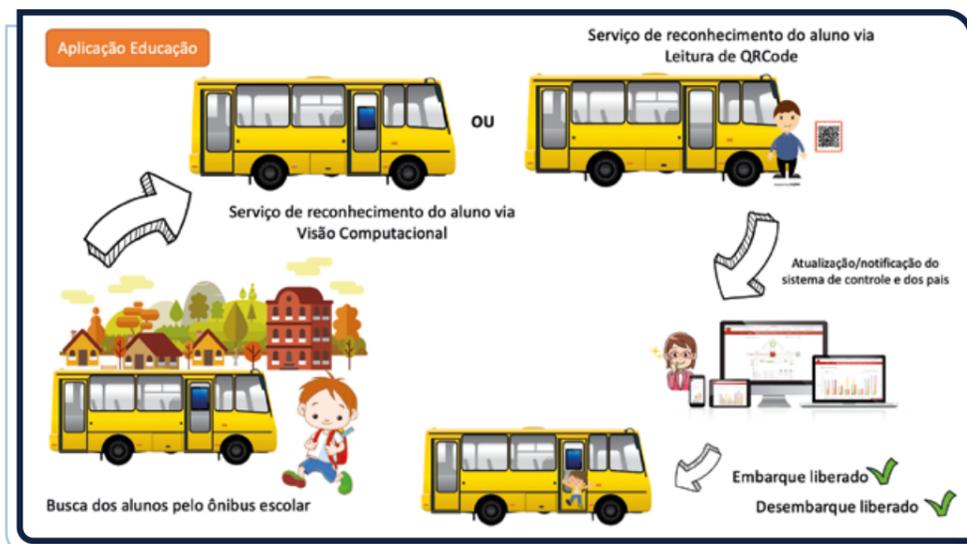


Figura 5.16. - Sistema Inteligente de Reconhecimento Automático de Estudantes de Escolas Públicas no Uso de Ônibus Escolar

Da Figura 5.16, é possível observar que o módulo inteligente é capaz de reconhecer os estudantes (desde que eles estejam previamente cadastrados no sistema Web Canaã Educação). Ao ser instalado no ônibus, ao detectar a face de uma pessoa, o sistema verifica se o rosto detectado pertence a um estudante cadastrado, emitindo mensagem positiva ou negativa sobre o reconhecimento, e por consequência, ao acesso ao ônibus.

Para isto, os ônibus devem contar também com um funcionário monitor, que irá acessar o sistema de Embarque/Desembarque de estudantes. Todos os registros de embarque/desembarque são atualizados em tempo real, desde que haja acesso à Internet. O histórico de viagens fica disponível, por meio do sistema Web (para usuários administradores do sistema) - Figura 5.17 - e por meio de aplicativo móvel para pais/responsáveis de estudantes do ensino básico, devidamente cadastrados no sistema Web Canaã Educação - Figura 5.18.

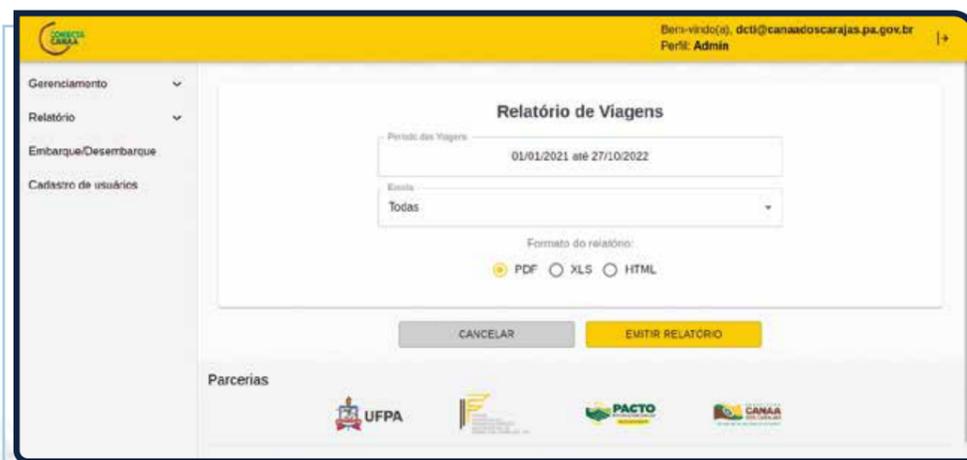


Figura 5.17. Sistema Web Canaã Educação - Menu Relatório de viagens

Em termos de *softwares*, esta aplicação inclui:

- Modelo inteligente de reconhecimento facial de estudantes (baseado em técnicas de visão computacional);
- Sistema Web Canaã Educação para cadastro de alunos, escolas e responsáveis - inclui também o módulo de Embarque e Desembarque de estudantes;
- Sistema móvel (aplicativo para celular) para acompanhamento de histórico de viagem de estudantes (para pais/responsáveis cadastrados).

Uma versão funcional do Sistema Inteligente de Reconhecimento Automático de Estudantes de Escolas Públicas no Uso de Ônibus Escolar está pronta para uso (incluindo o sistema Web e sistema móvel). O Manual de Usuário pode ser encontrado no Apêndice A - Manual de Usuário.

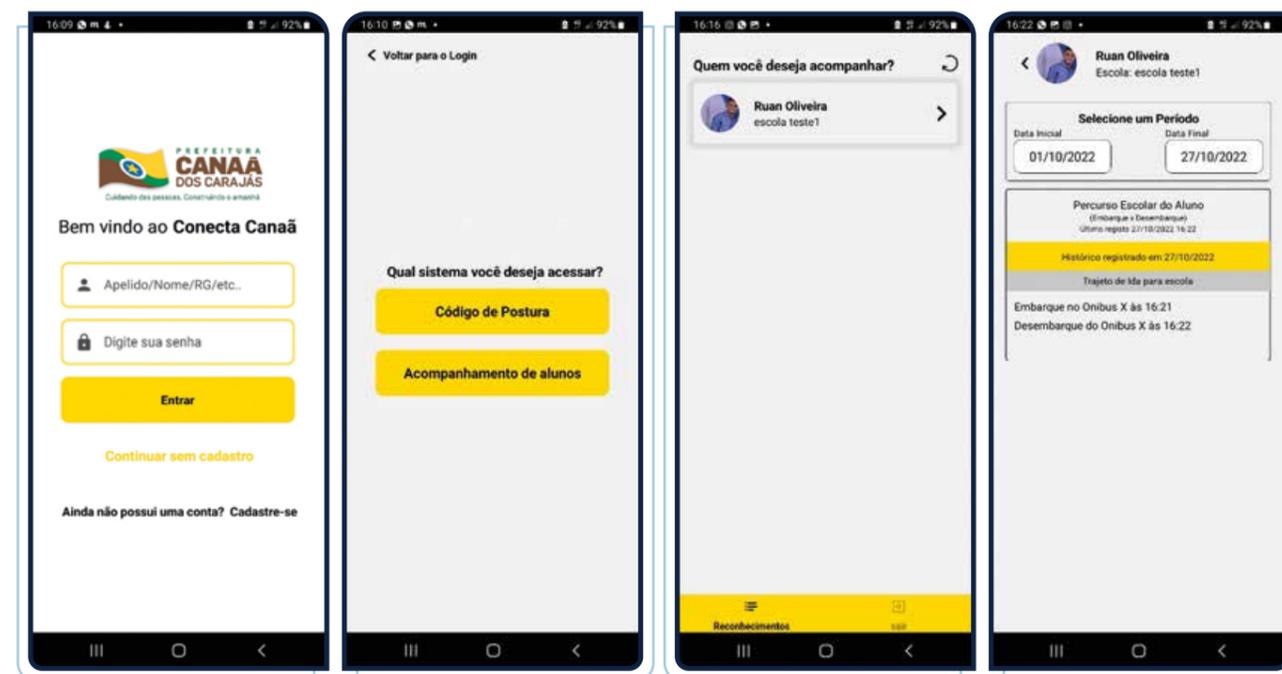


Figura 5.18. Sistema Móvel Conecta Canaã - Menu Acompanhamento de alunos - Relatório de viagens

Em termos de *hardware*, o módulo inteligente é composto por: Placa Raspberry Pi, câmera e uma tela de 3.5". O sistema inteligente de reconhecimento facial é embarcado no Raspberry Pi.

O Raspberry Pi é um minicomputador, semelhante a um PC ou notebook, implementado num tamanho compacto. Apesar disso, possui todos os principais componentes de um computador: processador, memória, barramentos, sistema de entrada e saída. Os principais motivos da escolha de utilizar um Raspberry Pi e não um computador comum são: custo, agilidade, tamanho e o mais importante - é uma solução "tudo em um" e, portanto, não vai depender da rede ethernet/internet ou qualquer serviço externo para reconhecer rostos e habilitar o destravamento da catraca.

Todos os detalhes técnicos acerca desta aplicação estão detalhados no Apêndice B - Tecnologias e Arquitetura dos Sistemas. O manual do usuário dos sistemas Web e móvel pode ser encontrado no Apêndice A - Manual de Usuário.

### 5.5.3. TESTES REALIZADOS

Ao longo do desenvolvimento desta aplicação, contamos com a colaboração da Equipe da SEMED para realizar o levantamento de requisitos e ajustes na aplicação. Além do desenvolvimento dos *softwares*, adquiriu-se peças para o desenvolvimento do protótipo a ser instalado no ônibus escolar para o caso do reconhecimento facial automático. No caso do reconhecimento via *QR Code*, basta acessar o sistema *Web* por meio de um navegador a partir de um aparelho tal como computador, *smartphone* ou *tablet*, que possua câmera (para realizar a leitura do código).

Uma versão de teste, completamente funcional, está pronta para uso por parte da SEMED. Por envolver seres humanos, a pesquisa foi submetida para apreciação do CEP, por meio da Plataforma Brasil, conforme mostra o Anexo 1 - COMPROVANTE DE ENVIO - Comitê de Ética - Aplicação de Educação-Segurança. Vale destacar que testes em campo envolvendo os estudantes da rede municipal de ensino serão permitidos somente após parecer final do CEP aprovando a realização da pesquisa. O projeto foi recebido para análise ética no CEP da UFPA - Instituto de Ciências da Saúde da UFPA - em 05/01/2022 e está em fase de apreciação ética por parte do Comitê, como mostra o Anexo 1 - COMPROVANTE DE ENVIO - Comitê de Ética - Aplicação de Educação-Segurança.

A Equipe da UFPA/SEMED aguarda o parecer final do CEP aprovando a realização da pesquisa para dar início aos testes com estudantes da rede do município. A expectativa é de que os testes em campo sejam iniciados a partir de março de 2023. Estes testes serão conduzidos por profissionais designados pela SEMED, com apoio da equipe de desenvolvimento do projeto.

