

# UNIVERSIDADE VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Dagoberto Helio Lorenzetti  
Jean Franco Borges da Silva  
Valdeni Marques Lavrador

RA 1806948  
RA 1806925  
RA 1805787

**Aplicação Multiplataforma para dispositivo IoT utilizando rede LoRaWAN**

**Vídeo do Projeto Integrador**

[https://youtu.be/wrI\\_qoSCfrw](https://youtu.be/wrI_qoSCfrw)

Carapicuíba - SP  
2021

# **UNIVERSIDADE VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Dagoberto Helio Lorenzetti  
Jean Franco Borges da Silva  
Valdeni Marques Lavrador

RA 1806948  
RA 1806925  
RA 1805787

## **Aplicação Multiplataforma para dispositivo IoT utilizando rede LoRaWAN**

Relatório Técnico Final - Científico apresentado na disciplina de Projeto Integrador (PI-VII) para o curso de Engenharia da Computação da Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP).

Carapicuíba - SP  
2021

LORENZETTI, Dagoberto Helio; BORGES da SILVA, Jean Franco; LAVRADOR, Valdeni Marques. **Aplicação Multiplataforma para dispositivo IoT utilizando rede LoRaWAN**. 38f. Relatório Técnico Final -Científico. Engenharia de Computação – **Universidade Virtual do Estado de São Paulo**. Tutor: Eduardo Palhares Junior. Polo Carapicuíba, 2021.

## **RESUMO**

As tecnologias LPWAN (rede de área larga de baixa potência) usam telecomunicações sem fio para transmitir dados em uma ampla rede de áreas. Esta tecnologia foi especificamente projetada para permitir a transmissão de comunicações de longo alcance a baixas taxas de bits. Este relatório apresenta solução de plataforma utilizando a tecnologia LoRaWAN que é uma categoria de tecnologia do tipo LPWAN utilizada para monitoração e controle de aplicações e dispositivos IoT.

## **ABSTRACT**

LPWAN (low-power wide-area network) technologies use wireless telecommunications to transmit data over a wide area network. This technology is specifically designed to enable the transmission of long-range communications at low bit rates. This report presents platform solution using LoRaWAN technology which is a category of LPWAN type technology used for monitoring and control of IoT applications and devices.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- LPWAN plataformas e tecnologias .....	21
Figura 2 – Quadro comparativo de Tecnologias .....	23
Figura 3-Mapa radar de propriedades .....	24
Figura 4- Arquitetura LoraWAN .....	26
Figura 5- Fluxo de pacotes IoT com LoRaWAN .....	27
Figura 6- IoT Vega Server Devices.....	28
Figura 7 – IoT Veja Server mapa de Gateways .....	29
Figura 8- IoT Vega Pulse .....	30
Figura 9- Leitura de dispositivo com Multifunções .....	31
Figura 10- Dispositivo Multifunções- visual gráfico .....	31
Figura 11- Comunidade LoRaWAN, TTN .....	32

## **LISTAS DE QUADROS**

Quadro 1 - Módulos concluídos nos quinze primeiros bimestres – o décimo sexto bimestre do curso Engenharia de Computação - Turma 2018.1 sendo cursado entre outubro e dezembro deste ano de 2021 .....	13
--	----

## LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ERB:** Estação Rádio Base

**ISM:** Industrial Scientific and Medical – faixa de frequência sem necessidade e licença.

**IoT:** Internet of Things, Internet das Coisas ou, ainda, Internet dos Objetos

**LoRa:** LoRa (Long Range) é uma tecnologia de rede de área ampla de baixa potência

**LoRaWAN®:** protocolo de rede de Baixa Potência e de Ampla Área de cobertura (LPWAN)

**LPWAN:** (Low Power Wide Area) Baixa Potência e de Ampla Área de cobertura. Técnica de modulação de espectro de propagação derivadas da tecnologia “*Chirp Spread Spectrum*” (CSS). Foi desenvolvido originalmente pela Cycleo SAS de Grenoble, França, e adquirido posteriormente pela Semtech, o membro fundador da Aliança LoRa.

**The Things Network:** iniciativa de colaboração global para criar sistemas, redes, dispositivos e soluções usando LoRaWAN®.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>10</b>
2.1 PROBLEMA E OBJETIVOS .....	10
2.2 JUSTIFICATIVA .....	11
2.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	12
2.4 APLICAÇÃO DAS DISCIPLINAS ESTUDADAS NO PROJETO INTEGRADOR.....	13
2.5 METODOLOGIA.....	19
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
3.1 A REDE LPWAN. ....	23
3.2 REDE LoRAWAN.....	25
3.3 FERRAMENTA DE OPERAÇÃO E GERENCIAMENTO DA REDE LoRAWAN .....	27
3.4 FERRAMENTA DE APLICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS .....	29
3.5 O RASTREAMENTO .....	32
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>
<b>APÊNDICE A - TRABALHO PUBLICADO NO 22º SICT-2020 .....</b>	<b>38</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os mecanismos regulares de produção e distribuição de conhecimento na sociedade contemporânea vêm sofrendo profundas mudanças na forma, no conteúdo e no meio que estão sendo produzidos e comunicados. Além do ritmo, da velocidade, e da diversidade de conteúdos, manuais, tutoriais, vídeos, podcastss e os mais variados tipos de materiais informativos são agora produzidos digitalmente e se propagam através de novos mecanismos, de novos processos, de novas tecnologias. O uso de dispositivos móveis, ainda relativamente limitados em termos de sua capacidade computacional, e seus aplicativos, difunde-se de forma exponencial e consolida as bases para a revolução Industrial 4.0 em escala planetária (BBC, 2016).

As gerações humanas mais recentes, os chamados “nativos digitais”, diferem muito de seus antecessores, os “imigrantes digitais”, em especial na maneira com que convivem com as mídias de comunicação e informação. As gerações anteriores à Era Digital (RIOS, 2016) nasceram em um mundo muito diferente e estão se adaptando aos novos tempos. Entre outras mudanças paradigmáticas o advento dos dispositivos IoT, capazes de interagir entre si, com sistemas, e com os humanos, descortinam um novo panorama e abrem um extenso leque de oportunidades. Um verdadeiro “mundo novo”, um divisor de águas, pode ser identificado com o advento desta tecnologia. Os elementos básicos, físicos e/ou digitais, dos sistemas IoT são denominados Objetos Inteligentes (KORTUEM, KAWSAR, *et al.*, 2009) e constituem elemento *sine qua non*, cada vez mais presente, neste novo momento que se descortina.

Dos mais de 7,9 bilhões de pessoas no mundo em outubro de 2021, cerca de 5,5 em cada 10 vive em ambientes urbanos (Worldometers - realtime world statistics, 2020.). A ONU prevê que, em 2050, ou seja, dentro de três décadas, mais de 68% da população da Terra esteja vivendo nas cidades (United Nations, 2018). Estes são valores médios. Há um grande número de países com percentuais de população urbana bastante superiores. Havia, em 2008, dez países com 100% da população em zona urbana. Segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2015, cerca 84% da população nacional já vivia em áreas urbanas (IBGE, 2020.).

As questões do desaparecimento de áreas verdes, da extinção de espécies, da exploração predatória dos recursos naturais associada à geração de efluente líquidos, gasosos e resíduos sólidos em volumes crescentes num mundo industrializado e que se urbaniza rapidamente, somadas a uma plethora de outras questões preocupantes, têm ocupado autores,



governantes e cidadãos em todas as partes do mundo. No Brasil, segundo o IBGE, ultrapassamos a marca dos 213 milhões de pessoas, distribuídas em 5570 municípios. Dentre eles, 49 contam mais de 500 mil habitantes. Resolver ou mitigar os problemas para tais contingentes é um enorme desafio.

Problemas sociais prementes, como os relacionados às mudanças climáticas, enchentes, escassez, produção, distribuição e tratamento de água, geração, distribuição, consumo e uso racional de energia, entre inúmeros outros, podem ser abordados, mitigados, ou até corrigidos com tecnologias consagradas, com os objetos inteligentes e com tecnologias inovadoras associadas que têm sido disponibilizadas em anos recentes. Em especial, redes de dispositivos IoT, que incluem sensores e atuadores, capacitadas a monitorar dispositivos a distância, coletar grandes volumes de dados (Big Data) para análise e ação posterior, constituem elemento estratégico para o enfrentamento, tomada de decisão, mitigação e solução de problemas sociais. Muitos deles demandam solução urgente, como o problema das enchentes, o do tratamento e adução de água, o do tratamento de esgotos e de águas residuárias, o do controle da poluição do ar e das águas, o da gestão de resíduos sólidos, o do monitoramento de chorume e de gás de aterros, o do monitoramento de deslizamento de encostas, o da produção de alimentos e prestação de serviços do agronegócio, o das mudanças climáticas, entre outros, inclusive os relacionando à segurança pública, encontram respostas efetivas em desenvolvimentos criativos suportados pela Internet das Coisas.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Problema e objetivos

O objetivo geral deste projeto é utilizar uma plataforma de monitoramento de dispositivos IoT utilizando rede LoRa (Long Range). LoRa é uma tecnologia de radio frequência que permite comunicação a longas distâncias com consumo mínimo de energia. Baseia-se em uma rede com topologia estrela, similar a uma rede de telefonia celular. A especificação LoRaWAN® é um protocolo de rede de Baixa Potência e de Ampla Área de cobertura (LPWAN) projetado para conectar sem fio as "coisas", os “objetos inteligentes” à internet em redes regionais, nacionais ou globais, e atende aos principais requisitos de Internet das Coisas (IoT), como comunicação bidirecional, segurança de ponta a ponta, serviços de mobilidade e localização. (ALLIANCE, 2021).N

Dentro do universo das iniciativas de produção de software e organização de serviços na Internet, balizado pela diretiva deste PI-VII, o presente projeto concentra-se no desenvolvimento de uma plataforma de monitoramento de dispositivos IoT utilizando a rede de tecnologia LoRa. O protótipo utiliza uma plataforma, acessível via web browser onde é possível identificar e viabilizar comunicação de dispositivos IoT do tipo medidores de temperatura, medidores de água, medidores de energia entre outros dispositivos de medição ou módulos de contagem, inclusive os que têm potencial de suportar iniciativas de mitigação ou solução de ampla gama de problemas sociais.

