



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

IMPLEMENTAÇÃO DE BOTÃO DE PÂNICO IOT NO METRÔ DE SÃO PAULO: UMA INOVAÇÃO EM SEGURANÇA

INTRODUÇÃO

A segurança no transporte público é um dos pilares essenciais para o bem-estar dos colaboradores e passageiros, e um dos valores fundamentais do Metrô de São Paulo. Alinhada com a missão de garantir a integridade física, operacional e ocupacional, a empresa se compromete a responder com agilidade às demandas em ocorrências. Esse compromisso se reflete em ações voltadas para aprimorar práticas, inovar processos e promover mudanças para a proteção de todos. A busca por soluções tecnológicas tem sido uma constante na Companhia, destacando-se pela adoção de tecnologias emergentes para aprimorar serviços prestados com base em melhoria contínua, reduzir custos e podendo também no caso, otimizar a questão da segurança pública no ambiente de suas operações, utilizando tecnologia baseada em Internet das Coisas (IdC ou IoT - *Internet of Things*) que segundo a IBM (2024) é um conceito que envolve a



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

integração de dispositivos físicos do mundo real e software conectados à internet, possibilitando a troca de dados entre eles, conforme ilustra o infográfico a seguir, que apresenta o conceito de IoT, destacando a conectividade de dispositivos em qualquer lugar, a qualquer momento, por qualquer pessoa e para qualquer negócio, através da internet.

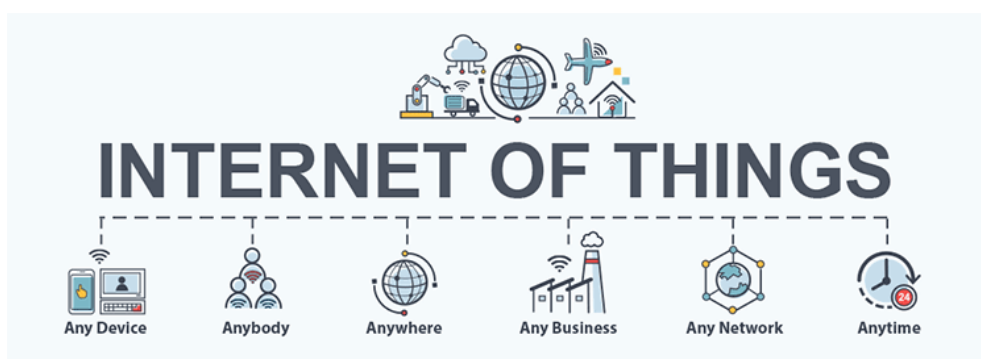


Figura 1 - Infográfico sobre Internet das Coisas (IoT). **Fonte:** Plargue Doctor

Essa implementação em ambiente metroviário, tem o poder de fortalecer a segurança por diversos motivos. Primeiramente, permite a integração com sistemas de monitoramento e vigilância existentes, funcionando como complemento de suporte que oferece uma resposta mais inteligente às ocorrências. Dispositivos dotados com esse tipo de tecnologia permitem detectar e reportar situações de risco iminente, auxiliando as equipes de segurança por meio de alertas instantâneos, ajudando a



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

reduzir o tempo de resposta nas atuações. Além disso, a análise de dados coletados por esses dispositivos pode ajudar a identificar padrões de comportamento e prever possíveis riscos. Este mapeamento de riscos permite o planejamento de ações e estratégias eficazes para a prevenção de incidentes. Segundo estudos recentes da McKinsey, a IoT é uma das tecnologias de mais rápido crescimento, com previsões de investimento global chegando a US\$1,1 trilhão até 2024 e a US\$1,5 trilhão até 2030. Nesse sentido, a inovação e a integração da IoT no sistema de transporte não são apenas tendências, mas imperativos para a sustentabilidade e o sucesso a longo prazo.

