

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA FLUMINENSE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS APLICADOS  
À ENGENHARIA E GESTÃO**

**JHULYAN BUENO GABRIEL DE ANDRADE**

**Proposta de um Sistema de Localização Indoor para Aplicações  
de Controle de Bens Patrimoniais**

**Campos dos Goytacazes/RJ**

**2023**

2023

JHULYAN BUENO GABRIEL DE ANDRADE

MPSAEG / IFF

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA FLUMINENSE**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS APLICADOS  
À ENGENHARIA E GESTÃO

JHULYAN BUENO GABRIEL DE ANDRADE

**Proposta de um Sistema de Localização Indoor para Aplicações  
de Controle de Bens Patrimoniais**

RODRIGO MARTINS FERNANDES

(Orientador)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (MPSAEG), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão.

Campos dos Goytacazes/RJ

2023

**Biblioteca**  
**CIP - Catalogação na Publicação**

B553p Bueno, Jhulyan  
Proposta de um Sistema de Localização Indoor para Aplicações de  
Controle de Bens Patrimoniais / Jhulyan Bueno - 2023.  
68 f.: il. color.

Orientador: Rodrigo Martins Fernandes

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado  
Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão, Anton Dakitsch,  
RJ, 2023.

Referências: f. .

1. RSSI. 2. Internet das Coisas (IoT). 3. Mapa de sinais. 4. Localização  
interna. I. Martins Fernandes, Rodrigo, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Biblioteca do IFF  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS APLICADOS À  
ENGENHARIA E GESTÃO

JHULYAN BUENO GABRIEL DE ANDRADE

**Proposta de um Sistema de Localização Indoor para Aplicações de Controle de Bens  
Patrimoniais**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (MPSAEG), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão.

Aprovado(a) em 31 de março de 2023.

Banca Examinadora:

**RODRIGO MARTINS  
FERNANDES:07977152746**

Assinado digitalmente por RODRIGO MARTINS FERNANDES:07977152746  
ND: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, OU=RFB e-CPF A3, OU=(EM  
BRANCO), OU=11871388005262, CN=RODRIGO MARTINS FERNANDES:07977152746  
Razão: Eu sou o autor deste documento  
Localização:  
Data: 2023.07.05 16:06:37-03'00'  
Foxit PDF Reader Versão: 12.1.2

DSc. Rodrigo Martins Fernandes, Doutor

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia Fluminense

(Orientador)

Documento assinado digitalmente



ALINE PIRES VIEIRA DE VASCONCELOS

Data: 05/07/2023 07:37:10-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DSc. Aline Pires Vieira de Vasconcelos

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia Fluminense

Documento assinado digitalmente



WILLIAM DA SILVA VIANNA

Data: 04/07/2023 19:06:06-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DSc. William da Silva Vianna

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia Fluminense

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus que me concedeu a oportunidade de ingressar em um curso de pós-graduação *stricto sensu* e que me capacitou para concluí-lo.

A minha família por me apoiar e incentivar durante toda a difícil jornada.

Aos amigos Revair Mendes Lourenço, Kátia da Silva Vianna Menezes, David Marcos Geralda de Souza e João Pedro Marcelino Terra, que fizeram parte da minha formação e iniciaram essa empreitada comigo contribuindo fortemente para obtenção de um bom resultado.

Agradeço também ao meu orientador Rodrigo Martins Fernandes pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho, pela ajuda e compreensão durante os desafios encontrados.

Em especial, agradeço ao Diretor Marcelo Pereira de Abreu por ter compartilhado comigo uma necessidade da instituição, a qual motivou toda a pesquisa.

Por fim, agradeço ao professor William da Silva Vianna e à professora Aline Pires Vieira de Vasconcelos por terem contribuído com seus conhecimentos para o trabalho e ajudado a concretizar os primeiros passos.

## RESUMO

A utilização de Sistemas IoT, ou internet das coisas, tem se tornado uma solução para o controle e monitoramento de objetos e pessoas. Essa tecnologia permite encontrar a localização, por meio de sensores interligados pela rede. Podendo ajudar a fiscalizar a movimentação de ativos em diversos ambientes fechados, como por exemplo nas indústrias para fazer o controle de estoque e logística; em empresas que desejam monitorar o fluxo dos funcionários; em hospitais para a localização de equipamentos compartilhados; na área de vendas para ofertar um produto de acordo com a proximidade do cliente com o estabelecimento; em Instituições Públicas de Ensino para controle de acesso aos departamentos; entre outros. O trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema para localização *indoor* a ser utilizado em bens cuja categoria tenha maior frequência de dificuldade de localização e que possua maior valor agregado e/ou importância estratégica para a instituição. O dispositivo é composto por um sistema de hardware acoplado ao bem que se deseja rastrear, conectado à rede wifi e a um sistema de informações, com interface intuitiva e de baixo custo de implantação e manutenção. O método utilizado foi o da criação do mapa de sinal *offline* baseado na intensidade do sinal recebido (RSSI). O Localizador de Patrimônio demonstrou sua a viabilidade, em termos de eficiência e custo-benefício. Por meio da representação dos testes experimentais ficou clara a agilidade e confiabilidade que o sistema pode proporcionar à diversas aplicações.

**Palavras-chave:** RSSI; Internet das Coisas (IoT); Mapa de sinais; Localização interna.

## **ABSTRACT**

The use of IoT systems, or internet of things, has become a solution for controlling and monitoring objects and people. This technology allows finding the location, through sensors interconnected by the network. It can help supervise the movement of assets in various closed environments, such as in industries to control inventory and logistics; in companies that want to monitor employee flow; in hospitals for locating shared equipment; in the sales area to offer a product according to the customer's proximity to the establishment; in Public Teaching Institutions to control access to departments; between others. The objective of this work is to develop a system for indoor location to be used in goods whose category has a higher frequency of difficulty in locating and that has greater added value and/or strategic importance for the institution. The device consists of a hardware system coupled to the asset to be tracked, connected to the Wi-Fi network and an information system, with an intuitive interface and low cost of implementation and maintenance. The method used was the creation of the offline signal map based on the received signal strength (RSSI). The Heritage Locator has demonstrated its viability, in terms of efficiency and cost-effectiveness. Through the representation of the business processes involved, the agility and reliability that the system can provide to various applications became clear.

**Keywords:** RSSI; Internet of Things (IoT); Signal map; Indoor Location

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema RFID (arquitetura) .....	23
Figura 2 – Sensores conectados ao hub via protocolo ZigBee .....	25
Figura 3 – Fases do <i>Design Thinking</i> .....	26
Figura 4 – Modelo V da Engenharia de Sistemas .....	27
Figura 5 – Diagrama de Caso de Uso do Sistema LP .....	33
Figura 6 – Diagrama de Classes do Sistema LP .....	35
Figura 7 – Relacionamento das tabelas da base de dados .....	35
Figura 8 - Protótipo das telas da interface gráfica.....	36
Figura 9 – Diagrama de alto nível (blocos) do sistema .....	37
Figura 10 – Representação da sala utilizada para os testes do protótipo .....	38
Figura 11 – Envio do número de patrimônio e sala atual para a base de dados .....	42
Figura 12 – Cadastro de um novo usuário .....	44
Figura 13 – Acesso às telas negado por inserção de dados inválidos .....	43
Figura 14 – Cadastro dos bens patrimoniais .....	44
Figura 15 – Cadastro dos locais .....	44
Figura 16 – Lista dos bens patrimoniais cadastrados .....	44
Figura 17 – Lista dos locais cadastrados .....	45
Figura 18 – Relatório da localização patrimonial.....	45
Figura 19 – Arquitetura de comunicação do Sistema LP .....	48
Figura 20 – Teste de detecção da sala e desligamento do módulo LP .....	49
Figura 21 – Sistema Localizador Patrimonial .....	50
Figura 22 - Resultado da segunda pergunta de questionário .....	51
Figura 23 - Resultado da terceira pergunta do questionário .....	52
Figura 24 - Resultado da quarta pergunta do questionário .....	52
Figura 25 - Resultado da quinta pergunta do questionário .....	52

Figura 26 - Resultado da sexta pergunta do questionário .....	53
Figura 27 - Diagrama Prisma .....	54
Figura A-1 – Código do exemplo “WiFiScan” do ESP8266 <i>Wi-Fi</i> .....	62
Figura A-2 – Código utilizado para escanear a rede e obter o endereço físico também .	63
Figura A-3 – Código utilizado para escanear a rede e obter o endereço físico também	64
Figura A-4 – Código utilizado para enviar dados para o servidor .....	65
Figura A-5 – Comando para colocar o dispositivo em sono profundo .....	65
Figura A-6 – Primeira pergunta do questionário para o levantamento de requisitos ....	66
Figura A-7 – Segunda pergunta do questionário para o levantamento de requisitos .....	66
Figura A-8 – Terceira pergunta do questionário para o levantamento de requisitos .....	67
Figura A-9 – Quarta pergunta do questionário para o levantamento de requisitos .....	67
Figura A-10 – Quinta pergunta do questionário para o levantamento de requisitos .....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo de tecnologias de localização existentes .....	29
Tabela 2 - Exemplo de leitura feita numa determinada coordenada .....	39
Tabela 3 - Mapa de sinal com os valores de RSSI obtidos em cada leitura .....	40
Tabela 4 - Valores de RSSI da coordenada escolhida .....	40
Tabela 5 - Medição de RSSI em módulo dentro das salas .....	47
Tabela 6 - Mapa de sinal .....	47
Tabela 7 - Trabalhos selecionados .....	55

## LISTA DE SIGLAS

*BLE - Bluetooth Low Energy*

*CSS - Chirp Spread Spectrum*

*DML - Linguagem de Manipulação de Dados*

*DSR - Design Science Reserach*

*DTI - Diretoria de Tecnologia da Informação*

*DTIC - Departamento de Tecnologia da Informação e Comunicação*

*EAP – Estrutura Analítica do Projeto*

*GPS - Global Positioning System*

*HTML - Linguagem de Manipulação de Dados*

*IFFluminense - Instituto Federal Fluminense*

*INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial*

*IoT - Internet das coisas*

*LBS - Location Based Service*

*LoRa - Long Range*

*MEC – Ministério da Educação*

*MAC - Media Access Control*

*NAP - Nearest Access Point*

*PDI - Plano de Desenvolvimento Institucional*

*PM - Project Model*

*PSI - Sistema de Posicionamento Interno*

*RFID - Radio Frequency Identification*

*RNA - Rede Neural Artificial*

*RSSI - Indicador de intensidade de sinal recebido (Received Signal Strength Indication)*

*RTLS - Real Time Location System*

*SUAP - Sistema Unificado de Administração Pública*

*TAP - Termo de Abertura do Projeto*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 Descrição do problema.....	13
1.2 Justificativa.....	13
1.3 Motivação.....	14
1.3.1 Objetivo geral.....	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
2.1 Revisão Patentária .....	16
2.2 Trabalhos Relacionados.....	18
2.3 Tecnologias de localização sem fio.....	20
2.3.1 RSSI.....	21
2.3.2 GPS.....	22
2.3.3 RFID.....	22
2.3.4 LoRa.....	23
2.3.5 <i>ZigBee</i> .....	24
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	25
3.1 Definição da tecnologia .....	28
3.2 Desenvolvimento do protótipo do <i>software</i> .....	32
3.3 Teste unitário do <i>hardware</i> com <i>WiFi</i> .....	37
3.4 Teste unitário do <i>software</i> embarcado comunicando com o servidor.....	41
3.5 Teste unitário das telas (interface com o usuário) comunicando com o servidor.....	42
3.6 Teste de integração total entre <i>hardware</i> , servidor e sistema.....	45
3.7 Teste de Validação .....	50
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	54
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	58
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	59
<b>APÊNDICE A</b> .....	62

## 1. INTRODUÇÃO

A internet das coisas (IoT) é o termo usado para descrever sistemas que comunicam dispositivos cotidianos entre si, por meio da internet às “coisas”, tendo como exemplo lâmpadas, eletrodomésticos, veículos, smartphones, computadores e acessórios, os quais podem estabelecer uma conversa, transmitindo dados e gerando informações pertinentes para o dia a dia (HAN, 2018).

A utilização de sistemas de posicionamento com uma rede IoT tem se tornado uma demanda cada vez maior entre os dispositivos para controle e monitoramento de objetos e pessoas (FIGUEIREDO E SILVA; KASEVA; LOHAN, 2018). A localização, por meio de sensores interligados pela rede, pode ajudar a fiscalizar a movimentação de ativos, como a entrada e a saída em estabelecimentos, empresas, instituições, em salas restritas ou até mesmo para o controle de empréstimos de livros em uma biblioteca.

Entrando no âmbito das instituições públicas, a localização dos ativos pode ser de grande valor, pois, levando em consideração a Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990 art. 116, é dever do servidor zelar pela economia do material e pela conservação do patrimônio público, portanto, a localização dos bens patrimoniais precisa ser conhecida e mantida atualizada, a fim de evitar defeitos e desaparecimentos. Uma pesquisa foi realizada, no Instituto Federal Fluminense, *campus* Campos-Centro, com os principais responsáveis pelos ativos da instituição e será mostrada mais a frente neste trabalho. Por meio desta, destacou-se a prática de descartes e trocas de locais dos bens sem uma prévia autorização cada vez mais recorrente.

Em 2016, foi publicado um comunicado pela reitoria do Instituto Federal Fluminense (IFFluminense), destacando o controle patrimonial como um desafio na gestão pública, além disso, foi criada a cartilha “Utilização dos Bens Móveis Permanentes do Instituto Federal Fluminense - Instruções básicas aos servidores”, para orientar os servidores sobre os procedimentos adequados e legais no recebimento, controle, armazenamento, movimentação e até mesmo desfazimento. Em vista disso, percebe-se um interesse, por parte das instituições, em organizar e fiscalizar os seus ativos

## **1.1. Descrição do problema**

O IFFluminense oferece cursos de ensino nos níveis médio, técnico, superior e pós-graduação. Para atender às demandas educacionais crescentes e cumprir com Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI), o IFFluminense adquiriu muitos equipamentos tecnológicos e mobílias, aumentando a complexidade de manter um inventário atualizado dos ativos e de suas respectivas localizações físicas dentro dos *campi*.

Neste contexto, cresce a importância de utilizar dispositivos tecnológicos para auxiliar na tarefa de monitorar a localização dos ativos da instituição, principalmente em bens cuja categoria tem maior frequência de dificuldade de localização e que possuem maior valor agregado e/ou importância estratégica para a instituição.

A proposta do presente trabalho é o desenvolvimento de um protótipo de bancada, pois será feito em escalas reduzidas, de um sistema para localização de ativos em ambientes fechados.

## **1.2. Justificativa**

A Lei 4.320/1964 estabelece regras para o controle dos orçamentos e balanços da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal. Nela, os bens patrimoniais são tratados como uma pauta da contabilidade pública, dessa forma institui-se como se deve realizar a avaliação patrimonial de todos os bens. A lei discorre também, do art. 94 ao 98, sobre o levantamento de todos os bens, a caracterização de cada um deles, a identificação dos agentes responsáveis pela sua guarda e a fiscalização quanto ao cumprimento dos deveres. A legislação prevê ainda, uma atualização dos registros dos bens patrimoniais por meio de inventários anuais.

Para atender às exigências, as instituições precisam de uma alta organização, bem como de cooperação dos agentes envolvidos. Conforme citado anteriormente, a Lei nº 8.112/1990 retrata esse compromisso de zelo por parte dos servidores públicos. Diante desse cenário, o setor responsável pelos bens patrimoniais do IFFluminense *campus* Campos Centro subdivide a organização dos bens setorizando-os de acordo com a sua localização, dessa forma, os diretores assumem o compromisso de cuidar e realizar inventários dos bens cadastrados em seu setor.

Uma das seções com maior concentração de ativos do *campus* é a Diretoria de Tecnologia da Informação (DTI), onde se aplicou um questionário para obter informações

sobre o atual processo de localização dos bens. Os resultados dessa pesquisa indicaram intensa movimentação de bens sem a atualização da nova localização; dificuldade dos responsáveis pelos bens patrimoniais de cada setor em realizar inventário periódico; bens alocados em setores diferentes do cadastro no Sistema Unificado de Administração Pública (SUAP) e bens não localizados.

Além disso, a pesquisa também apontou que seria bem-vinda uma ajuda na localização dos bens presentes na instituição por meio de um dispositivo tecnológico, visto que foi relatado, pelos supervisores do setor patrimonial, a perda de muitos objetos dentro do próprio *campus*, o que, em casos de auditoria, poderia gerar grandes punições, principalmente quando o patrimônio possui maior valor agregado.