O projeto descreve a Tecnologia LoRa e o funcionamento do protocolo LoRaWAN e demonstra o funcionamento de uma plataforma com os dispositivos IoT em monitoramento. A iniciativa está inserida num escopo mais amplo, o de uma suíte de funções que o grupo vem desenvolvendo ao longo do curso denominada App Cidadão. A nova função que foi desenvolvida está focalizada no monitoramento e controle de dispositivos IoT. Está disponibilizada na suíte de aplicativos desenvolvida pelo grupo permite a coleta e transmissão de ampla gama de informações inclusive parâmetros de interesse como os relacionados a consumo de água e energia elétrica, entre outros passíveis de medição pelo sistema através da rede LoRa. As informações coligidas podem ser objeto de análise e constituir elemento de base para a tomada de decisão em diferentes contextos. As informações coletadas em tempo real e, ou processadas, poderão ser distribuídas pela Internet e entregues de forma amigável à aplicação (App Cidadão) para o usuário/cliente que dispuser de conexão com a Internet. (SHAIKEN, 1984), (RIOS, 2016).

O projeto disponibiliza mais uma função dentro da suíte de aplicativos do “App-Cidadão”. O aplicativo e sua suíte foram originalmente criados pelo grupo para a comunicação de ocorrências em espaços públicos, com foco inicial nos parques do município de Carapicuíba. Posteriormente a solução foi ampliada, passando a oferecer uma suíte de aplicativos que disponibiliza serviços digitais ao cidadão do município e outros eventuais interessados. Pode ser adaptada e utilizada em qualquer outro município ou região, inclusive em outras situações. Encontra utilidade em uma ampla gama de contextos, entre outras no apoio ao monitoramento de recursos residenciais como água, luz, gás, e de detectores de incêndios e alarmes, através do monitoramento e controle de dispositivos IoT. Também encontra aplicação no monitoramento e controle de elementos do mobiliário nos espaços públicos, entre outras possibilidades.

Este esforço aplica, na prática, o conteúdo de disciplinas cursadas no Curso de Engenharia da Computação da UNIVESP com foco em tecnologias de dispositivos IoT de baixo custo disponíveis em rede, acessíveis aos usuários em serviços via smartphones, como legado do uso natural na web. Atualmente há diversos sistemas de dispositivos IoT, especialmente baseados em rede GSM, de capacidade limitada em virtude da disponibilidade capilar de rede móvel local. Estes sistemas têm sido muito utilizados em redes do tipo LTE (*Long Term Equipment*). Antecipa-se que serão ainda mais amplamente utilizados com o advento da rede 5G. Neste projeto optou-se pela redes LoRaWAN gratuitas disponíveis para serem implementadas através de gateways LoRA com acesso à Internet, a exemplo da integração de rede *The Things Network*, uma iniciativa de colaboração global para criar sistemas, redes, dispositivos e soluções usando LoRaWAN®. (TTN, 2021)

Este PI-VII tem por objetivos específicos::

- 1- Apresentar a tecnologia LoRA;
- 2- Explicar o uso do Protocolo LoRAWAN para conexão de dispositivos IoT;
- 3- Demonstrar uma plataforma com aplicação LoRA e monitoramento de dispositivo IoT;
- 4- Explicar como a solução resolve questões de otimização de recursos, segurança, redução de custos, favorece a qualidade de vida e cria um ambiente de controle.

## 2.2 Justificativa

Considerando o tema central do Projeto Integrador VII - “A Internet das Coisas na resolução de problemas da sociedade brasileira”, pesquisas preliminares e conversas com

especialistas das áreas do meio-ambiente, agronegócios e TI, o grupo optou por apresentar um sistema de aplicação utilizando uma tecnologia de baixo custo e acessível a cidadãos e empresas, tanto no ambiente urbano quanto no rural. A plataforma apreciada neste projeto é a Vega Absolute (VEGA-ABSOLUTE, 2017) que utiliza a tecnologia LoRa e já conta com experiência em produção de outros dispositivos de medição no ambiente de IoT.

Na crise criada pela pandemia de Covid-19 inúmeras tecnologias concorrentes, como as que provêm suporte à Revolução 4.0, que vinham oferecendo soluções para problemas novos e previamente existentes, passaram a poder auxiliar a adaptação da sociedade a uma nova realidade, o chamado “novo normal”. Nesse contexto, multiplicaram-se as soluções IoT voltadas à logística, entre muitas outras que materializaram maior efetividade nos fluxos de materiais e de informação nas cadeias de suprimento

A proposta objeto deste projeto apresenta grande potencial de aplicação nos setores de serviços domésticos, industrial, de mineração agronegócios, controle da poluição do ar, controle de enchentes e deslizamentos de terra, entre outros. Contribui para facilitar a automação e a modernização. Permite mensurar e controlar processos. Auxilia na redução de custos e o aumento da eficiência. Facilita a identificação de oportunidades de aperfeiçoamento e a otimização do uso dos recursos disponíveis. Viabiliza maior transparência, governança e tomada de decisão mais acertada. Permite às organizações angariar maior efetividade e competitividade.

### **2.3 Fundamentação Teórica**

Para alguns críticos, muitas pessoas das novas gerações, que vivem de forma mais amplamente adaptada à chamada era digital, encontram maior dificuldade para raciocinar linearmente e em profundidade. Por outro lado, é possível que aquilo que se argumenta tenha sido perdido na linearidade seja compensado por uma maior capacidade de perceber e pensar estruturas e padrões.

“Nosso mundo configurado eletronicamente levou-nos a mudar do hábito de classificação de dados para o modo do reconhecimento de padrões. Não conseguimos mais construir ideias de forma serial, bloco a bloco, passo a passo, porque a comunicação instantânea assegura que todos os fatores do ambiente e da experiência coexistam em um estado de influência mútua.” (QUENTIN FIORE, 2018)

Neste novo cenário mundial configurado pela pandemia de Covid 19, no panteão de soluções voltadas a Indústria 4.0, destaca-se a IoT.

Internet das Coisas (Internet of Things – IoT) é um termo usado na área de tecnologia da informação desde o início da década de 1990 e que, atualmente, designa o conjunto formado por um produto (um sensor, por exemplo, que coleta os dados), um sistema (que processa os dados) e um ambiente (que armazena os dados). Tal combinação possibilita a geração de um grande volume de informações novas que tem sido visto com potencial revolucionar a oferta de produtos e serviços e as oportunidades de negócios (OBODOVSKI e KELLMEREIT, 2013)

Neste relatório são discutidos alguns conceitos e construtos relevantes aos objetivos do projeto: dispositivos IoT, utilizando tecnologia de transmissão LoRA em plataformas digitais de serviços, utilização de bancos de dados, “Query Languages” e outros recursos.

## 2.4 Aplicação das disciplinas estudadas no Projeto Integrador

O Quadro 1 contempla as disciplinas cursadas até o momento. Aquelas que encontraram aplicação relevante neste projeto integrador VII estão ressaltadas em amarelo.

Quadro 1 - Módulos concluídos nos quinze primeiros bimestres – o décimo sexto bimestre do curso Engenharia de Computação - Turma 2018.1 sendo cursado entre outubro e dezembro deste ano de 2021

Bimestre	Código	Módulo
1	INF002	Informática
1	IEC001	Introdução à Engenharia de Computação
1	MMB501	Matemática
1	LPO501	Produção de Textos
2	MCA501	Cálculo I
2	FFG001	Física I
2	LIN501	Inglês
2	TTG001	Metodologia Científica
3	FCO001	Física II
3	MGA001	Geometria Analítica e Álgebra Linear
3	PEC001	Projeto Integrador para Engenharia de Computação I
3	HSC001	Sociedade e Cultura
4	MCA502	Calculo III
4	DDC001	Expressão Gráfica
4	ILP001	Programação de Computadores
5	MCA503	Calculo III

5	FEG001	Física III
5	BEA001	Ciência do Ambiente
5	PEC002	Projeto Integrador para Engenharia de Computação II
6	CEG001	Economia I
6	FMG002	Mecânica Geral
6	MMN001	Métodos Numéricos
6	QQG002	Química
7	AAG001	Administração I
7	EMA001	Ciência dos Materiais
7	FFT001	Fenômenos de Transporte
7 e 8	PEC003	Projeto Integrador para Engenharia de Computação III
7	ISI001	Sistemas de Informação
8	MEE001	Estatística
8	BMT001	Higiene e Segurança do Trabalho
8	FEG002	Instalações Elétricas
8	EMA002	Resistência dos Materiais
9	EPE001	Engenharia Econômica
9	EID001	Estrutura de Dados
9	EEC001	Circuitos Elétricos
10	EEC101	Circuitos Lógicos
10	EET001	Eletrônica Aplicada
10	EPG001	Estratégia e Planejamento de Empresas
10	EIC001	Organização e Planejamento de Computadores
9e10	PEC004	Projeto Integrador para Engenharia de Computação IV
11	EID002	Banco de Dados
11	EED001	Eletrônica Digital
11	CEE002	Empreendedorismo e Gestão de Empresas
11	EEM001	Fundamentos Matemáticos da Computação
12	EEE001	Microeletrônica
12	EEP101	Programação Orientada a Objetos
12	EEP001	Projeto Digital
12	EEO001	Sistemas Operacionais
11 e 12	PEC005	Projeto Integrador para Engenharia de Computação V
13	EES001	Engenharia de Software
13	EEL001	Introdução aos Sistemas de Comunicação
13	EEM101	Modelos Probabilísticos para Computação

13	EEM002	Projeto e Análise de Algoritmos
14	EES101	Computação Gráfica
14	EET101	Eletrônica Embarcada
14	EIR101	Projeto de Sistemas Computacionais
14	EIR001	Redes de Computadores
14 e 15	PEC006	Projeto Integrador para Engenharia de Computação VI
15	AGO501	Gestão de Projetos
15	E EI001	Multimídia e Hipermídia
15	EIR201	Sistemas Distribuídos
15 e 16	PEC007	Projeto Integrador para Engenharia de Computação VII
16	DEC001	Direito para Engenharia de Computação
16	EES301	Interfaces Humano-Computador
16	E EI201	Segurança da Informação
16	EES201	Gestão e Qualidade de Software

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A disciplina “Metodologia Científica” (TTG001) discorreu a respeito dos princípios da pesquisa científica, em especial a respeito do método racional indutivo. Tratou do como definir o problema de pesquisa e fazer o planejamento do projeto. Trouxe informações valiosas a respeito de como encontrar e sistematizar a teoria, levantar dados e informações, bem de como interpretá-los coerentemente.