Para validar a versão de teste, realizou-se (i) testes internos com a própria equipe de desenvolvimento da UFPA e (ii) testes utilizando banco de imagens da Internet (de uso público) para fins de treinamento/validação da aplicação envolvendo o reconhecimento facial.

### 5.5.4. ACESSO/DISPONIBILIZAÇÃO DA APLICAÇÃO

Os códigos fonte, do *front-end* e do *back-end* da aplicação *Web* encontram-se hospedados no *Data Center* de Canaã dos Carajás. O acesso à aplicação é restrito à equipe de desenvolvimento da UFPA e à equipe da SEMED. Apenas usuários autorizados por uma ou ambas as equipes podem acessar suas funcionalidades. Isto porque trata-se de uma aplicação de uso específico e não de domínio público. Além disso, envolve dados sensíveis de seres humanos. Qualquer dúvida ou informação a respeito pode ser solicitada, por meio do endereço eletrônico [projetcanaaufpa@gmail.com](mailto:projetcanaaufpa@gmail.com).

Sobre a aplicação móvel para acompanhamento de histórico de viagens dos estudantes, um APK (contendo todos os dados que um app precisa para ser instalado corretamente em um dispositivo) pode ser encontrado em [https://drive.google.com/file/d/1ayb0x4LTIXXvoCqCYNOMLLpP\\_GnTm8fG/view](https://drive.google.com/file/d/1ayb0x4LTIXXvoCqCYNOMLLpP_GnTm8fG/view). Seu uso está condicionado à autorização da SEMED.

## 5.6. DEMO-PILOTO DE APLICAÇÃO DE VISÃO COMPUTACIONAL - DETECÇÃO DE LIXO

### 5.6.1. APRESENTAÇÃO

Do ponto de vista da Engenharia, a Visão Computacional procura automatizar tarefas que o sistema visual humano pode fazer. A visão computacional utiliza sistemas associados a tecnologias de captura de imagens e suporte de tomada de decisão baseados em algoritmos de análise ou de IA. Dentre as metas incluídas no projeto durante a Fase 1 do mesmo foram entregues projetos pilotos/demo-pilotos. Três demo-pilotos de sistemas baseados em Visão Computacional foram realizados. Para isto, Redes Neurais Artificiais profundas ("*deep neural networks*") foram treinadas para dar suporte às aplicações destacadas a seguir.

Em Visão Computacional, o objetivo da classificação é rotular a presença ou não de um determinado objeto em uma imagem, por exemplo pretende-se prever se, em uma determinada imagem, há a presença de um gato ou de um cachorro. Assim, ao submeter uma imagem ao sistema de detecção, o algoritmo usado vai retornar à probabilidade de cada classe, destacando a classe com a maior chance.

No entanto, caso haja mais de uma classe na imagem, só a classificação não será suficiente, visto que o algoritmo deve classificar apenas uma das classes contidas na imagem, retornando a que tiver maior probabilidade. Para casos de múltiplas classes em uma imagem há a área de detecção de objetos, que faz a detecção e localização de cada uma existente na imagem analisada. Desse modo, o objetivo é treinar classificadores multiclasse para identificar as classes e demarcar a área onde o objeto está localizado na imagem.

Demo-pilotos de sistemas baseados em Visão Computacional entregues na Fase 1:

- 1) **Detecção de aglomeração de pessoas:** detecção de aglomerações e/ou multidões.
- 2) **Detecção de animais em vias públicas:** identificação de animais de médio e grande porte em via pública como bovinos (bois, vacas), equinos (cavalos, jumentos), caprinos (bodes, cabras) e suínos (porcos).
- 3) **Detecção de água parada, lixo e terreno baldio:** detecção de locais com potenciais vetores de doenças, como locais com água parada, acúmulo de lixo em terrenos e vias de passagem.

Na Fase 2, foi feita a aquisição de imagens por meio de *drones* e sistemas de câmeras fixas, na cidade de Canaã dos Carajás. Uma aplicação foi selecionada para ser implantada: aplicação de detecção de lixo e entulho nas ruas da cidade. Foi então executada a integração dos modelos ajustados a um sistema de informação final, que seria neste caso, o sistema Conecta Canaã para dar suporte a registros de ocorrências. A seguir, serão apresentados alguns detalhamentos acerca do demo-piloto de Visão Computacional desenvolvido.

### 5.6.2. A APLICAÇÃO

Esta aplicação é baseada em Visão Computacional para detectar potenciais lixos acumulados na rua e entulhos. Para isto, uma rede neural foi treinada para aprender a identificar lixo e entulhos em imagens, e desenhar caixas delimitadoras (*Bounding Box*) com o nome da classe e o número que representa o percentual do objeto encontrado ser o que se espera da rede neural, no caso, lixo em lugar devido, lixo em lugar indevido e entulho. A Figura 5.19 demonstra o funcionamento da aplicação, desde a captura das imagens até o processamento em si realizado pelo serviço de visão computacional que efetuará a detecção

do objeto de interesse para posterior tomada de decisão que será feita pelo agente da Prefeitura.

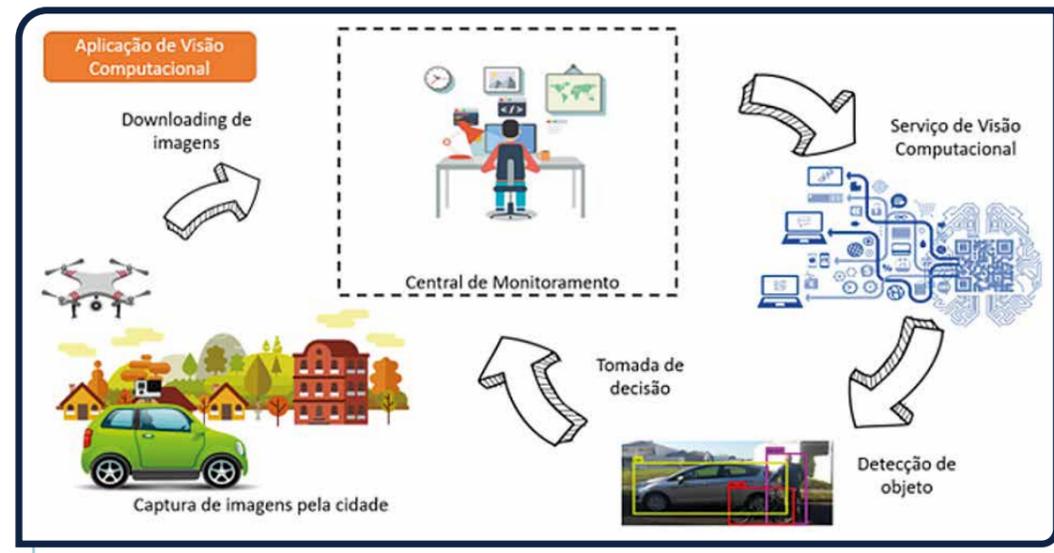


Figura 5.19. Funcionamento da aplicação de detecção de lixo

O objetivo da aplicação de visão computacional de Canaã é, de forma abstrata, permitir que usuários depositem vídeos capturados com uma câmera tipo GoPRO e drone em um sistema que extrai informações georreferenciadas sobre presença de objetos de interesse detectados no vídeo. A exemplo, um funcionário da Prefeitura pode ser enviado para consertar um poste e sua viagem até o local será capturada por uma câmera devidamente instalada em seu veículo. Ao retornar para a Prefeitura, o funcionário envia o vídeo para processamento e o sistema gera uma coleção de informações relativas aos objetos de interesse detectados durante o trajeto.

A Figura 5.20 mostra o diagrama de blocos dos componentes do desenvolvimento deste demo-piloto, onde um banco de dados de imagens obtido da Cidade de Canaã dos Carajás foi armazenado e tratado para posteriormente treinar a rede neural convolucional YOLO V4. Nesta segunda fase o *dashboard* com estatísticas e alarmes.

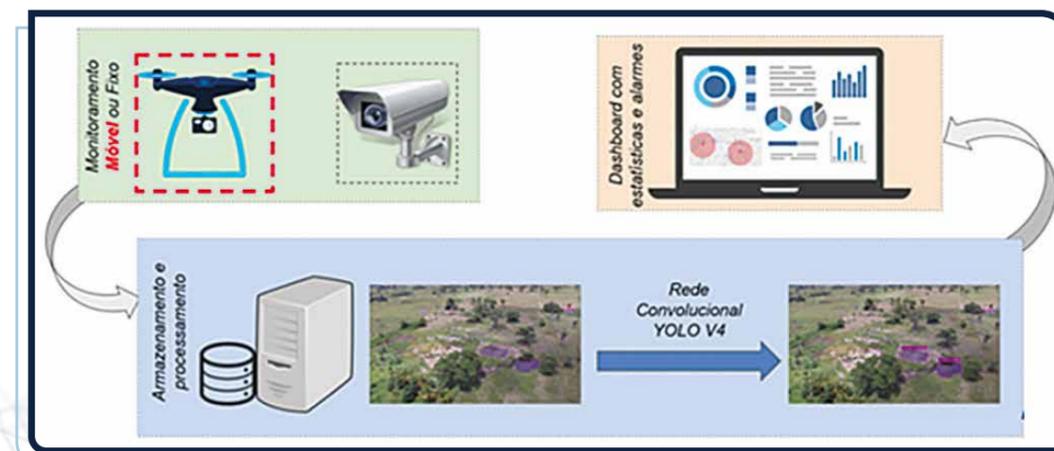
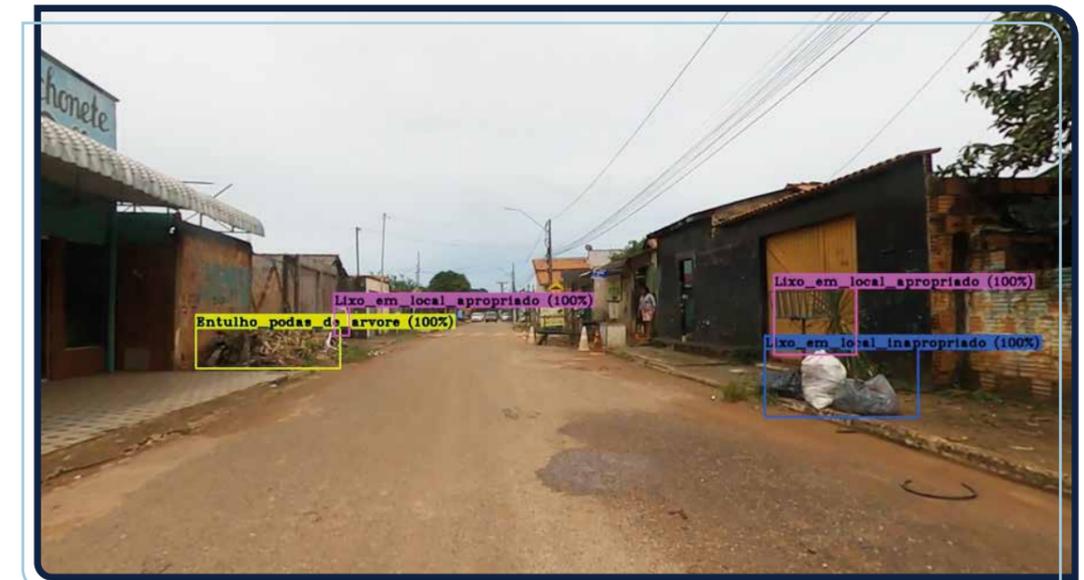


Figura 5.20. Diagrama de blocos do demo-piloto de detecções de lixo e entulho

Na Figura 5.21 estão ilustradas as detecções reais utilizando imagens obtidas em Canaã dos Carajás. Nas imagens, é possível observar as quatro classificações previamente estabelecidas sobre as instâncias de lixo, sendo assim, temos como resultados detecções de lixo em local indevido (como espalhados pela rua, calçadas) ou em locais apropriados (lixeiros de descarte regular), entulhos com podas de árvores e entulhos com restos de construção também encontrados de forma irregular.