### **1.3. Motivação**

Em um período de dois anos, foi possível observar de perto a problemática da localização dos bens patrimoniais dentro do IFFluminense, devido a um estágio no setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (DTIC), cuja intensa movimentação de ativos, tanto pelas instalações de novos equipamentos como pelas manutenções realizadas pelos funcionários, era um fator de interferência.

Durante essa experiência profissional, participei de um projeto de desfazimento dos patrimônios, o qual consistiu em separar os ativos que não possuíam mais utilidade para a instituição e leiloá-los ou descartá-los quando necessário. O processo incluía ainda, a implementação de novas etiquetas para identificação do patrimônio: o que antes era uma simples identificação numérica e digitada, agora contaria com etiquetagem contendo código QR, ou seja, um código de barras bidirecional lido por câmeras da maioria dos celulares atuais. Ao longo do projeto, pude perceber que muitos dispositivos não estavam cadastrados nos setores corretos; muitos não apresentavam mais a etiqueta adesiva antiga com o número do patrimônio; e alguns não foram encontrados pela instituição.

Diante desse cenário, foi crescendo o desejo de contribuir com o processo de localização dos ativos.

### **1.3.1 Objetivo geral**

O trabalho tem como objetivo geral desenvolver um protótipo de bancada de um sistema para localização de ativos em ambientes *indoor*, capaz de identificar diariamente a localização dos bens rastreados – cujos requisitos serão levantados na etapa de metodologia do trabalho.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Localizar os bens patrimoniais de forma automática;
- Reduzir o consumo de energia do sistema de localização;
- Criação de uma mapa de sinal offline adequado à aplicação;
- Minimizar os custos de implementação utilizando a rede *Wi-Fi* já existente no local de aplicação;
- Interface intuitiva para o usuário.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, serão destacadas as pesquisas concretizadas para o presente trabalho, seguindo a seguinte divisão: “Revisão Patentária”, formada pelas patentes nacionais e internacionais com temas relacionados à presente pesquisa; “Trabalhos Relacionados”, composto pelos artigos, teses e monografias com objetivos afins; e “Tecnologias de localização sem fio”, onde serão destacadas as principais tecnologias de posicionamento sem fio.

### 2.1 Revisão Patentária

A primeira base utilizada para a pesquisa foi o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). As buscas foram realizadas em fevereiro de 2022 com a palavra “*indoor*” estando contida no título dos projetos, fornecendo, como resultado, 16 processos que satisfizeram a pesquisa, porém somente 3 estavam dentro do tema proposto pelo trabalho e disponíveis para o acesso à leitura. A seguir os pedidos de patente nacionais:

- I. A patente de número BR 10 2015 027503 0, depositada no Brasil, publicada em 2018, com o tema “Dispositivo Eletrônico de comunicação e armazenamento de dados multiplexados em rádio frequências múltiplas, análise, gerenciamento e comunicação para plataformas externas, com alertas para informativos, pagamento e soluções interativas por georreferenciamento indoor e outdoor” tem como objetivo fornecer ao usuário um conteúdo de entretenimento, informações e divulgação de produtos e serviços através da web. Sua aplicação abrange muitos setores/mercados, e pode ser estilizado e pré-programado de acordo com a utilização e a necessidade. No entanto, a invenção utiliza um dispositivo móvel para promover notificações entre os usuários, não sendo viável a aplicação para localização de bens patrimoniais.
- II. A invenção de número BR 11 2017 003997 4, depositada no Brasil, publicada em 2018, cujo tema é “localização de posição indoor usando refletores direcionais de varredura retardados”, proporciona a localização de pessoas e objetos em ambientes fechados, utilizando um aparelho móvel, o que implicaria um investimento custoso para uma aplicação de localização somente de ativos. O método utilizou a tecnologia das redes *Wi-Fi* e a força de intensidade de seu sinal.
- III. O Modelo de Utilidade de número MU 8500190-2, depositado no Brasil no ano de 2005 possui o tema “Painel Publicitário Indoor, sonorizado”, destinado à publicidade em forma

de um cartaz que emite efeitos sonoros quando detecta a presença de pessoas a uma certa distância. O dispositivo que utiliza técnicas de localização indoor não se aplica ao presente trabalho, por se tratar de um painel fixo em um ponto geográfico para divulgação e não tem como funcionalidade identificar objetos por toda a extensão do ambiente.

A segunda base de busca de patente foi a *Spacenet* com, aproximadamente, 203 processos encontrados para as palavras: “*geolocation*” ou “*indoor location*” presentes no título e “*radio frequency*” ou “RSSI” no título ou resumo. Os pedidos que mais se destacaram de acordo com o presente trabalho estão listados a seguir:

- IV. A invenção de número CN106353725A, depositada na China, publicada em 2017, cujo tema é “*RSSI (received signal strength indication) based indoor moving target location method*”, refere-se a técnicas precisas de posicionamento de alvo móvel interno e, mais particularmente, a um método de localização de alvo móvel interno baseado em RSSI. O método visa uma alta precisão na localização, o que no caso do estudo do presente trabalho não é necessário, permitindo-se aplicar técnicas mais simples e de menor investimento financeiro.
- V. A invenção de número GB2548788A, depositada na Grã-Bretanha, publicada em 2016, cujo tema é “*Indoor Location System*”, é composta por um conjunto de unidades de radiofrequência instaladas dentro de um edifício e configuradas para transmitir ou receber sinais de rádio para o dispositivo móvel o qual se deseja encontrar. O dispositivo possui uma programação capaz de calcular a intensidade média do sinal recebido (RSSI) representativa para cada sala do prédio e assim determinar em qual sala está. A presente proposta exige um número muito alto de antenas de transmissão de radiofrequência e utiliza um dispositivo de alta performance para a detecção, diante disso, sua implementação encontra-se em desvantagem perante a aplicação do presente trabalho de localizar ativos.
- VI. A invenção de número US2015080014A1, depositada no Estados Unidos, publicada em 2015, cujo tema é “*Indoor location determination of access points using mobile device indoor location information*”, propõe-se a realizar a localização de dispositivos móveis dentro de um local fechado, por meio dos múltiplos sinais captados pelo aparelho. O sistema conta com uma lista com um ou mais pontos de acesso próximos para determinar a distância com maior precisão e também oferece a funcionalidade de armazenar em um banco de dados a informação de localização. O aparelho é destinado a usuários que se

locomovem e não a ativos, tornando uma técnica mais custosa para a implementação de bens patrimoniais.

- VII. A invenção de número US7660591B1, depositada no Estados Unidos, publicada em 2010, cujo tema é “*Propagation Loss Model Based Indoor Wireless Location of Stations*”, consiste em um método e um aparelho para determinar a localização de um transmissor, utilizando a Força do Sinal Recebido (RSSI) em uma pluralidade de locais. Após ser realizada a medição do sinal, é subtraído dele uma potência de sinal já conhecida, com o intuito de achar um Vetor de Perda de Propagação para cada local. Dessa forma, cria-se um modelo baseado na perda em cada local e, assim, cada uma das medições RSSI é comparada com cada vetor de transmissão do modelo. Uma vez que todos os pontos da grade tenham sido avaliados, o ponto com a melhor correspondência é selecionado como um local do transmissor. O método preocupa-se em achar o posicionamento em medidas de distâncias de um referencial, porém para a nossa aplicação permite uma maior abrangência na localização e assim simplificação do método.
- VIII. A invenção de número JP2010203849A, depositada no Japão, publicada em 2010, cujo tema é “*Geolocation System*”, fornece um sistema de geolocalização que permite localização de alta precisão, determinando definitivamente um valor integral de fase em um método de geolocalização por diferença de fase. Essa precisão não é necessária na localização de ativos, por tanto, métodos mais apropriados foram aplicados no presente trabalho.

## 2.2 Trabalhos Relacionados

O presente trabalho relaciona-se a vários outros com objetivos semelhantes. Osório (2011) desenvolveu um sistema de localização de pessoas para ambientes internos e externos utilizando tecnologias sem fio, como *Wi-Fi*. A partir disso, optou-se por implementar um mecanismo que combina a técnica NAP (*Nearest Access Point*) com a técnica RSSI, de modo que o sistema implementado permitiu identificar e localizar identificadores em ambientes internos e externos com capacidade de interatividade e personalização por parte dos usuários. A precisão, então, mostrou-se adequada, e os requisitos, como integração na infraestrutura já existente e escalabilidade do sistema, foram alcançados.

Medeiros (2020), em seu trabalho, teve como objetivo localizar um dispositivo em ambiente fechado e previamente mapeado, utilizando o método mapa de sinal *fingerprint*, o qual foi construído utilizando um aparelho *smartphone* e obteve como resultado uma precisão

na localização de 63% de acertos para a mesma sala em que o dispositivo se encontra. Além disso, o trabalho conseguiu identificar as localidades de maior e menor força de sinal. O método utilizado foi semelhante ao trabalho proposto, porém a utilização de um smartphone como localizador demanda um alto investimento e não seria útil para a aplicação de objetos ou móveis somente.

No artigo apresentado por Muekdang *et al.* (2018), trabalhou-se com uma técnica de localização *indoor* através do uso do RSSI da *LoRa Technology*. Para isso, foi utilizado um chip *LoRa* da SEMTECH, implementado em uma placa compacta com antena embutida, onde cinco deles foram destinados a emissores de sinal e um deles como receptor. Dessa forma, os valores de RSSI obtidos serviram como entrada para a Rede Neural Artificial (RNA) para estimativa da coordenada do receptor. O método de localização utilizado foi o da triangulação baseada em RSSI, por meio do uso da técnica de banco de dados de impressões digitais para localização interna. A precisão foi de aproximadamente 95%. Apesar deste coincidir com o presente trabalho no objetivo de localização *indoor*, eles se diferem nos métodos e tecnologias utilizadas.

A proposta do trabalho realizado por Zou *et al.* (2017) foi desenvolver um Sistema de Posicionamento Interno (PSI) não intrusivo baseado em *Wi-Fi*, que permite a construção e a adaptação automática de mapas de rádio *on-line* para localização interna livre de calibração. Uma vantagem do mapa de rádio *on-line*, é que ele se adapta melhor à dinâmica ambiental do que o tradicional banco de dados RSSI, calibrado *offline*, pois se mantém atualizado com novas medições. Para refinar ainda mais o mapa, foi escolhida uma técnica de regressão confiável dedicada a prever RSSI em pontos de referência virtuais, permitindo assim capturar RSSI não uniformes em ambientes internos complexos. Os experimentos resultaram em uma precisão de localização média de 1,718 metros. Em contrapartida, para a nossa aplicação de localização de móvel não é exigido tamanha precisão, e as atualizações dos mapas não são intensas, dispensando assim a complexidade e o alto investimento de um sistema funcionando em tempo real.

A localização interna pode ser aplicada na identificação de pessoas com o objetivo de monitoramento, o trabalho realizado por Albín-Rodríguez *et al.* (2021) preocupou-se em monitorar idosos com restrições físicas e cognitivas, que muitas vezes necessitam de cuidados especiais. Para isso, utilizou a tecnologia dos dispositivos móveis juntamente com beacons Bluetooth Low Energy (BLE), onde um conjunto de Indicadores de intensidade de sinal recebido (RSSI) pelos dispositivos utilizados pelos usuários possibilita a localização. A metodologia proposta baseia-se na lógica *fuzzy* para minimizar as interferências que os sinais

de RSSI sofrem com o ambiente. A partir de um estudo de caso realizado pelos autores, chegou-se a uma precisão de 91,63%, aproximadamente 10 pontos a mais que a metodologia sem o uso da lógica *fuzzy*. Esta proposta necessitou de um alto investimento em dispositivos receptores e emissores para a comunicação via *bluetooth*.

Outra aplicação na área de rastreamento de pessoas em ambientes fechados foi demonstrada no trabalho de Janczak et al. (2023), o qual apresentou resultados de uma pesquisa experimental de localização de pessoas sendo evacuadas de um edifício. O trabalho utilizou um método de proximidade baseado na intensidade do sinal recebido (RSSI) de dispositivos *Bluetooth Low-Energy* (BLE). O sistema foi avaliado nos testes e, apesar de demonstrar uma estimativa de localização menos precisa, exige menos carga computacional e baixo custo. No entanto, ainda assim para a nossa aplicação de objetos seria um investimento extra dos emissores de sinais *bluetooth*, visto que, priorizamos o aproveitamento dos emissores de sinais de rádio já existentes no local, como os roteadores já em uso.

### **2.3 Tecnologias de localização sem fio**

Em um sistema de posicionamento IoT, existe uma gama de possibilidades de medição: pode-se usar o conceito de tempo, espaço e o de força de sinal, o qual será abordado por esse trabalho. Os sistemas de localização sem fio podem ser destinados a ambientes externos, pertencendo ao grupo dos LBS (*Location Based Service*) ou para ambientes internos e externos, formando a categoria RTLS (*Real Time Location System*). O grupo RTLS é composto principalmente pelas seguintes alternativas: RFID, WiFi, Bluetooth, ZigBee, UWB, infravermelhos, entre outros; já o primeiro grupo mencionado, dos LBS, estão presentes o GPS (*Global Positioning System*) e a localização por triangulação de antenas por meio da rede móvel (OSÓRIO, 2011).

Utilizar a intensidade de um sinal de rádio a partir de torres emissoras tem ganhado cada vez mais espaço no mercado, por se tratar de um princípio simples que já se encontra incorporado na maioria dos dispositivos atuais, como microcontroladores, *smartphones*, computadores, *tablets*, entre outros dispositivos móveis. Para a escolha da melhor solução, foi preciso estudar as tecnologias envolvendo radiofrequência. Uma breve contextualização sobre as mais pertinentes à aplicação encontra-se abaixo.

### 2.3.1 RSSI

O RSSI é a medida de intensidade do sinal recebido pelo dispositivo receptor. Esta intensidade pode variar de acordo com objetos existentes no ambiente, como paredes, portas, ângulo da antena, ou mesmo através de fenômenos físicos, como a chuva, a presença de umidade ou o próprio ar. Isto acaba resultando na perda de força do sinal ao atravessar esses obstáculos, denominada como atenuação, ou conforme a distância aumenta (KUROSE; ROSS, 2006).

Em vista das diversas variáveis que atenuam o sinal, além da distância, alguns modelos matemáticos foram criados para tentar determinar o valor de RSSI médio com base nos modelos de propagação interna, tais como listados a seguir:

- I. Perda em partições: é perda por partição no mesmo piso e em pisos diferentes. Considera as mobílias e os objetos que atenuam o sinal. Para os casos de divisões no mesmo piso, calcula-se o somatório da perda de cada item de acordo com a tabela de referência criada por diversos pesquisadores, para os materiais mais comuns em construções. Já para os casos de partições entre pisos, é necessário avaliar uma tabela a qual inclui o fator de atenuação do piso (FAF, Floor Attenuation Factor) (CAVALCANTI, 2009).
- II. Perda por Percurso com o Logaritmo da Distância: utiliza a distância com um desvio padrão e relaciona a potência do sinal (CAVALCANTI, 2009).
- III. Modelo de Fator de Atenuação: também utiliza o sinal de potência relacionando com a distância, porém adiciona outros pontos que tornam o modelo mais preciso (CAVALCANTI, 2009).

Muitos sistemas de localização utilizam a informação de RSSI para realizar uma estimativa da localização, a fim de saber se assim a variação do valor de RSSI está sendo influenciada por alterações no ambiente ou por sua movimentação (NUNES, 2006). A localização, a partir da força do sinal, pode ser feita de diversas formas, utilizando métodos como triangulação, trilateração, ângulo de chegada, mapa de sinal *fingerprint*, entre outros. O trabalho de Medeiros (2020) compara esses métodos de localização *indoor* e, após o estudo sobre o funcionamento de cada uma delas, o autor faz a escolha da técnica ideal para a sua aplicação.

Primeiramente, a de trilateração é descartada, pois nela, geralmente, são usados três pontos de referência, e, em seu trabalho, pretendia-se usar mais que essa quantidade. A técnica baseada em proximidade e a técnica baseada no tempo de chegada, do inglês *time of*

*arrival* (ToA) necessitam da instalação de dispositivos específicos, o que fugiria do escopo do trabalho que é não ter a necessidade de instalação de aparelhos ou dispositivos. Por fim, escolheu-se a técnica *fingerprint* pela simplicidade de aplicação e pela possibilidade de testes em um ambiente real.

Algumas abordagens baseadas em aprendizado de máquina também são introduzidas para reduzir o número de interferências e melhorar as condições dos mapas de rádio, treinando a relação funcional entre cada local e seus locais vizinhos, com base na análise de regressão não linear e no método de árvore modelo, pois lugares próximos apresentam sinais similares (ZOU, 2017).

