

**FUNDAÇÃO ESCOLA TÉCNICA LIBERATO SALZANO VIEIRA DA CUNHA**  
**CURSO TÉCNICO DE ELETRÔNICA**

**STEPHANIE STAUB**

**2RESCUE - DISPOSITIVO DE APOIO PARA LOCALIZAR BOMBEIROS EM**  
**ESTRUTURAS COLAPSADAS**

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Deise Margô Müller**

**Novo Hamburgo**  
**2022**

**STEPHANIE STAUB**

**2RESCUE - DISPOSITIVO DE APOIO PARA LOCALIZAR BOMBEIROS EM  
ESTRUTURAS COLAPSADAS**

Relatório de pesquisa apresentado à  
comissão avaliadora da Mostra  
Internacional de Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Deise Margô Müller

**Novo Hamburgo, outubro de 2022**

## FOLHA DE ASSINATURAS

STEPHANIE STAUB

2RESCUE - DISPOSITIVO DE APOIO PARA LOCALIZAR BOMBEIROS EM  
ESTRUTURAS COLAPSADAS

FUNDAÇÃO ESCOLA TÉCNICA LIBERATO SALZANO VIEIRA DA CUNHA  
CURSO TÉCNICO DE ELETRÔNICA

Novo Hamburgo, outubro de 2022.

---

Stephanie Staub

---

Deise Margô Müller  
Professora Orientadora

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, que me apoiou mais do que tudo e sempre acreditou em mim. Que me incentivou a estudar na Liberato e agora desfruta comigo o momento mágico da entrega do trabalho de conclusão. Muito obrigada.

Ao meu namorado, que passou noites acordado comigo enquanto eu achava que não iria conseguir. Que ficou do meu lado do início ao fim, sempre ajudando e apoiando e motivando. Muito obrigada.

A minha orientadora, que foi muito mais do que uma guia nessa jornada, foi professora, foi mentora e foi amiga. Indicando caminhos, montando cronogramas, cobrando e tranquilizando. Muito obrigada.

Aos bombeiros do 2º Batalhão de Bombeiros Militar, que dedicaram muito tempo conversando comigo e me mostrando todo o Corpo de Bombeiros. Que me ajudaram com tudo que podiam da forma mais atenciosa possível. A vocês minha admiração e meu muito obrigada.

## RESUMO

Socorristas resgatistas regularmente colocam sua integridade física em risco, podendo, em alguns casos, ir a óbito. Em julho de 2021, dois bombeiros desapareceram enquanto faziam o combate às chamas no incêndio do prédio da Secretaria de Segurança Pública em Porto Alegre. A falta de equipamentos e a dificuldade dos cães farejadores em encontrar o rastro dos corpos resultaram no retardamento da procura pelos desaparecidos. Além da mobilização de recursos do estado para logística, hospedagem e alimentação dos profissionais, a extensa duração das buscas também causou intenso desgaste físico e emocional aos envolvidos. Portanto, o propósito desta pesquisa é desenvolver um dispositivo que auxilie na localização de socorristas resgatistas dentro de estruturas colapsadas, sinalizando a proximidade com o bombeiro desaparecido por meio do indicador de intensidade do sinal recebido (RSSI). Para isso, a pesquisa foi dividida em seis etapas: entendimento e aproximação com o contexto; estudo e escolha das tecnologias compatíveis; desenvolvimento dos protótipos; testes de capacidade e limitações; análise dos resultados; definição dos próximos passos. Foram confeccionados dois protótipos, denominados “receptor” e “transmissor”, utilizando unidades de controle programáveis conectadas a rádios inteligentes (módulos LoRa). O transmissor envia um sinal de rádio periodicamente ao receptor e, através desse sinal, é obtido o indicador de intensidade de sinal recebido. A variação desse indicador é interpretada pelo *firmware* e, com isso, infere-se uma faixa de distância entre os dois dispositivos - representando a distância entre o bombeiro desaparecido e o bombeiro que o procura - sinalizada por indicadores visual e sonoro (LED e *buzzer*). A etapa de testes de capacidade e limitações foi realizada em dois cenários: em linha reta, horizontalmente e sem obstáculos (para observar inicialmente a variação do RSSI) e entre andares de um edifício (para simular a situação da estrutura como obstáculo para o sinal). No primeiro teste, o valor do RSSI variou entre -27 e -67 de 1 a 30 metros de distância, diminuindo conforme a distância aumentava. No segundo teste, o valor do RSSI variou entre -66 e -102 de 1 a 9 andares de distância, indicando que a inclusão de obstáculos entre os protótipos diminui a intensidade do sinal. A partir de seis andares de distância, o RSSI chegou ao seu limite negativo próximo a -100 e se manteve constante, mesmo quando a distância aumentava. Com base nesses testes, concluiu-se que é possível sinalizar

uma faixa de distância entre os dois dispositivos pelo indicador de intensidade de sinal recebido e que estruturas entre os dispositivos não impedem a transmissão e recepção do sinal, mas diminuem significativamente o valor de RSSI, limitando a percepção de distâncias maiores. A aproximação e o afastamento dos protótipos gerou variação suficiente do RSSI para que o sinalizador indicasse a mudança da faixa de distância entre eles. Para melhorar a precisão utilizou-se a média aritmética dos valores recebidos em um curto período de tempo antes de sinalizar. Ao terminar a etapa de testes e viabilizar um encapsulamento inicial para a usabilidade dos protótipos, apresentou-se os dispositivos para serem avaliados pelos bombeiros. Nessa avaliação, os resgatistas aprovaram os protótipos e atestaram a importância de um equipamento como esse para precaução e complemento em suas atividades de resgate. A escolha das tecnologias para a pesquisa se mostrou adequada e satisfatória para o desenvolvimento dos protótipos, assim como para os testes e para as possibilidades de aperfeiçoamento, constatando que o objetivo da pesquisa foi alcançado. Os próximos passos constituem-se por incluir um display no dispositivo receptor, monitorar o nível da bateria e indicar ao usuário, incluir sensores como acelerômetro/giroscópio no dispositivo transmissor e estudar a possibilidade de melhorar a geolocalização aproximada através da determinação de posições trilaterais.

**Palavras-chave:** Bombeiros. Localização. Rádio. Distância.

## ABSTRACT

Rescuers regularly put their physical integrity at risk, and in some cases, they even die. In July 2021, two firefighters disappeared while putting out the fire at the Public Security Secretariat building in Porto Alegre. The lack of equipment and the difficulty of the sniffer dogs in finding the trail of bodies resulted in a delay in the search for the missing. In addition to mobilizing state resources for logistics, accommodation and food for professionals, the extensive duration of the searches also caused intense physical and emotional exhaustion to those involved. Therefore, the purpose of this research is to develop a device that assists in locating rescuers within collapsed structures, signaling the proximity to the missing firefighter through the received signal strength indicator (RSSI). For this, the research was divided into six stages: understanding and getting in contact with the context; study and choice of compatible technologies; development of prototypes; capacity and limitation tests; analysis of results; definition of the next steps. Two prototypes were made, called “receiver” and “transmitter”, using programmable control units connected to smart radios (LoRa modules). The transmitter periodically sends a radio signal to the receiver and, through this signal, the received signal strength indicator is obtained. The variation of this indicator is interpreted by the firmware and, with this, a range of distance between the two devices is inferred - representing the distance between the missing firefighter and the firefighter looking for him - signaled by visual and audible indicators (LED and buzzer) . The capacity and limitations testing stage was carried out in two scenarios: straight, horizontally and without obstacles (to initially observe the RSSI variation) and between floors of a building (to simulate the situation of the structure as an obstacle for the signal). In the first test, the RSSI value varied between -27 and -67 from 1 to 30 meters of distance, decreasing as the distance increased. In the second test, the RSSI value varied between -66 and -102 from 1 to 9 floors of distance, indicating that the inclusion of obstacles between the prototypes decreases the signal strength. From six floors away, the RSSI reached its negative limit near -100 and remained constant even as the distance increased. Based on these tests, it was concluded that it is possible to signal a range of distance between the two devices by the received signal strength indicator and that structures between the devices do not prevent transmission and reception of the signal, but significantly decrease the RSSI value, limiting the perception of greater distances. The

approximation and separation of the prototypes generated enough RSSI variation for the beacon to indicate the change in the range of distance between them. To improve precision, the arithmetic average of the values received in a short period of time was used before signaling. At the end of the testing stage and enabling an initial encapsulation for the prototypes usability, the devices were presented to be evaluated by the firefighters. In this evaluation, the rescuers approved the prototypes and attested to the importance of equipment like this for precaution and complement in their rescue activities. The choice of technologies for the research proved to be adequate and satisfactory for the development of the prototypes, as well as for the tests and for the possibilities of improvement, noting that the research objective was achieved. The next steps are: to include a display in the receiving device, monitor the battery level and indicate to the user, include sensors such as accelerometer/gyroscope in the transmitting device and study the possibility of improving the approximate geolocation through the determination of trilateral positions.

Keywords: Firefighters. Location. Radio. Distance.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Arduino Pro Mini	14
Figura 2: Módulo LoRa 915MHz SX1276 RFM95W	18
Figura 3: Bateria Nitecore RCR123A	19
Figura 4: Parte do EPI de combate a incêndios dos bombeiros.	20
Figura 5: Cronograma	21
Figura 6: Diagrama esquemático dos primeiros protótipos	23
Figura 7: Primeiro protótipo	23
Figura 8: Segundo protótipo visto de lado	24
Figura 9: Segundo protótipo visto de cima	24
Figura 10: Diagrama esquemático do terceiro protótipo	25
Figura 11: Terceiro protótipo visto de lado	26
Figura 12: Terceiro protótipo visto de cima	26
Figura 13: Diagrama de blocos simplificado do sistema	27
Figura 14: Inclusão das bibliotecas	29
Figura 15: Definição de constantes	29
Figura 16: Definição das variáveis globais	30
Figura 17: Função setup()	31
Figura 18: Função loop()	32
Figura 19: Inicialização do Timer 1	33
Figura 20: Rotina de tratamento de interrupção do Timer 1	33
Figura 21: Função do fator de distância	34
Figura 22: Encapsulamento de alumínio aberto	36
Figura 23: Encapsulamento de alumínio fechado	36
Figura 24: Encapsulamento de plástico aberto	37
Figura 25: Encapsulamento de plástico fechado	37
Figura 26: Valores de RSSI do primeiro teste em linha reta	39
Figura 27: Primeiro gráfico do teste em linha reta	40
Figura 28: Valores de RSSI do segundo teste em linha reta	41
Figura 29: Segundo gráfico do teste em linha reta	42
Figura 30: Intersecção entre os gráficos dos testes em linha reta	43
Figura 31: Valores de RSSI do primeiro teste no prédio	44
Figura 32: Primeiro gráfico do teste no prédio	44

Figura 33: Valores de RSSI do segundo teste no prédio	44
Figura 34: Segundo gráfico do teste no prédio	45
Figura 35: Intersecção entre os gráficos dos testes no prédio	45

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1 Justificativa	11
1.2 Problema	13
1.3 Objetivo	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>14</b>
2.1 Arduino Pro Mini	14
2.2 Arduino IDE	15
2.3 SPI	16
2.4 Radiofrequência	16
2.5 RSSI	17
2.6 LoRa	17
2.7 Módulo LoRa 915MHz SX1276 RFM95W	18
2.8 Bateria Nitecore RCR123A	19
2.9 EPI	20
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>21</b>
3.1 Aproximação com o contexto	21
3.1.1 Orientações iniciais para o desenvolvimento do projeto	22
3.2 Desenvolvimento dos protótipos	22
3.2.1 Desenvolvimento do firmware	27
3.2.2 Custos para desenvolver os protótipos	34
3.2.3 Encapsulamentos	35
3.3 Testes de capacidade e limitações	38
3.3.1 Testes em linha reta	38
3.3.2 Testes no prédio	43
3.3.3 Teste da durabilidade da bateria	46
3.4 Verificação de solução similar	46
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>47</b>
4.1 Resultados dos testes dos protótipos	47
4.2 Apresentação para os bombeiros	48
4.3 Definição dos próximos passos	48
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>53</b>
ANEXO A - Firmware utilizado no projeto	54
ANEXO B - Registros iniciais e finais do teste da durabilidade da bateria	58
ANEXO C - E-mails enviados pelos bombeiros sobre a pesquisa	60

## **1 INTRODUÇÃO**

O propósito desta pesquisa é desenvolver um dispositivo que ajude a encontrar bombeiros que ficaram presos ou perdidos dentro de uma estrutura enquanto atendiam a um chamado, como aconteceu no caso do incêndio do prédio da Secretaria de Segurança Pública (SSP) em julho de 2021, na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Este relatório de pesquisa está dividido em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Análise de Resultados e Conclusão. Durante a Introdução, são citados autores que descrevem a profissão de bombeiro e os conflitos presentes na realização do serviço. Também é retratado o acidente do prédio da SSP, que vitimou fatalmente dois bombeiros, com informações concedidas em conversas com bombeiros militares que atuaram nessa ocorrência. Em seguida, são formulados problema e objetivo da pesquisa. Na Revisão Bibliográfica, explicam-se as características das tecnologias e processos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, assim como o motivo da escolha desses. A Metodologia explica como a pesquisa foi dividida e desenvolvida, incluindo a aproximação com o contexto do projeto, o desenvolvimento dos protótipos, a descrição dos testes realizados, o cronograma das atividades executadas e a análise de uma solução similar à proposta. As informações coletadas durante os testes são averiguadas e qualificadas na Análise dos Resultados e os protótipos são levados à sede do 2º Batalhão de Bombeiros Militar para que os profissionais possam avaliá-los. Por fim, com base nos capítulos anteriores, os próximos passos para a pesquisa são definidos e os resultados alcançados, assim como as considerações finais, são dispostos na Conclusão.

### **1.1 Justificativa**

Socorristas resgatistas são profissionais encarregados de resgatar e prestar o primeiro atendimento a vítimas de emergência ou urgência, zelando pela segurança e pela proteção da população. Bombeiros militares, por exemplo, são responsáveis pela prevenção e extinção de incêndios; busca e salvamento; perícias de incêndio; prestação de socorros nos casos de inundações, desabamentos ou catástrofes, sempre que haja ameaça de destruição de haveres, vítima ou pessoa em iminente

perigo de vida (SOUZA; VELLOSO; OLIVIERA, 2012). Apesar de treinamentos e cursos de aperfeiçoamento, esses profissionais ficam constantemente expostos a situações perigosas. Ao atender ocorrências, bombeiros colocam sua integridade física em risco, podendo sofrer lesões e, em alguns casos, ir a óbito.

Além dos elevados riscos físicos, bombeiros também experienciam situações de muito estresse e desgaste emocional durante o serviço. Souza, Velloso e Oliveira afirmam que:

Para realizar as funções com eficiência e eficácia, a instituição dos bombeiros militares no Brasil adota modelos organizacionais rigorosos, que podem como consequência afetar as condições de saúde dos profissionais em serviço, principalmente pela sobrecarga exigida por longas jornadas de trabalho e equipes desfalcadas (SOUZA; VELLOSO; OLIVIERA, p. 3, 2012).

Junto das longas jornadas de trabalho e equipes desfalcadas, socorristas resgatistas constantemente ficam em contato com a morte. Em algumas ocasiões, não é possível fazer o resgate das vítimas de um acidente ainda com vida, restando aos bombeiros a tarefa de remover os corpos.

Os profissionais precisam lidar não só com a morte de desconhecidos, mas também com ocasiões nas quais os próprios socorristas resgatistas acabam perecendo durante uma ocorrência. Segundo Andrade e Barros (2020), “Os resultados obtidos do cálculo da Tábua de Mortalidade dos militares do CBMDF mostram que um bombeiro da Corporação vive menos em comparação com a população brasileira e do Distrito Federal”.