Figura 5.21. Detecções de lixo utilizando imagens obtidas em Canaã dos Carajás (a) (b) (c).



(a)



(b)



(c)

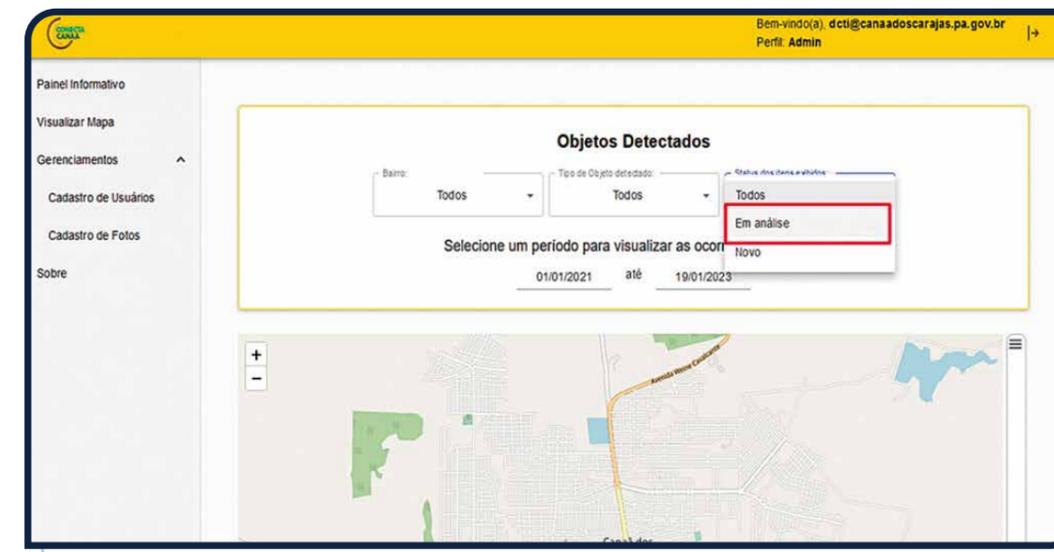


Figura 5.22 Acompanhamento de detecções.

### 5.6.2.1. INTEGRAÇÃO DE DEMO/PILOTO DE APLICAÇÕES DE VISÃO COMPUTACIONAL COM O CONECTA CANAÃ

A aplicação de detecção de lixo integra-se com o Conecta Canaã como parte da transmissão de ocorrências e notificações que são geradas pelos relatórios de detecções do sistema de Visão. Essa integração consiste em enviar os dados de detecções que foram previamente obtidos das imagens processadas pelo sistema de Visão, e que mantém uma determinada porcentagem de confiança para que aquela detecção seja realmente um dos objetos de interesse selecionados. Após esta etapa, os dados são enviados ao Conecta Canaã e as ocorrências geradas para análise do agente autorizado.

Enquanto isso, do lado da aplicação de Visão, o usuário poderá acompanhar o status das ocorrências conforme forem sendo averiguadas no Conecta Canaã, como mostra a Figura 5.22 onde pode ser filtrado a localização da detecção, o tipo de objeto detectado e se a ocorrência se encontra em análise ou o caso de uma nova ocorrência.

### 5.6.3. TESTES REALIZADOS

Para o sistema de visão computacional de detecção de lixo, os testes consistem em enviar um arquivo de vídeo pelo front-end do sistema, em seguida verificar se o arquivo foi de fato recebido no servidor de reconhecimento de imagem. Caso haja reconhecimento dessa imagem, é necessário averiguar se as detecções voltaram para o sistema de Visão por meio do relatório gerado com as devidas anotações das imagens. Por fim, espera-se que haja o registro de uma nova ocorrência no Aplicativo Conecta Canaã que emitirá notificações de acordo com os dados recebidos. Caberá ao agente da Prefeitura realizar as análises e, conforme a demanda, realizar as tomadas de decisão mais pertinentes para cada bairro ou região da cidade de Canaã.

O manual de usuário do sistema Web de Visão e os detalhes técnicos envolvidos na construção desta aplicação podem ser encontrados nos Apêndices A - Manual de Usuário e B - Tecnologias e Arquitetura dos Sistemas, respectivamente.

### 5.6.4. ACESSO/DISPONIBILIZAÇÃO DA APLICAÇÃO

Os agentes da Prefeitura poderão ter acesso ao sistema de Visão Computacional de Canaã para acompanhamento e gestão das chamadas a partir do sistema Web disponível em <https://visao.smartcitycanadascarajas.com.br/>, após realizar o login com suas credenciais de acesso à página (Figura 5.23).

O sistema Web da aplicação, onde o usuário encontra a Central de Monitoramento e poderá fazer o desarrastamento de imagens, está hospedado no Data Center de Canaã dos Carajás e é acessível por qualquer navegador Web via Internet. Os códigos fonte, do front-end e do back-end da aplicação encontram-se hospedados no repositório <https://repositorio.lprad.ufpa.br/>, sendo de acesso restrito à equipe de desenvolvimento da UFPA. Quanto à aplicação Web, apenas agentes da Prefeitura que estejam autorizados podem acessar suas funcionalidades. Esta solução trata-se de uma aplicação de uso específico e não de domínio

pública. Qualquer dúvida ou informação a respeito, pode ser solicitada por meio do endereço eletrônico [projetcanaaufpa@gmail.com](mailto:projetcanaaufpa@gmail.com).

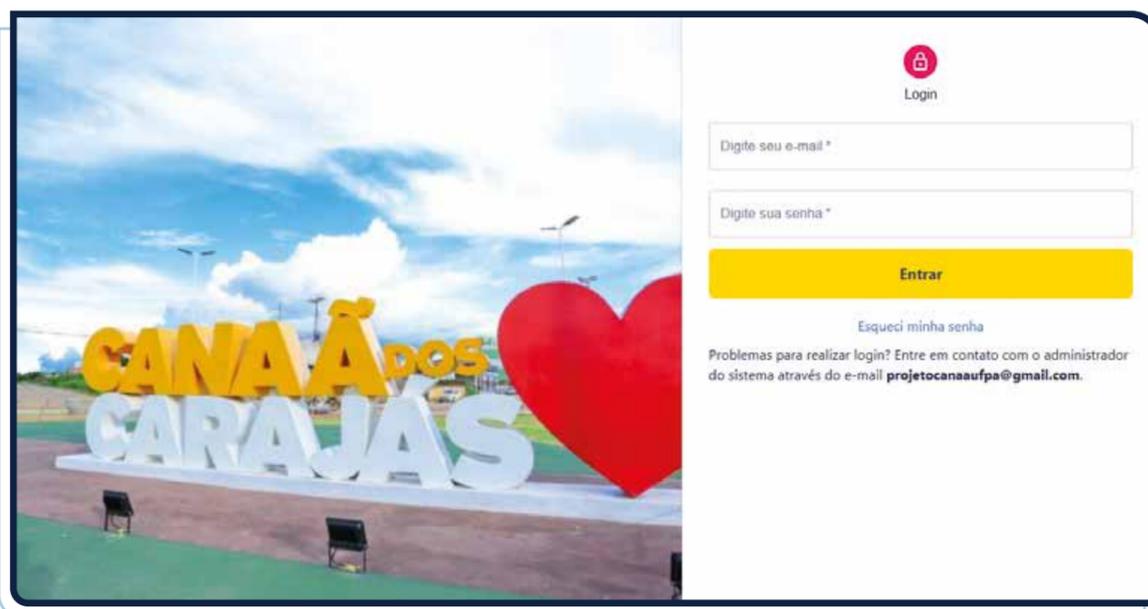


Figura 5.23. Tela de login Visão Computacional.

## 6 . ELABORAÇÃO DE POLÍTICAS PARA FOMENTO DE PROJETOS INOVADORES DE EMPREENDEDORISMO INDIVIDUAL E/OU EMPREENDEDORISMO COLETIVO (BERÇÁRIO DE *STARTUPS*)

A construção da política pública de sistemas de inovação, no âmbito municipal, representa uma importante decisão de investimento estratégico, de médio e longo prazo, com objetivo de estabelecer bases sólidas para a instalação de arranjos institucionais, com apoio das universidades/instituições de pesquisa, empresas e organizações da sociedade civil. Assim como, definir instrumentos de fomento financeiro para estimular empreendimento inovador, capaz de gerar repercussões econômicas e sociais, principalmente como mecanismo de distribuição e redistribuição de renda, de bens e serviços sociais, conforme as demandas da sociedade local e microrregional.

A ação pública de investimento em inovação tem sido bastante reduzida no Estado do Pará, nos últimos anos, abaixo de 1% do orçamento total governamental. Portanto, orientar a criação de experiências municipais se torna relevante e imprescindível para acesso ao fundo público estadual e nacional de inovação, assim como, outras fontes de financiamento geradas pelo setor empresarial. Nesse sentido, o enfrentamento às condições resultantes das desigualdades regionais e microrregionais, ou mesmo a valorização e potencialização das vantagens locais existentes, requer iniciativas articuladas por agentes públicos e privados empreendedores, com agenda de conteúdo dinâmico, estruturante e multidimensional, de longa duração. Por isso, a importância da indução de infraestrutura e processos de Ciência, Tecnologia e Inovação na esfera municipal, adequadas às suas estruturas territoriais urbano/rural e suas dimensões de finanças públicas.