A potência de sinal apresenta duas principais desvantagens: a atenuação pelo meio, já vista anteriormente, e a criação do mapa padrão com os sinais de RSSI mensurados a partir de pontos de acesso *Wi-Fi* distribuídos em locais distintos. Por se tratar de ambientes internos muito extensos, como *shopping centers*, aeroportos, estádios e grandes instituições de ensino, – também passíveis de interferências instantâneas, como abertura ou fechamento de portas e objetos metálicos em movimento (ZOU, 2017) – o número de medições necessárias para mapear todos os pontos demandaria muito tempo e esforços manuais, os quais poderiam inviabilizar o processo.

### **2.3.2 GPS**

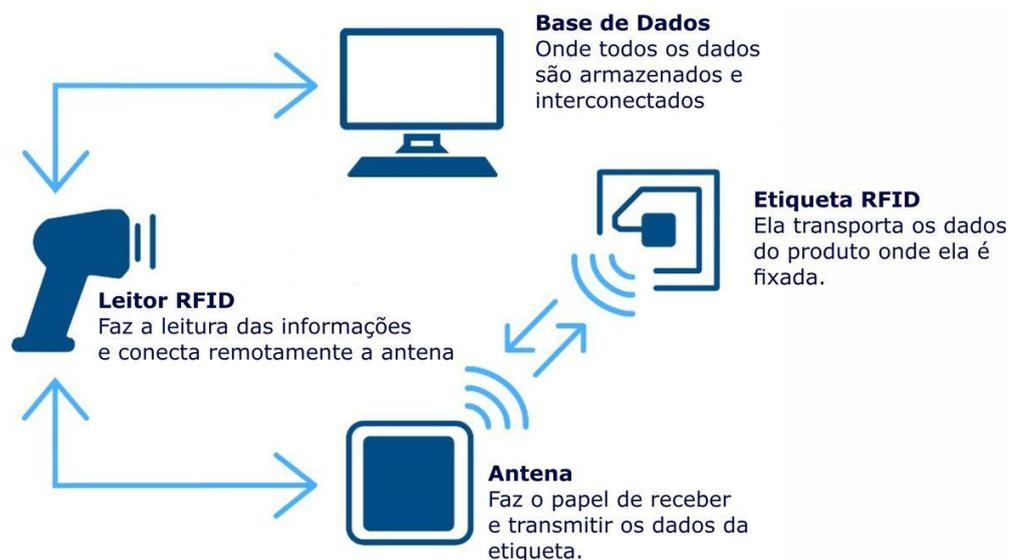
O Sistema de Posicionamento Global (GPS) é uma tecnologia muito bem difundida, a qual apresenta um ótimo desempenho em locais abertos, como mapeamento e levantamento, gerenciamento de tráfego aéreo, sistemas de transporte pessoal, comunicação específica de localização e pesquisa atmosférica global (KUMAR *et al.*, 2002), apesar disso, por ser uma transmissão via satélite, em ambientes fechados, o alcance é restrito, pois, devido aos obstáculos encontrados, como construções e edificações, a localização entre os cômodos ou seções arquitetônicas é inacessível (DI FLORA *et al.*, 2005).

### **2.3.3 RFID**

A tecnologia consiste em microchips acoplados em etiquetas (*TAGs*), os quais através de leitores específicos, posicionados em locais estratégicos e espalhados pela área de monitoramento, permitem a leitura das informações contidas na etiqueta. Além de mostrar a localização dos objetos, esse recurso fornece a identificação contida dentro da etiqueta, a qual, por sua vez, divide-se em três tipos: as passivas, que são energizadas pelo próprio campo

magnético criado pela proximidade com o leitor – por isso são indicadas para aplicações de curta distância (até 1,5m) –; as ativas, que possuem internamente uma bateria, permitindo assim um alcance maior (até 100m) – por estarem constantemente energizadas, sua vida útil varia de acordo com a aplicação, mas pode durar anos, possuindo, em contrapartida, um custo muito mais elevado, sendo mais pesadas que as passivas, as quais costumam ser compactas e leves –; e as semi passivas, que unem características das duas anteriores, isto é, trata-se de uma etiqueta passiva com uma bateria mais simplificada, atendendo ao o objetivo de ampliar o alcance do sinal (DOMDOUZIS; KUMAR; ANUMBA, 2007). A Figura 1 faz referência a arquitetura do sistema RFID.

Figura 1 – Sistema RFID (arquitetura)



Fonte: Retirada do site tonson.com.br (2023)

### 2.3.4 LoRa

*Long Range* (LoRa) é uma promissora tecnologia IoT de longo alcance para comunicação sem fio através de rádio frequência, a qual atinge longas distâncias, com mínimo consumo de energia (MUEKDANG *et al.*, 2018). Ela é projetada com uma bateria de longa duração e classificada em uma camada física, utilizando a técnica de modulação de rádio *Chirp Spread Spectrum* (CSS) e um protocolo de camada MAC (LoRaWAN). Por essa razão, o sistema LoRa é muito utilizado em cidades, casas e edifícios inteligentes, bem como em aplicações industriais e corporativas (GKOTSIPOULOS *et al.*, 2021).

O LoRa possui um protocolo de camada MAC (LoRaWAN), o qual fornece um mecanismo de controle de acesso ao meio, permitindo que muitos dispositivos finais se

comuniquem com um *gateway*, usando a modulação LoRa (MUEKDANG *et al.*, 2018). Por outro lado, há uma restrição, que é possuir uma baixa capacidade de transmissão de informações, sendo, dessa forma, melhor aplicada em projetos com um número de IoT reduzidos ou que não sejam dependentes do recebimento de dados com alta frequência ou em tempo real (GKOTSIPOULOS *et al.*, 2021).

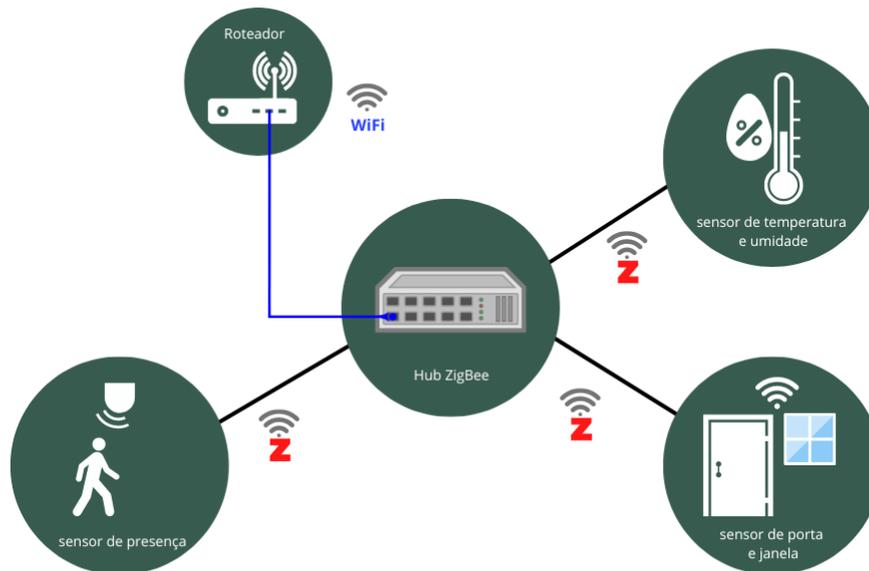
### 2.3.5 ZigBee

*ZigBee* é um protocolo de rede sem fio amplamente utilizado em casas inteligentes, apoiado pelo grupo corporativo *ZigBee Alliance*, que usa o serviço de transporte da rede IEEE802.15.4 (RAMYA; SHANMUGARAJ, PRABAKARAN, 2011). Os sistemas com esta tecnologia apresentam baixo consumo de energia, um tempo rápido de resposta e uma estabilidade na força de sinal. Isto se dá pelo fato de estabelecerem uma conexão de “nós” na rede, o que possibilita a comunicação direta entre os dispositivos conectados. Além disso, permite a utilização de diversas topologias, como ponto-a-ponto, ponto-a-multiponto e malha. Em contrapartida, é exigido um *hub* central para interligar os sensores *ZigBee* com outras redes, gerando um custo mais elevado na implementação.

A rede, por fim, é dividida em três tipos de dispositivos: (1) o coordenador, responsável por iniciar e gerenciar a rede, é quem fornece permissão para transmissão de dados e só pode haver um dele; (2) o roteador, que faz o encaminhamento dos dados aos nós, são capazes de agregar novos dispositivos; e (3) os dispositivos finais, que são os mais simples da rede, os sensores e atuadores que recebem os comandos, eles apenas recebem e enviam aos coordenadores e roteadores, não conseguem enxergar os outros sensores.

A Figura 2 mostra um controle *ZigBee*, no qual foram utilizados um *hub* juntamente a sensores *ZigBee*; um sensor para detectar a presença de objetos e pessoas; um sensor para abertura e fechamento de portas e janelas; e um sensor de temperatura e umidade. O *hub* possibilitou a comunicação com uma rede distinta que possui acesso a internet, porém os sensores não necessitam desta para funcionar, pois estão em uma rede interna *zigbee*.

Figura 2 - Sensores conectados ao hub via protocolo ZigBee



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa é classificada como *Design Science Research* (DSR), unindo conceitos de *Design Thinking*, Gestão de Projetos e Engenharia de Sistemas. A DSR é um método de pesquisa que busca a solução de problemas, construindo artefatos os quais permitem transformar situações, com resultados que os impactam de forma melhor ou mais desejável, diminuindo a distância entre teoria e prática. Os artefatos desenvolvidos devem provar, por eles mesmos, que têm plenas condições de atingir os objetivos desejados (DRESCH *et al.*, 2020).

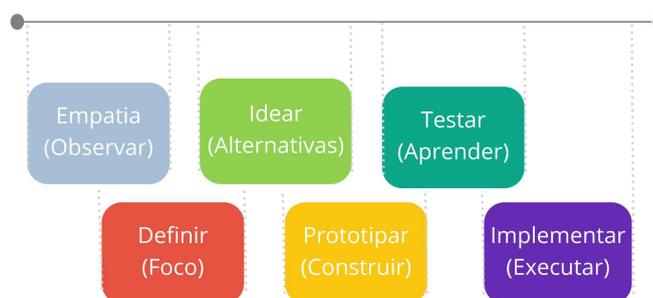
Existem diversos métodos formalizados para operacionalizar a DSR, havendo propostas desde Bunge (1980), passando por Takeda *et al.* (1990), Nunamaker *et al.* (1990), Cole *et al.* (2005), Peffers *et al.* (2007) e Van Aken *et al.* (2012). Neste trabalho, foi aplicada a metodologia de Peffers *et al.* (2007), a qual passa por (i) identificação do problema; (ii) definição dos resultados esperados; (iii) projeto e desenvolvimento; (iv) demonstração; (v) avaliação e (vi) comunicação. Este método tem como característica não necessitar de iniciar-se na etapa (i) e ser concluída na etapa (vi), conforme os objetivos do pesquisador, proporcionando flexibilidade e possibilidade de aplicação de outros métodos de forma conjunta, a fim de se atingir uma solução ótima para o problema.

Após a concepção da ideia inicial, as etapas do Gerenciamento de Projetos foram atendidas com o planejamento, constando da elaboração de (i) Termo de Abertura do Projeto

(TAP); (ii) *Project Model (PM) Canvas* (FINOCHIO JUNIOR, 2013); (iii) Estrutura Analítica do Projeto (EAP); (iv) Cronograma; (v) Mapa de Aquisições; (vi) Plano de Requisitos de Qualidade; (vii) Plano de Comunicação; (viii) Plano de Gestão de Riscos; (ix) Organograma; (x) Matriz de Responsabilidade combinado com o Dicionário da EAP. As evidências dos artefatos do gerenciamento do projeto que demonstram o seu planejamento, execução e controle não serão apresentadas neste trabalho, por não se tratar do escopo.

Ao longo de todo o processo, foi aplicado o conceito de *Design Thinking* (Figura 3), em que os usuários diretamente envolvidos com o problema foram ouvidos com empatia, buscando-se identificar a melhor solução para o problema, mediante a aplicação de questionário, no aplicativo *Google Forms*, contendo cinco perguntas.

Figura 3 - Fases do *Design Thinking*



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

O desenvolvimento e o acompanhamento das atividades do projeto foram realizados por meio da plataforma *on-line* colaborativa Miro, em versão licenciada, desde o *brainstorming* ao planejamento e gerenciamento dos *workflows*, incluindo a utilização do *Framework Kanban* para monitoramento. A revisão bibliográfica foi identificada por meio das plataformas *Scopus* e *Google Scholar*, utilizando as palavras-chave em Português, traduzidas para o Inglês enfatizando trabalhos publicados a partir do ano de 2011, na Língua Portuguesa e Inglesa, conforme a seguir: *Indoor location system RSSI*; *IoT location system* e *signal map*. Visando identificar e conceituar as tecnologias de *hardware* e de *software* a serem aplicadas no projeto.

Simulações de protótipos na forma de diagramas esquemáticos foram elaboradas, idealizando o processo, bem como dois testes iniciais com os componentes eletrônicos foram realizados no Polo de Inovação do IFFluminense, desenvolvendo o teste unitário.

Posteriormente mais testes práticos foram realizados no IFFluminense *campus* Campos Centro com novas implementações no *hardware* e também no *software*.

O Modelo V da Engenharia de Sistemas foi utilizado desde o início do projeto, como forma de validar e verificar o projeto ao longo da execução e realizar os ajustes necessários no decorrer do desenvolvimento.

Figura 4 - Modelo V da Engenharia de Sistemas



Fonte: Shamieh (2012)

O modelo em V é uma abordagem de desenvolvimento de *software* e *hardware* que procura assegurar a qualidade do produto final, por meio da integração entre as fases de desenvolvimento e de teste, garantindo a consistência entre as especificações e os requisitos, além de minimizar os riscos de falhas.

O projeto foi dividido em fases, conforme o modelo em V. A fase de levantamento de requisitos definiu as funcionalidades que o *hardware* e o *software* embarcados deveriam possuir. A fase de projeto arquitetural definiu as especificações de *hardware* e a arquitetura do *software* embarcado. A fase de implementação implantou o *hardware* e o *software* embarcado. A fase de testes atendeu ao objetivo de testar o *hardware* e o *software* embarcado, de forma a garantir que atendessem aos requisitos estabelecidos.

Para auxiliar o levantamento de requisitos, utilizou-se a fase de empatia do *Design Thinking*, por meio da aplicação do questionário junto aos quatro gestores das áreas de

Patrimônio e Tecnologia da Informação e Comunicação, identificado que 75% dos entrevistados, diretamente envolvidos com o problema, responderam que o controle dos bens é feito pelo Sistema SUAP. 50% dos entrevistados disseram que, no caso de usar uma nova tecnologia de controle, um sistema simples e barato, que exija locomoção do usuário seria viável, enquanto os outros 50% consideraram que um sistema totalmente remoto, apesar de mais complexo e custoso, atenderia melhor a demanda de localização.

A maior incidência de problemas com relação aos bens patrimoniais da instituição, segundo 50% desses mesmos entrevistados, ocorre em bens patrimoniais alocados em setores diferentes do cadastro, enquanto, para os outros 50%, ocorre pela movimentação de bens sem a atualização da nova localização. Ademais, pela pesquisa, 100% dos participantes opinaram que a prioridade seria o uso do sistema para localização de bens permanentes classificados como equipamentos de TI e de laboratório, e 75% demonstraram preocupação com mobiliários, sendo todos estes bens de maior valor agregado por sua natureza, por isso suscitam maior interesse em controlar sua localização.

Com o objetivo de propor uma solução para responder às demandas levantadas no questionário, os esforços deste trabalho se concentraram no desenvolvimento de um dispositivo localizador de patrimônio, composto por um sistema de *hardware*, acoplado ao bem que se deseja rastrear, conectado à rede *Wi-Fi* e a um sistema de informações (*software*), com interface intuitiva e de baixo custo de implantação e manutenção.

Definiu-se que o *hardware* do protótipo seria baseado numa placa microcontroladora, capaz de escanear a rede por sinais de RSSI de *access points* com localizações determinadas, enviando esses sinais para um servidor, além de ser responsável por tratar, comparar com um mapa de padrões e determinar a localização do objeto, produzindo assim uma prova de conceito. Já o protótipo do *software* foi desenvolvido (subitem 3.2), partindo do Documento de Requisitos do Sistema, o qual prevê: (i) Descrição do Propósito do Sistema; (ii) Descrição do Minimundo; (iii) Definição de Requisitos de Usuário (Lista de Requisitos; Regras de Negócio; Requisitos Não-Funcionais; (iv) Elaboração do Diagrama de Caso de Uso, com os cenários da Descrição dos Casos de Uso; (v) Modelo Estrutural (Diagrama de Classes) e (vi) Planejamento do Layout das Telas do Aplicativo.