Quando esses fatores emocionais afetam os indivíduos, podem surgir problemas físicos, psicológicos e sociais, capazes de conduzir as pessoas que prestam serviços ao desgaste emocional e físico (MASLACH e LEITER apud CARDOSO, 2004, p. 9).

Em julho de 2021, o prédio da Secretaria de Segurança Pública, em Porto Alegre, sofreu um incêndio e parte da estrutura desabou, deixando desaparecidos dois bombeiros que faziam o combate às chamas.

Durante a busca pelos desaparecidos, os resgatistas dependiam majoritariamente da ajuda de cães farejadores, que são comumente empregados nesse tipo de ocorrência. Porém, por conta do calor, as buscas demoraram cerca de um dia para iniciar, possibilitando o surgimento de bolsões de fardo, que são caracterizados por paredes e vigas compartimentando os escombros em seções.

Essas galerias e corredores fazem o cheiro dos corpos variar de direção em função do vento e dos espaços alterados, atrapalhando o trabalho dos cães e dos socorristas resgatistas.

Dessa forma, a falta de equipamentos e a dificuldade dos cães farejadores em encontrar o rastro dos corpos resultaram no retardamento das buscas. Além da mobilização de recursos do estado para logística, hospedagem e alimentação dos quase cem profissionais durante sete dias, a extensa duração da procura também culminou em mais uma situação de intenso desgaste físico e emocional aos bombeiros e aos outros envolvidos. Os corpos dos dois bombeiros desaparecidos só foram encontrados após sete dias de busca, soterrados sob aproximadamente oito metros de escombros.

Em depoimento público na Assembleia Legislativa, Kátia de Mesquita Munhóz, viúva de um dos bombeiros mortos, disse:

“Essa tragédia só veio pra afirmar muita coisa que é a falta de estrutura, de equipamentos, isso ficou muito mais claro. Eu particularmente fiquei quatro dias acampadas, eu e minha filha, na SSP, pra que a gente pudesse acompanhar as buscas. A gente percebeu a total falta de estrutura” (VIÚVAS..., 2021).

Conforme contam alguns bombeiros que atuaram nessa busca, se houvesse algum dispositivo ou equipamento em qualquer parte do estado do Rio Grande do Sul capaz de ajudar, ele teria sido solicitado e possivelmente iria para Porto Alegre para assistir a procura dos desaparecidos. Não foi feita nenhuma solicitação porque não havia nada disponível para auxiliar os socorristas resgatistas nessa ocasião.

## **1.2 Problema**

Como desenvolver um dispositivo que auxilie na localização de bombeiros desaparecidos dentro de estruturas colapsadas?

## **1.3 Objetivo**

Desenvolver um dispositivo que sinalize a proximidade com o bombeiro desaparecido por meio do indicador de intensidade de sinal recebido (RSSI).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão descritos os processos e as tecnologias utilizados que viabilizaram o desenvolvimento da pesquisa, assim como suas características e o motivo da escolha desses.

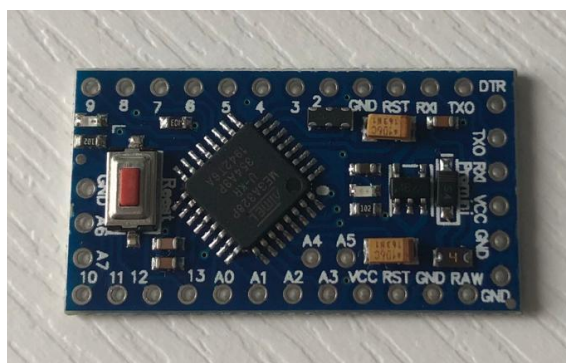
### 2.1 Arduino Pro Mini

O Arduino Pro Mini (figura 1) é um microcontrolador programável do fabricante Atmel baseado no circuito integrado ATmega328P. Possui 32 *KBytes* de memória *flash*, 8MHz de clock, 14 saídas/entradas digitais e 6 entradas analógicas. McRoberts explica Arduino da seguinte forma:

Um Arduino é um computador minúsculo que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos que conectar a ele. O Arduino é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada. (MCROBERTS, 2015, p. 21)

As placas Arduino são desenvolvidas no conceito de código aberto e hardware livre (do inglês *open-source hardware*), que significa que desenvolvedores, estudantes e hobbistas podem utilizar e modificar livremente as placas e também programá-las no Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) disponibilizado gratuitamente pela plataforma. Junto disso, as placas físicas têm preços mais acessíveis quando comparadas a outros microcontroladores no mercado, como o STM e o Raspberry.

**Figura 1: Arduino Pro Mini**



Fonte: a autora (2022).

Além das funcionalidades básicas de desenvolvimento e programação do Arduino, é possível integrar sensores, *shields* e módulos para incorporar novas funções. Segundo McRoberts:

O Arduino pode ser conectado a *LEDs*, displays de matriz de pinos, botões, interruptores, motores, sensores de temperatura, sensores de pressão, sensores de distância, receptores *GPS*, módulos *Ethernet* e *Wifi* ou a qualquer outro dispositivo que emita dados ou possa ser controlado (MCROBERTS, 2015, p. 22).

O modelo Pro Mini foi escolhido por não haver a necessidade de alta capacidade de memória e processamento de código e por ter dimensões reduzidas (33 x 18 x 6 milímetros). Dessa forma, possibilita a construção de protótipos mais baratos e miniaturizados que poderiam ser manipulados facilmente e carregados na roupa, não interferindo na mobilidade do usuário.

## 2.2 Arduino IDE

O Arduino IDE é um ambiente de desenvolvimento integrado (do inglês: *Integrated Development Environment*), ou seja, é uma aplicação que combina várias ferramentas de desenvolvimento de *firmware* em uma só interface gráfica, facilitando a programação do *firmware* que será enviado para a placa Arduino. Conforme McRoberts:

Para programar o Arduino (fazer com que ele faça o que você deseja), você utiliza o IDE dele, que é um software livre que lhe permite programar na linguagem que ele entende. No caso do Arduino, a linguagem é baseada em C/C++ e pode até ser estendida por meio de bibliotecas C++. O IDE permite que você escreva um programa de computador, que é um conjunto de instruções passo a passo do qual você, então, deverá fazer o upload para o Arduino. A seguir, seu Arduino executará essas instruções e interagirá com o que quer que você tenha conectado a ele.

Além da interface dinâmica para programar, o Arduino IDE também oferece funções de destaque e correção de erros de código e sintaxe, inclusão de bibliotecas internas e externas à plataforma e um monitor serial, que serve para observar a comunicação entre o *firmware* e o *hardware*.



## 2.3 SPI

SPI ou *Serial Peripheral Interface* é um protocolo de comunicação serial síncrona de dados. É uma das interfaces de comunicação de curta distância mais utilizadas entre microcontroladores e circuitos integrados periféricos, como sensores, módulos, conversores digital-analógico e analógico-digital e registradores de deslocamento. A SPI tem uma conexão *full-duplex*, que significa que os dados são enviados e recebidos simultaneamente pelos dispositivos conectados. Dessa forma, a SPI é responsável por interligar o microcontrolador aos periféricos utilizando a arquitetura *master-slave* através da comunicação serial.

## 2.4 Radiofrequência

A Radiofrequência (RF) é uma das formas de transmissão e recepção de informações sem fio mais utilizadas no mundo. Os dados transmitidos por rádios são enviados por ondas eletromagnéticas que se propagam no ar, em uma frequência entre 8,3 KHz e 3000 GHz. Sobre Radiofrequência, Behrens afirma:

O termo rádio frequência faz referência à propagação de sinais elétricos através do espaço. Esta propagação é iniciada através da aplicação de uma corrente elétrica em uma antena condutora que gera em torno de si um campo magnético que permite a transmissão dos sinais elétricos. Este campo magnético é bastante conhecido como ondas de rádios. Os principais aspectos a serem considerados na utilização da rádio frequência para transmissão de dados são: velocidade da transmissão, distância alcançada e confiabilidade da transmissão. A velocidade de transmissão (frequências altas) é inversamente proporcional à distância alcançada (tamanho da propagação da onda) e confiabilidade do sistema (BEHRENS, 2000, p.27).

Como o espectro de faixas de frequências disponíveis é um recurso limitado e um bem comum, a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) regulamenta e fiscaliza a atribuição, destinação e distribuição de faixas de frequências no Brasil, evitando interferências.

Atualmente, a radiofrequência tem aplicações na medicina, no audiovisual, na meteorologia, na navegação, na aeronáutica e em sistemas de automação residencial, comercial e industrial.

## 2.5 RSSI

Uma forma de medir a distância entre dois ou mais dispositivos eletrônicos que se comunicam via sinal de rádio é através do RSSI (do inglês: *Received Signal Strength Indicator* ou Indicador da Intensidade de Sinal Recebido).

As medições RSSI representam a qualidade de um sinal de rádio recebido por um dispositivo. O RSSI indica o nível de potência recebido após qualquer perda possível a nível de circuito, cabos, antenas e obstáculos externos, que podem causar reflexão, difração e dispersão do sinal. Quanto maior o valor RSSI, maior é a intensidade do sinal, que também pode ser medida em dBm. Quando medido em números negativos, o valor do RSSI que está mais perto de zero representa um sinal melhor. Por exemplo: -40 é um bom sinal, -70 é razoável e -100 é um sinal péssimo, quase inexistente. Apesar do RSSI e do dBm serem diferentes unidades de medida, ambos indicam a intensidade do sinal. Enquanto o dBm é um índice absoluto que apresenta o nível de potência em mW, o RSSI é relativo. Jabour e Jabour analisam RSSI desta forma:

O valor do RSSI representa qual a força do sinal transmitido por um determinado ponto de acesso (AP), ou seja, essa técnica de medição se baseia no fato de que o sinal perde força à medida que se propaga. Quanto mais próximo do ponto de acesso, melhor será a intensidade do sinal e menos negativo será o valor em decibéis. Este valor é uma indicação relativa de medição, por isso as leituras podem variar dependendo do dispositivo utilizado (JABOUR; JABOUR. 2015, p. 5)

Portanto, por meio dessa grandeza, é possível inferir uma distância relativa entre dois dispositivos, já que é possível verificar continuamente a variação da intensidade do sinal recebido por um dispositivo em função do afastamento ou aproximação com o outro.

## 2.6 LoRa

LoRa (do inglês: *Long Range* ou Longo Alcance) é uma tecnologia recente de radiofrequência que permite comunicações a longas distâncias entre dispositivos eletrônicos com consumo mínimo de energia. Suas principais aplicações são sistemas de IoT (do inglês: *Internet of Things* ou Internet das Coisas) como sensores e monitores remotos de baixo custo e de mensagens curtas (telemetria de dados

como pressão, temperatura, etc.), sobretudo aqueles operados a bateria e, em alguns casos, instalados em locais de difícil acesso.

Essa tecnologia foi desenvolvida em 2010, pela Cycleo e foi adquirida pela Semtech em 2012, que é, atualmente, a principal fabricante de circuitos integrados que utilizam LoRa. A Semtech, juntamente com IBM, Cisco, HP, entre outras companhias, constituíram a “LoRa Alliance”, uma organização aberta e sem fins lucrativos que visa manter e evoluir as especificações, bem como dar suporte e promover amplamente o uso dessa tecnologia em novas aplicações.

LoRa opera nas faixas de frequência ISM (*Industrial Scientific and Medical* ou banda industrial, científica e médica) e não requer licenças específicas para utilização no Brasil, enquanto que bandas celular, por exemplo, operam em frequências licenciadas, então há a necessidade de pagar para o fabricante para poder utilizá-las. LoRa também emprega a modulação *Chirp Spread Spectrum* (CSS), que protege de interferências de outros sinais de rádio e é amplamente utilizada na indústria de radares marítimos e de aviação.

## 2.7 Módulo LoRa 915MHz SX1276 RFM95W

O Módulo LoRa 915mhz SX1276 RFM95W (figura 2) montado pela HOPERF tem como base o circuito integrado transceptor SX1276 da Semtech. Ele opera na frequência de 915MHz, que faz parte da banda ISM.

**Figura 2: Módulo LoRa 915MHz SX1276 RFM95W**



Fonte: a autora (2022).

Diferentemente de módulos Wi-fi ou Bluetooth, um módulo LoRa oferece baixo custo de hardware e firmware e é ideal para aplicações com transmissão e recepção de mensagens curtas de longo alcance e baixo consumo de corrente elétrica, além de fácil integração com microcontroladores padrão de mercado, como ATMEL e ST.

Segundo o site em inglês da HOPERF, entre as principais aplicações para o módulo estão: leitura de medidores automatizada, automação residencial e industrial, sistemas de alarme e segurança, controle e monitoramento remoto de sensores e sistemas de irrigação de longo alcance.

## 2.8 Bateria Nitecore RCR123A

A bateria Nitecore RCR123A (figura 3) de íons de lítio é uma pilha recarregável de alta performance e tensão de 3,7V. A capacidade é de 650mAh e a quantidade de ciclos de carga estimados é de 500 ciclos. Possui conectores SS niquelados em ambas as extremidades, oferecendo maior resistência a impacto e à oxidação, além de um revestimento de filme metálico durável que protege contra abrasões e outros tipos de danos externos.

**Figura 3: Bateria Nitecore RCR123A**



Fonte: a autora (2022).

De acordo com o fabricante, o ânodo da célula foi projetado para resistir a altas temperaturas, enquanto uma barreira microporosa dentro da bateria protege os componentes internos. A RCR123A ainda possui uma válvula de alívio de pressão

que é ativada caso sofra um rápido aumento de temperatura, tornando a bateria uma boa opção para alimentar um dispositivo desenvolvido para bombeiros.

## 2.9 EPI

Equipamentos de proteção individual (EPIs) são fundamentais para profissões que podem oferecer risco à saúde e integridade dos funcionários. Dobrovolski, Witkowski e Atamanczuk (2008, p. 3) destacam: “Segundo a NR6 considera-se EPI todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho”.

Os bombeiros militares possuem vários materiais e EPIs (figura 4) para segurança e prevenção, como fardamento adequado, capacete e óculos de proteção, botas especiais e luvas. Dependendo do atendimento necessário, são empregados diferentes tipos de EPI.

**Figura 4: Parte do EPI de combate a incêndios dos bombeiros.**



Fonte: a autora (2022).

O conjunto de calça e casaco para combate a incêndio tem isolamento térmico interno e faixa refletiva anti chammas, além de vários bolsos disponíveis para guardar diferentes objetos ou itens pessoais que os bombeiros acharem necessário carregar para atender a ocorrência.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo, são detalhados os procedimentos adotados durante a execução da pesquisa e as etapas essenciais para sua realização. O desenvolvimento foi dividido em seis etapas distintas: entendimento e aproximação com o contexto; estudo e escolha das tecnologias compatíveis; desenvolvimento dos protótipos; testes de capacidade e limitações; análise dos resultados; definição dos próximos passos.

A pesquisa teve início em 15 de março de 2022 e a previsão das últimas mudanças, melhorias e adaptações dos protótipos, que encerrarão a pesquisa, é em 21 de outubro de 2022. A figura 5 ilustra o cronograma da pesquisa.

**Figura 5: Cronograma**

Atividades	mar./22	abr./22	maio/22	jun./22	jul./22	ago./22	set./22	out./22
Conversas informais com bombeiros	X	X						
Visita ao corpo de bombeiros		X						
Análise das tecnologias disponíveis		X	X	X				
Aquisição do material necessário			X	X	X			
Montagem do hardware				X	X	X	X	
Desenvolvimento do firmware					X	X	X	
Testes							X	X
Análise dos resultados							X	X
Construção do encapsulamento de alumínio								X
Aquisição do encapsulamento de plástico								X
Avaliação dos bombeiros								X

Fonte: a autora (2022).