“Projeto Integrador para Engenharia de Computação I” (PEC001) nos auxiliou a integrar os diferentes elementos relevantes nas disciplinas ministradas até o 3o bimestre do curso, bem como esclareceu o uso de metodologias ativas de aprendizagem, como a PBL, aprendizado baseado em problemas e através da aplicação de conhecimentos através do desenvolvimento de projetos. Buscou-se incentivar o grupo a fazer uso de abordagem ativa e interdisciplinar de modo a viabilizar a concepção de soluções inovadoras para problemas reais e recorrentes.

A disciplina ILP001 “Programação de Computadores” trouxe conceitos básicos de organização de computadores; usados na construção de algoritmos e na representação destes algoritmos em pseudocódigo. Mostrou como se faz o desenvolvimento sistemático, a estruturação, implementação, depuração, testagem e documentação de produtos de software. Esteve focado em Java, um modelo para outras linguagens de alto nível como C, C++, C# e Python, entre outras.

“Projeto Integrador para Engenharia de Computação II” (PEC002), reforçou parte do que foi visto em PEC001 e demandou do grupo a identificação de “questões reais e recorrentes” bem como a busca de “soluções inovadoras” através de diferentes propostas que, cotejadas, deveriam definir o problema que forneceria o norte para a execução do projeto integrador.

“Projeto Integrador para Engenharia de Computação III” (PEC003), mais uma vez, houve reforço e ampliação de orientações fornecidas em PEC001 e PEC002. O foco do trabalho voltou a ser definido pelos responsáveis pela disciplina. Desta feita o tema central foi "Gestão da cadeia de suprimentos no contexto da globalização 4.0".

No módulo “Projeto Integrador para Engenharia de Computação IV” (PEC004) novamente houve reforço e ampliação das orientações oferecidas em PI-I, PI-II e PI-III. Desta vez com foco esteve no desenvolvimento de um projeto ligado ao tema “Melhoria de espaços públicos”. Sugeriu-se a criação de um protótipo, uma tecnologia, um aplicativo, uma metodologia, ou mesmo uma política pública, com natural preferência relacionada à realidade local do Polo de Carapicuíba e dos alunos, com atenção à tríade desejo, viabilidade e praticabilidade.

No “Projeto Integrador para Engenharia de Computação V” (PEC005) o foco esteve em no desenvolvimento de soluções que auxiliem o processo de ensino-aprendizado em cursos de engenharia. O grupo desenvolveu “Protótipo de Assistente Virtual como Ferramenta Facilitadora do Aprendizado em Disciplinas de Engenharia”.

No “Projeto Integrador para Engenharia de Computação VI” (PEC006) o foco esteve em tecnologias de nuvem, banco de dados e serviços para smartphones. O grupo implementou plataforma open source, (código aberto), baseada em Java e banco de dados MySQL, um aplicativo, denominado AppCidadão, de apoio à gestão de espaços públicos.

Já este “Projeto Integrador para Engenharia de Computação VII” (PEC007) está nos fornecendo, nestes 15º e 16º bimestres, o norte de projeto e complementa os ensinamentos já trazidos e a considerável experiência angariada no PI-I, II, III, IV, V e VI.

Em ISI001 “Sistemas de Informação” foram apresentados os principais conceitos relacionados aos sistemas de informação, os diferentes tipos de sistemas de informação com foco nos sistemas de apoio à tomada de decisão. Nestas disciplinas também foram discutidos o ambiente organizacional e corporativo de negócios e importantes conceitos básicos relacionados



ao processo de desenvolvimento de sistemas de informação. O conhecimento adquirido neste módulo, assim como nos anteriores, foi bastante utilizado no desenvolvimento do projeto.

EID001 “Estrutura de Dados” trouxe informações fundamentais a respeito de estruturas básicas para representação de informações: listas, árvores, grafos e suas generalizações. Foi retomado o tema algoritmos, agora como ferramenta para a construção, consulta e manipulação das estruturas estudadas. Também foram discutidos e trabalhados o desenvolvimento, a implementação e testes de programas que usem as diferentes estruturas de dados em aplicações específicas. A parte prática foi levada a termo usando a linguagem de programação C.

EEC001 “Circuitos Lógicos”, EET001 “Eletrônica Aplicada” e EIC001 “Organização e Planejamento de Computadores” foram disciplinas que se complementaram neste 10º bimestre permitiram o entendimento mais aprofundado da maneira com que o hardware e o software de computadores eletrônicos digitais interagem e operam. Em EEC001 “Circuitos Lógicos” foram vistos conceitos lógicos e circuitos digitais básicos, códigos, síntese de circuitos convencionais, circuitos de memória, circuitos sequenciais e seus projetos. O conhecimento destes circuitos, das funções e estrutura de dispositivos de armazenamento e memória, bem como a habilidade em utilizar ferramentas matemáticas como o Mapa de Karnaugh facilitaram entendimento de sistemas digitais combinatórios, sua análise e síntese, e permitiram desenvolver habilidades necessárias para o projeto de sistemas digitais a partir da descrição de um problema. Em "EET001- Eletrônica Aplicada” fomos apresentados aos principais circuitos eletrônicos analógicos empregados em sistemas eletrônicos digitais, ao funcionamento desses circuitos e de seus componentes principais: os amplificadores operacionais, transistores e diodos. Também aprendemos como criar modelos simplificados para esses componentes e circuitos para viabilizar a simulação de comportamentos elétricos e combinações, bem como a aplicar esses conhecimentos na análise de circuitos sensores, circuitos atuadores e conversores analógico-digitais. Finalmente, em EIC001 “Organização e Planejamento de Computadores” estudamos conceitos básicos, a organização e a arquitetura (CISC, RISC, x86) dos processadores, dos sistemas de memória e dos sistemas de entrada e saída utilizados nos computadores.

Em EID002 Banco de Dados, disciplina fundamental para o projeto sendo desenvolvido, foram revistos conceitos de modelagem de dados, modelos conceituais de dados, modelo E-R e suas variações, modelo relacional, normalização e manutenção da integridade,

linguagens: cálculo e álgebra relacional. Arquitetura de sistemas de bancos de dados, mecanismos de proteção, recuperação, segurança, controle de concorrência e noções de bancos de dados distribuídos.

Em EPP101, Programação Orientada a Objetos, outra disciplina relevante para este PI-VII, foram trabalhados conceitos básicos de orientação a objetos, entre outros o, de classes, o de objetos, o de herança e o de polimorfismo. Utilizando a linguagem Java para ilustrar, foram introduzidas técnicas de programação baseadas nesses conceitos e apresentados temas adicionais como programação genérica, tratamento de erros e exceções, e programação concorrente e threads.

Em "EES001 Engenharia de Software" apresentaram-se paradigmas da engenharia de software, técnicas de levantamento de dados, técnicas e ferramentas de especificação dos requisitos do usuário e do sistema, métodos de análise e projeto de sistemas de informação e implementação de sistemas de informação, arquitetura orientada a serviços e gerenciamento de configuração, testes de software e evolução de software, reuso de software e desenvolvimento baseado em componentes. Abordagens de gerenciamento de projetos, como a dos métodos ágeis, scrum e sprints também foram estudadas.

Na disciplina EET101 Eletrônica Embarcada, estão sendo vistos conceitos básicos que os permitem entender melhor a dinâmica dos dispositivos IoT. Tópicos como o espectro de frequências, sistemas de posicionamento GPS, telefonia celular, sistemas de medição eletrônica, sensores, transdutores e micro-eletromecanismos, ruído em dispositivos semicondutores, compatibilidade eletromagnética, circuitos e sistemas de interface, instrumentação inteligente e sistemas periféricos provêm perspectiva ampliada da Internet das Coisas (IoT).

A disciplina EES301, Interfaces Humano-Computador, trouxe conhecimentos, insights e ferramental de extrema relevância para o desenvolvimento de soluções que melhor atendem as partes interessadas. Entre outros conceitos, o Design Centrado no Usuário, que traz melhor experiência para os que fazem uso das soluções desenvolvidas (UX), é de extrema utilidade tanto para este quanto para futuros projetos que venhamos a desenvolver, em equipe ou individualmente.

EET201, Segurança da Informação, contribuiu com noções atuais e fulcrais relacionadas ao atualíssimo tema da segurança de dados e informações. Permitiu à equipe atentar para a essencialidade de salvaguardas e mecanismos focalizados em reduzir a vulnerabilidade dos dados, informações e sistemas em geral e aos ligados aos dispositivos IoT, objeto deste PI, em particular.