### **3.1 Definição da tecnologia**

Conforme apresentado no Capítulo 1, a tecnologia de radiofrequência é comumente adotada em sistemas de localização para ambientes internos. Para a definição da tecnologia a

ser utilizada no desenvolvimento do protótipo objeto desta dissertação, comparou-se as seguintes opções: *Bluetooth*, *Radio Frequency Identification (RFID)*, *Received Signal Strength Indicator (RSSI)* e *Long Range (LoRa)*, considerando-se o custo, tamanho do módulo e eficiência do sistema, medida pela precisão ao determinar a localização de um bem patrimonial, cujas vantagens e desvantagens são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparativo de tecnologias de localização existentes

OPÇÕES	TECNOLOGIA	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	VANTAGENS	DESvantagens
1	GPS portátil	GPS de pequeno porte alocado na mobília, enviando as informações de posicionamento ao computador para serem lidas e adaptadas para uma interface de busca e pesquisa da localização da mobília pela área planejada	1) Já informa a localização (latitude e longitude) 2) Comunicação sem fio 3) Bateria própria	1) Não apresenta bom funcionamento em ambientes fechados
2	RFID	Microchips acoplados em uma etiqueta são alocados na mobília e, através de leitores específicos, posicionados em locais estratégicos e espalhados pela área de monitoramento, é	1) TAG ativa: alcance em longa distância; autonomia de energia; funcionalidades mais complexas	1) TAG ativa: custo elevado 2) TAG passiva: o leitor precisa estar bem próximo da etiqueta; não possui fonte de energia própria

OPÇÕES	TECNOLOGIA	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
		feita a leitura das informações contidas na etiqueta, além de indicação da localização dos objetos	2) TAG passiva: mais barata	
3	RSSI + Microcontrolador	O RSSI emite ondas de rádio para o microcontrolador, o qual percebe a potência do sinal e adota em forma numérica o mapa de sinal. Por meio desse mapa é possível mensurar a distância entre a placa e o RSSI	1) Pequeno 2) Simples comunicação	1) Custo mediano 2) Sofre interferência do ambiente
4	LoRa	Long Range - Tecnologia IoT de longo alcance para comunicação sem fio através de rádio frequência, que atinge longas distâncias, com mínimo consumo de energia	1) Bateria com longa vida útil 2) Atinge longas distâncias 3) Precisão melhor que 1.6m em ambiente “ <i>line-of-sight</i> ”	1) O dispositivo possui tamanho grande para a aplicação se comprado separadamente 2) A versão acoplada em nodeMCU possui tamanho reduzido, porém mais custoso

OPÇÕES	TECNOLOGIA	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
				3) Custo elevado
5	<i>ZigBee</i>	<i>ZigBee</i> é um protocolo de rede sem fio amplamente utilizado em casas inteligentes	1) Baixo consumo de energia 2) Tempo rápido de resposta 3) Estabilidade de sinal	1) Necessidade de um <i>hub</i> 2) Custo elevado
6	<i>Ble Beacon</i>	É um dispositivo que utiliza a tecnologia chamada <i>Bluetooth Low Energy</i> (BLE), a qual emite ondas de rádio intermitentes. determinado raio	1) Baixo consumo de energia 2) Compacto	1) Limitação do raio de distância alcançado pelo sinal2) Necessidade de um lei

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Ao analisar a tecnologia *Bluetooth*, foi verificado que esta atende bem ao quesito de tamanho para alocar aos bens cuja localização se deseja controlar. Com relação ao custo, seriam utilizados pacotes *Beacon*, cujos módulos emissores acoplados ao patrimônio enviariam informação para um controlador (uma placa microcontrolada, com acesso à internet). Por outro lado, para sua implementação, seria necessário um microcontrolador para cada sala fazer a leitura de sinal e um *beacon* para cada patrimônio, o que implicaria no quesito custo.

Com relação ao RFID, com esta tecnologia de identificação por rádio frequência, é possível trabalhar com etiquetas que emitem o sinal RFID, atendendo plenamente à restrição

de tamanho. Porém, com relação ao custo, seria necessária a aquisição de placas que captam os sinais destes dispositivos. Com isso, esta solução também demandaria investimentos.

Os sistemas que utilizam a tecnologia *ZigBee* necessitam de um *hub* central para interligar os sensores *ZigBee* com outras redes, o que gera um custo a mais na implementação. Já os sistemas com LoRa não necessitariam da aquisição de outros dispositivos eletrônicos, entretanto também apresentam um valor mais custoso em comparação às outras tecnologias analisadas.

Verificando o RSSI, que é a indicação da força do sinal recebido, este método não seria o mais indicado para dispositivos pequenos, porém, para bens patrimoniais de tamanho grande como cadeiras, mesas, armários e computadores, atenderia bem. Esta opção foi a escolhida por não demandar investimentos em equipamentos de transmissão de radiofrequência, uma vez que é possível utilizar os dispositivos de *Access Point*, já pertencentes à instituição, para prover os sinais de RSSI, ficando o custo do projeto apenas em obter os módulos de recepção de RSSI. Por fim, o GPS não se aplica a localizações internas, como visto no referencial teórico.

### **3.2 Desenvolvimento do protótipo do *software***

O *software* do Sistema LP tem o propósito de disponibilizar relatórios analíticos dos bens patrimoniais da instituição. Atualmente, o IFFluminense possui um sistema de patrimônio que oferece cadastro dos bens, mas não possui nenhum registro da localização deles para o devido rastreamento. Essa funcionalidade deverá estar presente no *software* desenvolvido no presente trabalho. Com esse projeto, suprime-se a necessidade de controlar a localização dos bens cadastrados de forma manual, pois o sistema apresenta essa localização de forma automática. Dispositivos são acoplados aos bens sobre os quais se deseja ter maior controle da movimentação, sendo um sistema simples, capaz de permitir a emissão de uma relação de bens por salas, sem necessidade de levantamento físico pelos servidores.

Os bens permanentes adquiridos pela instituição são registrados individualmente com a descrição, um número de patrimônio e sua localização. Esse registro é necessário para rastreamento quando há necessidade de saber se determinado objeto encontra-se fisicamente no mesmo local do cadastro. O sistema necessitaria acessar os dados de todos os registros de bens existentes no *campus* para realizar a comparação de forma automática e completa, porém, para via de teste, foi criada uma base de dados manualmente para a consulta do bem e de suas informações.

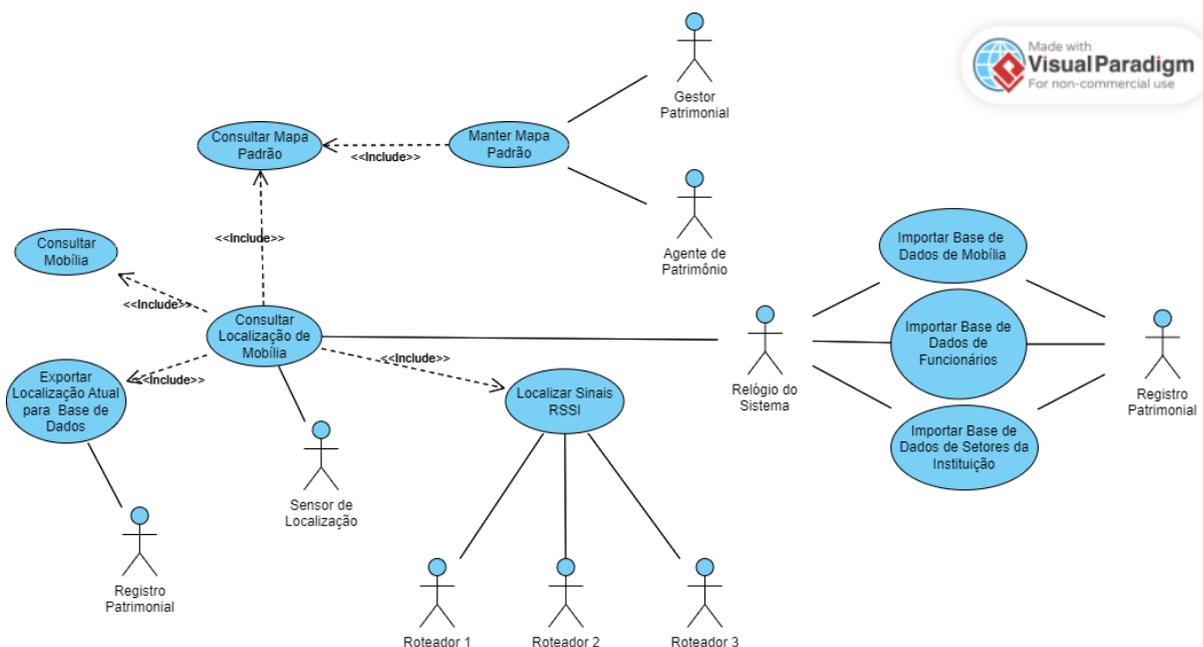
Para fins de desenvolvimento de *software*, os atores envolvidos no sistema são: Diretor, Agente de Patrimônio, Relógio do Sistema, Sensor de Localização, Base de Dados, Emissor de sinais. Os requisitos necessários ao correto funcionamento do sistema são: interligação a base de dados (Gestão Patrimonial), de onde são acessados os dados dos bens patrimoniais simulados e de setores existentes, realizando atualização automática dos dados relativos à localização dos bens; o Sistema LP, que envia , para um banco de dados, informações referentes a “Número de Patrimônio: *String*” e “Localização do Patrimônio: *String*”, obtidas por meio da leitura dos RSSIs na placa microcontroladora, as quais são comparadas a um mapa de padrões de forma a determinar a localização do patrimônio.

As Regras de Negócio definidas são: toda vez que o funcionário do patrimônio quiser verificar todas as mobílias rastreadas existentes no *campus* e se estão no mesmo local, o sistema deve permitir a visualização delas; um bem só estará apto a ser rastreado pelo sistema se possuir número de patrimônio. Todas as regras de negócio têm prioridade alta.

Como Requisitos não funcionais, o sistema deve ser desenvolvido para funcionar na web; controlar acesso de usuários através de login e senha (diretor e funcionário do patrimônio); armazenar a senha do usuário de forma segura; ser intuitivo para a tarefa de registro da localização dos bens; e permitir consulta de bens através de dispositivos móveis.

Desta forma, foram elaborados o Diagrama de Caso de Uso (Figura 5), utilizando o *software online* e gratuito *Visual Paradigm*, e os Cenários da Descrição dos Casos de Uso:

Figura 5 - Diagrama de Caso de Uso do Sistema LP

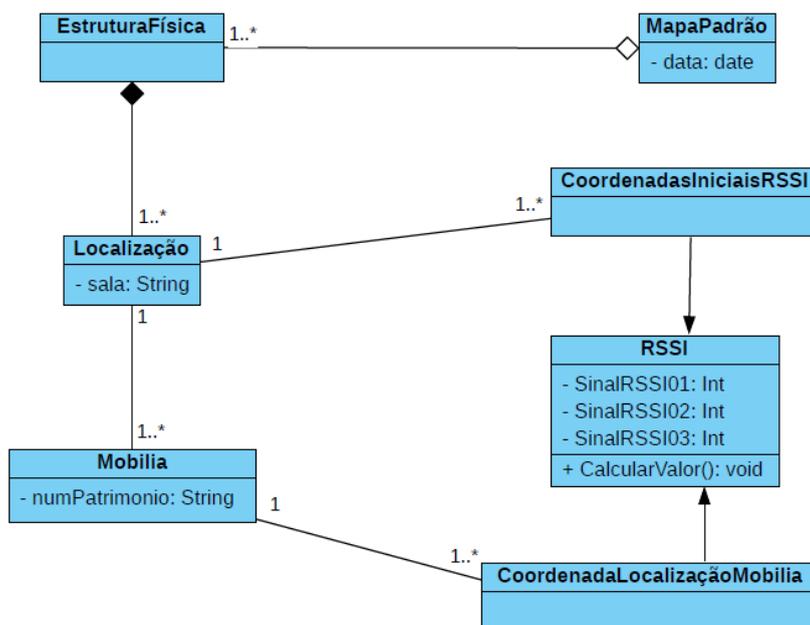


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

- Manter Mapa Padrão: (a) o agente de patrimônio loga no Sistema LP, passando login e senha; (b) o sistema abre a tela que permite cadastrar uma nova sala; (c) caso a ação seja remover uma sala, excluir a sala.
- Consultar Mobília: (a) o sistema importa os dados da mobília na Base de Dados; (b) o sistema importa os dados de setores da Base de Dados.
- Consolidar Localização de Mobília: (a) uma vez por dia, no horário da madrugada, o sistema consulta o mapa; (b) o sistema registra a localização atual obtida; (c) o sistema registra esta localização associada ao número do patrimônio.
- Exportar Localização Atual para a Base de Dados: (a) o sistema envia para a Base de Dados a informação de localização associada ao número de patrimônio.
- Localizar Sinais RSSI: (a) o módulo LP acoplado ao patrimônio procura 1 vez por dia por 3 sinais RSSI; (b) são feitas leituras de sinais de RSSI de pelo menos 3 *access point*; (c) o módulo compara os sinais RSSI com o mapa padrão; (d) o valor encontrado é associado a um número de patrimônio; (e) o módulo envia a atualização para a base de dados.
- Importar base de dados de mobílias: (a) as informações da mobília, como o número de patrimônio e descrição, serão importadas da Base de Dados de um servidor destinado a isso.
- Importar base de dados de funcionários: (a) obter informações do usuário como o login e senha.
- Importar base de dados de setores da instituição: (a) obter informações sobre os setores da instituição (salas, biblioteca, diretorias, setores, entre outros).

O modelo conceitual estrutural visa capturar e descrever as informações – classes, associações e atributos – que o sistema deve representar para prover as funcionalidades descritas na seção anterior. A seguir, são apresentados o diagrama de classes de cada um dos subsistemas identificados no contexto deste projeto (Figura 6), elaborado também por meio do *software online e gratuito Visual Paradigm*.

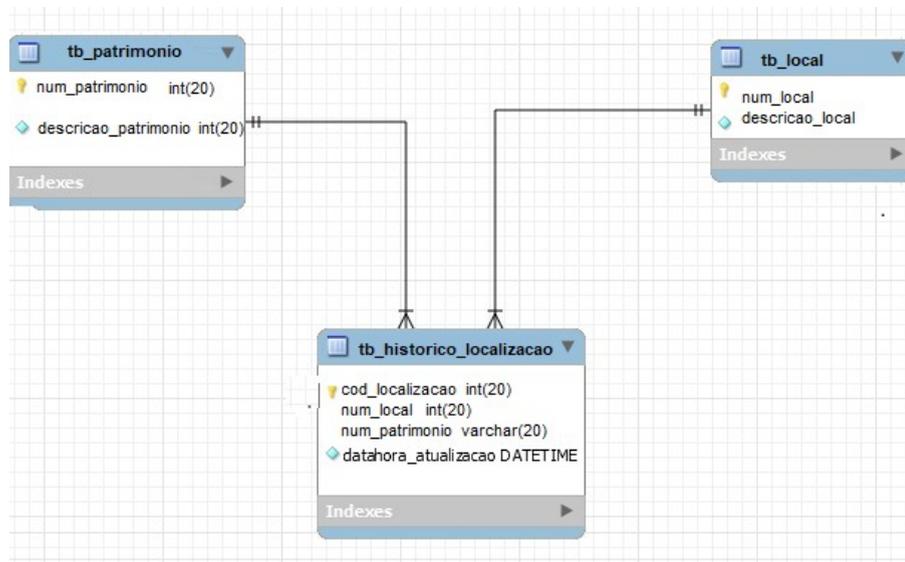
Figura 6 - Diagrama de Classes do Sistema LP



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A Figura 7 ilustra a elaboração do relacionamento entre as tabelas da base de dados.