Como o objetivo da pesquisa está diretamente relacionado à materialização de um protótipo, classifica-se como pesquisa tecnológica voltada à inovação ou aperfeiçoamento de soluções já existentes. Conforme os procedimentos técnicos de simular situações em testes objetivos e analisar os resultados de testes feitos utilizando os protótipos desenvolvidos, a pesquisa é de caráter experimental, de acordo com Fracassi (2013).

#### 3.1 Aproximação com o contexto

A primeira etapa da pesquisa, após a manifestação do interesse em desenvolver um dispositivo para ajudar profissionais socorristas resgatistas, foi estudar e conhecer melhor o contexto. Inicialmente, procurou-se notícias sobre o

incêndio do prédio da SSP em Porto Alegre, que foi o ponto de partida e a principal motivação para o começo da pesquisa. Junto disso, buscaram-se informações sobre a organização, os protocolos e os equipamentos dos bombeiros no Manual Operacional de Bombeiros sobre Salvamento Terrestre elaborado pelo Corpo de Bombeiros Militar do estado de Goiás, que é referência no Brasil.

Posteriormente, entrou-se em contato com bombeiros do 2º Batalhão de Bombeiros Militar, que prontamente demonstraram interesse em ajudar na pesquisa, para conversar sobre a profissão, os desafios e também para conhecer os equipamentos e a dinâmica de trabalho. Na última semana do mês de abril, a convite dos bombeiros, visitou-se o Corpo de Bombeiros da cidade de São Leopoldo, sede do 2º Batalhão.

### **3.1.1 Orientações iniciais para o desenvolvimento do projeto**

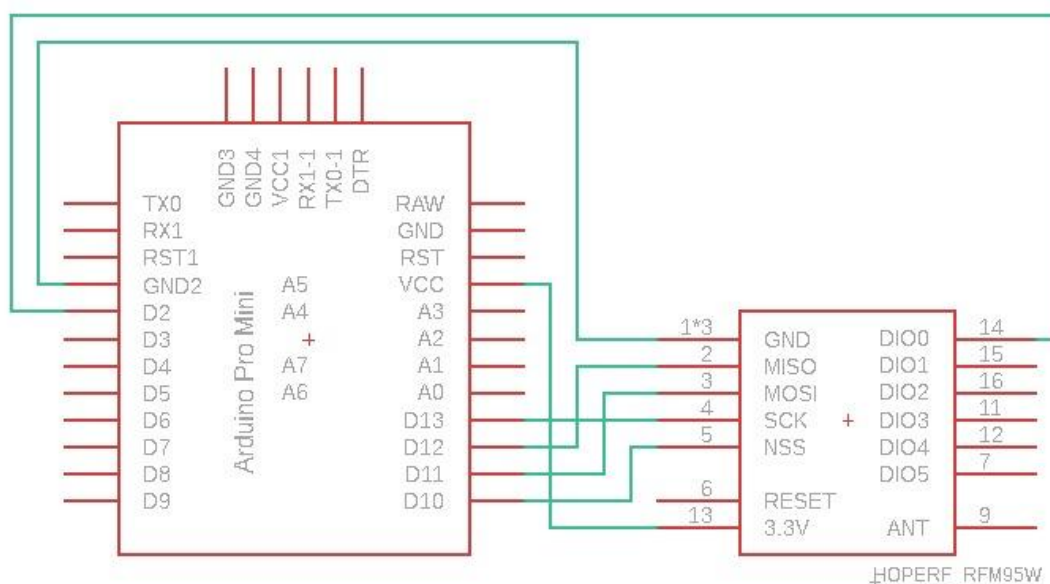
Após conversar com os bombeiros e conhecer os equipamentos que eles utilizam para atender aos chamados, definiu-se três critérios iniciais para a construção do projeto.

1. Ser o mais próximo possível de intrinsecamente seguro. Ou seja, ser minimamente resistente a respingos d'água, impactos, gases, calor e explosões.
2. Ser portátil. O dispositivo não pode ser pesado ou muito grande. Não pode atrapalhar na mobilidade ou na locomoção dos bombeiros e nem necessitar manuseio complexo.
3. Ficar operando por um tempo considerável. Se o dispositivo só consegue permanecer ligado por alguns minutos, não é de grande ajuda em uma busca de verdade.

### **3.2 Desenvolvimento dos protótipos**

Foi confeccionado um primeiro protótipo utilizando o Arduino Pro Mini conectado ao módulo LoRa, conforme o diagrama esquemático abaixo:

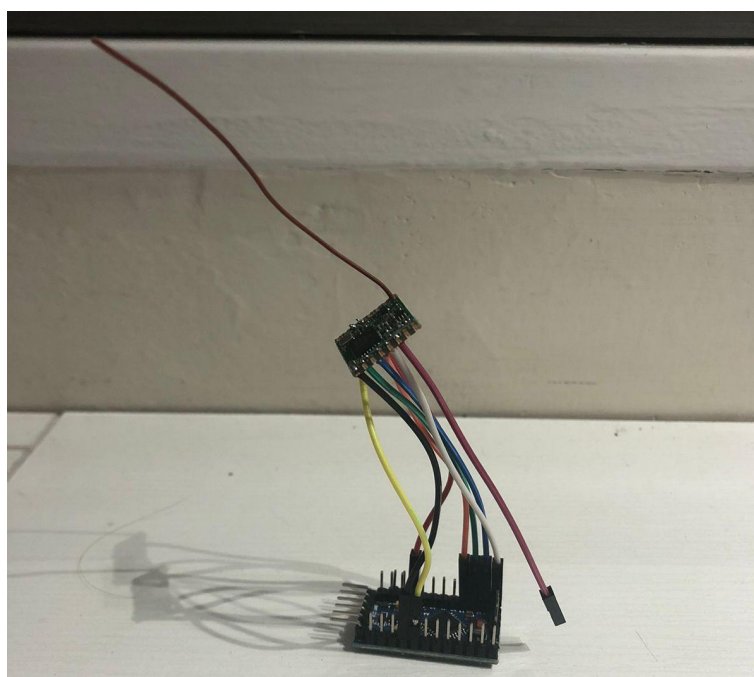
**Figura 6: Diagrama esquemático dos primeiros protótipos**



Fonte: a autora (2022).

Depois de soldar os conectores na placa do arduino, conectou-se com *jumpers* os pinos de GND e VCC e os pinos de comunicação SPI do módulo LoRa ao Arduino. Para a antena do módulo Lora, foi soldado um *jumper* no sentido oposto ao Arduino. A figura 7 ilustra o primeiro protótipo.

**Figura 7: Primeiro protótipo**

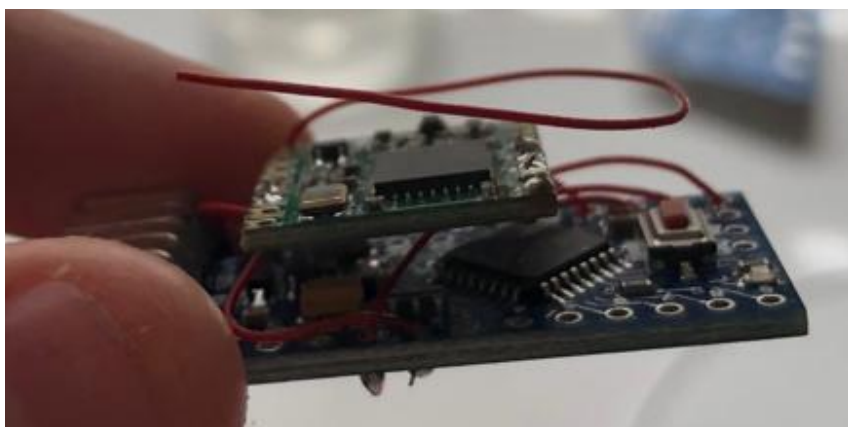


Fonte: a autora (2022).



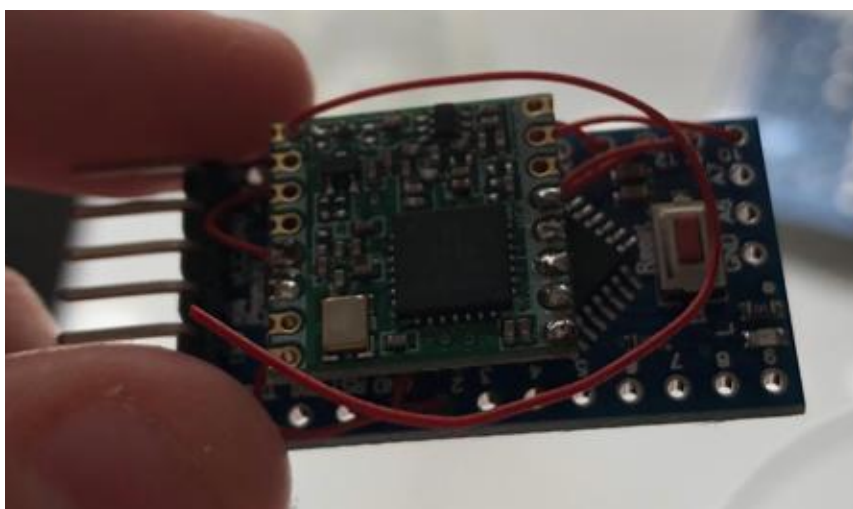
Para poder realizar os testes de transmissão e recepção do sinal e analisar a variação do RSSI, foi confeccionado um segundo protótipo (figura 8 e 9), com o mesmo diagrama esquemático do primeiro. Dessa vez, utilizou-se *jumpers* menores para que o módulo ficasse rente ao Arduino e não foi soldado um *jumper* no pino de reset do módulo.

**Figura 8: Segundo protótipo visto de lado**



Fonte: a autora (2022).

**Figura 9: Segundo protótipo visto de cima**



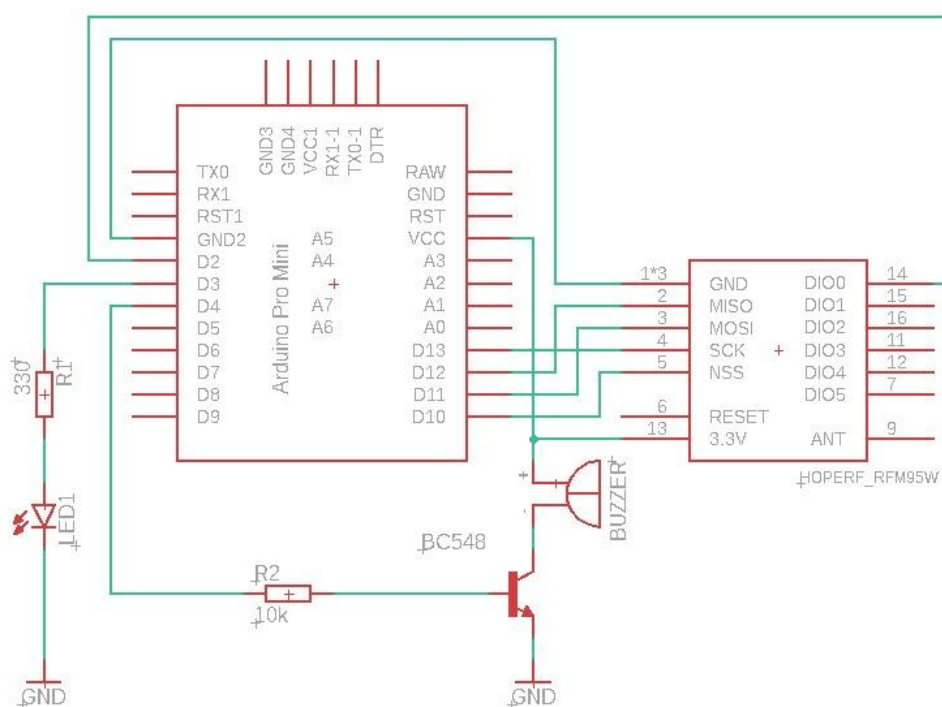
Fonte: a autora (2022).

Um dos protótipos recebe o nome transmissor e o outro recebe o nome de receptor. O bombeiro que vai atender a um chamado leva consigo o transmissor, e caso fique desaparecido, a equipe de busca utiliza o receptor para encontrá-lo. O

transmissor envia um sinal de rádio periodicamente ao receptor e, através desse sinal, é obtido o indicador de intensidade de sinal recebido. A variação desse indicador é interpretada pelo *firmware* e, com isso, infere-se uma faixa de distância entre os dois dispositivos - representando a distância entre o bombeiro desaparecido e o bombeiro que o procura - sinalizada no receptor por indicadores visual e sonoro (LED e buzzer).

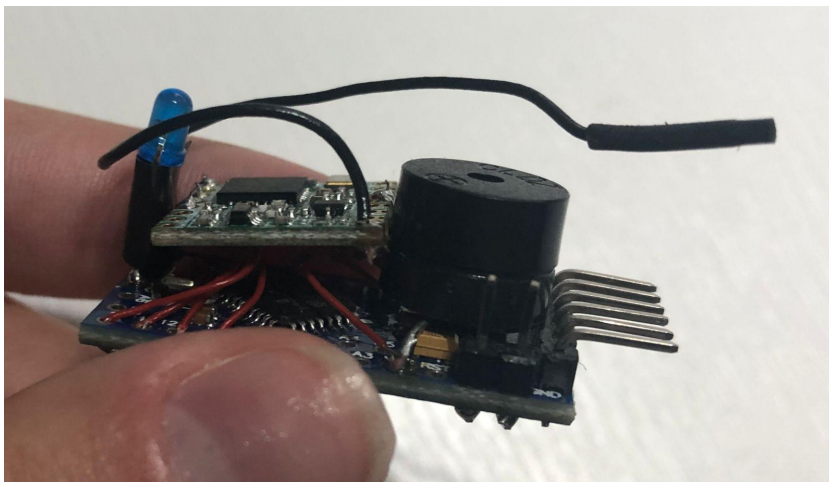
Os testes descritos no próximo capítulo foram realizados utilizando o primeiro e o segundo protótipo, ainda sem nenhuma forma de sinalização. Posteriormente, foi confeccionado o terceiro protótipo (figuras 10, 11 e 12), de forma semelhante ao segundo, no qual o LED e o *buzzer* foram conectados.

**Figura 10: Diagrama esquemático do terceiro protótipo**



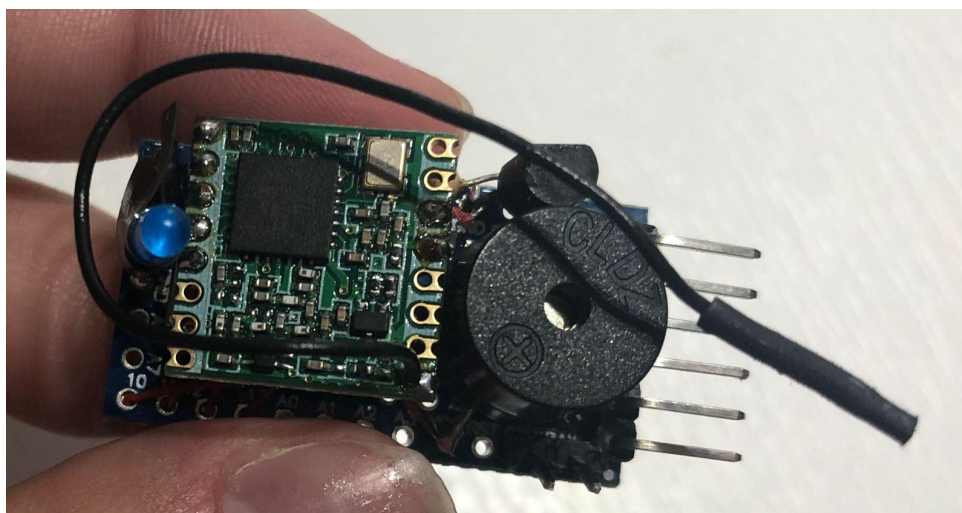
Fonte: a autora (2022).