Em janeiro de 2021, os docentes do Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, da Universidade Federal do Pará (ICSA/UFPa), se integraram à equipe de pesquisadores do projeto, com o objetivo específico de desenvolver os seguintes elementos do escopo desta linha: Levantamento técnico e legal e definição de linhas de desenvolvimento e atuação do Berçário de *startups*; elaboração e acompanhamento de editais de fomento e incubação de *startups*; acompanhamento de empresas/*startups* incubadas junto à PMCC; estudo de viabilidade, riscos e continuidade da criação de entidade destinada à gestão do berçário de empresas/*startups* de Canaã dos Carajás e, finalmente, o estudo quanto ao modelo de gestão, governança, funcionamento e financiamento do berçário de *startups* proposto.

Frente à complexidade inerente ao tema, a equipe do ICSA/UFPa se dedicou, nos meses de janeiro a abril de 2021, à elaboração do relatório para desenvolvimento do berçário de *startups*, necessário para projetar um instrumento para fornecer informações e exemplos de governança para auxiliar o processo

de implementação dessa experiência no município de Canaã dos Carajás. Realizou-se uma série de atividades na forma de reuniões mensais, pelo menos três reuniões de validação, estudos e proposições para posterior avaliação, aprovação e aplicação pela Coordenação do projeto. O produto da etapa foi modificado conforme solicitado nas reuniões de validação até a construção do produto da primeira fase do projeto.

Em geral, o berçário é um local físico que fornece um conjunto definido de serviços para indivíduos ou micro e pequenas empresas. Isso pode incluir tipos específicos de espaço de escritório, acesso à tecnologia, financiamento e assistência técnica (como marketing, jurídico, financeiro, RH e outros serviços de desenvolvimento de negócios).

Na fase 1 do projeto, foram apresentadas e cumpridas as seguintes etapas:

- Levantamento das características desejáveis para as instalações do berçário de startups de Canaã dos Carajás, com orientações sobre a governança mais apropriada, sumarizadas na Figura 6.1;
- Apresentação da estrutura organizacional para a gestão do berçário;
- Orientações sobre a legislação a ser verificada durante as operações do berçário;
- Previsão de treinamento e capacitação das startups selecionadas para o processo de incubação no berçário;
- Elaboração de editais de seleção e aceleração de startups adotadas pelo berçário;
- Caracterização do financiamento das empresas/startups selecionadas para serem apoiadas pelo fundo de investimento;
- Por fim, uma visão geral sobre cooperação entre entes públicos e privados visando a sustentabilidade do berçário de startups de Canaã dos Carajás.

Estas ações geraram uma série de documentos descritivos, que podem ser consultados nos apêndices deste relatório (Apêndices C - Barreiras para implementação do berçário em Canaã dos Carajás, D - Detalhamento da Política Municipal de Estímulo Startup, E - Relatório com Diretrizes Startups - Final, F - Detalhamento do Edital Startup Canaã e G - Diretrizes para Gestão de Riscos Berçário e Startup)

Esta primeira edição será revisada e expandida em futuras etapas para garantir aderência à realidade do município de Canaã dos Carajás. Estão previstos os seguintes avanços e prospecções, para a fase 2 do projeto, a ser definida por novo instrumento próprio de cooperação técnica:

- Identificar, analisar e tratar os riscos na introdução de novas tecnologias, e os riscos da empresa no ambiente de valor, com o objetivo de fornecer as diretrizes para a melhoria deste processo;
- Identificar barreiras para implementação do berçário em Canaã dos Carajás, desenvolver práticas, métodos e ferramentas de gestão do conhecimento para aprimorar berçários de empresas que se caracterizam como organizações ágeis com capacidades dinâmicas para atender às demandas de um ambiente de negócios de alta volatilidade;
- Investigar e desenvolver os usos de medidas de desempenho em empresas iniciantes no berçário, incluindo a importância percebida e o desempenho empresarial dessas medidas. Os resultados obtidos nesta fase do projeto ajudarão as *startups* a monitorar e gerenciar adequadamente seu desempenho;
- Estabelecer as práticas de governança corporativa para *startups* observadas pelas aceleradoras na hora de investir.

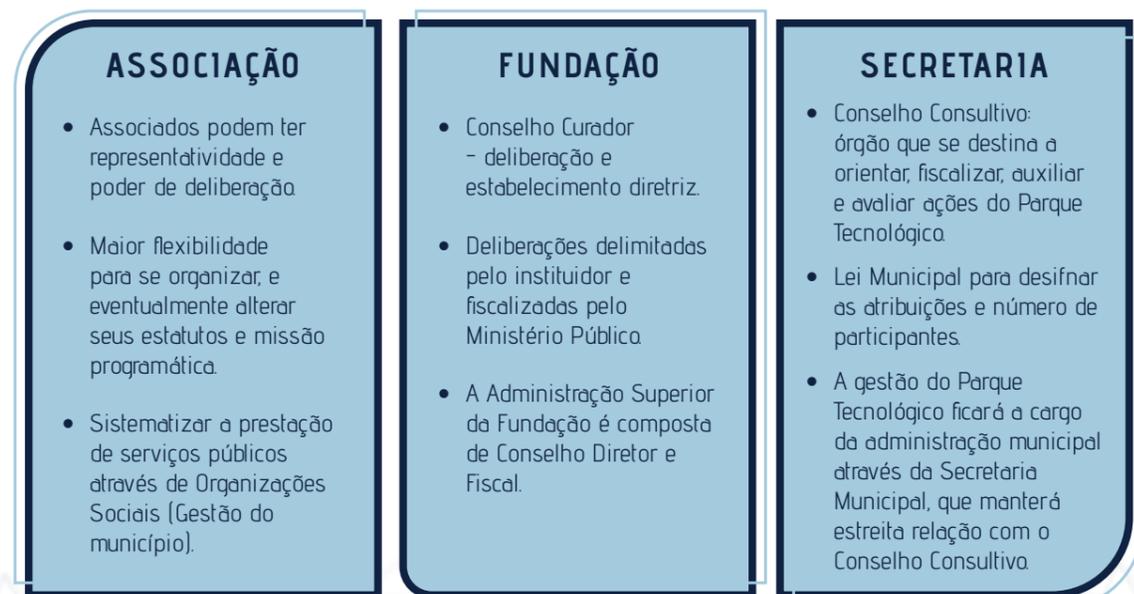


Figura 6.1 Análise sobre os Modelos de Berçários de Empresas/Startup - Modelo de Governança

## 7 . FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS ESPECIALIZADO EM TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

A formação de recursos humanos é um eixo estratégico dentro do Projeto *Smart City* Canaã dos Carajás, já que tem o objetivo principal de criar capital humano para utilização dos recursos que serão disponibilizados na cidade inteligente, além de proporcionar a proposição de soluções para problemas do município, seja de forma individual ou por meio da criação de *startups*.

A fim de identificar e quantificar a demanda pelos cursos, foi realizada uma pesquisa, em conjunto com a PMCC/SEMED, que obteve o número de 465 respondentes, com um universo bastante diverso, abrangendo pessoas de diferentes municípios e de renda familiar, como pode ser verificado nas Tabelas 7.1, 7.2 e 7.3, extraídas da pesquisa. Essa pesquisa ensejou a elaboração de uma nota técnica (Anexo J - Nota Técnica Curso Python) com os parâmetros a serem utilizados nos editais, tais como a necessidade de serem ofertadas mais de uma turma para cada módulo oferecido, dada a significativa demanda reprimida, e a prioridade no atendimento de pessoas com até 3 salários mínimos de renda familiar e da promoção da equidade entre pessoas dos sexos feminino e masculino, na formação das turmas.

Tabela 7.1. Quantitativos da pergunta "Sexo".

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	%
Feminino	190	40,86%
Masculino	275	59,14%
Total Geral	465	100,00%

De acordo com a Tabela 7.1, tomando-se como base o universo dos respondentes, 40,86% são do sexo feminino, o que representa, em números absolutos, 190. Portanto, entendeu-se como razoável aplicar, para as duas primeiras turmas do primeiro módulo da trilha de programação (total de 120 alunos), a paridade de sexos, 50% de pessoas do sexo feminino e 50% do sexo masculino, o que representou um total de 60 mulheres de um universo de 120. Tal paridade se constitui em uma ação afirmativa e de incentivo à maior participação de mulheres em projetos de tecnologia e reflete mais apropriadamente a demografia brasileira, já que, segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD) de 2019, o número de mulheres no Brasil é superior ao de homens. A população brasileira é composta por 48,2% de homens e 51,8% de mulheres.

Tabela 7.2. Quantitativos da pergunta "Município de residência".

MUNICÍPIO	QUANTIDADE	%
Abaetetuba	5	1,08%
Altamira	2	0,43%
Ananindeua	32	6,88%
Augusto Corrêa	1	0,22%
Baião	2	0,43%
Barcarena	3	0,65%
Belém	71	15,27%
Benevides	2	0,43%
Bragança	12	2,58%
Breves	5	1,08%
Cametá	2	0,43%
Canaã dos Carajás	222	47,74%
Capanema	2	0,43%
Capitão Poço	1	0,22%
Castanhal	6	1,29%
Conceição do Araguaia	7	1,51%
Igarapé-Miri	1	0,22%
Irituia	1	0,22%
Itaituba	9	1,94%
Marabá	6	1,29%
Marituba	4	0,86%
Outro	14	3,01%
Paraquominas	8	1,72%
Parauapebas	20	4,30%
Redenção	2	0,43%
Santa Izabel do Pará	3	0,65%
Santarém	3	0,65%
Santo Antônio do Tauá	1	0,22%
São Geraldo do Araguaia	2	0,43%
São João da Ponta	1	0,22%
São Miguel do Guamá	1	0,22%

Senador José Porfírio	1	0,22%
Soure	1	0,22%
Tailândia	1	0,22%
Tracuateua	3	0,65%
Trairão	1	0,22%
Tucuruí	7	1,51%
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>465</b>	<b>100,00%</b>

Como esta ação de capacitação faz parte do projeto fruto do convênio entre PMCC e a UFPA, e que possui, entre outros, o objetivo de formar recursos humanos para atuar nos desdobramentos advindos de ações do projeto, é natural que seja dada prioridade àqueles que são residentes no município, sem excluir, entretanto, os residentes na mesorregião do Sudeste paraense e, em uma menor proporção, os domiciliados nos demais municípios do estado do Pará.

A grande maioria dos respondentes reside em Canaã dos Carajás (47,74%, ou seja, 222 pessoas), como apresentado na Tabela 7.2, o que vai ao encontro do objetivo de qualificar a população do município para participar das ações que serão fomentadas pelo projeto, assim como de seus desdobramentos. Diante disso, optou-se pela composição das turmas sendo formadas por 60% de pessoas residentes no município, 30% para aqueles que residem na mesorregião do Sudeste do Pará e 10% para os demais municípios do Estado.