Figura 7 - Relacionamento das tabelas da base de dados

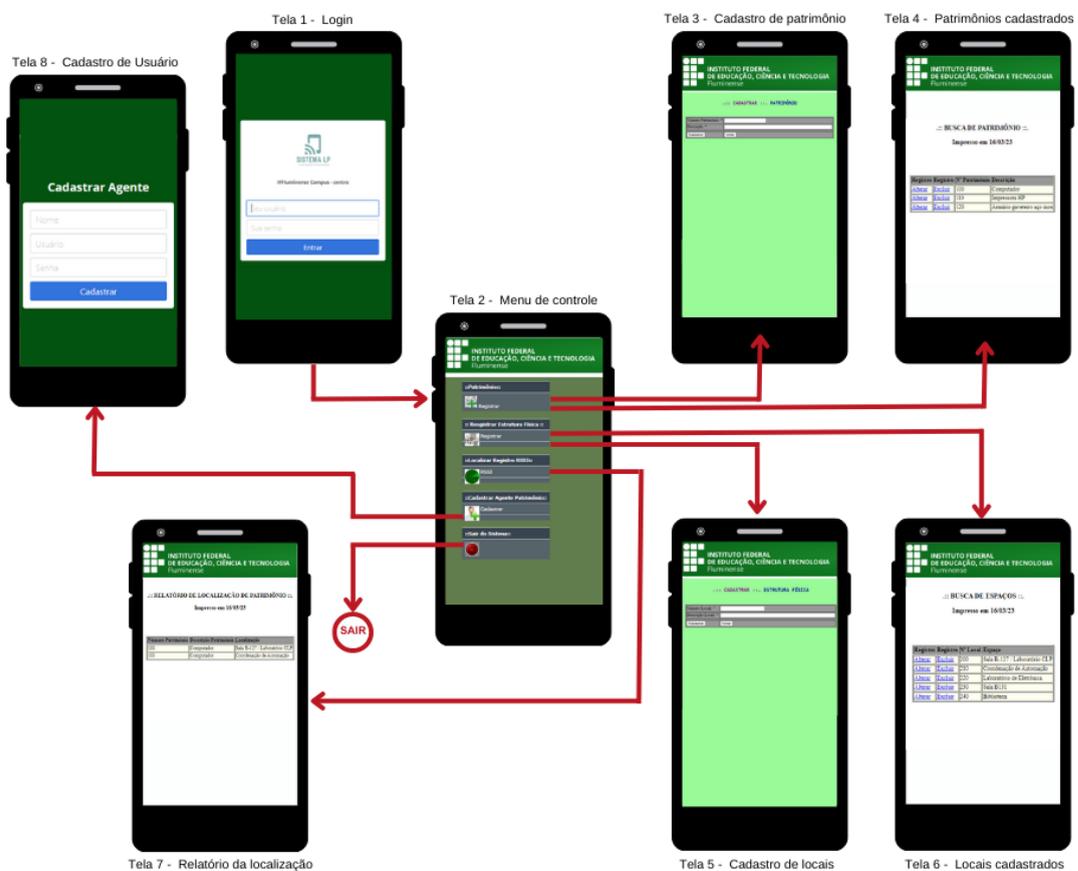


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A interface foi desenvolvida em PHP, na versão 7.3, e mostrada na figura 8. Caso o usuário tenha o login e senha e queira entrar no aplicativo, basta digitá-la na tela 1 e obtém-se a tela 2, a tela inicial do sistema, com o menu de controle, onde se pode encontrar painéis de

opções; caso o usuário queira registrar um patrimônio, basta acessar no menu a tela 3, em Registrar Patrimônio, e efetuar o cadastro dos ativos como é mostrado na tela 4; caso o usuário queira registrar a estrutura física, é só acessar a tela 5, e para ver os locais cadastrados basta acessar a tela 6; caso o usuário queira localizar um patrimônio, deve acessar no menu Localizar Registro de RSSI, como é apresentado na tela 7; caso queira cadastrar um novo usuário no sistema, deve acessar a tela 8, no menu Cadastrar Agente Patrimônio, e preencher os campos de nome, usuário e senha; por fim, caso o usuário queira sair do Sistema, é só clicar no botão vermelho.

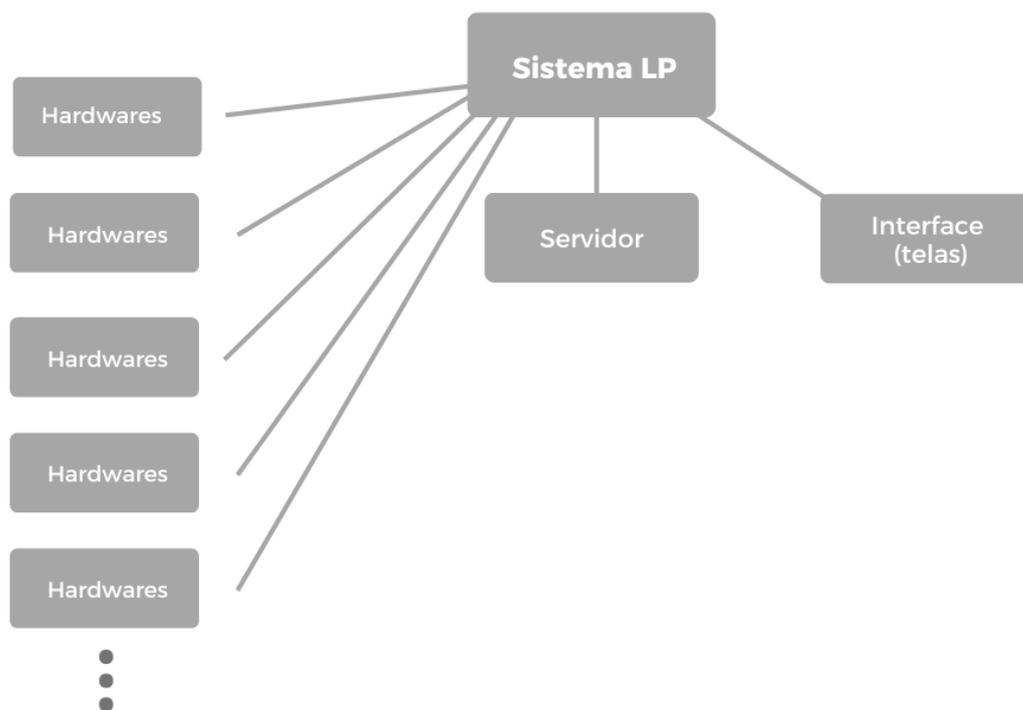
Figura 8 - Protótipo das telas da interface gráfica



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O processo de testes foi realizado em duas etapas: testes de unidade e testes de integração. Os primeiros foram realizados para verificar a funcionalidade de cada componente individualmente; já os testes de integração foram realizados para garantir que os componentes do *hardware* e *software* embarcados trabalhem juntos corretamente. Para melhor esclarecimento dos componentes do sistema, segue a representação do diagrama na figura 9.

Figura 9 - Diagrama de alto nível (blocos) do sistema



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 3.3 Teste unitário do *hardware* com *Wi-Fi*

No teste unitário, o *hardware* utilizado consistiu em um microprocessador ARM de 32 bits com suporte embutido à rede *Wi-fi*, chamado NodeMCU ESP8266, o qual é uma plataforma de prototipagem voltada para *IoT*. Esta arquitetura permite ser programada de forma independente e é compatível com o ambiente de programação (IDE) do arduino, que foi utilizado para fazer as suas configurações.

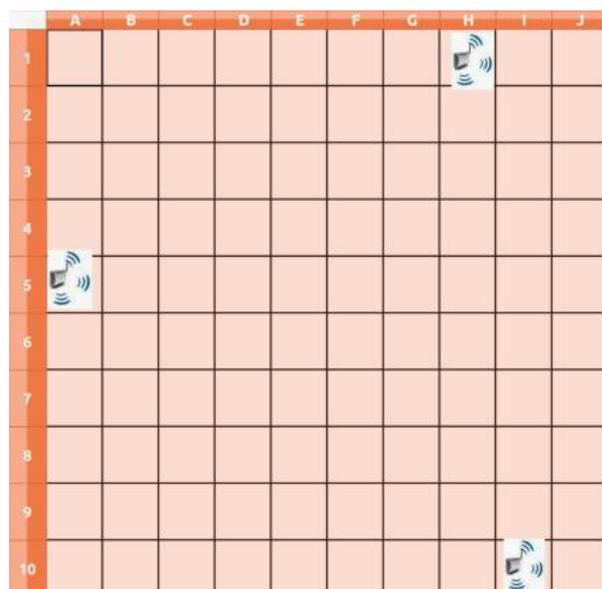
O NodeMCU foi conectado ao computador utilizando um cabo USB e, por meio do ambiente de programação do arduino, utilizou-se os códigos do exemplo “WiFiScan” do ESP8266 WiFi, que foram carregados para o ambiente da IDE e, em seguida, embarcados no dispositivo NodeMCU. Desta forma, o NodeMCU foi transformado em um dispositivo capaz de fazer uma varredura na rede, ou seja, capaz de captar os sinais de RSSI dos *access point* que estavam localizados na área de cobertura.

Foram configurados também três NodeMCUs como *access points*, cada um por vez, seguindo os mesmos passos utilizados para configurar o primeiro NodeMCU como WiFiScan, com a diferença de que, agora, estes três foram configurados como *access point*. Foram utilizados códigos de exemplo WiFiAccessPoint do ESP8266WiFi.

Três NodeMCU ficaram funcionando como *access point* e cada um foi configurado com um SSID, respectivamente LP01, LP02 e LP03. O SSID é o nome da rede que o *access point* está transmitindo, ou seja, no momento da varredura, estes nomes de SSID indicam de qual rádio foi capturado o valor de RSSI.

Uma sala grande foi dividida em coordenadas igualmente espaçadas determinando um espaço de duas dimensões, conforme representado abaixo:.

Figura 10 - Representação da sala utilizada para os testes do protótipo



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

A criação do mapa de sinal e a realização do teste de localização seguiram os procedimentos apresentados a seguir:

1) Preparar o mapa de padrão de sinais:

(a) Para funcionar como *access point*, foram configurados 3 módulos NodeMCU, cada um com um SSID diferente, mais precisamente LP01, LP02, LP03;

(b) Os três *access point*, definidos no passo (a), foram distribuídos pela sala de forma equidistante;

(c) Configurou-se o módulo localizador, o que corresponde a configurar um NodeMCU como um WifiScan, permitindo que ele faça um *scan* na rede *wireless* e descubra os SSID LP01, LP02 e LP03. Neste WifiScan, podemos configurar o intervalo de tempo em que ele escaneia a rede, colocamos como sendo de 10 segundos;

(d) O módulo localizador configurado foi ligado a um notebook, desempenhando três funções: 1- de patrimônio monitorado; 2- de fonte de energia para o módulo localizador; 3- como interface de comunicação do módulo localizador, permitindo ler os valores que seriam capturados;

(e) A sala possui o piso dividido em espaçamentos de 1x1 m, o que nos ajudou na divisão da mesma em coordenadas com esta unidade, foi possível, assim, ir a cada metro quadrado, fazendo a leitura dos sinais SSID dos access point;

(f) Estando numa determinada coordenada, a leitura consiste em observar os sinais de SSID que foram capturados. Como existem vários SSID, uma lista era apresentada na tela, e, para cada SSID mostrado, havia um parâmetro que era o valor do RSSI. Manualmente, procurava-se na tela o SSID LP01, lia-se seu valor de RSSI, e anotava-se para aquela coordenada o valor lido. Foi realizado o mesmo para o SSID LP02 e LP03. A cada intervalo de 10 segundos eram então lidos 3 valores de RSSI, cada um associado a um SSID, que correspondia ao sinal enviado por cada um dos 3 access point instalados na sala;

(g) Para cada coordenada foram feitas 5 leituras, cada uma consistindo em 3 valores de RSSI, um de cada *access point*.

Tabela 2 - Exemplo de leitura feita numa determinada coordenada

	SSID LP01 (RSSI)	SSID LP02 (RSSI)	SSID LP03 (RSSI)
Leitura <u>1</u>	71 – descartado	69 - descartado	80 - descartado
Leitura <u>2</u>	75	67	76 - descartado
Leitura <u>3</u>	73	68	77
Leitura <u>4</u>	72	66 - descartado	78
Leitura <u>5</u>	78 – descartado	68	77
Média dos valores não descartados	$(75 + 73 + 72)/3$	$(67 + 68 + 68)/3$	$(77 + 78 + 77)$

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

(h) O procedimento anterior foi repetido a cada metro quadrado, registrando a coordenada com 3 valores de RSSI, na respectiva ordem: LP01, LP02, LP03, obtendo a tabela abaixo:

Tabela 3 - Mapa de sinal com os valores de RSSI obtidos em cada leitura

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	74 76 52	71 65 65	67 70 57	64 68 62	68 67 66	69 66 72	72 52 69	67 56 73	73 67 76
2	74 72 54	71 67 65	67 71 68	69 66 64	65 68 75	64 62 69	72 57 71	71 55 70	75 61 79
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

(i) Para via de teste unitário, o levantamento do mapa foi preenchido somente em duas linhas. Ficando este o modelo padrão para continuar o teste.

2) Efetuando o teste de localização:

(a) Foi levado o módulo localizador para um ponto escolhido, que foi o de coordenada 2D. Neste ponto, fez-se a leitura dos 3 sinais de RSSI, cinco vezes, descartou os extremos e fez a média, ficando com 3 valores de RSSI para a referida coordenada;

Tabela 4 - Valores de RSSI da coordenada escolhida

	SSID LP01 (RSSI)	SSID LP02 (RSSI)	SSID LP03 (RSSI)
Leitura <u>1</u>	70	64 - descartado	68
Leitura <u>2</u>	69	70	61- descartado
Leitura <u>3</u>	65	64	68
Leitura <u>4</u>	71- descartado	68	63
Leitura <u>5</u>	68 - descartado	76 - descartado	70 - descartado
Média dos valores não descartados	$(65 + 69 + 70)/3 = 68$	$(67 + 68 + 68)/3 = 67$	$(68 + 68 + 63)/3 = 66$

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

(b) Os três valores de RSSI encontrados (68, 67, 66) foram anotados para serem comparados com o mapa presente na Tabela 3;

(c) Em posse apenas desta informação de RSSI, foi utilizado o mapa formado no item (1.h), para estimar onde estava localizado o notebook, com o módulo localizador;

(d) O mapa afirmou que o módulo se encontrava na coordenada 1E, demonstrando uma diferença de 1 metro da posição real do módulo localizador.

O teste se mostrou satisfatório, pois cumpriu com os critérios estimados: conseguir escanear os 3 sinais de RSSI dos *access point*; criar um mapa de sinal de uma determinada área; e estimar uma posição para o módulo localizador por meio do mapa de sinal. A localização apresentou um erro aceitável para uma simples calibragem de sinais. Tendo em mente uma melhor precisão do mapa, outros métodos de aproximação mais adequados para a presente aplicação podem ser adotados, porém, como o objetivo é a localização do ambiente onde o objeto se encontra, a precisão obtida nos testes unitários são suficientes.

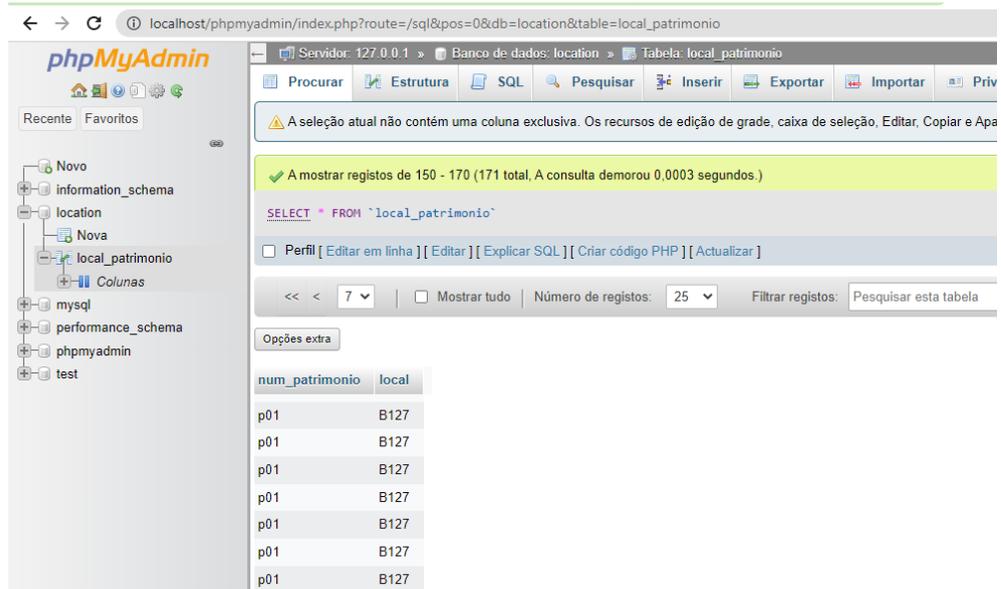
### **3.4 Teste unitário do *software* embarcado comunicando com o servidor**

O teste consistiu em estabelecer uma comunicação entre o *hardware* e uma base de dados pertencente a um servidor local (notebook). O *software* embarcado deve enviar duas informações para a base de dados: o número do patrimônio – cada módulo LP é cadastrado com o seu respectivo número –, e a localização do patrimônio, a qual seria descoberta pelos sinais de RSSI e comparada ao mapa.