**Figura 11: Terceiro protótipo visto de lado**



Fonte: a autora (2022).

**Figura 12: Terceiro protótipo visto de cima**



Fonte: a autora (2022).

Depois dos testes, o primeiro protótipo não foi mais utilizado, porque ele ocupava muito espaço e não caberia em uma primeira versão de encapsulamento, além de ser desajeitado para manipular.

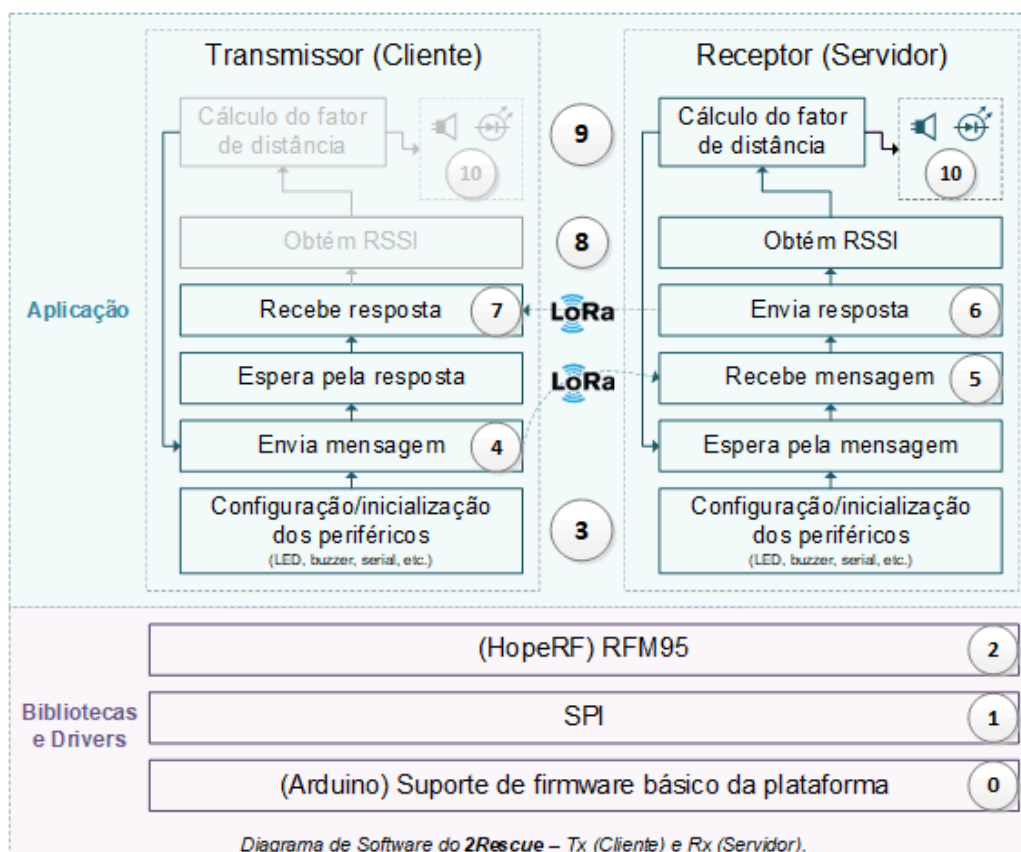
Como o Arduino Pro Mini não possui entrada USB, para colocar o código nos protótipos utilizou-se um conversor USB Serial.

### 3.2.1 Desenvolvimento do *firmware*

Para o desenvolvimento do código usado no projeto, foi utilizado o aplicativo Arduino IDE. O *firmware* do receptor e do transmissor são quase idênticos, com exceção do cálculo do fator de distância que é responsável por acionar o *buzzer* e o LED, que é apenas comentado no transmissor. Uma vez que só o terceiro protótipo possui o circuito de sinalização, somente ele foi carregado com o *firmware* do receptor. O transmissor não possui sinalização, pois o propósito dele é ficar em operação pela maior quantidade de tempo possível, e acionar a sinalização consumiria mais energia.

O *firmware* do projeto pode ser dividido em dois grandes blocos: o da plataforma (que inclui drivers, bibliotecas e demais dependências de mais baixo nível) e o da aplicação (que estabelece e implementa as lógicas de negócio e da solução proposta). A Figura 13 ilustra um diagrama de blocos simplificado do sistema por organização de camadas.

**Figura 13: Diagrama de blocos simplificado do sistema**



Fonte: a autora (2022).

Nas camadas de mais baixo nível, foram utilizadas as seguintes bibliotecas e dependências:

[0]: Responsável por fornecer suporte básico de *firmware* para a plataforma Arduino, como por exemplo, a inicialização do microcontrolador, macros, GPIOs, “stdlib”, entre outras.

[1]: Biblioteca do canal de comunicação SPI. Abstrai detalhes da implementação física e lógica dos protocolos desta interface e provê métodos de mais alto nível para estabelecer o modelo de comunicação *master-slave* entre dispositivos conectados via barramento SPI.

[2]: Driver do módulo LoRa RFM95. De forma semelhante, abstrai a complexidade de implementação do stack LoRa e provê métodos de mais alto nível como “send()” e “receive()” para transmitir e receber mensagens, respectivamente, entre dispositivos conectados via LoRa.

No bloco da Aplicação, encontram-se as lógicas principais que concebem a solução do sistema. Dentre as principais camadas, destacam-se:

[3]: Configuração e inicialização dos periféricos utilizados no sistema: LED, buzzer, interface serial, timers, etc.

[4]: Nesta camada, o módulo Transmissor (Tx) envia uma mensagem (ex.: “ID1”) para o módulo Receptor (Rx).

[5]: O módulo Rx, por sua vez, recebe a mensagem enviada pelo Tx.

[6]: Então, Rx retorna uma mensagem de confirmação ao Tx (também conhecida como acknowledgement).

[7]: Tx recebe a confirmação da mensagem enviada.

[8]: Em seguida, o módulo Rx realiza a leitura do RSSI.

[9]: Prontamente, Rx calcula um fator de distância em função da intensidade do sinal recebido.\*

[10]: Por fim, Rx sinaliza no LED e buzzer a proximidade com o Tx.\*

\*Opcionalmente, estas etapas também podem ser executadas pelo módulo Tx.

Durante os estudos e investigações para o desenvolvimento do *firmware* do projeto, identificou-se que o Arduino já possuía uma biblioteca para realizar comunicações via interfaces SPI e, para fins de abstração e aceleração do desenvolvimento do projeto, optou-se por utilizar essa biblioteca. De forma semelhante, o módulo LoRa RFM95W também já possuía uma biblioteca para

estabelecer a interface com o transceiver do rádio, disponibilizada pelo próprio fabricante do módulo.

O *firmware* do 2Rescue inicia a partir da inclusão das bibliotecas (figura 14) de comunicação SPI e do Driver para o módulo LoRa, que são dependências necessárias para o projeto.

**Figura 14: Inclusão das bibliotecas**

```
#include <SPI.h>           // Canal de comunicação SPI.
#include <RH_RF95.h>       // Driver para o módulo LoRa.
```

Fonte: a autora (2022).

A seguir, definem-se os pinos e I/O (entrada/saída) e demais constantes adotadas no projeto (figura 15).

**Figura 15: Definição de constantes**

```
#define LED_PIN            2 // Pino de controle do LED.
#define BUZZER_PIN        3 // Pino de controle do buzzer.
#define DIST_FACTOR_RSSI_MAX 10 // Indica um fator de distância
                                // entre Tx e Rx: quanto menor
                                // o valor, mais próximo ambos
                                // se encontram.
```

Fonte: a autora (2022).

Em seguida, na seção de variáveis globais, são declaradas as seguintes instâncias de variáveis (figura 16).

**Figura 16: Definição das variáveis globais**

```
// Variável de controle do rádio LoRa
// (instância da classe RH_RF95).
RH_RF95 rf95;

// Fator de distância/proximidade do Tx com o Rx.
uint8_t gDistFactorRssi = DIST_FACTOR_RSSI_MAX;

// Controlador(es) para piscar o LED/"bipar" o buzzer de
// acordo com a proximidade do Tx com o Rx.
uint8_t gLedOnCount = 0;
uint8_t gLedOffCount = 1;

// Controlador(es) de timeout em caso de ausência
// de comunicação (ou Tx desconectado/desligado).
int8_t gTimeoutNoCommBase250ms = 0;
```

Fonte: a autora (2022).

A função *setup()*, executada apenas uma vez quando o microcontrolador é alimentado ou quando um reset é acionado, inicializa as variáveis, estruturas globais (principalmente as configurações do módulo LoRa), e periféricos (ex.: serial, timers) utilizados no sistema. O trecho de código a seguir descreve as instruções executadas por essa função:

**Figura 17: Função *setup()***

```

void setup()
{
    // Configura e inicializa o LED e o buzzer de status/proximidade (entre Tx e o Rx).
    pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);

    // Configura e inicializa a serial (115200, 8, n, 1)
    // para mensagens de teste e depuração do sistema no console.
    Serial.begin(115200);

    // Apresenta o nome do projeto e a versão no console.
    Serial.println("2Rescue - Sistema de apoio para localizar resgatistas em estruturas colapsadas");
    Serial.println("v1.0");
    Serial.println("Modo Receptor (Rx)");

    // Inicializa o rádio LoRa na frequência pré-estabelecida.
    if (rf95.init()) // Se sucesso na inicialização do módulo LoRa,
    {
        rf95.setFrequency(915); // Configura a frequência pré-determinada.
        Serial.println("Módulo LoRa inicializado com sucesso");
    }
    else // Em caso de alguma falha no módulo LoRa,
    {
        // Apresenta uma mensagem de erro no console e coloca o sistema em 'halt'.
        Serial.println("Falha na inicialização do módulo LoRa. Verifique as conexões e a alimentação do sistema");
        Serial.println("Sistema encerrado");
        while (1); // Permanece em um laço infinito impedindo a continuação do sistema -
        // Se o rádio não estiver funcionando, não há razão para continuar.
    }

    // Configura o Timer 1 para uso geral (sinalização LED/Buzzer, contadores de tempo, etc.).
    timer1Init();
}

```

Fonte: a autora (2022).

O laço infinito do *main()*, implementado pela função *loop()* é executado periodicamente durante todo o ciclo de vida do sistema, ela processa a recepção de mensagens do transmissor e envia uma resposta de retorno (acknowledgement) para o outro. Realiza a leitura do RSSI e calcula um fator de distância, além de verificar o timeout de comunicação. O trecho de código a seguir detalha as respectivas instruções:



**Figura 18: Função *loop()***

```

void loop()
{
    if (rf95.available())          // Se o módulo estiver operando e se ocorreu alguma comunicação
                                   // por parte de algum módulo Tx,
    {
        uint8_t buf[RH_RF95_MAX_MESSAGE_LEN]; // Declara um bufer para receber uma mensagem do Tx.
        uint8_t len = sizeof(buf);

        if (rf95.recv(buf, &len)) // Verifica se recebeu alguma mensagem e, em caso afirmativo,
                                   // insere o conteúdo em 'buf' e obtém o tamanho do mesmo em 'len'.
        {
            gTimeoutNoCommBase250ms = 20; // Renova o controlador de timeout em caso de ausência
                                           // de comunicação, ex.: 20 * 250ms = 5s

            // A classe RF95 provê também a informação do nível RSSI. Neste ponto, ele pode ser lido e utilizado
            // para computar um fator de distância entre os 2 rádios.
            // A frequência do sinalizador sonoro/visual será calculada em função de uma distância estimada
            // entre Tx e Rx.
            int lastRssi = rf95.lastRssi();
            gDistFactorRssi = computeDistFactorRssi(lastRssi);
            Serial.print("RSSI: ");
            Serial.println(lastRssi, DEC);

            // Imprime a mensagem recebida do Tx no console.
            Serial.print("Mensagem recebida: ");
            Serial.println((char*)buf);

            // Envia uma mensagem de retorno para o Tx, apenas para fins de teste.
            uint8_t msg[] = "Mensagem confirmada"; // Declara um buffer e preenche com o conteúdo a ser enviado.
            rf95.send(msg, sizeof(msg));           // Envia a mensagem.
            rf95.waitPacketSent();                  // Aguarda até que a mensagem seja enviada.
            Serial.println("Mensagem de retorno para o Tx enviada com sucesso");
        }
        else // Caso contrário, apresenta uma mensagem de erro no console.
        {
            Serial.println("Falha ao receber uma mensagem do Tx");
        }
    }

    // Verifica se ocorreu timeout de comunicação.
    if (gTimeoutNoCommBase250ms == -1)
    {
        gTimeoutNoCommBase250ms = 0;
        Serial.println("Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um Tx...");
    }
}

```

Fonte: a autora (2022).

As funções a seguir (figuras 19 e 20) referem-se a inicialização do Timer 1 (TIM1) e a rotina de tratamento de interrupção desse timer (ISR, do inglês: *Interrupt Service Routine*), respectivamente. A configuração do timer foi estabelecida como modo normal e com interrupção por overflow na frequência de 4Hz (uma interrupção a cada 250ms).

**Figura 19: Inicialização do Timer 1**

```

void timer1Init()
{
    TCCR1A = 0;                // Configura timer para operação normal; pinos OC1A e OC1B desconectados
    TCCR1B = 0;
    TCCR1B |= (1 << CS10) | (1 << CS12); // Configura prescaler para 1024: CS12 = 1 e CS10 = 1
    // Inicia timer com um valor para que o "estouro" ocorra em XX ms.
    TCNT1 = 0xF85F;            // 65536 - (8MHz/1024/4Hz) = 63583 = 0xF85F // 250ms @ 8MHz
    TIMSK1 |= (1 << TOIE1);    // Habilita a interrupção do Timer1
}

```

Fonte: a autora (2022).

**Figura 20: Rotina de tratamento de interrupção do Timer 1**

```

ISR(TIMER1_OVF_vect)
{
    TCNT1 = 0xF85F; // Reload do Timer (0xF85F = 250ms).

    // Controla a frequencia em que o LED pisca bem como os 'bips' no buzzer.
    // Implementa uma lógica para piscar o LED de acordo com a proximidade do Tx com o Rx.
    if (gLedOnCount != 0)
    {
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW); // Desliga o buzzer.
        gLedOnCount--;
        if (gLedOnCount == 0)
        {
            digitalWrite(LED_PIN, LOW); // Desliga o LED.
            gLedOffCount = gDistFactorRssi; // Atribui um valor para o contador de acordo com a distancia.
        }
    }
    else if (gLedOffCount != 0)
    {
        gLedOffCount--;
        if (gLedOffCount == 0)
        {
            digitalWrite(LED_PIN, HIGH); // Liga o LED.
            digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH); // Liga o buzzer.
            gLedOnCount = gDistFactorRssi; // Atribui um valor para o contador de acordo com a distancia.
        }
    }

    // Gerencia o controlador de timeout em caso de ausência de comunicação.
    if (gTimeoutNoCommBase250ms > 0) // Enquanto houver um valor, que representa um certo tempo
    {
        gTimeoutNoCommBase250ms--; // Decrementa esse "valor de tempo".
        if (gTimeoutNoCommBase250ms == 0) // Se "estourou o tempo",
        {
            gTimeoutNoCommBase250ms = -1; // 'Trava' a variavel de controle.
            gDistFactorRssi = DIST_FACTOR_RSSI_MAX; // Atribui um fator de distância 'máximo'.
        }
    }
}

```

Fonte: a autora (2022).

A próxima função atribui um fator (como se fosse um índice/indicador) relativo à distância/proximidade (do transmissor com o receptor) tendo como referência o valor RSSI. Quanto menor o fator, mais próximo o transmissor estará do receptor e vice-versa (quanto maior o fator, mais afastado o transmissor estará do receptor).