EES201, Gestão e Qualidade de Software, trouxe conceitos basilares de qualidade de produto, qualidade de processo, gerência de software e gestão para a qualidade. A excelência em projeto e nas

operações de manufatura e serviço é tema recorrente no universo das preocupações de pensadores, empresários e autores há décadas. Em especial a qualidade, a excelência do SW e dos sistemas produzidos, é meta *sine qua non* para que projetos como o aqui desenvolvido sejam efetivados com sucesso.

DEC001 Direito para Engenharia da Computação, contribui para a formação e para a vida profissional futura do estudante trazendo conhecimento essencial a respeito do Estado, da Constituição e da Legislação, bem como diferenciando as especificidades das diversas áreas do Direito relevantes à vida dos cidadãos em geral e dos profissionais em particular. Normas legais que balizam as questões das patentes, dos privilégios de marca e dos direitos autorais, entre outras, trazem um conjunto de noções e conhecimento que são de fundamental importância para os profissionais de todas as áreas e também para o engenheiro de computação.

## 2.5 Metodologia

Pesquisa bibliográfica, algumas entrevistas e pelo menos uma reunião focalizada de grupo, e sessões de brainstorming foram utilizadas. Artigos, textos variados, relatórios e informações pertinentes ao tema deste PI-VII foram e continuam sendo coligidos de forma seletiva na Internet, em periódicos e “Journals” através do “Citation Index” SciELO (SciELO CI) integrado à plataforma do Web of Science (WoS).

A definição do tema, do problema e das questões de pesquisa foi realizada parcialmente com o concurso de informações e conhecimentos adquiridos em disciplinas cursadas e através de abordagens e orientações sugeridas em Projetos Integradores anteriores (PI-I, PI-II, PI-III, P-IV, P-V, P-VI) e agora, neste P-VII que ora desenvolvemos).

Foram utilizadas as perspectivas do Design Thinking, do Movimento Maker, do Design Centrado no Ser Humano (Human Centered Design HCD), assim como a da ABP, Aprendizagem Baseada em Problema (Problem-Based Learning - PBL). Além disso, nas entrevistas e na formulação de questões para as entrevistas semiestruturadas foram empregados elementos da abordagem do “Action Learning”, desenvolvida originalmente por Reg Reavans, para o aprofundamento do entendimento da visão de potenciais usuários. (WIKIPEDIA, 2010)

O Design Thinking é uma abordagem de projeto que congrega um conjunto de processos cognitivos, estratégicos e práticos pelos quais conceitos de design (propostas de produtos, edifícios, máquinas, comunicações, etc.) são desenvolvidos (BROWN, 2009). Na disciplina PI-III o Design Thinking foi descrito como um processo dividido em três etapas não

lineares. Na primeira, denominada etapa da Inspiração, é identificado o problema ou oportunidade que motivou a busca de soluções. Nesta etapa entrevistas não estruturadas e semiestruturadas foram realizadas com especialista nas áreas de saneamento, gestão de resíduos sólidos e controle da poluição, colegas e especialistas em TI, e pessoas dos círculos de relacionamento profissional e pessoal de membros do grupo. As primeiras ideias que surgiram das conversas preliminares foram sendo aprofundadas à medida em que o entendimento das necessidades e possíveis requisitos do sistema e das necessidades e UX de potenciais usuários se aprofundava. “Design pode ter seus melhores impactos quando retirados das mãos dos designers e colocado nas mãos das pessoas...” (TED TALK, 2009.)

Na etapa do Design Thinking, Ideação, dá-se o desenvolvimento da solução, através de ferramentas como a do brainstorming, e a técnica dos “Seis Chapéus do Pensamento” do médico Inglês Edward De Bono para a concepção e síntese de ideias e discussão.

Finalmente realiza-se a Prototipagem & Implementação na qual se dá a consecução prática e real de uma solução que tenha significado na vida das pessoas.

Na condução do projeto foram utilizadas também técnicas ágeis de gerenciamento de projetos, em especial o “framework SCRUM”. Sprints com duração de duas semanas foram levados a efeito.

Foram também explorados e utilizados, ainda de forma incipiente, os recursos disponibilizados no AVA (Blog do grupo, Collaborate, o Diário do grupo, Fórum de Discussão de Grupos e o Wiki do grupo) Estes recursos podem conferir maior celeridade e organização aos trabalhos e têm grande potencial de aumentar a efetividade do grupo como um todo.

O projeto está sendo executado no contexto da pandemia da Covid-19, e tem impossibilitado, em princípio, encontros presenciais entre entrevistadores e entrevistados. Ferramentas como o Teams e o WhastApp foram utilizadas para as conversas com especialistas e potenciais usuários dos círculos de relacionamento pessoal e profissional dos membros do grupo.

### 3. RESULTADOS

Seguindo a linha norteadora do tema do Projeto Integrador VII, de “A Internet das Coisas na resolução de problemas da sociedade brasileira”, a equipe empreendeu um trabalho de pesquisa buscando a implantação de um serviço de IoT de baixo custo e considerável cobertura. Seguindo esta perspectiva a conectividade de dispositivos com distâncias superiores a 300M são correspondidas por diversas tecnologias de rede de celular (GPRS, EDGE, 3G, 4G). Essas redes de telefonia celular foram projetadas para comunicação entre pessoas, aumentando assim o de conexão e consumo de bateria o que limitaria a viabilidade de interconexão de outras “coisas”.

Neste contexto, uma nova categoria de tecnologia que esta sendo explorada se chama LPWAN (Low Power Wide Area Network). Esta tecnologia inclui redes sem fio de baixo consumo de energia e longo alcance. Contudo, uma de suas limitações é a taxa de transmissão que não ultrapassa a velocidade de acesso de 100kbps por módulo. Como ilustração segue na figura 1 um quadro de tecnologias que se enquadram no modelo designado LPWAN.



Figura 1- LPWAN plataformas e tecnologias

Nesta categoria duas tecnologias se destacam, a Sigfox e LoRa. Sigfox é uma tecnologia proprietária com desenvolvimento de camada física e de rede. Atualmente possui cobertura bastante considerável na Europa em algumas regiões das Américas. (SIGFOX, 2010)

Quanto a tecnologia LoRa, deriva de uma tecnologia de espalhamento espectral chamada de CSS (Chirp Spread Spectrum), desenvolvida pela empresa Suíça desenvolvimento Semtech que produz chips que atuam apenas na camada física (WIKIPEDIA, 2021). Essa característica permite o desenvolvimento de diversas pilhas de protocolos que utilizam a tecnologia LoRa. Dentre as mais conhecidas e desenvolvidas esta a LoRaWAN regida pelo LoRa Alliance e um conjunto de empresas parceiras responsáveis pelo modelo e padrão de tecnologia, além de comunidades públicas e parceiras espalhadas pelos continentes. (LORA ALLIANCE, 2015)

A arquitetura de rede LoRaWAN caracteriza-se por ser uma pilha de protocolos aberta, desta forma, tornou-se viável encontrar implementações e padronizações de dispositivos de baixo custo com diversos fabricantes. Sua rede é do tipo estrela (típico das LPWAN) onde nós ou módulos (end-points) conectam-se com um ou mais gateways, que por sua vez estão conectados a um Servidor responsável pelo tratamento das mensagens recebidas. A rede possui taxa adaptativa de 0,3 a 50 kbps (WIKIPEDIA, 2021) e pode alcançar distâncias de até 15 quilômetros e um alcance de 3 a 5 quilômetros em perímetros urbanos. (VEGA-ABSOLUTE, 2017)

A comunicação sem fio aproveita as características de Longo Alcance da camada física LoRa, permitindo uma ligação de salto único entre o dispositivo final de um ou muitos gateways. Todos os módulos ou dispositivos são capazes de comunicação bidirecional, e há suporte para grupos de endereçamento multicast para fazer uso eficiente do espectro durante tarefas como atualizações do Firmware Over-The-Air (FOTA) ou outras mensagens de distribuição em massa. (LORA ALLIANCE, 2015)

Como demonstração comparativa, temos na figura 2 os modelos de redes disponíveis no mercado e suas características, onde apontamos no presente contexto do PI VII, a necessidade ou não do licenciamento do espectro, taxa de dados e duração da bateria.

-	Sigfox	LoRaWAN	NB-IoT	LTE Cat-1	LTE M (Cat-M1)
Espectro Licenciado	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Modulação	UNB/GFSK/BPSK	SS Chirp	OFDMA	OFDMA	OFDMA
Largura de Banda do receptor	100 Hz	125 KHz	200 KHz	20 MHz	1,4MHz
Taxa de dados	100 bps 12 bytes Max.	290 bps - 50 Kbps	200 Kbps/ 144 Kbps	10 Mbps/ 5 Mbps (up)	1 Mbps
Número max. de mensagens por dia	140	ilimitado	ilimitado	ilimitado	ilimitado
Duração da bateria	20	9 anos	10 anos	-	1,5 anos
Cobertura de uma ERB	raio de 1 mil km	centenas de km <sup>2</sup>	20 km	-	-
Release 3GPP			13	8	13

Fonte: Site Teleco/LPWAN

Figura 2 – Quadro comparativo de Tecnologias

Outra questão que é possível depreender da Figura 2 é que a relação entre a Largura de Banda do espectro e a sua capacidade de taxa de dados estão diretamente ligadas em contexto de busca de aplicação. No caso de IoT não é necessário uso de elevada Taxa de dados.