Para realizar o teste proposto, foi necessária a utilização de uma base de dados criada no “MySQL”, um sistema livre e gratuito da empresa Oracle Corporation, criado para gerenciar banco de dados utilizando a linguagem SQL. A base de dados foi instalada em um servidor local, via XAMPP, um ambiente de desenvolvimento que instala de forma gratuita, na máquina, a distribuição Apache, contendo o MySQL e PHP, que foram utilizados para a comunicação do módulo LP com a base. Desta forma, um código em PHP foi desenvolvido para estabelecer a conexão do dispositivo com o banco de dados MySQL, e, assim, adicionar os dados do número do patrimônio e a sala em que ele se encontra.

O teste foi realizado no próprio Instituto Federal Fluminense *campus* Campos Centro, tendo enfrentado alguns obstáculos iniciais devido a proteção da rede, bloqueios de *firewall* e conflitos de sintaxe do código adaptado para as novas demandas de sinal dos roteadores. Após acertados os conflitos, a comunicação foi alcançada com sucesso. Os dois dados foram transmitidos sem nenhuma perda para a base de dados com o tópico “num\_patrimonio”, para o número de patrimônio, e “num\_local”, para a sala atual, como evidenciado na imagem da tela capturada apresentada na Figura 11.

Figura 11 - Envio do número de patrimônio e sala atual para a base de dados



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 3.5 Teste unitário das telas (interface com o usuário) comunicando com o servidor

Após disponibilizada a informação da sala na base de dados, o teste de busca por essa informação iniciou. A interface com o usuário do Sistema LP, a qual pode ser acessada por um computador ou dispositivo móvel, deve atualizar a localização do patrimônio a partir dos dados enviados para a base de dados. Para tanto, foi utilizado comandos de manipulação de dados (DML - Linguagem de Manipulação de Dados) visando a sua seleção e atualização. As telas foram desenvolvidas em PHP com HTML (Linguagem de Marcação de HiperTexto).

Visando testar o acesso às telas, foi cadastrado um novo usuário, além do administrador, com *login* e senha, os campos a serem preenchidos são ilustrados na figura 12. Com o novo usuário criado, foi realizado o teste de inserir dados incorretos para o sistema bloquear o acesso, na figura 13 é possível verificar a mensagem de erro que surgiu na tela: “Usuário ou senha inválidos”, posteriormente foram preenchidos os dados corretos para acessar a interface web e prosseguir com os testes.

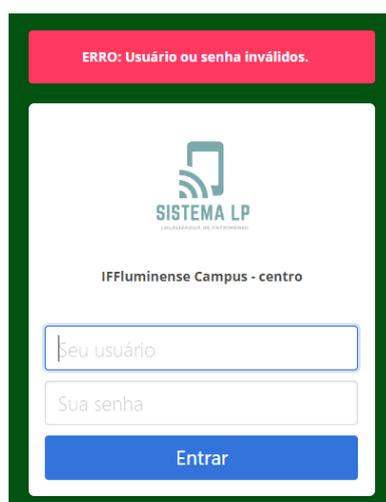
Figura 12 - Cadastro de um novo usuário



O formulário, intitulado "Cadastrar Agente", possui um fundo verde escuro. No topo, o título "Cadastrar Agente" está em branco. Abaixo dele, há três campos de entrada brancos com bordas cinzas, rotulados "Nome", "Usuário" e "Senha". Na base do formulário, há um botão azul com o texto "Cadastrar" em branco.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 13 - Acesso às telas negado por inserção de dados inválidos



A tela de login apresenta uma mensagem de erro em uma barra vermelha no topo: "ERRO: Usuário ou senha inválidos.". Abaixo, o logotipo "SISTEMA LP" com o slogan "LOCALIDADE DE PATRIMÔNIO" é exibido. O nome do sistema, "IFFluminense Campus - centro", aparece em seguida. Os campos de entrada "Seu usuário" e "Sua senha" são brancos com bordas azuis. Um botão azul "Entrar" está na base.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para testar as operações das telas, previamente, foram cadastrados alguns bens patrimoniais com seus respectivos números de patrimônio, descrição e também as salas mapeadas, os campos de cadastro do bem podem ser vistos na figura 14 e os de cadastro do local na figura 15. A listagem dos bens já cadastrados consta na figura 16 e a lista com os locais cadastrados foi capturada na figura 17.

Figura 14 - Cadastro dos bens patrimoniais

**::: CADASTRAR ::: PATRIMÔNIO**

Número Patrimônio: *	<input type="text"/>
Descrição: *	<input type="text"/>
<input type="button" value="Cadastrar"/>	<input type="button" value="Voltar"/>

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 15 - Cadastro dos locais

**::: CADASTRAR ::: ESTRUTURA FÍSICA**

Numero Local: *	<input type="text"/>
Descrição Local: *	<input type="text"/>
<input type="button" value="Cadastrar"/>	<input type="button" value="Voltar"/>

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 16 - Lista dos bens patrimoniais cadastrados

**::: BUSCA DE PATRIMÔNIO :::**

**Impresso em 16/03/23**

Registro	Registro	Nº Patrimônio	Descrição
<a href="#">Alterar</a>	<a href="#">Excluir</a>	100	Computador
<a href="#">Alterar</a>	<a href="#">Excluir</a>	110	Impressora HP
<a href="#">Alterar</a>	<a href="#">Excluir</a>	120	Armário gaveteiro aço inox

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 17 - Lista dos locais cadastrados

**::: BUSCA DE ESPAÇOS :::**  
**Impresso em 16/03/23**

Registro	Registro	Nº Local	Espaço
<a href="#">Alterar</a>	<a href="#">Excluir</a>	200	Sala B-127 / Laboratório CLP
<a href="#">Alterar</a>	<a href="#">Excluir</a>	210	Coordenação de Automação
<a href="#">Alterar</a>	<a href="#">Excluir</a>	220	Laboratório de Eletrônica
<a href="#">Alterar</a>	<a href="#">Excluir</a>	230	Sala B131
<a href="#">Alterar</a>	<a href="#">Excluir</a>	240	Biblioteca

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Posteriormente, modificou-se, na base de dados, manualmente, o local do bem e a tela correspondente ao fazer uma consulta ao bem modificado apresentou a nova sala atualizada no relatório (figura 18).

Figura 18 - Relatório da localização patrimonial

**::: RELATÓRIO DE LOCALIZAÇÃO DE PATRIMÔNIO :::**  
**Impresso em 16/03/23**

Número Patrimônio	Descrição Patrimônio	Localização
100	Computador	Sala B-127 / Laboratório CLP
100	Computador	Coordenação de Automação

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 3.6 Teste de integração total entre *hardware*, servidor e sistema

O teste de integração tem como objetivo testar por completo o funcionamento do sistema como um todo. Para isso, deve cumprir os seguintes critérios: criar um mapa de sinal

padrão para os ambientes selecionados; identificar corretamente a sala atual do dispositivo; enviar a informação do número do patrimônio e da sala encontrada para a base de dados do servidor; mostrar, na tela correspondente a de consulta, o patrimônio desejado com suas atribuições (descrição e localização); mostrar, em uma tela específica, a listagem com todos os itens cadastrados e suas respectivas atribuições.

O teste consistiu em identificar a sala correspondente àquela onde o ativo se encontra. Após a detecção, este foi movido para outra sala do instituto, e o sistema, tendo o seu ciclo de busca iniciado novamente, deve apontar a nova localização.

Algumas modificações foram feitas após o teste unitário do *hardware* com *Wi-Fi*, pois este foi realizado em um ambiente diferente, no próprio Instituto Federal Fluminense, *campus* Campos Centro, o que levou a mais variáveis a serem consideradas. O teste consistiu em um módulo localizador NodeMCU ESP8266 – o mesmo utilizado no teste unitário –, o qual foi carregado com um novo código, adicionando mais funcionalidades. Além de fazer uma varredura na rede, ou seja, captar os sinais de RSSI dos *access point* (roteadores do IFFluminense) que estavam localizados na área de cobertura, ele precisou identificar também os endereços físicos (MAC - *Media Access Control*) de cada roteador, pois o *campus* identifica todos os dispositivos de acesso com o mesmo nome (SSID), e isso causaria conflito na escolha de 3 sinais distintos. Em outras palavras, o dispositivo diferencia cada roteador pelo MAC e dessa forma consegue comparar com o mapa de sinal previamente criado.

Um dos desafios encontrados foi a interferência entre os roteadores já instalados no *campus*, como o fato de que um conseguia anular ou diminuir o sinal do outro, fazendo com que oscilasse drasticamente a força de sinal. Para solucionar esse problema, foi criado um novo mapa de sinal para abranger melhor a variação de RSSI, e assim obter um range de valores de sinais para os 3 roteadores mais próximos. Em vista disso, é possível que haja um tempo de busca diferente entre as salas: as que possuem maior interferência poderão demorar mais tempo para serem encontradas pelo programa.

O mapa de sinal foi previamente criado em duas salas de teste, localizadas no *campus* Centro, denominadas de “sala B127 - Laboratório de CLP” e “Coordenação de Automação”, em cada uma foram realizadas 10 leituras de RSSI coletadas pelo módulo LP escaneando a rede em 5 pontos geográficos diferente, a partir desses 10 valores de RSSI foi observado o maior e o menor número em módulo para estipular o range desejado, a tabela 5 demonstra os resultados obtidos em cada ponto.

Tabela 5 - Medição de RSSI em módulo dentro das salas

MAPA DE SINAL - Sala B 127 CLP			
POSIÇÃO DENTRO DA SALA	SINAL DE RSSI EM MÓDULO (dBm)		
	Roteador 1	Roteador 2	Roteador 3
ponto 1 - canto direito da entrada	32 - 38	71 - 75	71 - 87
ponto 2 - canto direito do fundo	26 - 42	74 - 80	67 - 73
ponto 3 - canto esquerdo do fundo	37 - 69	77 - 81	68 - 79
ponto 4 - canto esquerdo da entrada da sala	49 - 71	74 - 80	65 - 76
ponto 5 - centro da sala	29 - 50	83 - 88	68 - 74
Range total	26 - 70	71 - 88	65 - 87

MAPA DE SINAL - COORDENAÇÃO DE AUTOMAÇÃO			
POSIÇÃO DENTRO DA SALA	SINAL DE RSSI EM MÓDULO (dBm)		
	Roteador 3	Roteador 4	Roteador 5
ponto 1 - canto direito da entrada	78 - 83	73 - 79	61 - 67
ponto 2 - canto direito do fundo	77 - 84	78 - 85	64 - 69
ponto 3 - canto esquerdo do fundo	73 - 80	74 - 83	65 - 70
ponto 4 - canto esquerdo da entrada da sala	73 - 76	71 - 74	68 - 73
ponto 5 - centro da sala	75 - 84	72 - 82	62 - 69
Range Total	73 - 84	70 - 85	60 - 73

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Feita a determinação em cada ponto da sala, foi possível estabelecer o range total de possíveis valores que o dispositivo conseguia perceber dos três roteadores com maior intensidade de sinal (RSSI), o resultado final do mapa foi ilustrado na tabela 6.

Tabela 6 - Mapa de sinal

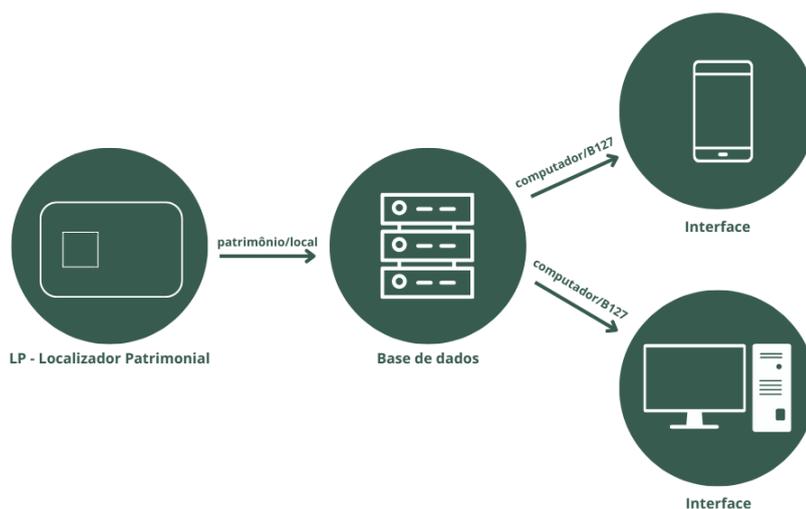
MAPA DE SINAL					
SALA	FAIXA DO SINAL DE RSSI				
	Roteador 1	Roteador 2	Roteador 3	Roteador 4	Roteador 5
Sala B127 - Laboratório de CLP	-70 a -26	-88 a -71	-87 a -65		
Coordenação de Automação			-84 a -73	-85 a -70	-73 a -60

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Após a definição do mapa, o dispositivo foi colocado na sala B127 e executado o algoritmo por completo – o qual estabelece uma conexão *Wi-Fi* com a rede disponível e cadastrada para o serviço de localização –, capta os sinais dos três roteadores mais próximos, sem precisar se conectar aos mesmos, compara com o mapa de sinal, define a sala atual e envia essa informação para uma base de dados criada no “MySQL”.

Após disponibilizada a informação da sala na base, a interface gráfica com o usuário do Sistema LP atualiza para a visualização do usuário a localização do patrimônio. A arquitetura para essa comunicação está exposta na figura 19.

Figura 19 - Arquitetura de comunicação do Sistema LP



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O sistema desenvolvido preocupou-se também com o consumo energético do dispositivo, visto que o tempo de vida útil da bateria aumentaria e, conseqüentemente, reduziria gastos e pouparia manutenções futuras. Para tanto, o localizador foi programado para funcionar uma vez ao dia e, após seu funcionamento, entra em “sono profundo”, ou seja todo o *hardware* é desativado, incluindo o processador, as memórias e o rádio, ficando ligado apenas um relógio interno “*clock*” responsável por controlar o tempo de inatividade.

É válido lembrar que a memória temporária (RAM) é perdida durante o desligamento, porém os dados pertinentes estão armazenados no servidor. Para testar essa funcionalidade, após a detecção da primeira sala (sala B127) o sistema desligou-se por 5 minutos e, quando reiniciou, o ativo estava em outra sala (Coordenação de Automação). A segunda detecção foi realizada automaticamente e apresentou um tempo maior de busca, devido a maiores interferências no local. A dinâmica de desligamento pode ser observada com a captura da tela do Monitor Serial (presente na interface de desenvolvimento do arduino) na figura 20.