**Figura: 21: Função do fator de distância**

```
uint8_t computeDistFactorRssi(int rssi)
{
    uint8_t ret = 0;

    if (rssi > -30)
        ret = 1;
    else if (rssi > -50)
        ret = 2;
    else if (rssi > -70)
        ret = 3;
    else if (rssi > -90)
        ret = 4;
    else
        ret = 5;

    return ret;
}
```

Fonte: a autora (2022).

O arquivo completo do desenvolvimento do *firmware*, com todos os *includes*, *defines*, variáveis, funções e comentários que descrevem o código linha a linha está no anexo A.

### 3.2.2 Custos para desenvolver os protótipos

Para o desenvolvimento dos três protótipos, foram utilizados três Módulos Lora RFM95W, três placas Arduino Pro Mini, duas baterias Nitecore RCR123A, dois suportes de bateria CR123, componentes passivos (resistores, LED, transistor, *buzzer*) e demais itens de montagem (cabos flexíveis, conectores, barra de pinos, *jumpers*).

A tabela a seguir resume o custo aproximado em dólares para construir um protótipo 2Rescue:

ITEM	CUSTO	FONTE/FORNECEDOR <sup>1</sup>
Arduino Pro Mini ATmega328P 3.3V/8MHz	US \$18,05	Mouser Electronics
Módulo LoRa RFM95W	US \$20,45	Mouser Electronics
Bateria Nitecore RCR123A	US \$9,30	Mouser Electronics
Suporte bateria CR123	US \$2,19	Mouser Electronics
Componentes passivos	US \$4,60	Mouser Electronics
Demais itens de montagem	US \$3,40	Mouser Electronics

O custo para o desenvolvimento de um protótipo foi de US \$57,99. O custo total da confecção dos três protótipos utilizados durante o decorrer da pesquisa foi de US \$173,97, aproximadamente R\$920.82.

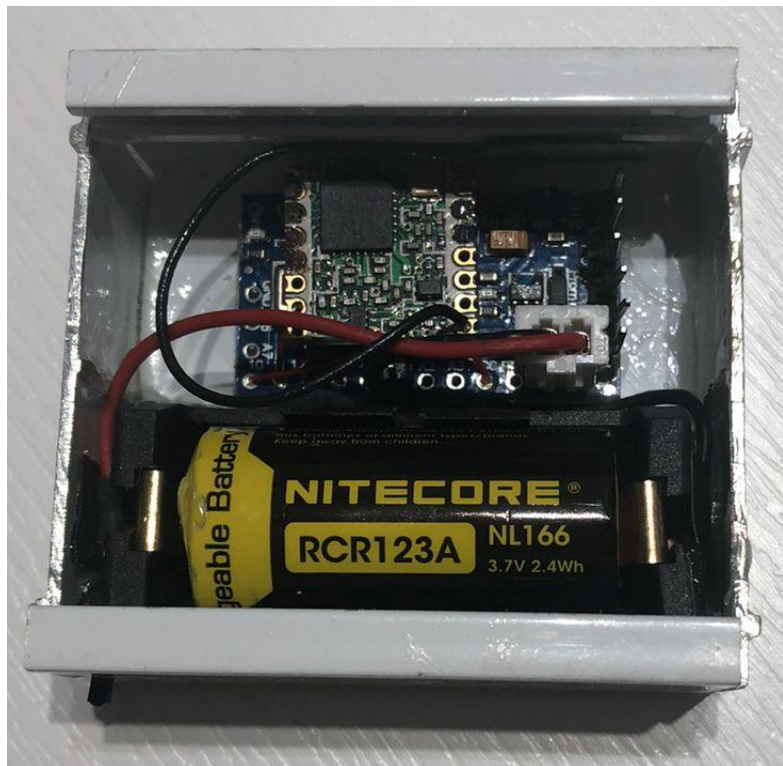
### 3.2.3 Encapsulamentos

Para tornar os protótipos manuseáveis, construiu-se um encapsulamento provisório feito de a partir de uma haste de alumínio para o segundo protótipo, como ilustram as figuras 21 e 22. Apesar dos bombeiros dificilmente utilizarem equipamentos de metal, testou-se o alumínio por ser um resistente e de fácil aquisição. O objetivo de utilizar alumínio inclui também a possibilidade de verificar se o encapsulamento pode interferir na transmissão e recepção do sinal e na variação do RSSI.

---

<sup>1</sup> Valores de referência em US\$ consultados no site da Mouser Electronics (<https://br.mouser.com/>). Acesso em 03/10/2022.

**Figura 22: Encapsulamento de alumínio aberto**



Fonte: a autora (2022).

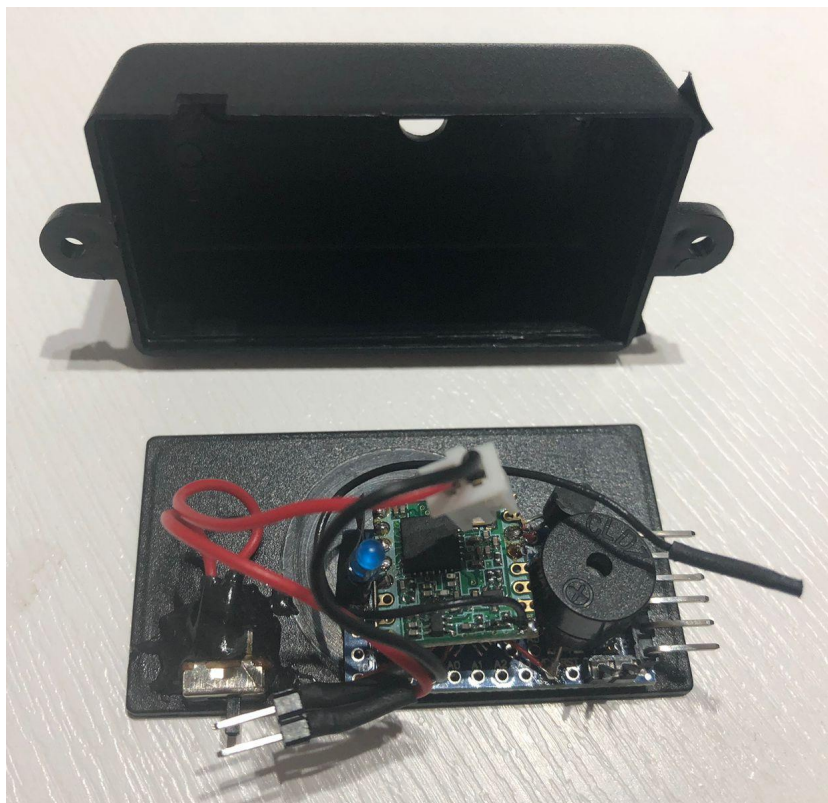
**Figura 23: Encapsulamento de alumínio fechado**



Fonte: a autora (2022).

Para o terceiro protótipo, optou-se por adquirir uma pequena caixa de plástico preto e encaixar o protótipo dentro, conforme as figuras 24 e 25.

**Figura 24: Encapsulamento de plástico aberto**



Fonte: a autora (2022).

**Figura 25: Encapsulamento de plástico fechado**



Fonte: a autora (2022).

Para visualizar a sinalização do LED e ouvir melhor o som do buzzer foram feitos dois buracos redondos no topo da caixa.

### **3.3 Testes de capacidade e limitações**

Foram realizados três testes com os dois primeiros protótipos no decorrer da pesquisa. A primeira parte da etapa de testes de capacidade e limitações foi realizada em dois cenários: em linha reta, horizontalmente e sem obstáculos (para observar inicialmente a variação do RSSI) e entre andares de um edifício (para simular a situação da estrutura como obstáculo para o sinal). O último teste foi o de durabilidade da bateria, com a bateria conectada ao transmissor em operação contínua.

#### **3.3.1 Testes em linha reta**

O primeiro teste com os protótipos foi feito em linha horizontal reta e sem obstáculos entre os dois dispositivos. Com o receptor conectado ao computador para a leitura do valor de RSSI, o transmissor foi afastado de metro em metro, de 1 a 30 metros de distância. A cada metro, os dez primeiros valores de RSSI foram anotados em uma tabela, como ilustra a figura 26.



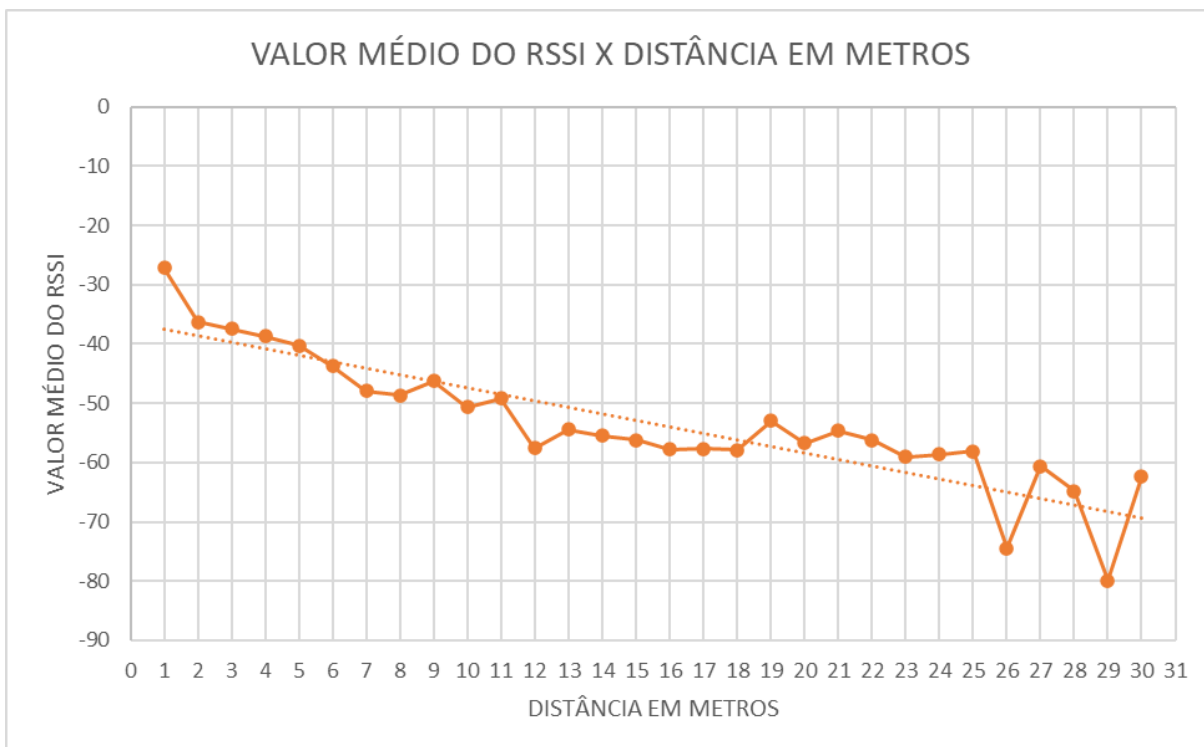
**Figura 26: Valores de RSSI do primeiro teste em linha reta**

METROS	10 PRIMEIROS VALORES DE RSSI										MÉDIA ARITMÉTICA
1	-27	-27	-27	-27	-27	-27	-27	-28	-27	-28	-27.2
2	-36	-36	-36	-36	-36	-37	-37	-35	-36	-38	-36.3
3	-38	-38	-37	-38	-37	-38	-38	-36	-38	-37	-37.5
4	-39	-39	-39	-38	-39	-39	-39	-39	-38	-38	-38.7
5	-40	-42	-40	-42	-39	-39	-38	-40	-41	-42	-40.3
6	-43	-44	-44	-44	-43	-44	-44	-44	-43	-44	-43.7
7	-47	-48	-47	-48	-48	-48	-49	-48	-48	-48	-47.9
8	-49	-49	-48	-49	-50	-48	-48	-48	-49	-49	-48.7
9	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-46	-48	-47	-46.3
10	-52	-49	-50	-50	-50	-50	-52	-51	-51	-52	-50.7
11	-48	-46	-47	-51	-50	-47	-48	-53	-52	-50	-49.2
12	-56	-57	-58	-59	-59	-58	-57	-56	-57	-59	-57.6
13	-54	-54	-53	-56	-54	-54	-54	-55	-55	-55	-54.4
14	-57	-57	-58	-59	-54	-53	-53	-54	-54	-56	-55.5
15	-57	-53	-57	-56	-56	-56	-56	-58	-59	-54	-56.2
16	-59	-58	-57	-56	-58	-57	-58	-58	-59	-58	-57.8
17	-58	-58	-59	-60	-59	-58	-60	-57	-53	-55	-57.7
18	-58	-59	-57	-58	-57	-57	-58	-56	-59	-60	-57.9
19	-52	-51	-52	-52	-53	-54	-54	-54	-54	-54	-53
20	-56	-57	-56	-58	-57	-57	-56	-57	-57	-56	-56.7
21	-55	-54	-54	-54	-54	-55	-54	-56	-55	-55	-54.6
22	-56	-55	-56	-56	-57	-57	-56	-56	-57	-56	-56.2
23	-60	-60	-60	-59	-59	-59	-58	-58	-59	-58	-59
24	-59	-59	-58	-59	-59	-58	-58	-59	-59	-58	-58.6
25	-58	-58	-58	-58	-58	-57	-58	-58	-59	-59	-58.1
26	-73	-74	-71	-72	-75	-73	-75	-79	-74	-78	-74.4
27	-60	-60	-61	-60	-61	-61	-62	-61	-60	-60	-60.6
28	-65	-66	-64	-66	-65	-65	-64	-64	-64	-65	-64.8
29	-82	-80	-79	-80	-80	-81	-82	-79	-83	-73	-79.9
30	-63	-63	-62	-63	-62	-63	-62	-62	-62	-62	-62.4

Fonte: a autora (2022).

Em seguida, utilizou-se a média aritmética dos 10 valores de cada metro para construir o gráfico mostrado na figura 27.



**Figura 27: Primeiro gráfico do teste em linha reta**

Fonte: a autora (2022).

Esse teste foi repetido mais uma vez nas mesmas condições e mesmo ambiente do primeiro. Os valores obtidos a cada metro são mostrados na figura 28.