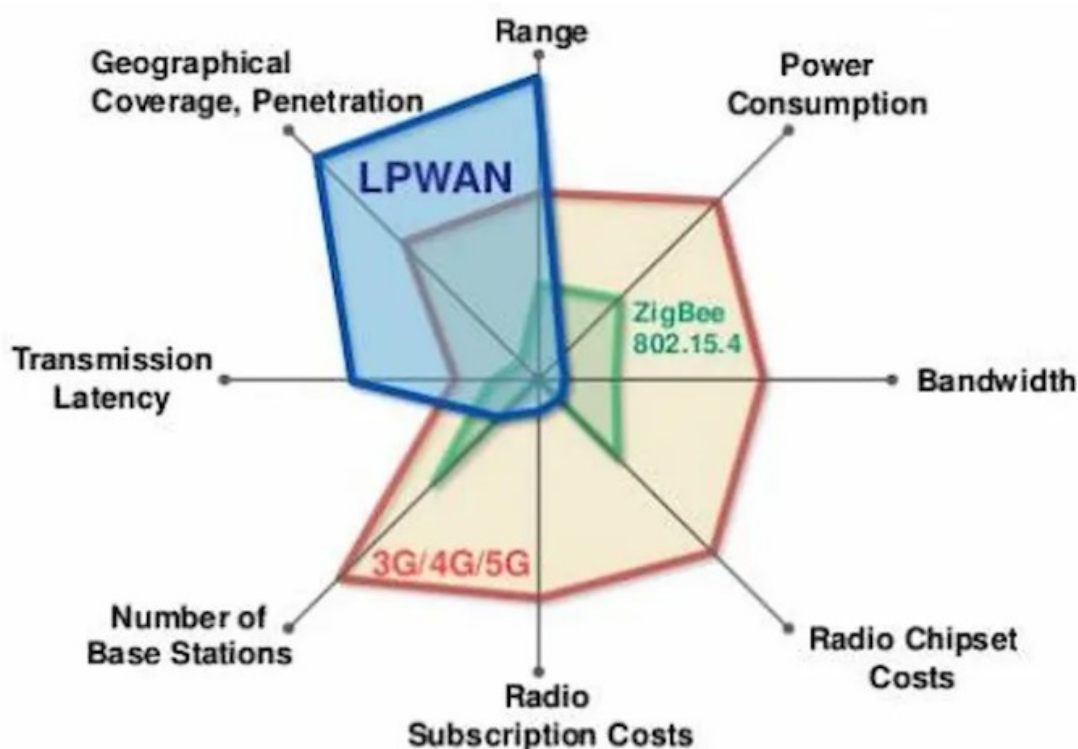
### 3.1 A rede LPWAN.

Como uma categoria de redes emergentes de utilização de baixa potência, as redes LPWAN (Low Power Area Network), são projetadas para funcionar em redes M2M (Machine to Machine), conectando dispositivos que precisam enviar uma pequena quantidade de dados por uma longa distância e que sejam capazes de manter uma bateria operacional por um período considerável. Temos o exemplo das máquinas de cartão de crédito ou débito utilizadas frequentemente em entregas de fast food e também largamente utilizada em restaurantes e comércio em geral como meio de pagamento.

O LPWAN funciona em bandas não licenciadas, principalmente nas bandas ISM em 2,4 GHz, 868/915 MHz, 433 MHz e 169 MHz. Suas camadas físicas são projetadas para terem alta sensibilidade no receptor, em torno de -130 dBm, quando comparada a outras tecnologias sem fio, que ficam em torno de -90 dBm até -110 dBm. Esta sensibilidade só é possível ser alcançada utilizando taxas de modulações mais lentas, aumentando a quantidade de energia por símbolo. Em contrapartida, baixas taxas de modulação implicam em baixas taxas de transmissão, fazendo com que não ultrapassem 100 kbps de modo geral. Desta forma, a combinação de baixa taxa de transmissão e baixa modulação implica diretamente em um maior alcance o que vai ao encontro de aplicações e serviços para o sistema IoT. Assim, devido a distância alcançada pelo LPWAN e a topologia da rede ser do tipo estrela, onde cada nó ou módulo se comunica

diretamente com uma estação base e no contexto da rede LoRaWAN com um gateway. Não há necessidade de comunicação entre nós ou módulos (multi-hop). Outro detalhe importante é que pode haver mais de um gateway ao alcance de um módulo o que permite resiliência de rede, característica de uma rede tipo estrela. (Mokolora, 2021)

Assim, a troca de mensagens segue o fluxo Módulo-Gateway-Servidor, com apenas o enlace sem fio utilizando rede LPWAN. O fluxo final Gateway-Servidor segue utilizando comunicação padrão rede IP e seus variados acessos (fibra, rádio, par trançado etc). O tráfego de mensagens é possível nos dois sentidos uplink (módulo-gateway-servidor) quanto downlink (servidor-gateway-módulo). Desta forma, o tráfego é maior no uplink e mensagens de downlink podem ser utilizadas para comandos ou atualizações de firmware em alguns casos. Assim a topologia das LPWAN's assemelha-se com as redes celulares tradicionais. Isto implica em uma ampla a cobertura, podendo ser reutilizada a infraestrutura de rede celular existente na implantação de rede LPWAN para dispositivos de baixo consumo de banda. A Figura 3 ilustra as características que os modelos de rede buscam atender.



Fonte: Site Mokolora (2021)

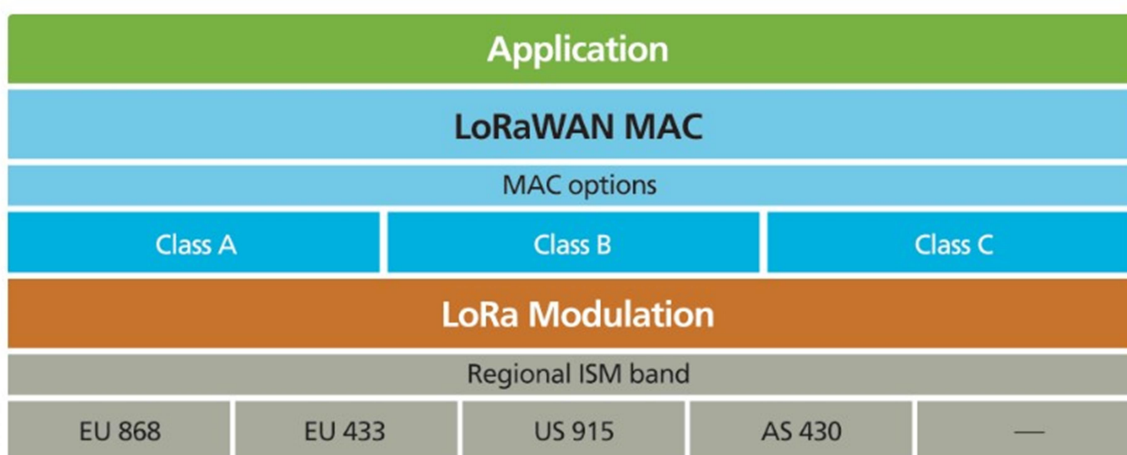
Figura 3-Mapa radar de propriedades



Conforme abordado, cumpre observar outra importante característica da rede na LPWAN ilustrada na figura 2 onde se busca privilegiar propriedades de alcance em detrimento de capacidade de transmissão de dados (banda) e naturalmente impactando a latência e em alguns casos a retransmissão.

### **3.2 Rede LoRaWAN**

Lora é um novo padrão de comunicação de Internet das Coisas, que é frequentemente usado para transmissão de dados em pequenos sinais de longa distância. Os sensores Lora geralmente têm baixa potência, baixo consumo de energia e longa duração da bateria. Lora é a abreviação da palavra "longo alcance". Pelo nome, podemos ver que a principal característica da Lora é a longa distância de transmissão. O esquema de modulação de sinais da Lora é desenvolvido pela Semtech. Este esquema de modulação pode alcançar uma excelente margem de link. A sensibilidade ao sinal de LoRa é muito alta, então LoRa pode manter a comunicação de longa distância, mesmo em um ambiente de ruído. Semelhante a outras tecnologias do seguimento (como o NB IoT), a LoRa geralmente opera a uma taxa de transmissão de dados mais baixa, o que aumenta ainda mais a margem de link. LoRa tem uma baixa taxa de dados e não é adequada para cenários sensíveis ao alto atraso de dados. LoRaWAN é um padrão de comunicação da tecnologia LPWAN baseado no chip LoRa, que é usado para gerenciar conexões de rede. Assim, LoRaWAN é um conjunto de protocolos de comunicação e arquitetura de sistema projetado com base na rede de comunicação de longa distância LoRa. De acordo com o protocolo de comunicação tradicional, LoRaWAN é a camada MAC e LoRa é a camada física, como demonstrado na figura 4. LoRaWAN é um padrão de rede aberto. Seu controle de acesso à camada de enlace (MAC) é mantido pela Aliança LoRa. (LORA ALLIANCE, 2021)

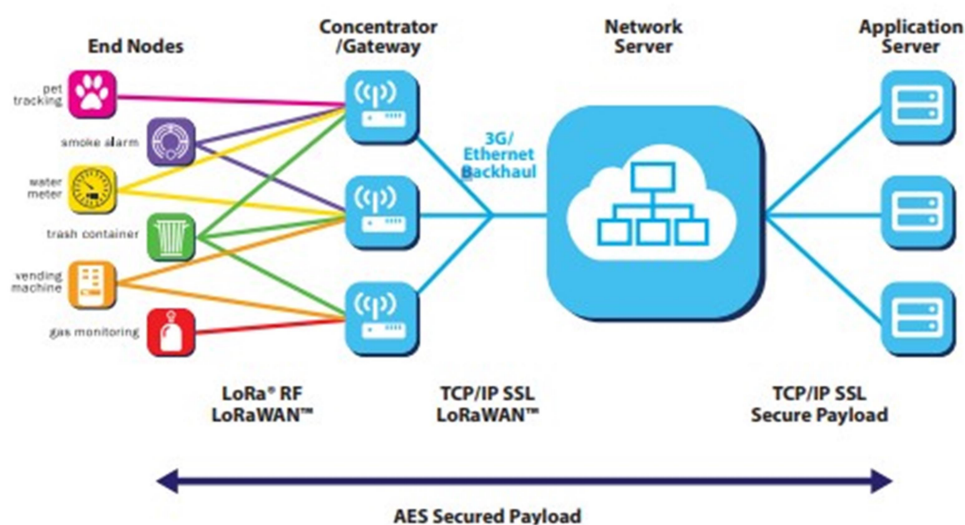


Fonte: LoRa Alliance

Figura 4- Arquitetura LoraWAN

Dispositivos finais são objetos simples, como sensores, atuadores, e são as "coisas" na Internet das Coisas. Um dispositivo final se comunica com o servidor de rede através de um ou mais gateways. O gateway atua como um concentrador para os dispositivos finais e retransmite os dados entre dispositivos finais e o servidor de rede. A conexão sem fio entre um dispositivo final e o gateway é configurada através de um link sem fio LoRa®. Os gateways, servidores de rede e servidores de aplicativos se comunicam sobre um backhaul IP vinculado usando Ethernet, 3G, LTE e assim por diante.