Tabela 7.3. Quantitativos da pergunta "Qual o seu nível de renda familiar?".

RENDA FAMILIAR	QUANTIDADE	%
Até 1 salário mínimo	177	38,06%
De 2 a 3 salários mínimos	165	35,48%
De 3 a 4 salários mínimos	45	9,68%
De 4 a 5 salários mínimos	31	6,67%
Maior que 5 salários mínimos	47	10,11%
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>465</b>	<b>100,00%</b>

Na medida dos recursos disponíveis no projeto e da possibilidade de formação de recursos humanos em máxima escala possível, obteve-se uma parcela significativa dos participantes das capacitações de pessoas de baixa renda, as quais, via de regra, não teriam acesso a esse tipo de formação se não fosse ofertada de maneira gratuita à sociedade. Considerando a quantidade de respondentes que se estavam na faixa de renda considerada baixa renda, que no levantamento realizado totalizaram 342 respondentes (Tabela 7.3), ou seja, 74% do total, as turmas adotando parâmetro de 50% de pessoas com até 3 salários-mínimos de renda familiar foram fundamentalmente inclusivas e guarda estreita relação com as realidades municipal, regional e estadual.

Vale ressaltar que os cursos foram pensados e planejados para ocorrerem na modalidade presencial e, por conta do agravamento da pandemia de COVID-19 no Estado do Pará em momentos diferentes ao longo da vigência do projeto, tornou impraticável a adoção desta modalidade. Esse fato obrigou a equipe de formação a repensar os cursos, adaptando-os para o formato totalmente não presencial, o que implicou um atraso significativo no início do primeiro curso.

O curso de Introdução à Programação em Linguagem Python foi oferecido com duas turmas de 60 alunos, tendo a primeira ocorrido no mês de março de 2021. A segunda turma possuiu um diferencial, que foi o de garantir infraestrutura de acesso ao curso, por meio da utilização de laboratórios de informática, disponibilizados pela Secretaria Municipal de Educação do Município de Canaã dos Carajás, para aquelas pessoas que declararam não dispor de condições para participar do curso em seu domicílio.

Por conta do agravamento da pandemia no Estado do Pará, em momentos diferentes, com a consequente mudança no bandeiramento, a segunda turma, planejada para o início do mês de abril de 2021, foi adiada para o dia 26 de abril de 2021. Fato que gerou mais atraso no cronograma dos cursos.

Posteriormente, foram ofertadas duas turmas, de 60 alunos, para o curso de Introdução à IA Aplicada em Visão Computacional, nos meses de janeiro e março de 2022, na modalidade não presencial, em parceria com a USP/São Carlos.

Como resultado da formação dos cursos supracitados, obteve-se o total de 68% de alunos concluintes para a primeira turma de Introdução à Programação em Linguagem Python (turma 01 com 28 formados e 41 inscritos), 40% para segunda turma (turma 02 com 8 formados e 20 inscritos), já para o curso de Introdução à IA Aplicada em Visão Computacional, a primeira turma teve 80% de concluintes (turma 01 com 16 formados e 20 inscritos) e a segunda turma, 69% (turma 02 com 9 formados e 13 inscritos). É importante salientar que todos os certificados foram emitidos pela Faculdade de Computação e Telecomunicações da Universidade Federal do Pará (FCT/UFPA).

De acordo com a percepção dos resultados, percebeu-se um baixo engajamento dos inscritos no que se refere à conclusão do curso, podendo este ser um reflexo da falta de infraestrutura dos inscritos para acompanhar as aulas. Outro ponto a ser registrado, a falta de atenção ao cumprimento das normas básicas de inscrição estabelecidas nos editais, que causou a desclassificação de candidatos e o não preenchimento total das vagas ofertadas, apesar do auxílio presencial da equipe da SEMED.

Em 2019, a equipe do projeto participou da FENECAN 2019, demonstrando algumas aplicações que estão inseridas em uma cidade inteligente e suas aplicabilidades, além de esclarecer dúvidas relacionadas aos primeiros projetos esperados para a cidade de Canaã dos Carajás em parceria com a Prefeitura local e a UFPA. O estande contou com infraestrutura dedicada para as palestras e as devidas demonstrações. Dentre as demonstrações destacam-se a demonstração de voo com drones, funcionamento, características e onde podem ser aplicados; demonstração de uma técnica de *deep learning* para detecção de padrão e reconhecimento facial em tempo real; demonstração do uso de realidade virtual.

Adicionalmente, a equipe de formação também foi responsável pelos eventos “1º *Workshop Smart City Canaã dos Carajás*”, ocorrido nos dias 04 e 05 de novembro de 2020, por meio de plataformas digitais, a Semana Tecnológica, realizada nos dias 23 e 24 de novembro de 2021 em Canaã dos Carajás, e “*Smart City Canaã dos Carajás - A cidade do futuro começa hoje*”, realizado no dia 01 de dezembro de 2022 no Canaã Esporte Clube.

O 1º *Workshop Smart City Canaã dos Carajás*, realizado em novembro de 2020, foi totalmente não presencial, devido à pandemia. A plataforma utilizada para a transmissão foi o YouTube, via o canal da UNIFESSPA e ICMC TV da USP; posteriormente, as palestras foram disponibilizadas no canal do projeto. Abaixo estão listadas as palestras e os respectivos links.

- Apresentação do projeto *Smart City Canaã dos Carajás* - Prof. Dr. Renato Francês (UFPA) - Coordenador do Projeto (<https://youtu.be/qvZck2ZjWu8>);
- Apresentação do projeto IARA - Prof. Dr. André Carvalho (USP) (<https://youtu.be/KT2US4Lrzt4>);
- Palavra da Intel, Ericsson, FCA, Splice e Vale ([https://youtu.be/CCe9ePq5\\_uU](https://youtu.be/CCe9ePq5_uU));
- Apresentação das primeiras aplicações em Canaã dos Carajás - Prof. Dr. Aldebaro Kloutau (UFPA) (<https://youtu.be/yqCyF3fZGvs>);
- Painel 1: O papel da sociedade no processo de definição das prioridades da cidade (<https://youtu.be/bu94cGLxDEC>);
- Painel 2: O papel das IFES que atuam na região na construção coletiva do projeto - Reitores da Unifesspa e do IFPA e vice-Reitor UFPA - mediador Prof. Dr. João Crisóstomo W. A. Costa (UFPA) (<https://youtu.be/M5WlivnoN34>);
- Encerramento: Apresentação do “ONovoLab” (<https://youtu.be/MIITVz2VbA>)

Na Semana Tecnológica, realizada em novembro de 2021, foram apresentadas provas de conceito (PoC) de alguns sistemas utilizados como soluções para o desafio de tornar Canaã dos Carajás uma cidade inteligente. Este evento contou com a participação do, então, Secretário Nacional de Empreendedorismo e Inovação do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), Paulo César Rezende de Carvalho Alvim, do Prof. Dr. Francisco Ribeiro da Costa - Reitor da UNIFESSPA e do Prof. Dr. Cláudio Alex Jorge da Rocha - Reitor do IFPA. As palestras estão listadas abaixo:

- Projeto *Smart City Canaã dos Carajás* - Prof. Dr. Carlos Renato Lisboa Francês (UFPA) Coordenador Geral;
- Projeto IARA - Prof. Dr. André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho (USP);
- Infraestrutura para a Cidade Inteligente de Canaã dos Carajás - Prof. Dr. Hugo Kuribayashi (UNIFESSPA);
- Conecta Canaã - Dra. Marcela Alves - Analista de TI (UNIFESSPA);
- PoC no Eixo Temático Saúde - Prof. Dr. Marcelino Silva da Silva (UFOPA);
- PoC no Eixo Temático Educação - Profa. Dra. Evelin Cardoso (UFRA);
- PoC no Eixo Temático Visão Computacional - Profa. Dra. Jasmine de Araújo (UFPA).

O evento “*Smart City Canaã dos Carajás - A cidade do futuro começa hoje*”, realizado em dezembro de 2022, teve como objetivo apresentar os resultados obtidos e as próximas etapas do projeto. Houve participações virtuais do, então, Ministro de Ciência, Tecnologia e Inovações, Sr. Paulo César Rezende de Carvalho Alvim, do Diretor do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da USP (ICMC/USP), Prof. Dr. André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho e da Sra. Gislaíne Silva - Especialista em Parceria com Universidades Stellantis. A seguir, são listados os produtos apresentados:

- Conecta Canaã - Dra. Marcela Alves - Analista de TI (UNIFESSPA)
- Eixo temático Saúde: Aplicação Inteligente de Saúde: Monitoramento Remoto de Pacientes - Prof. Dr. Marcelino Silva da Silva (UFOPA)
- Eixo Temático Educação: Reconhecimento automático de estudantes e monitoramento de trajetos - Profa. Dra. Jasmine de Araújo (UFPA)
- Eixo Temático Educação: Detecção automática de emoções para auxílio no diagnóstico precoce do autismo - Profa. Dra. Jasmine de Araújo (UFPA)
- Eixo Temático Visão Computacional: Aplicação de técnicas de visão computacional para detecção automática de lixo em ambiente urbano - Profa. Dra. Jasmine de Araújo (UFPA)
- Eixo Temático Infraestrutura: Data Center - Prof. Dr. Hugo Kuribayashi (UNIFESSPA)

Com o objetivo de preparar a equipe da PMCC para a utilização do aplicativo Conecta Canaã, foram realizados treinamentos, pela equipe de desenvolvimento da ferramenta, para servidores da Secretaria Municipal de Obras, entre os meses de julho e setembro de 2022. O treinamento foi focado nesta secretaria pelo fato das ocorrências, que podem ser abertas no aplicativo, estarem relacionadas diretamente a esta pasta, por exemplo: relatar problemas na iluminação pública ou buracos em vias da cidade.

## 8 . CIDADE INTELIGENTE DE CANAÃ DOS CARAJÁS E O CENTRO DE PESQUISA APLICADA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL IARA - GANHOS, AÇÕES ADICIONAIS E VALOR AGREGADO AOS RESULTADOS ESPERADOS ORIGINAIS

O projeto teve desdobramentos e resultados além dos esperados. A partir de ações extras, que não constavam na proposta e contrato iniciais, o projeto contabilizou ganhos e resultados que agregaram valor aos entregáveis colimados originalmente. Nos próximos parágrafos, são descritos alguns destes resultados extras, iniciando-se pela formatação e criação da Rede IARA.