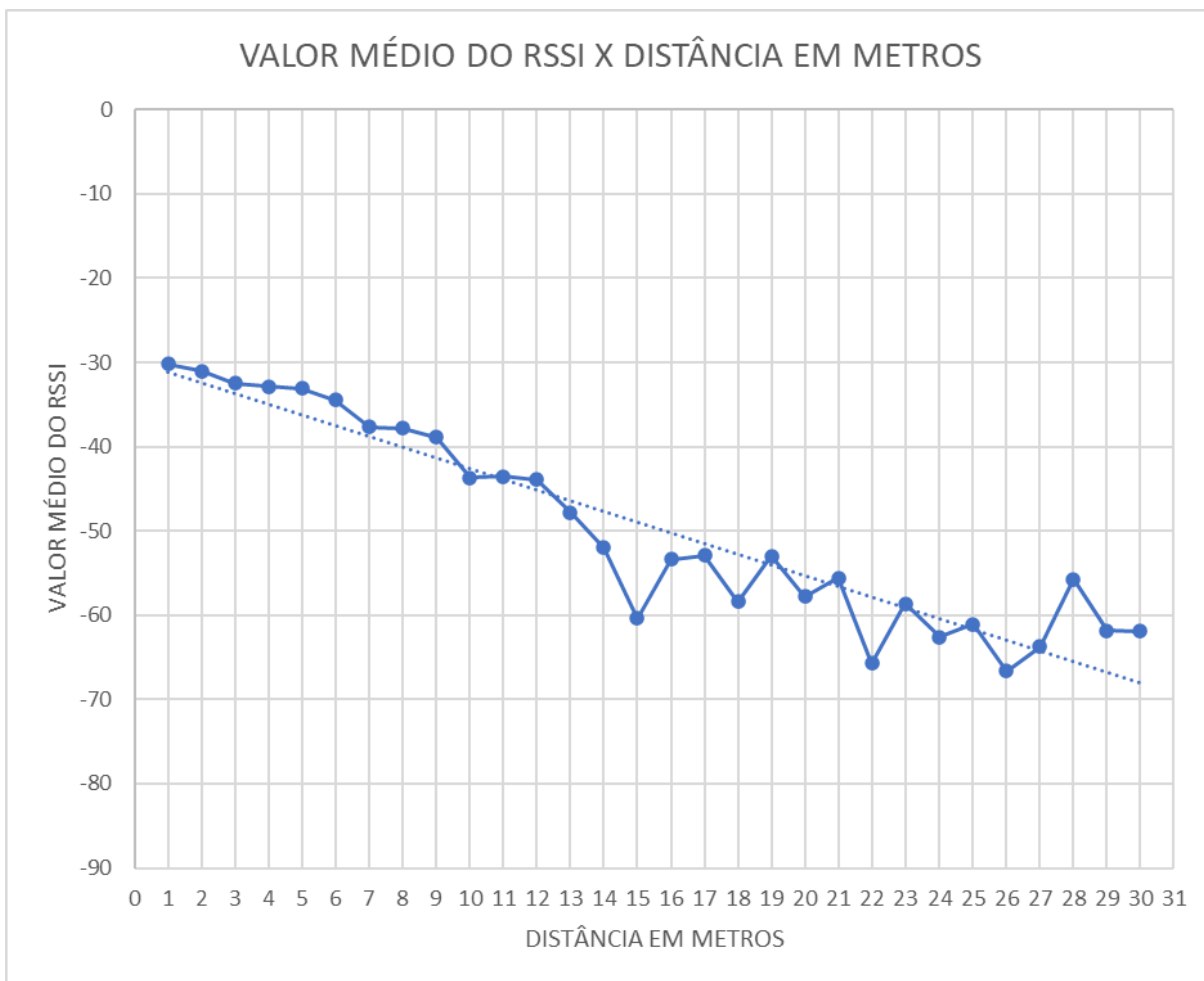
**Figura 28: Valores de RSSI do segundo teste em linha reta**

METROS	10 PRIMEIROS VALORES DE RSSI										MÉDIA ARITMÉTICA
1	-30	-30	-30	-31	-30	-30	-30	-30	-30	-31	-30.2
2	-31	-31	-31	-31	-31	-31	-31	-31	-31	-31	-31
3	-33	-33	-33	-32	-32	-32	-32	-32	-31	-32	-32.2
4	-33	-33	-33	-33	-32	-33	-33	-33	-33	-33	-32.9
5	-35	-35	-36	-33	-32	-32	-32	-32	-32	-32	-33.1
6	-34	-34	-34	-34	-34	-35	-35	-35	-35	-35	-34.5
7	-37	-38	-38	-38	-38	-38	-38	-37	-37	-38	-37.7
8	-38	-37	-38	-38	-38	-38	-39	-37	-37	-38	-37.8
9	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-38	-39	-38.9
10	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-43	-43	-43	-43.7
11	-43	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-43	-42	-43	-43.5
12	-44	-44	-43	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-44	-43.9
13	-48	-48	-48	-48	-48	-47	-48	-48	-48	-47	-47.8
14	-49	-50	-48	-49	-49	-48	-58	-68	-50	-51	-52
15	-60	-59	-61	-62	-59	-60	-54	-64	-62	-63	-60.4
16	-53	-53	-53	-54	-54	-53	-53	-54	-54	-53	-53.4
17	-53	-51	-53	-54	-52	-53	-53	-53	-52	-55	-52.9
18	-56	-59	-64	-58	-58	-58	-58	-58	-58	-57	-58.4
19	-52	-53	-53	-53	-53	-53	-53	-53	-54	-53	-53
20	-61	-62	-63	-56	-56	-56	-56	-56	-56	-56	-57.8
21	-57	-55	-54	-54	-54	-54	-54	-53	-59	-62	-55.6
22	-65	-68	-68	-66	-70	-64	-67	-61	-64	-64	-65.7
23	-58	-59	-58	-58	-59	-58	-58	-58	-58	-62	-58.6
24	-60	-60	-62	-70	-64	-62	-58	-65	-62	-63	-62.6
25	-60	-59	-64	-62	-60	-62	-61	-62	-60	-61	-61.1
26	-60	-60	-67	-68	-68	-67	-67	-69	-71	-69	-66.6
27	-60	-63	-61	-65	-59	-61	-79	-63	-63	-63	-63.7
28	-56	-57	-56	-55	-55	-55	-55	-55	-56	-57	-55.7
29	-62	-62	-61	-62	-60	-61	-62	-62	-62	-64	-61.8
30	-62	-63	-62	-62	-62	-59	-64	-60	-61	-64	-61.9

Fonte: a autora (2022).

O gráfico gerado a partir da repetição do teste está ilustrado na figura 29.

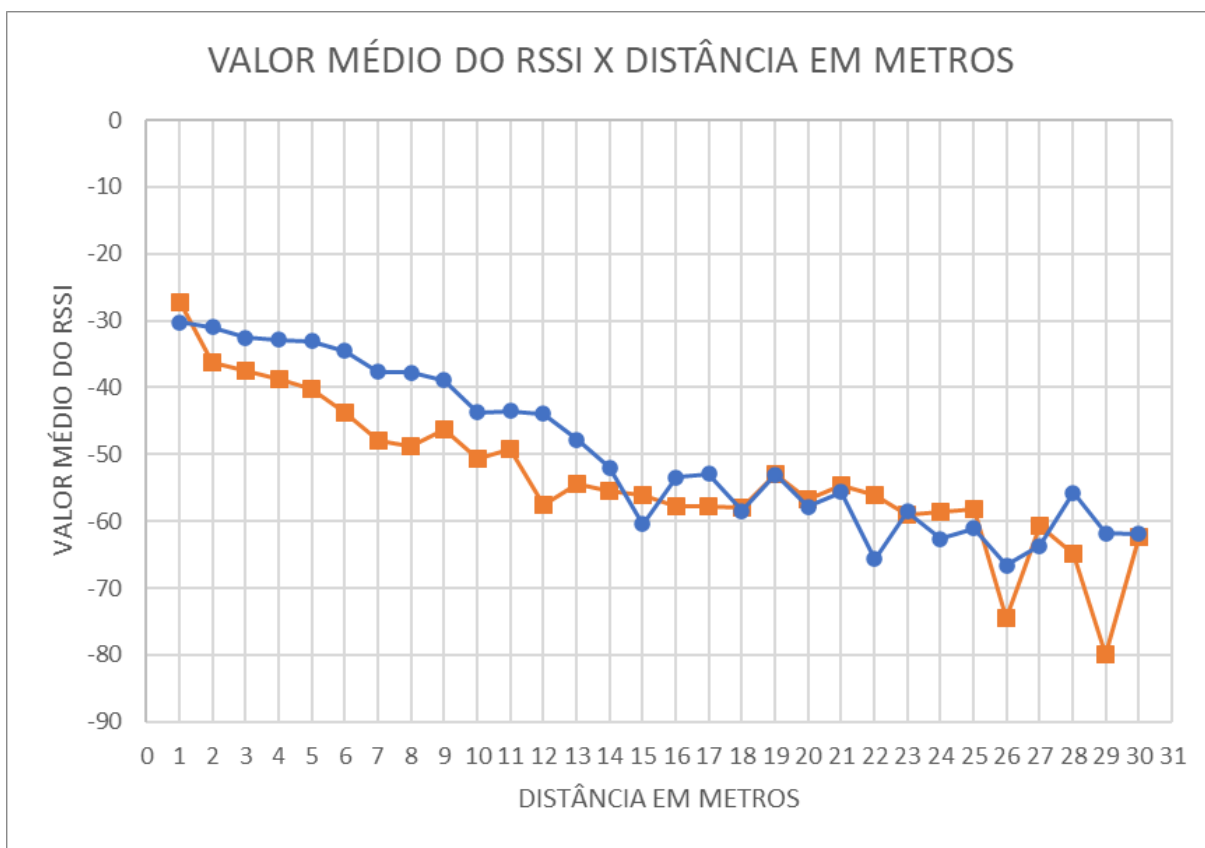
**Figura 29: Segundo gráfico do teste em linha reta**



Fonte: a autora (2022).

Após a elaboração dos desses gráficos, construiu-se um terceiro gráfico mostrando a intersecção entre os dois primeiros, conforme a figura 30.

**Figura 30: Intersecção entre os gráficos dos testes em linha reta**



Fonte: a autora (2022).

Para controlar a distância entre os protótipos, manteve-se uma trena de 30 metros estendida na mesma posição durante toda a duração dos testes. Nenhum encapsulamento foi utilizado durante os testes.

### 3.3.2 Testes no prédio

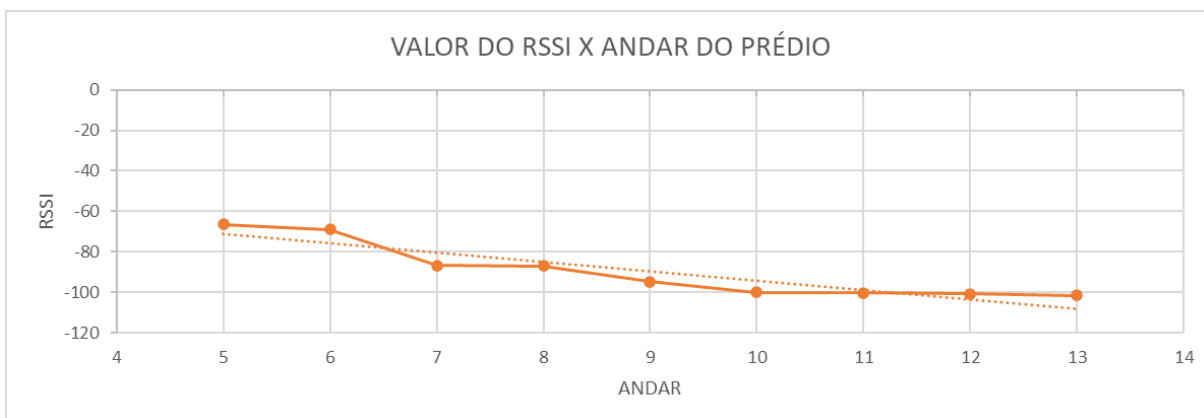
O segundo teste foi feito entre andares de um edifício, simulando a situação da estrutura como obstáculo para o sinal. O receptor permaneceu estático no 4º andar do edifício, conectado ao computador para a leitura do RSSI, enquanto o transmissor foi do 5º ao 13º andar. Os dez primeiros valores recebidos de RSSI foram anotados a cada andar. Também utilizou-se a média aritmética para a construção dos gráficos. A figura 31 mostra os valores de RSSI do primeiro teste.

**Figura 31: Valores de RSSI do primeiro teste no prédio**

ANDAR	10 PRIMEIROS VALORES DE RSSI										MÉDIA ARITIMÉTICA
5	-73	-71	-78	-65	-66	-60	-60	-59	-60	-73	-66.5
6	-70	-72	-71	-71	-71	-67	-68	-67	-67	-67	-69.1
7	-86	-90	-87	-89	-85	-86	-92	-84	-82	-86	-86.7
8	-92	-86	-86	-85	-84	-85	-90	-89	-86	-87	-87
9	-93	-96	-97	-101	-95	-93	-98	-92	-92	-92	-94.9
10	-100	-101	-100	-101	-102	-101	-99	-98	-102	-96	-100
11	-100	-100	-100	-99	-102	-101	-100	-100	-101	-100	-100.3
12	-99	-101	-102	-102	-101	-102	-100	-101	-101	-99	-100.8
13	-102	-102	-101	-100	-102	-101	-102	-102	-101	-102	-101.5

Fonte: a autora (2022).

Esses valores foram utilizados na construção do gráfico ilustrado na figura 32.

**Figura 32: Primeiro gráfico do teste no prédio**

Fonte: a autora (2022).

Em seguida, esse teste foi repetido nas mesmas condições e mesmo ambiente do primeiro. Os valores de RSSI registrados constam na figura 33.

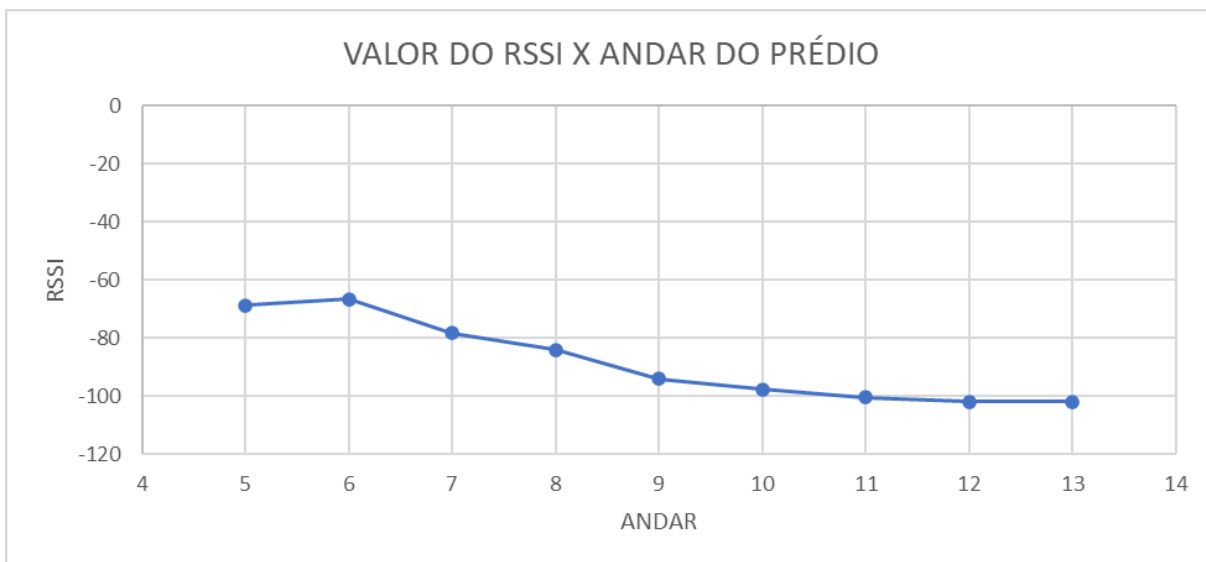
**Figura 33: Valores de RSSI do segundo teste no prédio**

ANDAR	10 PRIMEIROS VALORES DE RSSI										MÉDIA ARITIMÉTICA
5	-68	-69	-72	-69	-67	-66	-67	-67	-66	-77	-68.8
6	-67	-67	-65	-66	-67	-67	-68	-66	-67	-67	-66.7
7	-79	-86	-77	-76	-76	-78	-79	-80	-77	-76	-78.4
8	-83	-83	-84	-84	-81	-85	-86	-86	-83	-85	-84
9	-93	-93	-92	-88	-95	-95	-96	-92	-97	-100	-94.1
10	-97	-97	-98	-98	-98	-99	-98	-98	-97	-98	-97.8
11	-101	-101	-100	-101	-102	-100	-100	-100	-100	-100	-100.5
12	-102	-102	-102	-102	-102	-102	-101	-103	-102	-102	-102
13	-102	-102	-102	-102	-102	-102	-102	-103	-102	-101	-102

Fonte: a autora (2022).

Esses valores foram utilizados na construção do segundo gráfico do teste no prédio, como mostra a figura 34.