LoRaWAN gateway opera como um conector de rede LoRa, que pode converter o protocolo de comunicação de rede LoRa em protocolo TCP / IP e transmitir os dados do equipamento LoRaWAN para a rede. Isso é semelhante à configuração de um roteador sem fio industrial para conectar dispositivos WiFi à rede. Os gateways geralmente são implantados por usuários ou provedores de soluções e geralmente são implantados em centros regionais remotos sem outros tipos de cobertura. A seguir a figura 5 ilustra o fluxo da topologia de rede LoRAWAN.



Fonte: LoRa Alliance

Figura 5- Fluxo de pacotes IoT com LoRaWAN

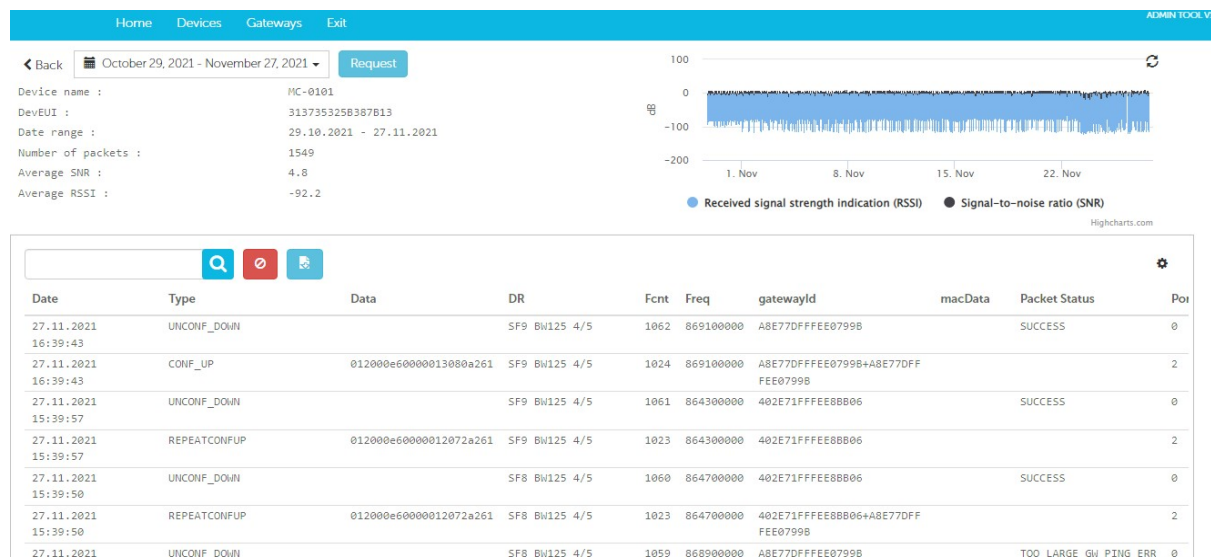
O modelo de topologia de rede tipo estrela é o ponto central de processamento de dados. Cada dispositivo terminal LoRaWAN transmite os dados para vários gateways LoRaWAN e, em seguida, o gateway LoRaWAN transmite os dados para o servidor central. O servidor central gerencia e processa centralmente os dados coletados, e o servidor completará o agendamento de mensagens, a investigação de segurança e a detecção de redundância dos dados. O servidor central fornece algumas informações do equipamento do terminal LoRaWAN de acordo com os dados para que o LoRaWAN possa fazer uma determinada resposta.

### 3.3 Ferramenta de operação e gerenciamento da rede LoRaWAN

No contexto abordado pelo PI VII o conjunto de recursos e produtos da Vega Absolute pareceu mais avançado e maduro para uma demonstração de uma solução de IoT utilizando rede LoRaWAN. A empresa Vega Absolute possui larga maturidade de produção de equipamentos eletrônicos desde 1996. Atualmente a companhia se dedica ao desenvolvimento de tecnologias em Telemetria, Internet das Coisas, Monitoramento de transporte e gerenciamento de frotas. (VEGA, 2021)

Na figura 3 apresentamos a tela do software IoT Vega server. Este software é utilizado para gerenciamento de redes LoRaWAN com diversas escalas. O sistema foi projetado para gerenciar uma rede de backbones dos gateways e os dispositivos. Através do software

Packet Forwarder da Semtech (fabricante do chip LoRa), o software controla o recebimento dos dados dos dispositivos finais para aplicativos externos e naturalmente o controle de fluxo inverso.

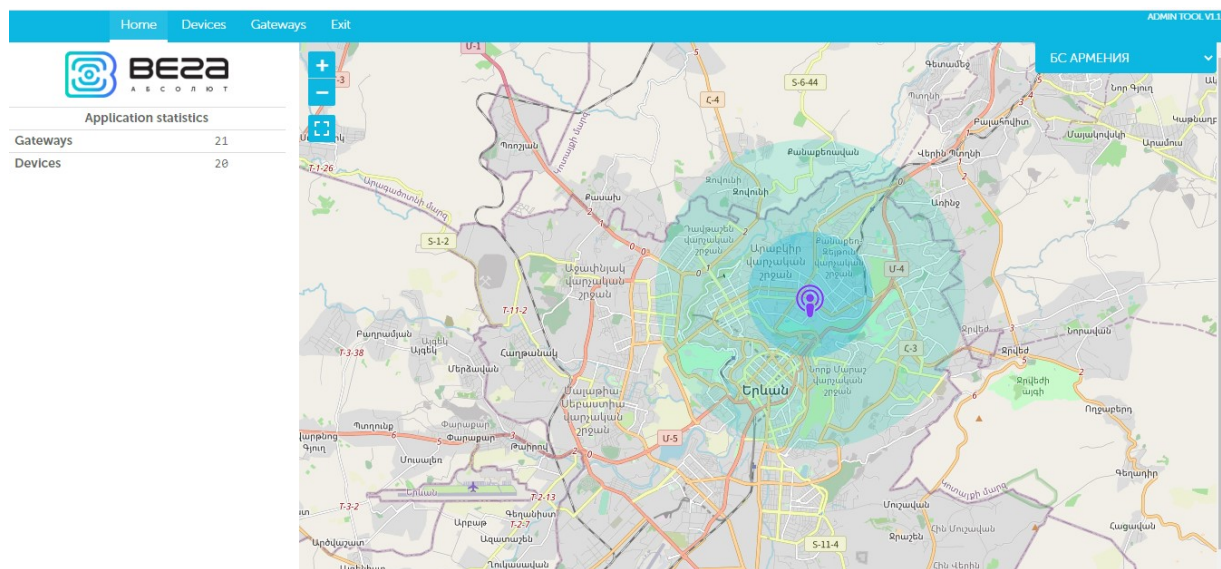


Fonte: Demo Server Vega (2021)

Figura 6- IoT Vega Server Devices

A Figura 3 é o registro de um dispositivo denominado MC-0101 e possui 2 sensores magnéticos que podem ser utilizados como exemplo, como abertura e fechamento de portas ou janelas. Cumpre observar que a Figura 3 também apresenta características operacionais tais como, identificação do dispositivo, RSSI – Received signal strength indicator – que é a medida da potência do sinal do dispositivo detectada pelo gateway, a relação sinal ruído SNR – signal noise ratio –, mensagens, Frequência utilizada e etc.

Todos os dados recebidos dos dispositivos finais são armazenados no banco de dados integrado ao Servidor Vega IOT e estão sempre disponíveis para aplicações externas. Com a API Aberta baseada na tecnologia Web Socket, você pode conectar aplicativos externos ao Servidor Vega IOT e usar os recursos de rede <sup>®</sup> LoRaWAN para seus projetos. O IOT Vega Server é fornecido como um aplicativo de console para sistemas operacionais Windows e Linux. Oferecemos um aplicativo intuitivo IOT Vega Admin Tool com uma interface simples de fácil uso. O Admin Tool fornece ao administrador do servidor uma ampla gama de opções para o gerenciamento de rede <sup>®</sup> LoRaWAN. Com o AdminTool, você pode adicionar novos dispositivos finais <sup>®</sup> LoRaWAN à rede, visualizar o mapa de rede, monitorar os gateways e gerenciar os direitos do usuário. IOT Vega Admin Tool é um aplicativo da Web gratuito.



Fonte: Demo Server Vega (2021)

Figura 7 – IoT Vega Server mapa de Gateways

A figura 7 apresenta a localização do gateway com o seu possível alcance no mapa.