### 8 . 1 . A REDE IARA E SUA GÊNESE EM CANAÃ DOS CARAJÁS

Em 2019 iniciaram-se as tratativas entre a equipe da PMCC e a equipe da UFPA, para tornar Canaã dos Carajás uma cidade inteligente. Esses esforços resultaram em um primeiro convênio com o objetivo de realizar um estudo para implantação de uma *Smart City* e de um Polo de Desenvolvimento Tecnológico em Canaã dos Carajás. A equipe da UFPA, coordenada pelo professor Renato Francês do Instituto de Tecnologia, por sua vez, convidou a equipe da USP para colaborar no desenvolvimento de ferramentas tecnológicas que melhorem a qualidade de vida de seus cidadãos, adotando os princípios que definem as cidades inteligentes. A equipe da USP é coordenada pelo professor André de Carvalho, do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação.

O trabalho desenvolvido junto à cidade de Canaã dos Carajás motivou a formação de uma rede nacional com alguns dos principais grupos de pesquisa em Inteligência Artificial, Internet das Coisas e Telecomunicações do país.

Em 2020, a chamada da FAPESP em parceria com o MCTI e com o Comitê Gestor da Internet no Brasil - CGI.br, para fomentar a criação de até 08 (oito) Centros de Pesquisas Aplicadas - CPA em IA no Brasil apresentava 04 (quatro) possíveis áreas temáticas: Saúde, Agricultura, Indústria e Cidades Inteligentes. A chamada tinha por objetivo fomentar o desenvolvimento de pesquisas científicas, tecnológicas e de inovação, aplicadas e orientadas à resolução de problemas com IA, por um período de 5 anos, podendo ser renovados por mais 5 anos, totalizando até 10 anos, de acordo com os resultados mensurados.

O trabalho iniciado com a cidade de Canaã dos Carajás foi o catalisador para a preparação de uma

proposta no tema de Cidades Inteligentes. A preparação da proposta reuniu pesquisadores de várias áreas das ciências exatas, engenharias, humanas e da saúde, empresas, agências de fomento e prefeituras, que contribuíram para a preparação e submissão de um projeto para a criação de um centro nacional de IA para Cidades Inteligentes que abrangesse todas as regiões do país: a rede Inteligência Artificial Recriando Ambientes - IARA. A proposta do CPA-IA IARA, que se tornou a de uma rede de centros, também contou com a participação de uma grande rede de colaborações internacionais, com várias universidades e centros de pesquisa do exterior.

No dia 04 de maio de 2021, o MCTI, o CGI.BR e a FAPESP divulgaram o resultado da chamada de propostas Fapesp - MCTI - CGI.BR para Centros de Pesquisas Aplicadas em IA. Uma das 06 (seis) propostas aprovadas foi o CPA-01A IARA para Cidades Inteligentes. Um artigo sobre o anúncio pode ser encontrado em <https://www.icmc.usp.br/noticias/5321-usp-sediara-centro-de-pesquisa-em-inteligencia-artificial-sobre-cidades-inteligentes>.

As ações realizadas junto à cidade de Canaã dos Carajás foram muito importantes para definir as ações previstas e para a escrita da proposta para o referido Edital, bem como para a escolha da área temática para a submissão da proposta: Cidades Inteligentes. Assim, embora não previsto quando foi iniciado o projeto com Canaã dos Carajás, seus desafios e potenciais benefícios foram um dos principais motivadores para a submissão da proposta à chamada para CPA-IA. O projeto da *Smart City* Canaã dos Carajás foi a gênese da rede IARA. Atualmente, as atividades desenvolvidas e em desenvolvimento em Canaã dos Carajás compõem algumas das principais atividades realizadas no CPA-IA IARA.

E assim nasceu a rede de pesquisa aplicada em IA para Cidades Inteligentes IARA, para prover soluções baseadas em IA para transformar cidades em cidades inteligentes, bem como para reforçar cidades que já possuem iniciativas para torná-las cidades inteligentes, ou ainda mais inteligentes. A rede entende que uma cidade inteligente, além de incorporar tecnologias tais como IA, segue os 17 (dezessete) objetivos de desenvolvimento sustentável - ODS da Organização das Nações Unidas - ONU [2] e é inclusiva e igualitária, beneficiando toda a população. Para isso, a rede se propõe a transformar não apenas cidades, mas também ambientes urbanos e rurais, em locais onde serviços são disponibilizados de forma eficiente e eficaz.

Vale ressaltar que a rede IARA foi criada com o compromisso de desenvolver e utilizar algoritmos e técnicas de IA de forma socialmente responsável, respeitando a privacidade e incentivando a criação de modelos inteligentes que sejam éticos, justos e transparentes, evitando produtos que apresentem vieses preconceituosos.

Para a realização de suas atividades para fazer de Canaã dos Carajás uma cidade inteligente, a rede IARA definiu ações prioritárias tanto para o desenvolvimento de versões iniciais de soluções, como para a formação de recursos humanos, provendo cursos de capacitação em temas importantes para o desenvolvimento de novas soluções e apoiar a criação de *startups* locais. O projeto em desenvolvimento na cidade de Canaã dos Carajás servirá como modelo para outras iniciativas da rede IARA. Até o momento, a rede conta com carta de intenção das cidades de Niterói, Recife, Sorocaba, São José dos Campos, Guarapuava, Monteiro Lobato e Fortaleza.

A rede IARA inclui pesquisadores de cerca de 50 instituições do país e do exterior que atuam em temas relacionados a cidades inteligentes. Estes pesquisadores têm como desafio o desenvolvimento de ferramentas e tecnologias inovadoras que, utilizando pesquisa de ponta em IA, Telecomunicação e Internet das Coisas, sirvam de base para novas soluções computacionais e contribuam para o avanço científico, de qualidade internacional, nestas três áreas. Com isso, a rede pretende se tornar um dos principais centros

mundiais de pesquisa aplicada de IA para cidades inteligentes.

A rede conta ainda com o apoio de importantes empresas, como Stellantis (resultado da união dos grupos Fiat Chrysler Automóveis, FCA, e PSA Peugeot Citroën), TIM Brasil (subsidiária brasileira da Telecom Itália), Grupo Splice, da subsidiária nacional da empresa de telecomunicações Ericsson, do empreendimento paranaense Cilla Tech Park, da multinacional americana de tecnologia de processadores Intel, do grupo Jacto, empresa brasileira com operações em cinco continentes.

A rede IARA deve trazer importantes impactos positivos para a qualidade de vida em Canaã dos Carajás e em outras cidades brasileiras. Dentre os impactos esperados da rede IARA em suas cidades alvo, incluindo Canaã dos Carajás, destacam-se:

- a) Melhoria nos indicadores de qualidade de vida da população de ambientes urbanos participantes da Rede. Para isso, serão analisados indicadores propostos no Brasil e no exterior
- b) Geração de startups e integração de empresas de diferentes setores de atividades para prover, de forma colaborativa, soluções de IA para melhoria da qualidade de vida em ambientes urbanos
- c) Estímulo a cooperações científicas, tecnológicas e de inovação entre profissionais da rede, aumentando, em escala e qualidade, a oferta de soluções e a formação de recursos humanos no tema de IA para cidades inteligentes.

O comitê executivo e as coordenações da rede IARA são formados por André de Carvalho, da USP (Diretor); Gislaíne Silva, da Stellantis (Vice-diretora); Fabiano Prado Marques, do Centro Universitário Facens (Coordenador de Educação e Difusão do Conhecimento); Danilo Ângelo, do Instituto Eldorado (Coordenador de Transferência de Tecnologia); Nandamudi Lankalapalli Vijaykumar, da Unifesp e do INPE (Coordenador de Relações Internacionais); Renato Francês, da UFPA (Coordenador de Relações Nacionais); Aldebaro Klautau, da UFPA (Coordenador de Inovação); Marcelo Sejalto, da UFES (Coordenador de Soluções de IoT para Cidades Inteligentes) e Acioly Cancellier, do INPE (Coordenador de Relações Institucionais). Ressalta-se, portanto, que três pesquisadores do comitê executivo da rede IARA fazem parte da equipe do projeto de Canaã dos Carajás: André de Carvalho, da USP (Diretor); Renato Francês, da UFPA (Coordenador de Relações Nacionais); e Aldebaro Klautau, da UFPA (Coordenador de Inovação).

## 8.2. GANHOS, AÇÕES ADICIONAIS E VALOR AGREGADO AOS RESULTADOS ESPERADOS ORIGINAIS

Nos parágrafos a seguir são descritas outras ações, além da Rede IARA, que agregaram valor ao projeto e que se consolidaram a partir da proatividade de sua equipe de pesquisadores.

### 8.2.1. A INFRAESTRUTURA 5G ABDI

Um exemplo concreto de resultado positivo decorrente do posicionamento de Canaã dos Carajás na vanguarda das ações, em prol de cidades inteligentes no Brasil, é a instalação na cidade de equipamentos 5G doados no âmbito do projeto Conecta 5G da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). O acordo de cooperação técnica assinado entre a PMCC e a ABDI, de 09 de novembro de 2022, encontra-se no Anexo K - ACT nº 012-2022 assinado.

Os equipamentos incluem uma luminária pública inteligente com antena 5G, a qual pode fomentar

novos modelos de negócios pautados em conectividade. Mais especificamente, a Cidade de Canaã dos Carajás, receberá 5 luminárias com câmeras e Wi-fi e duas destas luminárias terão reconhecimento facial. Para este conjunto de 5 luminárias deverá chegar um par de fibra monomodo. Além destas 5 luminárias também terá uma luminária que deve ficar no centro da instalação pois é nela que precisam chegar dois pares de fibra óptica para a transmissão do sinal 5G.

O Conecta 5G é um projeto da ABDI em parceria com o Parque São José dos Campos, e apoio do Ministério das Comunicações e da Agência Nacional de Telecomunicações - Anatel. A luminária foi desenvolvida pelas empresas Nokia e Juganu, usando chipset 5G da Qualcomm. Junto com cidades como Curitiba, Canaã dos Carajás estará no seleto grupo de cidades brasileiras a avaliar como as prefeituras podem se beneficiar da tecnologia 5G operada em redes privadas. Essa e outras ações decorrentes da inserção de Canaã dos Carajás em redes como a IARA, tornarão a cidade melhor preparada para alcançar as metas de uma cidade inteligente já mencionadas.

### 8.2.2. A CAPTAÇÃO DE RECURSOS NO EDITAL STARTUPS DA SECTET

Outro exemplo de ação extra que agregou valor ao projeto foi a aprovação no Edital 010/2022 do Governo do Estado do Pará, por intermédio da Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Educação Superior, Profissional e Tecnológica - SECTET - teve seu foco na seleção de propostas de parceiros operacionais municipais para apoio à criação de empreendimentos inovadores capazes de contribuir em setores com potencialidades para a aceleração do desenvolvimento sustentável do Estado do Pará.