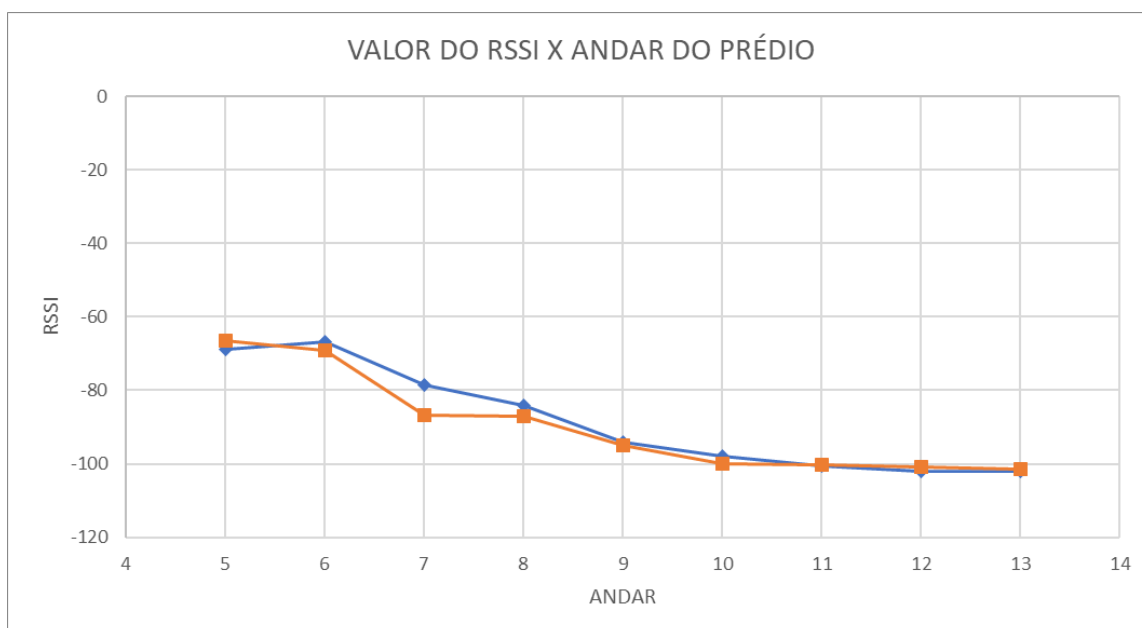
**Figura 34: Segundo gráfico do teste no prédio**



Fonte: a autora (2022).

A intersecção entre os dois gráficos construídos é ilustrada na figura 35.

**Figura 35: Intersecção entre os gráficos dos testes no prédio**



Fonte: a autora (2022).

Da mesma forma que nos testes em linha reta, nenhum encapsulamento foi utilizado durante os testes no prédio.

### 3.3.3 Teste da durabilidade da bateria

O último teste da etapa de testes de capacidade e limitações da pesquisa foi feito para avaliar a duração da bateria. O receptor permaneceu conectado ao computador enquanto o transmissor foi alimentado com a bateria Nitecore RCR123A plenamente carregada. Os protótipos foram deixados a 30cm de distância, em operação contínua e sem interferência até que o transmissor parasse de operar.

No computador, que permaneceu conectado à tomada, foi executado o software "teraterm" (terminal serial) e este *software* capturou e armazenou em um arquivo texto os logs do *firmware* do receptor. O arquivo completo ficou com 506759 linhas, aproximadamente 16300 páginas e 28MB. Por conta do tamanho do arquivo, as partes inicial e final dos registros estão dispostas no anexo B. O intervalo de transmissão entre mensagens era de três segundos e o valor médio de RSSI recebido foi de -27.

O teste começou em 05/09/2022 às 20:57:39, quando a primeira mensagem foi enviada pelo transmissor e terminou em 09/09/2022 às 12:38:19, quando a última mensagem foi enviada pelo transmissor. O tempo que o transmissor permaneceu em operação foi de 3 dias, 15 horas, 41 minutos e 58 segundos. A tensão inicial da bateria (plenamente carregada) era de 4,14V. A tensão final foi de 3,10V. Próximo ao fim do teste, observou-se alguns *timeouts* do sistema, sinalizando que a tensão da bateria aproximou-se de um valor menor que 3,3V (tensão necessária para manter o circuito em funcionamento).

### 3.4 Verificação de solução similar

Durante o andamento da pesquisa, verificou-se a existência de um sistema localizador de bombeiros desenvolvido pelas empresas 3M™ Scott™. O sistema recebe o nome de 3M™ Scott™ Pak-Tracker Firefighter Locator System e também utiliza o princípio de radiofrequência para o funcionamento. De acordo com o fabricante, o sistema opera na frequência de 2,4 GHz e pode monitorar até 36 transmissores pessoais. Utiliza três indicadores visuais e sonoros para direcionar os

procuradores às vítimas, possui ativação automática do transmissor e de outros sistemas integrados, além de localizações até 300 metros. A duração da bateria é de até 6 horas e a recarga leva 2 horas. O preço sugerido pelo fabricante<sup>2</sup> é de US \$1803,00, aproximadamente R\$9543,28.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, as informações obtidas durante a etapa de testes de capacidade e limitações são interpretadas e avaliadas.

### 4.1 Resultados dos testes dos protótipos

Nos testes em linha reta, o valor do RSSI variou de -27 a -71 enquanto o transmissor era afastado do receptor de 1 a 30 metros de distância. Conforme a distância entre os dispositivos foi aumentando, a diminuição do valor do RSSI foi ficando evidente, conforme indicam as linhas de tendência nos gráficos das figuras 27 e 29. Ou seja, quanto mais distantes os dispositivos estavam, menor era o valor do RSSI, e quanto mais próximos, maior era o valor do RSSI, estabelecendo uma relação inversamente proporcional entre a distância e o valor de RSSI. Se não tivesse sido feita a média aritmética desses valores, a percepção dessa relação ficaria comprometida, já que o RSSI é um parâmetro altamente variável e que pode ser influenciado facilmente por fatores externos.

No segundo teste, o valor do RSSI variou de -59 a -102 enquanto o transmissor era afastado do receptor de 1 a 9 andares de distância, indicando que a inclusão de obstáculos entre os protótipos diminuiu significativamente a intensidade do sinal recebido. Até seis andares de distância, a relação inversamente proporcional entre o RSSI e a distância era bem aparente, da mesma forma que nos testes em linha reta. A partir de seis andares de distância, o RSSI chegou ao seu limite negativo próximo a -100 e se manteve constante, mesmo quando a distância aumentava. Embora a transmissão e recepção do sinal estivesse ocorrendo a todo momento, a falta de variação do RSSI impossibilitou a percepção da distância nos andares maiores, significando que, com a inclusão de muitos obstáculos para o

---

<sup>2</sup> *Manufacturer Suggested Retail Price* (MSRP) ou preço sugerido pelo fabricante citado pelo site Fire Tech USA. Disponível em: <https://firetechusa.com/3m-pak-tracker/>. Acesso em: 10 set. 2022.



sinal, o bombeiro que procura necessita chegar um pouco mais perto do bombeiro desaparecido para poder identificar a aproximação.

A durabilidade da bateria mantendo o transmissor em operação contínua por mais de três dias foi satisfatória, visto que o sistema ainda não possui suporte de gerenciamento de energia, nem ponto de vista do hardware, como otimização do circuito, nem do *firmware*, como a implementação do modo *sleep* para CPU e para o módulo LoRa. A não inclusão dos sinalizadores no transmissor também contribuiu para a longa duração da bateria.

## 4.2 Apresentação para os bombeiros

Durante o último mês de desenvolvimento da pesquisa, visitou-se mais uma vez o Corpo de Bombeiros de São Leopoldo e apresentaram-se os protótipos desenvolvidos para que os profissionais fizessem uma avaliação. Durante essa avaliação, os bombeiros elogiaram e aprovaram os protótipos e atestaram novamente a relevância de um equipamento como esse para precaução e complemento em suas atividades de resgate. As observações dos bombeiros incluem desconsiderar o encapsulamento de alumínio e aproveitar gabinetes e materiais feitos de plástico. Por mensagem, um dos bombeiros agradeceu imensamente pela preocupação e dedicação e elogiou a importância da ideia, da iniciativa e do desenvolvimento da pesquisa. O anexo C contém *e-mails* enviados por outros dois bombeiros que acompanharam a evolução da pesquisa e realizaram a avaliação dos protótipos.

## 4.3 Definição dos próximos passos

Com base no decorrer da pesquisa, nos testes realizados, na análise dos resultados e nos apontamentos feitos pelos bombeiros, definiram-se alguns itens que apontam para uma continuidade da pesquisa.

- a) Incluir um display no receptor.
- b) Monitorar o nível da bateria e indicar ao usuário.
- c) Incluir sensores como acelerômetro/giroscópio no transmissor para identificar se o dispositivo está em movimento ou não.

- d) Estudar a possibilidade de melhorar a geolocalização aproximada através da determinação de posições trilaterais.
- e) Adicionar suporte a rede (Mesh) de dispositivos LoRa.
- f) Ampliar a cobertura e a conectividade utilizando cada dispositivo conectado como um repetidor de sinal.
- g) Criptografar a transmissão de dados entre os dispositivos.
- h) Adquirir gabinetes/encapsulamentos de plástico maiores para a inclusão de sensores/display.

## 5 CONCLUSÃO

Concluiu-se que é possível sinalizar uma faixa de distância entre os dois dispositivos pelo indicador de intensidade de sinal recebido e que estruturas entre os dispositivos não impedem a transmissão e recepção do sinal, mas diminuem significativamente o valor do RSSI, limitando a percepção de distâncias maiores. A aproximação e o afastamento dos protótipos gera variação suficiente do RSSI para que o sinalizador indique corretamente a mudança da faixa de distância entre eles, constatando que o objetivo da pesquisa foi alcançado.

A escolha das tecnologias para a pesquisa se mostrou adequada e satisfatória, tanto para o desenvolvimento dos protótipos, quanto para a realização dos testes e, principalmente, para possibilidades de aperfeiçoamentos futuros.

O encapsulamento de alumínio se mostrou inadequado, visto que o alumínio é um metal condutor de calor e poderia não só danificar o circuito, como também ferir os bombeiros caso estivesse próximo a pele. No entanto, foi um instrumento importante para verificar que mesmo tendo um efeito aproximado a uma “gaiola de Faraday”, o sinal de rádio foi capaz de se propagar através do encapsulamento. Apesar de não impedir a transmissão e recepção do sinal, o alumínio interfere consideravelmente no valor de RSSI, dificultando a realização de testes concisos e a verificação da faixa da distância sinalizada entre os dispositivos.

Em contrapartida, o encapsulamento de plástico permite a fácil manipulação do dispositivo e não atrapalha na percepção da mudança da faixa de distância entre os protótipos, além de ser feito com o mesmo material que muitos equipamentos já

utilizados pelos bombeiros.

A pesquisa e tudo o que a envolve trouxe muito conhecimento e contentamento pessoal à pesquisadora, além de colocá-la em contato com vivências distintas e pessoas incríveis, que proporcionaram diversos momentos de aprendizado e troca de experiências.

## REFERÊNCIAS

3M. **3M™ Scott™ Pak-Tracker Firefighter Locator System**. [S. l.], 12 out. 2022. Disponível em: [https://www.3m.com/3M/en\\_US/p/d/b5005270006/](https://www.3m.com/3M/en_US/p/d/b5005270006/). Acesso em: 12 ago. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. **PLANO DE ATRIBUIÇÃO, DESTINAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS NO BRASIL**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://sistemas.anatel.gov.br/anexar-api/publico/anexos/download/db36871563204c812e300856bd9b2794>. Acesso em: 9 jun. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. **Radiofrequência**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/radiofrequencia>. Acesso em: 9 jun. 2022.

ANDRADE, Ramon Lauton; BARROS, Alisson Bernardi de. **CÁLCULO DA EXPECTATIVA DE SOBREVIVÊNCIA DOS MILITARES DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/bitstream/123456789/155/1/Artigo%20CFO-37%20Cad%20Lauton%20%281120%29%20-%20Versão%20para%20entrega.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2022.

ARDUINO. **Arduino Pro Mini**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/retired/boards/arduino-pro-mini>. Acesso em: 5 maio 2022.

BEHRENS, Thaisa Tatiana. **PROTÓTIPO DE UM SISTEMA PARA CONTROLE DE VEÍCULOS, UTILIZANDO COMUNICAÇÃO DE DADOS VIA RÁDIO FREQUÊNCIA**. Blumenau, SC, 2000. Disponível em: <http://campeche.inf.furb.br/tccs/2000-II/2000-2thaisatatianabehrensvf.pdf>. Acesso em: 25 maio 2022.

BELLECIERI, Ysla; JABOUR, F. C.; JABOUR, Eugênia Giancoli. **Localização Indoor Baseada na Leitura Bidirecional do RSSI**. Juiz de Fora, MG, 2015. Disponível em: <http://periodicos.jf.ifsudestemg.edu.br/revistabsi/article/view/25/22>. Acesso em: 20 jul. 2022.

CARDOSO, Luiz Antônio. **Influências dos Fatores Organizacionais no Estresse de Profissionais Bombeiros**. Florianópolis, SC, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/88133/202485.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 abr. 2022.

DHAKER, Piyu. **Introduction to SPI Interface**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.analog.com/media/en/analog-dialogue/volume-52/number-3/introduction-to-spi-interface.pdf>. Acesso em: 18 maio 2022.

FRACASSI, Maria Angélica Thiele. et al. **Manual de orientações para projetos de pesquisa**. Novo Hamburgo, RS, 2013. Disponível em: [https://www.liberato.com.br/wp-content/uploads/2020/06/manual\\_de\\_orientacoes\\_para\\_projetos\\_de\\_pesquisa.pdf](https://www.liberato.com.br/wp-content/uploads/2020/06/manual_de_orientacoes_para_projetos_de_pesquisa.pdf). Acesso em: 7 out. 2022.

HOPERF. **RFM95W: LoRa Module**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.hoperf.com/modules/lora/RFM95.html>. Acesso em: 16 jun. 2022.

JARDEL, André. **[Projeto 2Rescue]**. WhatsApp: [Conversa Privada]. 27 set. 2022. 15:47. 6 mensagens de texto por WhatsApp.

LAM, Ka-Ho; CHEUNG, Chi-Chung; LEE, Wah-Ching. **RSSI-Based LoRa Localization Systems for Large-Scale Indoor and Outdoor Environments**. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8827665>. Acesso em: jul. 2022.

LENZ, Sheila. **Segurança no trabalho: uso de EPI**. [S. l.], 2008. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62397391/Seguranca\\_no\\_trabalho\\_uso\\_de\\_EPI20200317-75285-1smqa3u-with-cover-page-v2.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62397391/Seguranca_no_trabalho_uso_de_EPI20200317-75285-1smqa3u-with-cover-page-v2.pdf). Acesso em: 28 abr. 2022.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. 2. ed. São Paulo, SP: Novatec, 2015. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=kfZyDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=arduino&ots=1RzYvcDNGS&sig=KDpoJgk0fDKSfi5olxudXvut\\_3Y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=kfZyDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=arduino&ots=1RzYvcDNGS&sig=KDpoJgk0fDKSfi5olxudXvut_3Y#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 5 maio 2022.

NITECORE. **NL166**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://charger.nitecore.com/product/nl166>. Acesso em: 1 jul. 2022.

SEMTECH. **A Brief History of LoRa: Three Inventors Share Their Personal Story at The Things Conference**. Disponível em: <https://blog.semtech.com/a-brief-history-of-lora-threeinventors-share-their-personal-story-at-the-things-conference>. Acesso em: jul. 2022.

SEMTECH. **LoRa Modulation Basics**. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20190718200516/https://www.semtech.com/uploads/documents/an1200.22.pdf>. Acesso em: jul. 2022.

SOUZA, Katia Maria Oliveira de; VELLOSO, Marta Pimenta; OLIVEIRA, Simone Santos. **A profissão de bombeiro militar e a análise da atividade para compreensão da relação trabalho-saúde: revisão da literatura**. Franca, SP, 2012. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/sst/n8/21.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2022.