### 3.4 Ferramenta de Aplicação dos Dispositivos

Seguindo a linha de apresentação de solução LoRAWAN para dispositivos IoT apresentamos na figura 8 o software IoT Vega Pulse apresentando em gráfico medidas de um Hidrômetro ao longo do ano de 2021. Neste software é possível ver a aplicação em um contexto de usuário e não mais de operação de rede como demonstrado no software Vega Server. Atualmente em razão da rede LoRaWAN ser uma solução de uso privado e iniciativa de solução e integração em comunidade global, há diversas iniciativas de softwares open source com o propósito de apresentar a informação da coleta de informações realizadas pelos dispositivos.

Como exemplo citamos: MQTT, ThingBoardIO, MainFlux, The Thing Networks entre outras iniciativas open source que são exemplos de plataformas que fornecem infraestrutura de servidor pronta para conectar dispositivos IoT, armazenar e analisar dados de IoT coletados, otimizando a apresentação dos dados em informações.



Fonte: Demo Server Pulse

Figura 8- IoT Vega Pulse

A aplicação IOT Vega Pulse é uma ferramenta para início fácil e rápido. Assim, dispositivos como: medidores de água, eletricidade e gás, bem como dispositivos com contagem de pulso podem ser utilizados para coleta de dados pela plataforma. O aplicativo tem uma interface simples e fácil de usar e ajuda a implementar pequenos projetos com custos mínimos. Além disso, o aplicativo pode ser usado para demonstrar as habilidades dos sistemas de segurança, exibindo on-line alarmes dos sensores conectados. As leituras atuais do medidor e o consumo de recursos e relatórios de alarme podem ser exportados em formatos de arquivos \*.word ou \*.excel. O IOT Vega Pulse funciona em conjunto com o IOT Vega Server via API de tomada web. O aplicativo é gratuito na forma de um aplicativo web, e não tem limitações no número de medidores conectados. A versão Web do IOT Vega Pulse é fornecida como código-fonte, o que permite que personalização da aparência do aplicativo para uso de marca própria ou que se desenvolva uma outra aplicação com base nela.

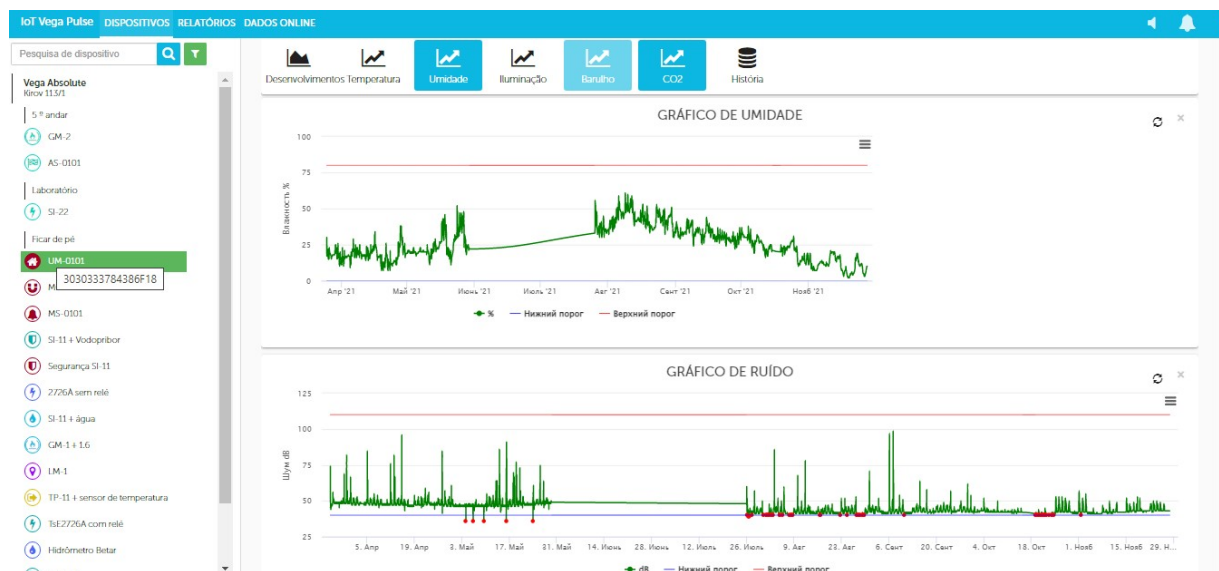
Outros aplicativos possíveis estão ilustrados na figura 9 e 10. Na figura 9 aparece um dispositivo multifunção que monitora umidade, iluminação, temperatura, nível de ruído, CO<sup>2</sup> no ambiente e temperatura.



Fonte: Demo Vega Pulse

Figura 9- Leitura de dispositivo com Multifunções

Já na figura 10, ainda com a mesma tela de dispositivo vemos a media de umidade e ruído em gráfico.



Fonte: Demo Vega Pulse

Figura 10- Dispositivo Multifunções- visual gráfico

Importante ressaltar ressaltar que é possível extrair relatórios dos gráficos como imagem ou pdf, exportar medidas em valores para o excell e enviar comando para fazer uma

media instântanea. Outra característica da ferramenta é a possibilidade de colocar limiares com alertas de valores medidos.

### 3.5 O rastreamento

No sentido de aperfeiçoamento do conhecimento e da técnica apresentamos no PI VI um rastreador automotivo baseado na rede de telefonia móvel GPRS. A atual rede das operadoras possuem ampla cobertura de sinal para dados especialmente em regiões de maior concentração populacional. A rede LoRAWAN como uma LPWAN possui características semelhantes em cobertura de uma rede móvel celular. Apesar de ser uma rede privada, há diversas iniciativas comunitárias que permitem o acesso de dispositivos em gateways LoRaWAN espalhados pelo mundo.

The Things Network é uma comunidade de colaboração global incentivando o compartilhamento e o desenvolvimento da rede. Na figura 11 apresenta-se uma disponibilidade global de gateways que aderiram a comunidade. (TTN, 2021)



Fonte: Site TTN

Figura 11- Comunidade LoRaWAN, TTN

The No grupo LoRa Alliance é possível identificar outros integradores e prestadores de serviço de rede. No Brasil este existem 2 comunidades, The Things Network e a ORIO..IO e um operador público de rede LoRAWAN, a Amercian Tower que também atua em infraestrutura de torres para operadoras de telefonia móvel no Brasil.



Considerando a pequena cobertura, já há no mercado brasileiro dispositivos de rastreamento com rede LoRaWAN disponível. Considerando um ambiente de alta disponibilidade de gateways e uma rede resiliente pois o dispositivo pode se conectar em outros gateways, o rastreamento de dispositivos teria o seu custo de utilização bastante reduzido uma vez que não seria necessária a assinatura de transmissão de dados como ocorre com as operadoras de celular.

## 4. Considerações Finais

A Internet das Coisas pode ser conceituada como uma rede de objetos que podem sentir, medir, agir e se comunicar através das redes. Em 2013 um relatório da McKinsey a respeito dos avanços tecnológicos que transformariam a vida, os negócios e a economia global (Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy) já identificava doze “tecnologias disruptivas” com este potencial. Dentre elas, destacava-se a Internet das Coisas (IoT, Internet of Things). Entre outros impactos a IoT teria alto potencial de afetar positivamente a qualidade de vida, a saúde e o meio-ambiente. (MCKINSEY, 2021)

Em cursos disponíveis em instituições de renome como EPUSP, ITA, MIT, Politecnico di Milano, Stanford, Tokyo Institute of Technology - 東工大, Tsinghua University - 清華大學, entre outras, e também em plataformas de cursos como a Udemy é comum dividir-se a Internet em uma Internet das Pessoas (IoP, Internet of People) e uma Internet das Coisas (IoT, Internet of Things). A internet das pessoas facilita a comunicação entre pessoas enquanto a Internet das coisas, viabiliza a comunicação entre dispositivos, entre humanos e dispositivos e também a própria comunicação entre humanos. Havia cerca de 4,66 bilhões de internautas no início do ano de 2021. (STATISTA, 2021)

Por outro lado, segundo artigo de Jack Steward publicado em 27/10/2021 os dispositivos IoT somarão mais de 35 bilhões em 2021 e mais de 75 bilhões em 2025. A IoT não se refere apenas à conectividade de máquina a máquina (M2M), mas cria uma malha de rede invisível e inteligente que pode ser sentida, controlada e programada por meio da qual os objetos do mundo físico podem se tornar inteligentes e se comunicar de forma independente. A divisão entre IoP e IoT é de certa forma fictícia dado que a rede atende às duas “Internets”. A IoT tem sido chamada de internet de tudo (IoE, Internet of Everything): sensores, atuadores, dispositivos digitais de todos os tipos, objetos de todos os tipos, veículos, edifícios e pessoas. Dentro do conceito da Indústria 4.0, a integração da internet a tudo viabiliza sistemas de produção ágeis, precisos e céleres. A IoT tem sido empregada em automação, monitoramento remoto e controle de pessoas, clima, meio ambiente, mercadorias, máquinas e equipamentos. Muitas aplicações têm surgido em áreas como a da saúde, da logística e, principalmente nas aplicações focadas nas cidades inteligentes. Hoje é está se tornando onipresente. (JACK STEWARD, 2021)

Listas crescentes de produtos IoT oferecidos ao mercado sofrem atualização constante em sites como o [iotlist.co](http://iotlist.co) e [lineupiot.com](http://lineupiot.com), entre outros.

A rede LoRAWAN é sem dúvida uma oportunidade para ampliar e aperfeiçoar a infraestrutura de rede porque não requer custos operacionais demasiados nem possui exigências regulatórias severas para seu uso e aplicação. Os recursos e as possibilidades de uma rede comunitária e pública são bastante otimistas. É certamente um grande passo tecnológico para nações em desenvolvimento.