Ao todo, foram aceitas 12 propostas, conforme Anexo L - SECTET Edital 010-2022 Resultado Final, incluindo a proposta intitulada "Mina do Futuro: implantação do berçário de startups destinadas ao desenvolvimento de aplicações inteligentes para a Smart City Canaã dos Carajás", que conta com incentivo de R\$1.000.000,00 (da SECTET) e mais R\$1.000.000,00 de contrapartida da PMCC, totalizando um investimento de R\$2.000.000,00 para ações de fomento à projetos inovadores de empreendedorismo individual e/ou coletivo (berçário de startups) que venham contribuir para o desenvolvimento e implantação de aplicações inteligentes para o município de Canaã dos Carajás. O Roteiro de Projeto e o Plano de Trabalho podem ser encontrados no Anexo M - SECTET Edital 010-2022 Roteiro Plano Trabalho Projeto.

O projeto prevê a (i) implementação de um berçário de startups para o Município de Canaã dos Carajás; (ii) uma chamada pública para a geração e desenvolvimento de negócios inovadores para o Município de Canaã dos Carajás; (iii) implantação de equipe técnica capacitada e destinada à sustentação da gestão berçário de startups para o Município de Canaã dos Carajás; (iv) desenvolvimento de instrumentos formais de planejamento, acompanhamento e governança voltados à implantação, gestão e funcionamento do berçário de startups e empresas/startup incubadas junto à PMCC; e o (v) Desenvolvimento de um ecossistema de inovação regional local, por meio ações do Centro de Pesquisa Aplicada em IA (CPA-IARA).

A assinatura do convênio está prevista para fevereiro de 2023. Com esta ação, a PMCC busca fomentar e criar novas oportunidades de negócios e o alinhamento dos projetos com os editais para startups, incentivando a contratação e fixação de capital humano especializado em Canaã dos Carajás.

### 8.2.3. A CESSÃO DE VEÍCULO STELLANTIS PARA CANAÃ DOS CARAJÁS

Para o desenvolvimento de soluções inteligentes para mobilidade urbana, qualidade do ar e segurança pública, cidade de Canaã dos Carajás, está recebendo do grupo Stellantis, em

regime de comodato, um jeep Renegade Connect, modelo 2021, que vem de fábrica com conexão 4G, para ser utilizado como um veículo portador de sensores móveis (<https://namidia.fapesp.br/canaa-vai-receber-carro-tecnologico-da-stellantis-para-acoes-da-smart-city/385808>).

O correspondente convênio está listado no Anexo N - Convênio Stellantis USP UFPA e foi assinado pela Universidade Federal do Pará (UFPA); FCA Fiat Chrysler Automóveis Brasil Ltda, doravante denominada Stellantis e Universidade de São Paulo (USP). O mesmo prevê a organização e execução da implantação e gestão de uma plataforma de cidades inteligentes baseada em Internet das Coisas (IoT) e dados obtidos a partir de sensores instalados em veículos da Stellantis para o Município de Canaã dos Carajás. O mesmo foi publicado no Diário Oficial da União em 20 de maio de 2022, como indica o Anexo O - DOU Convênio Stellantis USP UFPA.

Pela inovação associada, esta ação já foi agraciada com o Prêmio Automotive Business 2022, iniciativa da Automotive Business, na categoria Cidades Inteligentes (<http://www.saocarlos.usp.br/parceiro-da-rede-iara-vence-premio-automotive-business-2022/>). A cerimônia de entrega aconteceu em 08 de setembro de 2022, no São Paulo Expo, o qual recebeu 3 mil pessoas ao longo do evento.

Este prêmio reconhece empresas, projetos e pessoas que se destacaram por entregar um novo valor ao setor automotivo e de mobilidade. A Stellantis apresentou a seguinte motivação: "A Stellantis, em parceria com o Centro IARA (USP-SP), UFPA e a Smart City Canaã dos Carajás, está desenvolvendo uma plataforma de soluções em Inteligência Artificial e Internet das Coisas para serem aplicadas nas cidades. A Stellantis pretende com esta parceria propor e aplicar iniciativas em smart mobility com foco em mobilidade, segurança e meio ambiente, suportando o poder público e beneficiando a sociedade. Uma destas aplicações é um veículo Stellantis conectado e equipado com sensores e câmeras dedicados a mapear e reportar de forma autônoma situações recorrentes em ambientes urbanos, tais como veículos estacionados em locais proibidos, condições estruturais, como buracos e pontos de alagamento. Também será possível, por exemplo, monitorar a qualidade do ar, detectando possíveis focos de poluição e contribuindo para uma cidade saudável para todos. Todas as informações são registradas e enviadas a um centro de processamento para auxiliar o poder público na solução imediata dos problemas detectados. O primeiro veículo já está em fase de preparação para ser utilizado na cidade inteligente de Canaã dos Carajás, no estado do Pará".

Por fim, neste documento foram destacadas a Rede IARA, infraestrutura 5G ABDI, captação de recursos no Edital Startups da SECTET e cessão de veículo por parte da Stellantis para Canaã dos Carajás. Registra-se que há ainda outras ações extras e que agregam valor a este projeto, como a potencial colaboração com a Intel para integração de ferramentas desta empresa em Canaã dos Carajás, e a eventual atuação da operadora TIM. A rede IARA está discutindo com a TIM possíveis experimentos de IoT para cidades inteligentes utilizando sua infraestrutura em Canaã dos Carajás, os quais também viriam a agregar valor ao projeto.

## 9 . CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste relatório foram descritas as ações desenvolvidas no contexto do Convênio 02/2020 entre a PMCC, a FADESP e a UFPA, que ocorreram durante os anos de 2020 a 2022. O Plano de Trabalho do Convênio estabeleceu que as ações a serem desenvolvidas fossem executadas em 12 meses. A execução do projeto foi fortemente impactada pela pandemia da COVID-19, o que impossibilitou reuniões e experimentos presenciais da equipe executora e da gestão municipal, fundamental para definição conjunta das metas e para obtenção dos entregáveis. Durante a execução foram apresentadas novas demandas para formação e treinamento de pessoal e, ainda, novas funcionalidades para os aplicativos. Esse ajuste à ampliação de ações resultou na assinatura de dois termos aditivos, nos quais foram repactuados metas e tempo de projeto, sem impactos orçamentários. O primeiro termo aditivo foi publicado no Diário Oficial dos Municípios do Estado do Pará, em 04 de agosto de 2021, e o segundo termo aditivo publicado no Diário Oficial dos Municípios do Estado do Pará, em 05 de julho de 2022.

Neste sentido, este relatório apresenta os resultados obtidos no contexto da repactuação realizada no segundo termo aditivo (anteriormente citado). Demonstra-se no Relatório e seus Anexos que todos os objetivos do Convênio 02/2020 foram alcançados, assim como também foram alcançados relevantes resultados não previstos originalmente e que atribuíram um ganho extraordinário ao projeto, às Universidades e à PMCC. As demandas planejadas foram implementadas, resultando em: 5 (cinco) aplicativos inovadores para uso da população; na implantação de sistemas computacionais de alto desempenho para suporte aos aplicativos e apoio aos serviços de governança; na definição de políticas para implantação de um sistema de inovação no município; no treinamento e capacitação de recursos humanos, por meio da oferta de cursos; e, ainda, com importantes transbordamentos ao conjunto de resultados proposto na versão original, como a inserção do Município de Canaã dos Carajás, como cidade inteligente, em uma das ações estratégicas para implantação de um Centro de Competências em IA. Com isso, tanto a PMCC quanto a sociedade do município de Canaã dos Carajás estão usufruindo, em plenitude, dos resultados oferecidos pelo projeto em questão.

Como principais resultados se destacam todo o conjunto de *hardware* planejado, adquirido e instalado na gestão de telecomunicações de Canaã dos Carajás, composto por Micro Data Center, solução de Hiper Convergência, Firewall tipo *Next generation* e Switch SFP, bem como o modelo de gestão de toda a infraestrutura e capacitação de pessoal da prefeitura e modelos de gestão, segurança e de serviços. Vale ressaltar ainda, os sistemas e protótipos desenvolvidos, dentre eles destacam-se: o Conecta Canaã, a Aplicação Inteligente de Saúde: Monitoramento Remoto de Pacientes, a Aplicação Inteligente de Educação - Reconhecimento e Classificação de Emoções de Estudantes em Sala de Aula, a Aplicação Inteligente de Segurança - Sistema Inteligente de Reconhecimento Automático de Estudantes de Escolas Públicas no Uso de Ônibus Escolar, além do Demo-Piloto de Aplicação de visão Computacional - Detecção de Lixo.

Ainda, como produto deste projeto, foram desenvolvidas ações que buscam prover, em Canaã dos Carajás, um conjunto de políticas para implantação de *startups*, e para isso, relatórios de foram levantadas as características desejáveis para as instalações do berçário de *startups* de Canaã dos Carajás, com orientações sobre a governança mais apropriada. Além de um conjunto de capacitações que foram ofertadas,



a distância e presencialmente, de modo a formar recursos humanos que atuarão nos desdobramentos advindo das ações deste projeto, focando, principalmente, nos residentes na mesorregião do Sudeste paraense, contudo, sem excluir as regiões próximas.

Por fim, foram realizadas um conjunto de ações que transbordam os objetivos deste projeto e que impactarão o futuro do Município, como a inserção de Canaã dos Carajás na rede IARA, que fomenta o desenvolvimento de pesquisas científicas, tecnológicas e de inovação, aplicadas e orientadas à resolução de problemas com IA e inclui pesquisadores de cerca de 50 instituições do país e do exterior que atuam em temas relacionados a cidades inteligentes. Como fruto desta inclusão, obteve-se a inserção de Canaã dos Carajás no grupo de cidades brasileiras a avaliar como as prefeituras podem se beneficiar da tecnologia 5G operada em redes privadas. Como por exemplo, a instalação de equipamentos 5G doados no âmbito do projeto Conecta 5G da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Os equipamentos incluem uma luminária pública inteligente com antena 5G, a qual pode fomentar novos modelos de negócios pautados em conectividade, bem como rádios 5G e 802.11. Ainda nesse contexto, um veículo da Stellantis equipado com sensores e conexão com rede celular será usado no município para testes de implantação de soluções para cidades inteligentes. Ainda como ações de transbordamento deste projeto, destaca-se a aprovação no Edital 010/2022 do Governo do Estado do Pará, por intermédio da Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Educação Superior, Profissional e Tecnológica - SECTET - que teve seu foco na seleção de propostas de parceiros operacionais municipais para apoio à criação de empreendimentos inovadores capazes de contribuir em setores com potencialidades para a aceleração do desenvolvimento sustentável do Estado do Pará. A proposta intitulada "Mina do Futuro: implantação do berçário de startups destinadas ao desenvolvimento de aplicações inteligentes para a Smart City Canaã dos Carajás", conta com incentivo de R\$1.000.000,00 (da SECTET) e mais R\$1.000.000,00 de contrapartida da PMCC, para ações de fomento a projetos inovadores de empreendedorismo individual e/ou coletivo (berçário de startups) que venham contribuir para o desenvolvimento e implantação de aplicações inteligentes para o município de Canaã dos Carajás.