VIÚVAS de bombeiros mortos em incêndio no prédio da SSP-RS prestam depoimento na Assembleia. **G1 RS**. Porto Alegre, 6 set. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2021/09/06/viuv-as-de-bombeiros-mo-rtos-em-incendio-no-predio-da-ssp-rs-prestam-depoimento-na-assembleia.ghtml>. Acesso em: 3 jun. 2022.

## **ANEXOS**

## ANEXO A - *Firmware* utilizado no projeto

```
#include <SPI.h>           // Canal de comunicação SPI.
#include <RH_RF95.h>       // Driver para o módulo LoRa.

#define LED_PIN            3    // Pino de controle do LED.
#define BUZZER_PIN        4    // Pino de controle do buzzer.
#define DIST_FACTOR_RSSI_MAX 10 // Indica um fator de distância entre
// Transmissor (Tx) e Receptor (Rx): quanto menor o valor, mais próximo ambos se
// encontram.

// Variável de controle do rádio LoRa (instância da classe RH_RF95).
RH_RF95 rf95;

// Fator de distância/proximidade do Tx com o Rx.
uint8_t gDistFactorRssi = DIST_FACTOR_RSSI_MAX;

// Controlador(es) para piscar o LED/"bipar" o buzzer de acordo com a
// proximidade do Tx com o Rx.
uint8_t gLedOnCount = 0;
uint8_t gLedOffCount = 1;

// Controlador(es) de timeout em caso de ausência de comunicação (ou Tx
// desconectado/desligado).
int8_t gTimeoutNoCommBase250ms = 0;

void setup()
{
    // Configura e inicializa o LED e o buzzer de status/proximidade (entre Tx
    // e o Rx).
    pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);

    // Configura e inicializa a serial (115200, 8, n, 1) para mensagens de
    // teste e depuração do sistema no console.
    Serial.begin(115200);

    // Apresenta o nome do projeto e a versão no console.
    Serial.println("2Rescue - Sistema de apoio para localizar resgatistas em
    estruturas colapsadas");
    Serial.println("v1.0");
    Serial.println("Modo Receptor (Rx)");

    // Inicializa o rádio LoRa na frequência pré-estabelecida.
    if (rf95.init()) // Se sucesso na inicialização do módulo LoRa,
    {
        rf95.setFrequency(915); // Configura a frequência pré-determinada.
        Serial.println("Módulo LoRa inicializado com sucesso");
    }
    else // Em caso de alguma falha no módulo LoRa,
    {
```

```

    // Apresenta uma mensagem de erro no console e coloca o sistema em
    'halt'.
    Serial.println("Falha na inicialização do módulo LoRa. Verifique as
    conexões e a alimentação do sistema");
    Serial.println("Sistema encerrado");
    while (1); // Permanece em um laço infinito impedindo a continuação do
    sistema - se o rádio não estiver funcionando, não há razão para continuar.
}

// Configura o Timer 1 para uso geral (sinalização LED/Buzzer, contadores
de tempo, etc.).
timer1Init();
}

void loop()
{
    if (rf95.available()) // Se o módulo estiver operando e se ocorreu
    alguma comunicação por parte de algum módulo Tx,
    {
        uint8_t buf[RH_RF95_MAX_MESSAGE_LEN]; // Declara um bufer para receber
        uma mensagem do Tx.
        uint8_t len = sizeof(buf);

        if (rf95.recv(buf, &len)) // Verifica se recebeu alguma mensagem e, em
        caso afirmativo, insere o conteúdo em 'buf' e obtém o tamanho do mesmo em
        'len'.
        {
            gTimeoutNoCommBase250ms = 20; // Renova o controlador de timeout em
            caso de ausência de comunicação, ex.: 20 * 250ms = 5s

            // A classe RF95 provê também a informação do nível RSSI. Neste ponto,
            ele pode ser lido e utilizado para computar um fator de distância entre os 2
            rádios.
            // A frequência do sinalizador sonoro/visual será calculada em função
            de uma distância estimada entre Tx e Rx.
            int lastRssi = rf95.lastRssi();
            gDistFactorRssi = computeDistFactorRssi(lastRssi);
            Serial.print("RSSI: ");
            Serial.println(lastRssi, DEC);

            // Imprime a mensagem recebida do Tx no console.
            Serial.print("Mensagem recebida: ");
            Serial.println((char*)buf);

            // Envia uma mensagem de retorno para o Tx, apenas para fins de teste.
            uint8_t msg[] = "Mensagem confirmada"; // Declara um buffer e preenche
            com o conteúdo a ser enviado.
            rf95.send(msg, sizeof(msg)); // Envia a mensagem.
            rf95.waitPacketSent(); // Aguarda até que a mensagem
            seja enviada.
            Serial.println("Mensagem de retorno para o Tx enviada com sucesso");
        }
        else // Caso contrário, apresenta uma mensagem de erro no console.

```



```

    {
        Serial.println("Falha ao receber uma mensagem do Tx");
    }
}

// Verifica se ocorreu timeout de comunicação.
if (gTimeoutNoCommBase250ms == -1)
{
    gTimeoutNoCommBase250ms = 0;
    Serial.println("Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem
de um Tx...");
}
}

void timer1Init()
{
    TCCR1A = 0; // Configura timer para operação
normal; pinos OC1A e OC1B desconectados
    TCCR1B = 0;
    TCCR1B |= (1 << CS10) | (1 << CS12); // Configura prescaler para 1024:
CS12 = 1 e CS10 = 1
    // Inicia timer com um valor para que o "estouro" ocorra em XX ms.
    TCNT1 = 0xF85F; // 65536 - (8MHz/1024/4Hz) = 63583 =
0xF85F // 250ms @ 8MHz
    TIMSK1 |= (1 << TOIE1); // Habilita a interrupção do Timer1
}

ISR(TIMER1_OVF_vect)
{
    TCNT1 = 0xF85F; // Reload do Timer (0xF85F = 250ms).

    // Controla a frequencia em que o LED pisca bem como os 'bips' no buzzer.
    // Implementa uma lógica para piscar o LED de acordo com a proximidade do
Tx com o Rx.
    if (gLedOnCount != 0)
    {
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW); // Desliga o buzzer.
        gLedOnCount--;
        if (gLedOnCount == 0)
        {
            digitalWrite(LED_PIN, LOW); // Desliga o LED.
            gLedOffCount = gDistFactorRssi; // Atribui um valor para o contador de
acordo com a distancia.
        }
    }
    else if (gLedOffCount != 0)
    {
        gLedOffCount--;
        if (gLedOffCount == 0)
        {
            digitalWrite(LED_PIN, HIGH); // Liga o LED.
            digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH); // Liga o buzzer.
        }
    }
}

```

```

        gLedOnCount = gDistFactorRssi; // Atribui um valor para o contador de
acordo com a distancia.
    }
}

// Gerencia o controlador de timeout em caso de ausência de comunicação.
if (gTimeoutNoCommBase250ms > 0) // Enquanto houver um valor,
que representa um certo tempo,
{
    gTimeoutNoCommBase250ms--; // Decrementa esse "valor de
tempo".
    if (gTimeoutNoCommBase250ms == 0) // Se "estourou o tempo",
    {
        gTimeoutNoCommBase250ms = -1; // 'Trava' a variavel de
controle.
        gDistFactorRssi = DIST_FACTOR_RSSI_MAX; // Atribui um fator de
distância 'máximo'.
    }
}
}

uint8_t computeDistFactorRssi(int rssi)
{
    uint8_t ret = 0;

    if (rssi > -30)
        ret = 1;
    else if (rssi > -50)
        ret = 2;
    else if (rssi > -70)
        ret = 3;
    else if (rssi > -90)
        ret = 4;
    else
        ret = 5;

    return ret;
}

```

## ANEXO B - Registros iniciais e finais do teste da durabilidade da bateria

```
[2022-09-05 20:57:07.291] 2Rescue - Dispositivo de Apoio para Localizar Bombeiros em
Estruturas Colapsadas
[2022-09-05 20:57:07.312] Modo RECEPTOR (ou SERVIDOR)
[2022-09-05 20:57:07.312] v1.0
[2022-09-05 20:57:07.424] Módulo LoRa inicializado com sucesso
[2022-09-05 20:57:07.424] Aguardando comunicação de um Transmissor...
[2022-09-05 20:57:39.099] RSSI: -27
[2022-09-05 20:57:39.099] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:57:39.163] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-05 20:57:40.962] RSSI: -28
[2022-09-05 20:57:40.963] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:57:41.026] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-05 20:57:42.826] RSSI: -28
[2022-09-05 20:57:42.826] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:57:42.889] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-05 20:57:44.690] RSSI: -28
[2022-09-05 20:57:44.690] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:57:44.752] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-05 20:57:46.552] RSSI: -27
[2022-09-05 20:57:46.569] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:57:46.616] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-05 20:57:48.433] RSSI: -27
[2022-09-05 20:57:48.433] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:57:48.495] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-05 20:57:50.296] RSSI: -27
[2022-09-05 20:57:50.296] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:57:50.359] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-05 20:57:52.160] RSSI: -27
[2022-09-05 20:57:52.160] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:57:52.223] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-05 20:57:54.023] RSSI: -27
[2022-09-05 20:57:54.023] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:57:54.086] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-05 20:57:55.885] RSSI: -27
[2022-09-05 20:57:55.885] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:57:55.950] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-05 20:57:57.750] RSSI: -28
[2022-09-05 20:57:57.750] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:57:57.812] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-05 20:57:59.628] RSSI: -27
[2022-09-05 20:57:59.628] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:57:59.691] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-05 20:58:01.492] RSSI: -26
[2022-09-05 20:58:01.492] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:58:01.556] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-05 20:58:03.355] RSSI: -27
[2022-09-05 20:58:03.355] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-05 20:58:03.419] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso

[...]

[2[2022-09-09 12:35:35.422] RSSI: -27
[2022-09-09 12:35:35.422] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:35:35.485] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:35:37.397] RSSI: -27
[2022-09-09 12:35:37.397] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:35:37.460] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:35:39.357] RSSI: -27
[2022-09-09 12:35:39.357] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:35:39.418] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:35:41.824] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:35:44.881] RSSI: -27
[2022-09-09 12:35:44.881] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:35:44.944] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:35:47.311] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:35:49.699] RSSI: -27
[2022-09-09 12:35:49.699] Mensagem recebida: TESTE
```

```

[2022-09-09 12:35:49.729] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:35:52.188] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:36:00.198] RSSI: -23
[2022-09-09 12:36:00.198] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:36:00.245] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:36:02.708] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:36:06.978] RSSI: -27
[2022-09-09 12:36:06.994] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:36:07.042] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:36:09.432] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:36:11.742] RSSI: -27
[2022-09-09 12:36:11.743] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:36:11.804] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:36:14.217] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:36:17.339] RSSI: -26
[2022-09-09 12:36:17.339] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:36:17.402] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:36:19.832] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:36:26.184] RSSI: -27
[2022-09-09 12:36:26.184] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:36:26.232] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:36:28.601] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:36:31.660] RSSI: -26
[2022-09-09 12:36:31.660] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:36:31.722] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:36:34.089] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:36:41.701] RSSI: -27
[2022-09-09 12:36:41.701] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:36:41.748] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:36:44.090] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:36:54.926] RSSI: -27
[2022-09-09 12:36:54.926] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:36:54.988] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:36:57.353] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:37:05.682] RSSI: -27
[2022-09-09 12:37:05.682] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:37:05.729] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:37:08.126] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:37:16.551] RSSI: -26
[2022-09-09 12:37:16.551] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:37:16.613] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:37:18.987] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:37:27.035] RSSI: -27
[2022-09-09 12:37:27.035] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:37:27.097] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:37:29.499] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:37:33.654] RSSI: -27
[2022-09-09 12:37:33.654] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:37:33.702] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:37:36.109] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...
[2022-09-09 12:38:19.670] RSSI: -26
[2022-09-09 12:38:19.670] Mensagem recebida: TESTE
[2022-09-09 12:38:19.717] Mensagem de retorno para o Transmissor enviada com sucesso
[2022-09-09 12:38:22.153] Timeout de comunicação. Aguardando nova conexão/mensagem de um
Transmissor...

```

## ANEXO C - E-mails enviados pelos bombeiros sobre a pesquisa



Stephanie Staub <tefy.staub@gmail.com>

### Projeto To rescue

Maurício Ferro Correa <mauricio@cbm.rs.gov.br>  
Para: "tefy.staub@gmail.com" <tefy.staub@gmail.com>

3 de outubro de 2022 18:30

Boa Tarde Stephanie

Gostamos muito de conhecer teu projeto ("To Rescue") e saber que tua ideia pode contribuir para possibilitar a localização rápida de bombeiros, quando em atividades operacionais que possam vir a ficarem perdidos ou presos em alguma estrutura.

Um equipamento como esse é de grande valia para as corporações de bombeiros, pois alia segurança e agilidade no caso de um resgate de emergência de algum colega.

Ano passado vivenciamos uma situação trágica em que dois colegas nossos ficaram presos debaixo dos escombros da Secretaria de segurança pública, em Porto Alegre. Caso tivéssemos algum sistema de rastreamento junto à roupa de proteção, poderíamos ter finalizado as buscas em menor tempo. Uma ação com essa agilidade traz menos custos ao estado e principalmente, representa maior chance de socorro e salvamento da vida de algum bombeiro.

Parabéns por tua iniciativa e conte com nossa Corporação para desenvolver e aprimorar ainda mais teu sistema.

Autorizo a divulgação de qualquer informação ou imagem que foram obtidas através de tuas visitas aqui no Corpo de Bombeiros Militar de São Leopoldo.

Atenciosamente.

MAURÍCIO FERRO CORRÊA - Tenente Coronel  
COMANDANTE DO 2o Btl de Bomb Militar



Stephanie Staub <tefy.staub@gmail.com>

### Feedback Projeto localizador - Sgt Igor

Igor Ariel De Vargas <igor-vargas@cbm.rs.gov.br>  
Para: "tefy.staub@gmail.com" <tefy.staub@gmail.com>

3 de outubro de 2022 16:28

Olá Stephanie,

Gostaria mais uma vez de lhe parabenizar pela iniciativa e pela escolha da temática do seu projeto. Não resta dúvida da relevância que o mesmo possui. Ficou evidente nas suas visitas ao quartel a empatia e amor ao próximo. Sempre mostrando preocupação com a vida de nós Bombeiros. Como você mesmo disse em uma das suas falas, o seu projeto tem por objetivo que tragédias como a da ocorrência no prédio da Secretaria de Segurança Pública não ocorram novamente e caso aconteça, que diminua a angústia das famílias, amigos e colegas.

Como se sabe, existem localizadores no mercado com princípios até semelhantes, mas são economicamente inviáveis para implantação na corporação, nesse sentido o seu projeto se apresenta como uma alternativa acessível.

Como contribuição gostaria de citar algumas características que na minha opinião são importantes na escolha de um equipamento operacional. A primeira delas é que seja um equipamento confiável, que possamos testar e aferir diariamente ao entrar de plantão. Segundo que seja um equipamento compacto e robusto. Terceiro, que seja de fácil manuseio, por conta das luvas a sensibilidade fica muito prejudicada. Quarto e não menos importante, a autonomia da bateria e forma de carregamento, hoje em dia muitos equipamentos permanecem nas bases de carregamento junto a viatura o que garante que quando forem utilizados estarão com carga máxima. E pra finalizar como se trata de um equipamento eletrônico, é a resistência contra umidade, por mais que as técnicas atuais priorizem a racionalização da água, inevitavelmente acabamos molhados, seja pela água ou por conta da desidratação pelo suor.

Diante disso, nós do 2º Batalhão de Bombeiros Militar nos colocamos a disposição para o que for necessário na contribuição do seu projeto.

Autorizo que meu depoimento e/ou fotos sejam anexados ao projeto.

2º Sargento Igor Ariel de Vargas  
Auxiliar do setor de logística do 2ºBBM