## Referências

ALLIANCE, L. What is LoRaWAN® Specification. **Lora Alliance**, 2021. Disponível em: <<https://lora-alliance.org/about-lorawan/>>. Acesso em: 16/10/2021 outubro 2021.

BBC. O que é a 4ª revolução industrial - e como ela deve afetar nossas vidas. **BBC**, 2016. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-37658309>>. Acesso em: 30 abril 2021.

BROWN, T. **Change by Design**. New York: [s.n.], 2009.

BROWN, T. **Change by design: how design thinking transforms organizations and inspires innovation**. New York: [s.n.], 2009.

JACK STEWARD. The Ultimate List of Internet of Things Statistics for 2021. **Find Stack**, 2021. Disponível em: <<https://findstack.com/internet-of-things-statistics/#:~:text=Reports%20indicate%20that%20there%20will,and%2075.44%20billion%20by%202025>>. Acesso em: 28 novembro 2021.

KORTUEM, G. et al. **Smart objects as building blocks for the internet of things**. [S.l.]: IEEE Internet Computing, 2009. 44-51 p.

LORA ALLIANCE. LoRa Alliance. **LoRa Alliance**, 2015. Disponível em: <<https://lora-alliance.org/about-lora-alliance/>>. Acesso em: 20 novembro 2021.

LORA ALLIANCE. What is LoRaWAN. **LoRa Alliance**, 2021. Disponível em: <<https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/what-is-lorawan.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2021.

LORENZETTI, D. H. et al. **A cadeia de abastecimento de medicamentos do Município de Carapicuíba: oportunidades de aperfeiçoamento e recomendações para políticas públicas**. Carapicuíba. 2019.

LPWAN vs LoRaWAN: Is LoRaWAN Leading amongst LPWAN Technologies? **Mokolora**. Disponível em: <<https://www.mokolora.com/lorawan-vs-lpwan-technologies/>>. Acesso em: 20 novembro 2021.

LPWAN vs LoRaWAN: Is LoRaWAN Leading amongst LPWAN Technologies? **Mokolora**. Disponível em: <<https://www.mokolora.com/lorawan-vs-lpwan-technologies/>>. Acesso em: 20 Novembro 2021.

MCKINSEY. Disruptive Technologies. **Mckinsey**, 2021. Disponível em: <[https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/disruptive%20technologies/mgi\\_disruptive\\_technologies\\_executive\\_summary\\_may\\_2013.pdf](https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/disruptive%20technologies/mgi_disruptive_technologies_executive_summary_may_2013.pdf)>. Acesso em: 28 novembro 2021.

MOKOLORA. **LPWAN vs LoRaWAN: Is LoRaWAN Leading amongst LPWAN Technologies?**, 2021. Disponível em: <<https://www.mokolora.com/lorawan-vs-lpwan-technologies/>>. Acesso em: 20 Novembro 2021.

OBODOVSKI, D.; KELLMEREIT,. **The silent intelligence:** The Internet of things. North Coroline: DnD Ventures, 2013.

QUENTIN FIORE, M. M. **O meio é a mensagem.** 1. ed. São Paulo: Ubu, 2018.

RIOS, T. A. **Comprender e ensinar:** por uma docência da melhor qualidade. 8. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2016.

SHAIKEN, H. **Work Transformed:** Automation and Labor in the Computer Age. New York: Holt, Rinehart and Wiinston, 1984.

SIGFOX. Sigfox Coverage. **Sigfox**, 2010. Disponível em: <<https://www.sigfox.com/en/coverage>>. Acesso em: 26 novembro 2021.

STATISTA. Digital Population Worldwide. **Statista**, 2021. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/>>. Acesso em: 29 novembro 2021.

TTN. **The Things Network**, 2021. Disponível em: <<https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/>>. Acesso em: 16 outubro 2021.

TTN. THE THINGS NETWORK. **The things network**, 2021. Disponível em: <<https://www.thethingsnetwork.org/>>. Acesso em: 26 novembro 2021.

VEGA. Vega Company. **IoT Vega**, 2021. Disponível em: <<https://en.iotvega.com/company>>. Acesso em: 26 novembro 2021.

VEGA-ABSOLUTE. Vega Absolute. **VEGA ABSOLUTE**, 2017. Disponível em: <<https://en.iotvega.com/>>. Acesso em: 20 setembro 2021.

WIKIPEDIA. Action learning. **Wikipedia**, 2010. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Action\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Action_learning)>. Acesso em: 09 maio 2021.

WIKIPEDIA. <https://en.wikipedia.org/wiki/LoRa>. **Wikipedia**, 2021. Disponível em: <<https://en.wikipedia.org/wiki/LoRa>>. Acesso em: 20 novembro 2021.

## APÊNDICE A - Trabalho Publicado no 22<sup>o</sup> SICT-2020

# APLICATIVO DE APOIO À GESTÃO DE ESPAÇOS PÚBLICOS

Dagoberto Helio Lorenzetti<sup>1</sup>, Jean Franco Borges da Silva<sup>2</sup>, Valdeni Marques Lavrador<sup>3</sup>, Cesar Augusto Lincoln de Godoy<sup>4</sup>, Ricardo Pinto Ferreira<sup>5</sup>

<sup>1, 2,3,4,5</sup> Universidade Virtual do Estado de São Paulo – UNIVESP – Polo Carapicuíba  
[dagoberto.lorenzetti@gmail.com](mailto:dagoberto.lorenzetti@gmail.com); [ricardo.ferreira@cursos.univesp.br](mailto:ricardo.ferreira@cursos.univesp.br)

### 1. Introdução

Espaços públicos, em especial parques e praças, são importantes elementos para a qualidade de vida das pessoas nas regiões urbanizadas em todas as partes do mundo, normalmente em cidades que sofreram processos de urbanização acelerados e pouco estruturados. Não apenas a implantação de parques, mas a manutenção destes espaços e seu mobiliário demandam considerável volume de recursos e atenção por parte de gestores públicos. A pesquisa foi direcionada na experiência de uso e na gestão de quatro parques, bem como de seu mobiliário no município de Carapicuíba. O objetivo do artigo foi a criação de um aplicativo de apoio à gestão de espaços públicos.

### 2. Metodologia

O artigo foi pautado pela perspectiva do Design Thinking [1] e do Movimento Maker, teve como base os elementos coligidos por meio de entrevistas em profundidade, entrevistas semiestruturadas, e uma entrevista de grupo focal realizadas com munícipes usuários e gestores da prefeitura. A escolha da ferramenta de prototipação, uma plataforma para a construção do aplicativo, foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica e da consulta a especialistas. Diversas opções foram elencadas e cotejadas, com base nos critérios facilidade de acesso e facilidade de implementação. A ferramenta Fabapp [2] foi escolhida e o protótipo inicial foi desenvolvido. Após análise por parte dos usuários, modificações foram introduzidas e a versão final do protótipo foi concluída.

### 3. Resultados

O Aplicativo, que foi denominado AppCidadão depois da enquete entre os envolvidos, atendeu à demanda dos públicos entrevistados e revelou-se ferramenta flexível passível de ser utilizada por qualquer município com implementação de outros botões de serviços relevantes para cada caso. O protótipo, desenvolvido em sistema operacional Android, pode também ser implementado em plataforma iOS de forma relativamente expedita, por meio da ferramenta Fabapp. Várias funções focalizadas no reporte de incidentes em parques e seu mobiliário, bem como das competentes e necessárias ações corretivas estão implementadas no protótipo. O escopo e rol de funções, entretanto, podem ser ampliados ou adaptados para outras necessidades e aplicações. Uma dificuldade inicial relacionada à geração da função selecionar arquivos no aparelho smartphone do munícipe para posterior encaminhamento para um depósito foi resolvida utilizando-se Formulário Google que, além de permitir a organização de arquivos a serem enviados, permite limitar tamanho, tipo e quantidade de arquivos. O formulário também permite gerar dados estatísticos e informações adicionais dos usuários. A Figura 1 mostra o protótipo do aplicativo disponível no website da plataforma Fabapp em: [https://galeria.fabricadeaplicativos.com.br/appcidadeado\\_2428197](https://galeria.fabricadeaplicativos.com.br/appcidadeado_2428197).

Figura 1 – Aplicativo AppCidadão. – Aparência na tela do celular. Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

### 4. Conclusões

O aplicativo pode ser usado imediatamente, ou após passar por análise final de um número maior de usuários e por todo o corpo de gestores envolvidos, e ser aperfeiçoado com a experiência angariada com seu uso. O sistema certamente aprenderá com o tempo, poderá adaptar-se e este protótipo pode ser a referência para desenvolvimento de soluções para áreas como saúde, mobilidade urbana, moradia, saneamento, segurança, entre outros assim como

constituir a base para a criação de armazéns de dados que possibilitem análises mais aprofundadas com ferramentas de Inteligência Artificial. Gestores poderão contar com ferramentas de apoio à decisão cada vez mais alinhadas à realidade e aprofundar seu entendimento de problemas e identificação de oportunidades. Poderão ainda conceber e entregar melhores soluções à população.

### ***5. Referências***

- [1] BROWN, T. Design Thinking. Trad Cristina Yamagami, Rio de Janeiro: Alta Bools, 2018.
- [2] FABAPP. Fábrica de Aplicativos. Disponível em: <https://fabricadeaplicativos.com.br/>. Acesso em 12 de set. 2020.

### ***Agradecimentos***

À Prefeitura Municipal de Carapicuíba (PMC) e seus gestores pela disponibilização de informações e pelas sugestões oferecidas e ao Polo Carapicuíba da Univesp na pessoa de Ivone Campiotto, pela facilitação dos contatos junto à PMC.