Todas as ações referidas neste Relatório levaram Canaã dos Carajás a ter uma projeção nacional a ponto de tornar-se uma das principais referências em eventos realizados pelo país, assim como ser capaz de atrair para seus eventos internos, relativos ao tema de cidades inteligentes, autoridades e pesquisadores renomados. Podem ser citados como exemplos de participação em eventos nacionais:

- 1º Encontro Estadual de Agentes Políticos para Inovação na Construção de Cidades Inteligentes (Sorocaba-SP, 25/05/2022), no qual a Prefeita Josemira Gadelha foi a convidada de honra;
  - <https://www.canaadascarajas.pa.gov.br/novo/prefeita-e-convidada-de-honra-para-forum-de-agentes-politicos-para-inovacao-em-sp/>
- Visita Técnica da Equipe de Canaã dos Carajás ao Smart Campus Facens, em Sorocaba, visando à consolidação de parcerias:
  - <https://smartcampus.facens.br/tag/canaa-dos-carajas/>
- Reunião na USP (São Carlos-SP, 23/05/2022), com a coordenação da Rede IARA para alinhar os avanços em parceria para cidades inteligentes
  - <https://cemeai.icmc.usp.br/reuniao-no-cemeai-marca-avancos-em-parceria-para-cidades-inteligentes/>
- Reunião com o staff da Stellantis (Betim-MG, em 27/05/2022) visando à integração de iniciativas

para a criação de ambientes urbanos inteligentes com tecnologias aplicadas à mobilidade inteligente e sustentável.

- <https://www.oberje.com.br/stellantis-recebe-integrantes-do-projeto-smart-city-canaa-dos-carajas-e-consorcio-centro-iara/>

Já em seus dois maiores eventos internos realizados, sempre houve a participação de autoridades e instituições relevantes para o país, merecendo destaque:

- **"Semana Tecnológica", de 23 a 24/11/2021, com a participação de:**
  - o Sr. Paulo Alvin - Secretário de Empreendedorismo e Inovação do MCTI
  - o Sr. José Leôncio Siqueira - Diretor DETEC/SECTET
  - o Prof. Dr. André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho - Coordenador do Projeto IARA
  - o Prof. Dr. Francisco Ribeiro da Costa - Reitor da UNIFESSPA
  - o Prof. Dr. Alex Jorge da Rocha - Reitor do IFPA
- **"Smart City Canaã dos Carajás - A cidade do futuro começa hoje", realizado no dia 01/12/2022:**
  - o Sr. Paulo Alvin - Ministro do MCTI
  - o Sra. Josemira Gadelha - Prefeita de Canaã dos Carajás
  - o Sra. Daiane Oliveira - Secretária SEMSA
  - o Sra. Roselma Milani - Secretária da SEMED
  - o Prof. Dr. Francisco Ribeiro da Costa - Reitor da UNIFESSPA
  - o Profa. Vanessa dos Santos Moura Moreno - Diretora Geral do IFPA Campus Parauapebas - representando o Prof. Dr. Alex Jorge da Rocha - Reitor do IFPA
  - o Prof. Dr. André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho - Diretor do ICMC/USP e Coordenador do Projeto IARA
  - o Sra. Gislaíne Silva - Especialista em Parceria com Universidades Stellantis

À luz de todo o exposto ao longo deste Relatório, é mister ressaltar que a atuação da equipe de pesquisadores e a sinergia com a equipe da PMCC elevaram Canaã dos Carajás a um nível de reconhecimento nacional que transcende não somente os resultados esperados e o objeto propostos no Convênio 02/2020. A execução do projeto não só adicionou recursos e infraestruturas ao município, mas também trouxe incontáveis perspectivas futuras para Canaã como um vetor de liderança regional em se tratando de ecossistemas de inovação tecnológica e utilização de inteligência artificial em ambientes de cidades inteligentes.

Para obter os códigos-fonte de todas as aplicações desenvolvidas, as instruções para configuração do ambiente de desenvolvimento e teste das aplicações, a documentação de software que faz parte da arquitetura de cada aplicação, favor acessar: <https://gitlabsmartcitycanaadascarajas.com.br/>.

## 10 . REFERÊNCIAS

SCRUM, 2023. Welcome to the Home of Scrum!, 2023. Disponível em: <https://www.scrum.org/>. Acesso em: 22, janeiro e 2023.

ARROUB, Ayoub et al. A literature review on Smart Cities: Paradigms, opportunities and open problems. In: 2016 International conference on wireless networks and mobile communications (WINCOM). IEEE, 2016. p. 180-186.

AYRES, A. Jean. Sensory integration and learning disorders. Western Psychological Services, 1972.

CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. Smart cities in Europe. In: Smart cities. Routledge, 2013. p. 185-207.

DA FONSECA, Vitor. Desenvolvimento psicomotor e aprendizagem. Artmed Editora, 2009.

GORDON, Iris et al. Training facial expression production in children on the autism spectrum. Journal of autism and developmental disorders, v. 44, n. 10, p. 2486-2498, 2014.

JACOB, Adriana Vilela; LOUREIRO, Sônia Regina. Desenvolvimento afetivo - o processo de aprendizagem e o atraso escolar. Paidéia (Ribeirão Preto), p. 149-160, 1996.

LORD, Catherine et al. The Autism Diagnostic Observation Schedule-Generic: A standard measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. Journal of autism and developmental disorders, v. 30, n. 3, p. 205-223, 2000.

MATTOS, Jaci Carnicelli. Alterações sensoriais no Transtorno do Espectro Autista (TEA): implicações no desenvolvimento e na aprendizagem. Revista Psicopedagogia, v. 36, n. 109, p. 87-95, 2019.

MOMO, Aline; SILVESTRE, Claudia. Integração sensorial nos transtornos do espectro do autismo. SCHWARTZMAN, J.; ARAÚJO, CA Transtornos do espectro do autismo. São Paulo: Memnon, p. 297-313, 2011.

PAIN, S. Diagnóstico e Tratamento dos Problemas de Aprendizagem. Artes Médicas. Porto Alegre. 1985.

ROLIM, Gisleila da Silva et al. Análise do Luto de Mães de Crianças e Adolescentes Desaparecidos. Psicologia: Ciência e Profissão, v. 38, p. 507-521, 2018.

SILVA FILHO, Raimundo Barbosa; DE LIMA ARAÚJO, Ronaldo Marcos. Evasão e abandono escolar na educação básica no Brasil: fatores, causas e possíveis consequências. Educação por escrito, v. 8, n. 1, p. 35-48, 2017.

## 11 . QUADRO DE ANEXOS

Anexo A - Parecer Técnico sobre a análise de fornecedores de Solução de Data Center

Anexo B - Layout Data Center Pré fabricado

Anexo C - Memorial Fotográfico - Micro Data Center

Anexo D - Parecer Técnico sobre a análise de fornecedores de Solução de HCI

Anexo E - Parecer Técnico sobre a análise de fornecedores de Solução de Firewall

Anexo F - Requisição de Material Permanente

Anexo G - COMPROVANTE DE ENVIO - Comitê de Ética - Aplicação de Saúde

Anexo H - Resolução do Conselho Municipal de Saúde

Anexo I - COMPROVANTE DE ENVIO - Comitê de Ética - Aplicação de Educação/Segurança

Anexo J - Nota Técnica Curso Python

Anexo K - ACT nº 012-2022 assinado

Anexo L - SECTET Edital 010-2022 Resultado Final

Anexo M - SECTET Edital 010-2022 Roteiro Plano Trabalho Projeto

Anexo N - Convênio Stellantis USP UFPA

Anexo O - DOU Convênio Stellantis USP UFPA

## 12 . QUADRO DE APÊNDICES

Apêndice A - Manual de Usuário

Apêndice B - Tecnologias e Arquiteturas de Sistemas

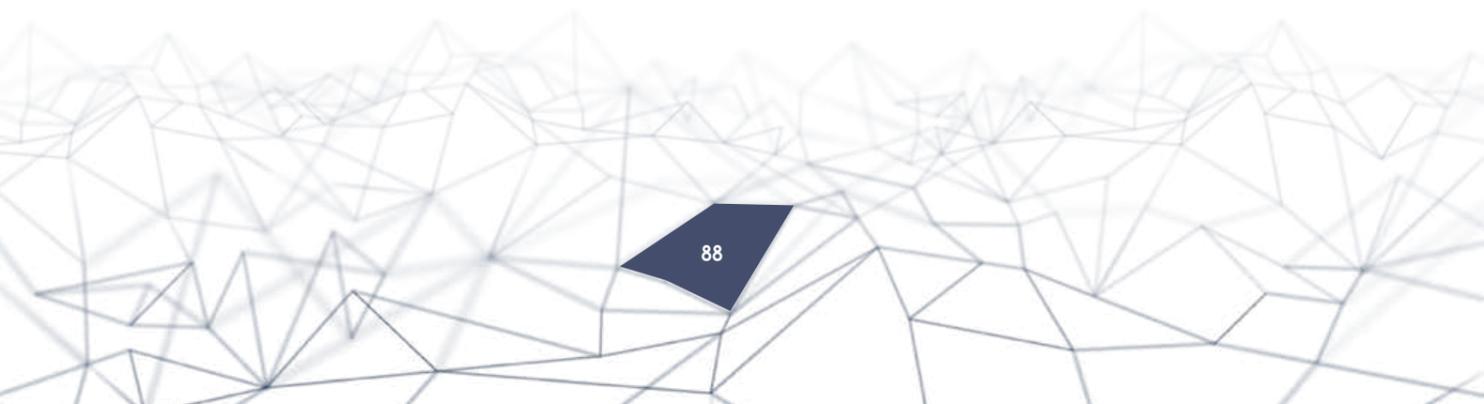
Apêndice C - Barreiras para implementação do berçário em Canaã dos Carajás

Apêndice D - Detalhamento da Política Municipal de Estímulo a Startups

Apêndice E - Relatório com Diretrizes Startups - Final

Apêndice F - Detalhamento do Edital Startup da Prefeitura de Canaã dos Carajás

Apêndice G - Diretrizes para Gestão de Riscos Berçário e Startup



**LABORATÓRIO DE PLANEJAMENTO DE  
REDES DE ALTO DESEMPENHO**

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

**BELÉM - 2023**