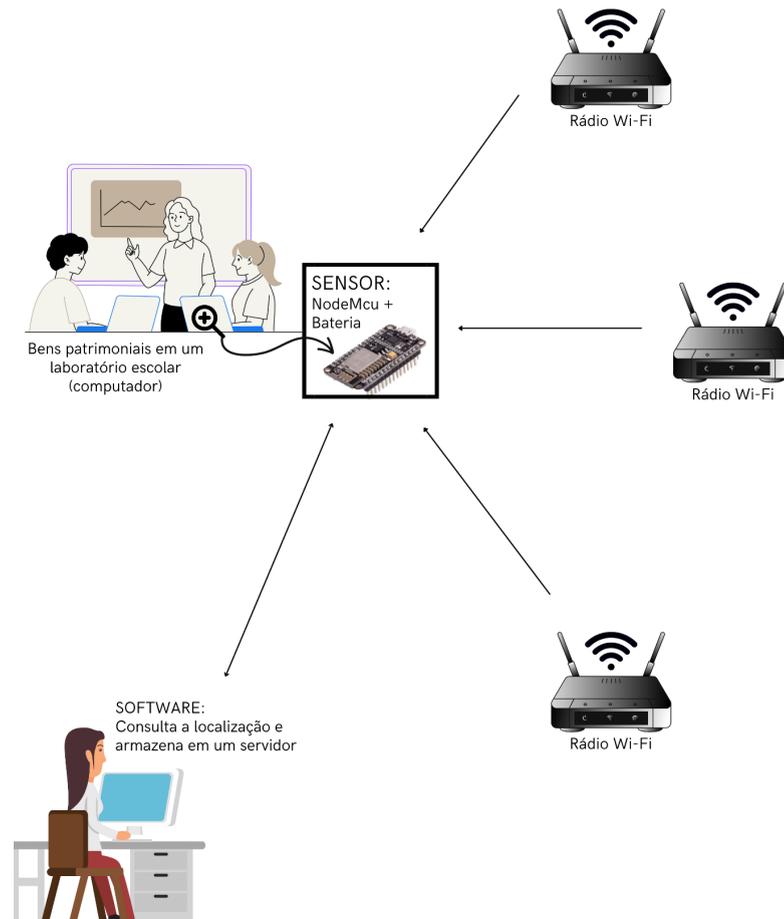
Figura 20 - Teste de detecção da sala e desligamento do módulo LP

```
18:35:52.493 -> ESP8266 WiFi scan
18:35:52.493 -> Connecting to
18:35:52.493 -> jhulyan
18:35:53.008 -> .....
18:35:57.226 -> WiFi connected
18:35:57.226 -> IP address
18:35:57.226 -> 192.168.137.68
18:35:57.226 -> Starting WiFi scan...
18:35:58.824 -> 6 networks found:
18:35:58.824 -> 00: [CH 01] [94:2C:B3:63:DC:0B] -80dBm * V Wifi_Ap 104
18:35:58.824 -> 3FFEF390
18:35:59.293 -> 01: [CH 11] [E0:00:84:C7:47:D4] -83dBm * V SOL_2Ghz
18:35:59.293 -> 3FFEFCE0
18:35:59.808 -> 02: [CH 06] [18:3D:5E:7D:7F:B8] -81dBm * V THE_PETERSEN_2Ghz
18:35:59.808 -> 3FFEF30
18:36:00.324 -> 03: [CH 06] [10:47:38:0F:38:E9] -86dBm * V GOMES OI FIBRA 2.4G
18:36:00.324 -> 3FFEF30
18:36:00.792 -> 04: [CH 11] [AA:83:89:93:21:85] -36dBm * V jhulyan
18:36:00.792 -> 3FFEFDD0
18:36:01.308 -> Wifil: -36
18:36:01.823 -> 05: [CH 09] [40:3F:8C:D0:6E:7B] -76dBm * V Thiago.thgs
18:36:01.823 -> 3FFEFE20
18:36:02.292 -> sala B127 - CLP
18:36:02.339 -> requisição http enviado
18:36:02.854 -> {desligando...
18:36:13.680 -> ESP8266 WiFi scan
18:36:13.680 -> Connecting to
18:36:13.680 -> jhulyan
18:36:14.195 -> .....
18:36:18.413 -> WiFi connected
18:36:18.413 -> IP address
18:36:18.413 -> 192.168.137.68
18:36:18.413 -> Starting WiFi scan...
```

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

De forma didática, pode-se visualizar a interação dos dispositivos do sistema LP por meio da Figura 21, a qual ilustra o módulo sensor LP acoplado a um bem patrimonial (*notebook*); os três roteadores que o módulo LP utiliza para identificar os três sinais de RSSI e, assim, encontrar a sala na qual se encontra; e a interface do sistema acessada por um usuário por meio de um computador.

Figura 21 - Sistema Localizador Patrimonial



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

### 3.7 Teste de Validação

O teste de validação foi realizado com os seis gestores dos bens patrimoniais, tanto os que atuam diretamente no setor patrimonial da instituição, quanto os coordenadores do setor DTIC (Diretoria de Tecnologia da Informação e Comunicação), que são responsáveis pelos bens patrimoniais pertencentes ao seu setor. Um teste foi demonstrado presencialmente seguindo os passos do teste de integração e funcionou da seguinte maneira:

O módulo LP foi alocado em uma das máquinas presentes no laboratório de CLP (Controlador Lógico Programável) do IFFluminense, também conhecida como sala B127, e os gestores visualizaram o programa executar a busca pelos sinais de RSSI, localizar a sala e atualizar a informação na interface gráfica. Após a localização, o dispositivo se auto desligou por cinco minutos, dentro desse curto período fomos para a segunda sala mapeada, movimentando o módulo LP para a coordenação de automação.

Já na segunda sala, os gestores aguardam o dispositivo se auto ligar e conectar-se com

a rede para iniciar a segunda busca dos RSSIs mais próximos, após aproximadamente um minuto de varredura, o sistema encontrou a nova sala a qual se encontrava e os gestores puderam conferir a correta localização por meio das telas.

Todas as demais funcionalidades das telas foram testadas pelos gestores, os quais tiveram a oportunidade de operar a interface, de modo que acharam de fácil manuseio e intuitiva.

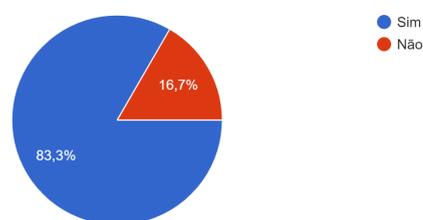
Com o objetivo de registrar toda a experiência gerada aos gestores durante o teste de validação, foi aplicado um questionário com algumas perguntas sobre o protótipo apresentado. As perguntas estão listadas a seguir:

1. Nome
2. O setor no qual trabalha é responsável pela localização de bens patrimoniais?
3. O protótipo encontrou a localização correta do patrimônio?
4. O protótipo demonstrou funcionalidade para a demanda de localização dos setores responsáveis pelos patrimônios?
5. A interface com o usuário demonstrou ser intuitiva e de fácil utilização?
6. Em sua opinião, o que deveria ser melhorado?

As respostas foram capturadas e podem ser vistas da figura 21 até a figura 25. A pergunta de número 2, mostrada na Figura 21, mostra que dos 6 entrevistados 5 trabalham em um setor que é responsável pela localização de bens patrimoniais, portanto, a maioria possui grande propriedade no assunto.

Figura 22 - Resultado da segunda pergunta do questionário

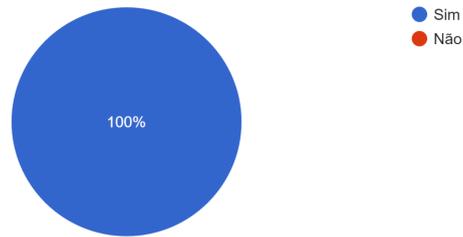
O setor o qual trabalha é responsável pela localização de bens patrimoniais?  
6 respostas



Fonte: Formulários do Google (2023).

Figura 23 - Resultado da terceira pergunta do questionário

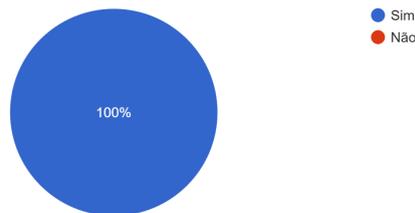
O protótipo encontrou a localização correta do patrimônio?  
5 respostas



Fonte: Formulários do Google (2023).

Figura 24 - Resultado da quarta pergunta do questionário

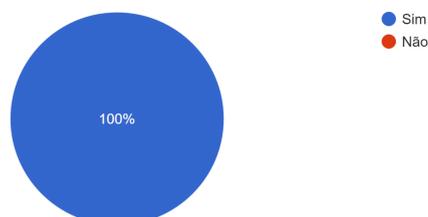
O protótipo demonstrou funcionalidade para a demanda de localização dos setores responsáveis pelos patrimônios?  
6 respostas



Fonte: Formulários do Google (2023).

Figura 25 - Resultado da quinta pergunta do questionário

A interface com o usuário demonstrou ser intuitiva e de fácil utilização?  
6 respostas



Fonte: Formulários do Google (2023).

## Figura 26 - Resultado da sexta pergunta do questionário

Em sua opinião, o que deveria ser melhorado?

5 respostas

O sistema funciona perfeitamente e atende com clareza as necessidades.

Porém, a tela do sistema poderia ser um pouco melhorado e a lógica para localização do dispositivo poderia ficar no servidor Backend (o que foi feito em PHP) ao invés de ficar no próprio dispositivo. Assim o dispositivo ficaria responsável somente pelo envio do sinal e o servidor PHP por receber estas informações relacionadas as medições e com isso definir onde que o item está localizado.

Diminuir o dispositivo utilizado e fazer testes em salas localizadas a distâncias acima de 100 metros

Inserir Hora e Data da localização no relatório.

Registrar quando não encontrar sinal de nenhuma sala, para ser possível detectar e monitorar a movimentação do ativo.

Diminuí tamanho da bateria

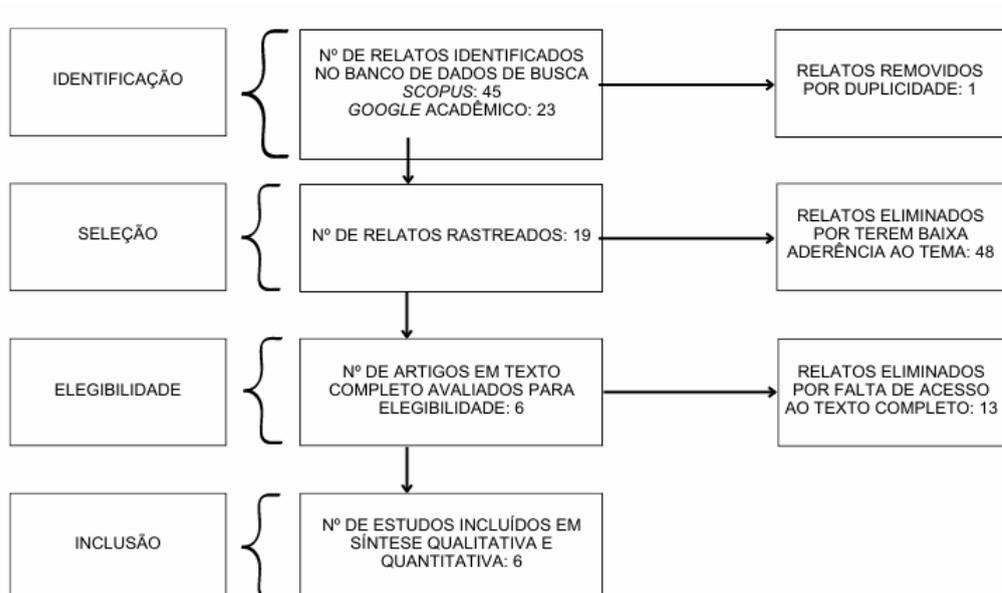
No momento não vejo nenhuma alteração a ser feita pois atende a necessidade do setor.

Fonte: Formulários do Google (2023).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados os títulos e resumos dos 68 trabalhos resultantes da busca nas bases de dados Scopus e Google Scholar através da estratégia desenvolvida, objetivando encontrar aderência ao tema proposto, dos quais um estudo foi excluído por duplicidade e 19 foram escolhidos para leitura completa. Dentre eles, 13 estudos não tinham seus textos disponíveis, sendo estes excluídos também. Dessa forma, 6 trabalhos tiveram a inclusão em síntese qualitativa e quantitativa, sendo agrupados na Tabela 7 por países-alvo da pesquisa, apresentando dados como: nomes dos autores, veículo de publicação, títulos dos trabalhos, contexto, método utilizado, resultados e ano de publicação. A Figura 27 representa o método PRISMA utilizado.

Figura 27 - Diagrama Prisma



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Tabela 7 - Artigos selecionados

TRABALHOS RELACIONADOS						
AUTOR	ANO	PAÍS	TÍTULO	VEÍCULO DE PUBLICAÇÃO	METODOLOGIA	RESULTADO
Ricardo Manuel Moreira Marques Osório	2011	Brasil	Sistema de identificação e localização baseado em dispositivos de comunicação sem fios.	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto	Desenvolvimento de um sistema que permita identificar e localizar pessoas em espaços interiores através da utilização de dispositivos baseados em tecnologias sem fios	O sistema implementado permite identificar e localizar utilizadores em ambientes interiores e exteriores, sendo ainda capaz de oferecer interatividade e personalização aos utilizadores.
Han Zou; Ming Jin; Hao Jiang; Lihua Xie; Costas J. Spanos	2017	Singapura	WinIPS: WiFi-Based Non-Intrusive Indoor Positioning System With Online Radio Map Construction and Adaptation	IEEE Transactions on Wireless Communications	Desenvolvimento de um Sistema de Posicionamento Interno (PSI) não intrusivo baseado em Wi-Fi	Foram conduzidos experimentos que demonstraram que o WinIPS supera as soluções existentes em termos de precisão na estimativa de RSS e na localização.
Peterson Medeiros	2020	Brasil	Localização indoor utilizando mapa de sinal 802.11	Repositório Institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (RIUT)	Mapa de sinal <i>fingerprint</i>	Obteve uma precisão na localização de 63% de acertos.
Sittikorn Muekdang; Wimol San-Um	2018	Tailândia	Intelligent RF-Based Indoor Localization through RSSI of LoRa Communication Technology	International Journal of Future Computer and Communication	Desenvolvimento de uma técnica de localização indoor através do uso do RSSI da LoRa Technology com o método de triangulação	A precisão é de aproximadamente 95% de acertos na localização.

TRABALHOS RELACIONADOS						
AUTOR	ANO	PAÍS	TÍTULO	VEÍCULO DE PUBLICAÇÃO	METODOLOGIA	RESULTADO
Antonio-Pedro Albín-Rodríguez; Yolanda-María De-La-Fuente-Robles; José-Luis López-Ruiz; Ángeles Verdejo-Espinosa; Macarena Espinilla Estévez	2021	Espanha	<i>A fuzzy indoor location system for the elderly</i>	<i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>	Desenvolvimento de um método de localização interna baseado na tecnologia BLE usando técnicas de lógica fuzzy.	A partir de um estudo de caso realizado pelos autores, chegou-se a uma precisão de 91,63%, aproximadamente 10 pontos a mais que a metodologia sem o uso da lógica fuzzy.
Dariusz Janczak; Wojciech Walendziuk; Maciej Sadowski; Andrzej Zankiewicz; Krzysztof Konopko; Adam Idzkowski	2022	Polónia	<i>Accuracy Analysis of the Indoor Location System Based on Bluetooth Low-Energy and RSSI Measurements</i>	<i>Faculty of Electrical Engineering, Bialystok University of Technology</i>	Desenvolvimento de um sistema de localização utilizando os métodos de proximidade baseado na intensidade do sinal recebido (RSSI) de dispositivos Bluetooth Low-Energy (BLE).	O sistema foi avaliado nos testes com uma localização menos precisa, porém exige menos carga computacional e é de baixo custo.

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

O teste de integração apresentou ótimos resultados dentro dos critérios estabelecidos. Os dispositivos de localização foram instalados em salas diferentes e distantes entre si, com características de sinal *Wi-Fi* distintas, e o código embarcado desenvolvido para o protótipo conseguiu detectar corretamente a localização, mesmo na sala onde a condição de sinal *Wi-Fi* era considerada mais crítica, por haver muitos sinais simultâneos de roteadores distintos.

Observou-se que a sala com sinal de *Wi-Fi* mais crítico levou mais tempo para ser encontrada, devido a apresentar um número maior de roteadores no local que causavam interferências no sinal. Contudo, obtivemos resultados satisfatórios com os testes aplicados ao sistema, tendo como premissas a redução do número de dispositivos testados para apenas um e uma minimização do ambiente selecionado para zona de teste.

O cálculo que incluía o descarte dos valores extremos, assim como a média, foram realizados sem uma definição das aproximações. Diante disso, fez-se necessário ampliar o mapa, cobrindo por completo a sala e aderindo a um *range* de sinais, para uma localização mais assertiva, visto que os testes mostraram um ótimo funcionamento utilizando o novo mapa.

A utilização dos *Access Point* (roteadores) já pertencentes à instituição foi de grande importância para minimizar o custo da implementação do protótipo, e os mesmos assumiram a função de emitir os sinais de RSSI para o módulo LP. Os roteadores apresentaram bom desempenho durante os testes, apesar da interferência do meio e também do conflito de canais diferentes em roteadores próximos, causando a anulação do sinal de radiofrequência aleatoriamente.

O consumo energético do dispositivo de localização é gerenciado de acordo com a demanda de funcionamento do dispositivo. Como o setor de patrimônio definiu que é suficiente uma atualização diária da localização dos ativos, programou-se o dispositivo para efetuar o desligamento automático após uma detecção correta por dia, para aumentar a vida útil da bateria e reduzir a manutenção.

Como forma de validar os resultados alcançados, o teste de integração foi apresentado aos servidores do IFFluminense responsáveis pela movimentação dos bens patrimoniais, e após a demonstração de todo o funcionamento eles puderam opinar por meio de um questionário com perguntas estratégicas sobre o correto funcionamento do sistema, sobre o desempenho do programa e das telas, e suas possíveis aplicações para o seu ambiente de trabalho.

Dessa forma, os funcionários da instituição envolvidos, direta ou indiretamente, com os bens patrimoniais puderam contribuir para a avaliação do protótipo, opinando se seria funcional ou não um dispositivo que realizasse a localização dos bens de forma automática; se a localização encontrada coincidiu com a sala física presente; e se desejavam deixar sugestões de melhorias a serem aplicadas ao sistema.

## 5 CONCLUSÃO

A técnica RSSI, escolhida para o processo de localização interna de objetos, foi eficaz para a aplicação proposta. Ao fim do processo, o consumo energético foi otimizado com a configuração do sistema para funcionar uma vez ao dia. Os testes do Sistema Localizador de Patrimônio demonstraram a sua eficácia em localizar um bem patrimonial em determinado ambiente, bem como a atualização da sua localização no novo ambiente, após a sua transferência de local.

Atesta-se que a adoção da tecnologia apresentada nesta dissertação, aplicada no setor patrimonial da instituição, pode contribuir para a melhoria deste processo, dotando-o de uma maior agilidade e confiabilidade, quando comparado com o atual processo manual.

O protótipo do sistema LP foi apresentado aos responsáveis do setor patrimonial, os quais responderam a um questionário para avaliar a aplicação. Os participantes alegaram que o sistema demonstrou funcionalidade para o setor de localização dos bens patrimoniais, além disso, apresentaram melhorias ao sistema, as quais foram sugeridas para implementação futura. O resultado da pesquisa está resumido no apêndice e mostrou-se satisfatório quanto aos requisitos esperados para o protótipo em desenvolvimento.

As telas do sistema demonstraram bom funcionamento, pois foram atualizadas corretamente assim que o banco de dados atualizou com os novos locais do dispositivo. De acordo com as respostas coletadas no questionário, mais precisamente a questão de número 3, foi possível validar a correta localização. Além disso, na pergunta 5, foi observado unanimidade nas respostas positivas para a facilidade em operar a interface.

Como trabalhos futuros, ficam os seguintes desafios:

- Redução do tamanho do dispositivo, garantindo uma autonomia energética;
- Criação e atualização do mapa de forma automática e alocada no servidor;
- Emissão de notificação toda vez que o bem for movido por uma distância pré-determinada;
- Integração com SUAP, para sincronizar a localização com os registros patrimoniais;
- Implementação da hora na interface com o usuário.

## REFERÊNCIAS

- ALI, A. H. *et al.* Investigation of indoor WIFI radio signal propagation. **2010 IEEE SYMPOSIUM ON INDUSTRIAL ELECTRONICS AND APPLICATIONS (ISIEA)**. out. 2010.
- BRASIL. Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990. Dispõe sobre o regime jurídico dos servidores públicos civis da União, das autarquias e das fundações públicas federais. **Do Regime Disciplinar Capítulo I dos Deveres**. Brasília, Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/18112cons.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18112cons.htm). Acesso em: 04 out. 2022.
- BRASIL. Lei nº 4.320, de 17 de março de 1964. **Estatui Normas Gerais de Direito Financeiro para elaboração e controle dos orçamentos e balanços da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal**. Brasília, Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/14320.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14320.htm). Acesso em: 07 out. 2022.
- BUNGE, M. **Epistemologia**. São Paulo: TA Queiroz, 1980.
- CAVALCANTI, A. **Uma avaliação da interferência entre redes 802.11 G**. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- MUEKDANG, Sittikorn; SAN-UM, Wimol. Intelligent rf-based indoor localization through rssi of lora communication technology. **International journal of future computer and communication**, v. 7, n. 4, 2018.
- COLE, R. *et al.* **Being Proactive: Where Action Research Meets Design Research**. p. 13, 2005.
- DI FLORA, Cristiano *et al.* Indoor and outdoor location based services for portable wireless devices. **25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops**. IEEE, 2005. p. 244-250.
- DOMDOUZIS, K.; KUMAR, B.; ANUMBA, C. **Radio-Frequency Identification (RFID) Applications: a brief introduction**. *Advanced Engineering Informatics*, v. 21, n. 4, p. 350-355, 2007.
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES, J. A. V. J. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. Porto Alegre: Bookman Editora. Edição do Kindle., 2020.
- FIGUEIREDO E SILVA, P.; KASEVA, V.; LOHAN, E. S. Wireless Positioning in IoT: A Look at Current and Future Trends. **Sensors**, v. 18, n. 8, p. 2470, ago. 2018.
- GANCHEV, I.; JI, Z.; O'DROMA, M. **Designing a Low-Cost Location Tracker for Use in IoT Applications**. 2020 XXXIIIrd General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science. ago. 2020.
- GKOTSIPOULOS, Panagiotis; ZORBAS, Dimitrios; DOULIGERIS, Christos. Performance determinants in LoRa networks: A literature review. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 23, n. 3, p. 1721-1758, 2021.
- GOH, B. S. *et al.* **IoT Based Indoor Locating System (ILS) using Bluetooth Low Energy**

- (BLE). 2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), jan. 2020.
- HAN, M. *et al.* A study on the asset smart management system based on IOT. **International Journal of Engineering & Technology**, v. 7, n. 2.12, p. 110-114, 2018.
- KUMAR, S.; MOORE, K.. The evolution of global positioning system (GPS) technology. **Journal of science Education and Technology**, p. 59-80, 2002.
- MEDEIROS, P. **Localização indoor utilizando mapa de sinal 802.11**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- MELO SOARES, E. de. **Localização Indoor via KDE em assinaturas de RSSI**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MOHAMMED, S.. Distance estimation based on RSSI and Log-Normal shadowing models for ZigBee wireless sensor network. **Eng. Technol. J**, v. 34, n. 15, p. 2950-2959, 2016.
- MQTT.ORG. **MQTT: o padrão para mensagens IoT**. Disponível em: <https://mqtt.org/>. Acesso em: 05 jan. 2023.
- NI, L. M. *et al.*. LANDMARC: Indoor location sensing using active RFID. In: **Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, 2003.(PerCom 2003)**. IEEE, 2003. p. 407-415.
- NUNAMAKER, J. F.; CHEN, M.; PURDIN, T. D. M. Systems Development in Information Systems Research. **Journal of Management Information Systems**, v. 7, n. 3, p. 89–106, 1 dez. 1990.
- OSÓRIO, R. M. M. M. **Sistema de identificação e localização baseado em dispositivos de comunicações sem fios**. 2011.
- PEFFERS, K. *et al.* A design science research methodology for information systems research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, p. 45–77, 2007.
- PEREIRA, M.; AVANÇO, L. **Localização indoor baseada em sistemas RFID para o ambiente industrial**. [s.l: s.n.]. p. 202
- RAMYA, C. Muthu; SHANMUGARAJ, M.; PRABAKARAN, R. Study on ZigBee technology. **2011 3rd international conference on electronics computer technology**. IEEE, 2011. p. 297-301.
- TAKEDA, H.; VEERKAMP, P.; YOSHIKAWA, H. Modeling Design Process. **AI Magazine**, v. 11, n. 4, p. 37–37, 15 dez. 1990.
- VAN AKEN, J. E.; BERENDS, H.; VAN DER BIJ, H. **Problem solving in organizations**. 2<sup>a</sup> ed. Cambridge: University Press Cambridge, 2012.
- ZOU, H. *et al.* WinIPS: WiFi-based non-intrusive indoor positioning system with online radio map construction and adaptation. **IEEE Transactions on Wireless Communications**, v. 16, n. 12, p. 8118-8130, 2017.

ALBÍN-RODRÍGUEZ, Antonio-Pedro et al. Ujami location: A fuzzy indoor location system for the elderly. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 16, p. 8326, 2021.

JANCZAK, Dariusz et al. Accuracy Analysis of the Indoor Location System Based on Bluetooth Low-Energy RSSI Measurements. **Energies**, v. 15, n. 23, p. 8832, 2022.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. *Redes de Computadores e a Internet*. São Paulo: Person, v. 28, 2006.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D.; MOHER, D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **International Journal of Surgery**, v. 88, p. 105906, 2021.

## APÊNDICE A

Os códigos principais utilizados no desenvolvimento do trabalho serão anexados nesta seção.

O Código exemplo para escanear redes *Wi-Fi*, possibilitando a visualização do nome da rede cadastrada (SSID) e a força de sinal de rádio frequência percebida pelo dispositivo leitor (RSSI).

Figura 1 - Código do exemplo “WiFiScan” do ESP8266 *Wi-Fi*

```
#include <ESP8266WiFi.h>

void setup() {

  Serial.begin(115200);

  int numberOfNetworks = WiFi.scanNetworks();

  for(int i =0; i<numberOfNetworks; i++){

    Serial.print("Network name: ");
    Serial.println(WiFi.SSID(i));
    Serial.print("Signal strength: ");
    Serial.println(WiFi.RSSI(i));
    Serial.println("-----");

  }

}
```

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

As seguintes instruções foram utilizadas para escanear as redes *Wi-Fi* com a obtenção de características como: nome da rede (SSID), intensidade de sinal recebido (RSSI), tipo de encriptação e o endereço físico (MAC).

Figura 2 - Código utilizado para escanear a rede e obter o endereço físico também

```
Serial.println(F("Starting WiFi scan..."));

scanResult = WiFi.scanNetworks(/*async=*/false, /*hidden=*/true);

if (scanResult == 0) {
  Serial.println(F("No networks found"));
} else if (scanResult > 0) {
  Serial.printf(PSTR("%d networks found:\n"), scanResult);

  // Print unsorted scan results
  for (int8_t i = 0; i < scanResult; i++) {
    WiFi.getNetworkInfo(i, ssid, encryptionType, rssi, bssid, channel, hidden);

    Serial.printf(PSTR(" %02d: [CH %02d] [%02X:%02X:%02X:%02X:%02X:%02X] %ddBm %c %c %s\n"),
                  i,
                  channel,
                  bssid[0], bssid[1], bssid[2],
                  bssid[3], bssid[4], bssid[5],
                  rssi,
                  (encryptionType == ENC_TYPE_NONE) ? ' ' : '*',
                  hidden ? 'H' : 'V',
                  ssid.c_str());

    delay(0);
  }
} else {
  Serial.printf(PSTR("WiFi scan error %d"), scanResult);
}
```

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O algoritmo responsável por comunicar o dispositivo com a base de dados, enviando assim informações para o servidor foi construído em linguagem de programação C++, na interface de desenvolvimento do “Arduino”. A figura 3 mostra uma captura da tela do código responsável por enviar os dados.

Figura 3 - Código utilizado para escanear a rede e obter o endereço físico também

```
//use a classe WiFiClient para conexão TCP
WiFiClient client;
const int httpPort = 80; //porta 80 padrão apache
if(!client.connect(host,httpPort)){
  Serial.println(httpPort);
  Serial.println(host);
  Serial.println("connection failed");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  return;
}else{
// send HTTP request header
client.print(String("GET /sistemalp/conexao2.php?")+
  (&num_patrimonio=") + patrimonio +
  (&num_local=")+ sala +
  "\r\n" +
  "Connection: close\r\n\r\n");
client.println("Connection: close");
client.println(); // end HTTP request header
Serial.println("requisição http enviado");

  // read an incoming byte from the server and print them to serial monitor:
char c = client.read();
Serial.println(".");
delay(500);
Serial.print(c);

}
}
```

Fonte: Elaborada pela autora.

Por sua vez, foi necessário criar um código em PHP para receber os dados vindos do dispositivo e enviá-los para a base de dados. A imagem da captura da tela com o código pode ser vista na figura 4.

Figura 4 - Código utilizado para enviar dados para o servidor

```
<html>
<body>

<?php

$dbname = 'loc_patrimonio';
$dbuser = 'root';
$dbpass = '';
$dbhost = 'localhost';

$connect = @mysqli_connect($dbhost,$dbuser,$dbpass,$dbname);

if(!$connect){
    echo "Error: " . mysqli_connect_error();
    exit();
}

echo "Sucesso na conexão!<br><br>";

$num_patrimonio = $_GET["num_patrimonio"];
$num_local = $_GET["num_local"];

|
$query = "INSERT INTO tb_historico_localizacao (num_patrimonio, num_local) VALUES
('$num_patrimonio', '$num_local')";
$result = mysqli_query($connect,$query);

echo "Inserido com Sucesso!<br>";

?>
</body>
</html>
```

Fonte: Elaborada pela autora.

Para o desligamento do dispositivo por um determinado tempo desejado e o religamento dele, foi utilizado um comando de sono profundo com temporizador, no qual o tempo desejado foi configurado no comando, para que, ao fim desse tempo, o dispositivo fosse reiniciado com a ativação de seu rádio. Dessa forma, uma nova leitura pode ser realizada e, após a descoberta da localização, o módulo pode ser desligado novamente, poupando, assim, energia. Para via de teste, o tempo foi configurado para 10 segundos. A captura da tela com o comando é mostrada na figura 5.

Figura 5 - Comando para colocar o dispositivo em sono profundo

```
ESP.deepSleep(10 * 1e6, WAKE_RF_DEFAULT);
```

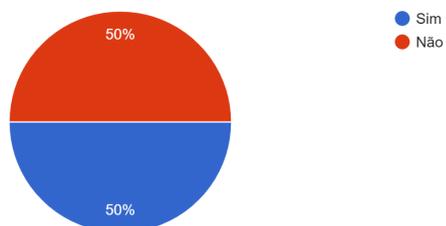
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O resultado do primeiro questionário aplicado junto aos quatro gestores das áreas de

Patrimônio e Tecnologia da Informação e Comunicação pode ser observado da Figura 6 até a Figura 10.

Figura 6 - Primeira pergunta do questionário para o levantamento de requisitos

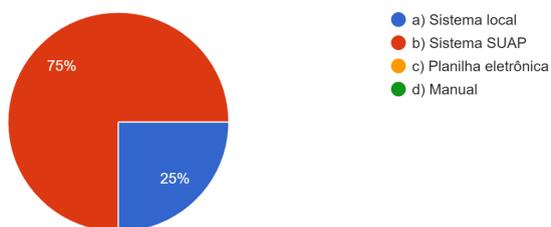
1) Você trabalha diretamente com levantamento de bens patrimoniais?  
4 respostas



Fonte: Formulários do Google (2023).

Figura 7 - Segunda pergunta do questionário para o levantamento de requisitos

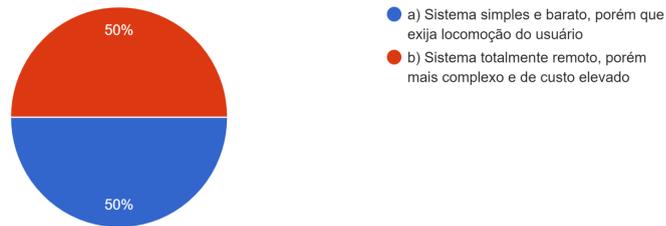
2) O controle atual é feito de que forma?  
4 respostas



Fonte: Formulários do Google (2023).

Figura 8 - Terceira pergunta do questionário para o levantamento de requisitos

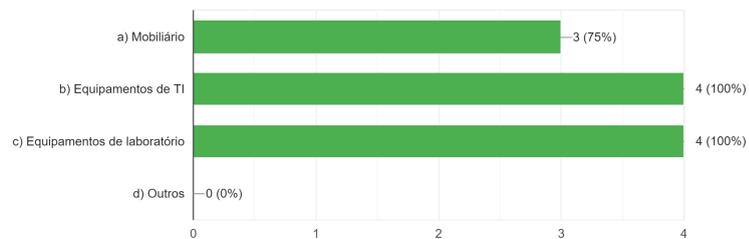
3) No caso de usar uma nova tecnologia de controle, que tipo de sistema você acredita ser viável?  
4 respostas



Fonte: Formulários do Google (2023).

Figura 9 - Quarta pergunta do questionário para o levantamento de requisitos

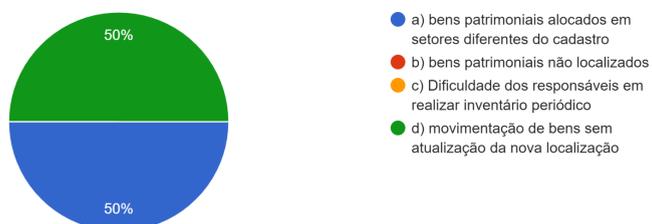
4) Quais os bens em que você aplicaria o sistema? (Selecione os itens desejados)  
4 respostas



Fonte: Formulários do Google (2023).

Figura 10 - Quinta pergunta do questionário para o levantamento de requisitos

5) Quais os problemas que mais ocorrem no levantamento de bens patrimoniais?  
4 respostas



Fonte: Formulários do Google (2023).