Nesse contexto, surge a proposta de desenvolvimento de um Produto Mínimo Viável (MVP) de um Botão de Pânico IoT, ideia fruto de uma cooperação interdepartamental, no qual une o mecanismo de solicitar um pedido de ajuda ao alcance de um toque, combinando o uso de duas tecnologias de radiofrequência para transmissão de dados, que foram amplamente exploradas em desenvolvimentos anteriores pela Engenharia de Operação do Metrô em projetos IoT, como o *LoRa* (acrônimo em inglês para *Long Range*, que permite a comunicação de longo alcance e baixo consumo de energia entre dispositivos conectados) e *Wi-Fi* (já bastante conhecido, usado em nossos smartphones, tablets, computadores etc).



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Para ilustrar a aplicação prática dessas tecnologias, é pertinente analisar um caso específico do local onde o uso desse sistema se mostrou importante e necessário: o Posto Avançado de Atendimento às Mulheres (PAAM), que é um posto de acolhimento às mulheres vítimas de violência, implementado através de uma parceria entre o Metrô e a Prefeitura de São Paulo, por meio da Secretaria Municipal de Direitos Humanos e Cidadania. O PAAM visa prestar atendimento humanizado, prestando serviço psicológico, jurídico e social, oferecendo orientação e encaminhamento para serviços especializados de proteção. Esse serviço faz parte de uma rede de apoio que inclui serviços municipais e estaduais dedicados à defesa dos direitos das mulheres, fortalecendo a resposta institucional contra a violência de gênero (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2024).

A implementação do Botão de Pânico IoT no PAAM exemplifica a integração tecnológica voltada para a segurança pública, atendendo ao pedido das funcionárias. Este sistema oferece uma resposta rápida em situações de emergência. O estudo de caso detalha as fases do projeto, desde o planejamento, implementação até a avaliação do produto, oferecendo uma visão abrangente dos desafios encontrados ao longo do processo. A forma como o Metrô de São Paulo procura aprimorar seus serviços estabelece um precedente para futuras inovações no setor de transporte público.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

DIAGNÓSTICO

Levando em consideração a parceria entre Metrô e Prefeitura por meio do serviço prestado com o Posto Avançado de Atendimento às Mulheres nas estações Luz da Linha 1 Azul e Santa Cecília da Linha 3 Vermelha, foi dado à equipe de Engenharia de Operação com foco em inovação um desafio: desenvolver uma solução que auxilie a equipe de segurança metroviária no atendimento prioritário a quaisquer ocorrências de violência que possam ocorrer dentro ou nas imediações do PAAM. O posto escolhido para o projeto piloto está localizado na estação Santa Cecília, utilizado como estudo de caso para posterior aplicação em um contexto mais amplo.



Figura 2 - Posto Avançado de Atendimento às Mulheres (PAAM) na estação Santa Cecília do Metrô de

São Paulo. Fonte: Metrô de São Paulo, publicação no X (Twitter), 2022.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Antes de tudo, é importante ressaltar que o método de atuação adotado pelo Corpo de Segurança visa alcançar um alto padrão de serviço no atendimento e na segurança do passageiro, tratando-o com respeito, sendo solícito, orientando-o, auxiliando-o e prestando outros serviços análogos. A presença ativa dos agentes é o instrumento que apresenta resultados mais eficazes para a atividade fim da segurança (METRÔ DE SÃO PAULO, 2023).

Para garantir que a equipe de segurança do Metrô de São Paulo estivesse pronta para responder de forma eficaz a esses chamados, pensou-se em um botão de pânico, que é um dispositivo de segurança que ao ser pressionado, envia um alerta imediato para outro dispositivo remotamente, no caso uma central de alarme, utilizado em situações de emergência. Aplicando esse conceito à estação Santa Cecília, um botão ficaria instalado no posto e outro dispositivo, que recebe o chamado, estaria na Sala de Supervisão Operacional (SSO), geralmente localizada próxima à linha de bloqueios (ou popularmente conhecidas como “catracas”), que é a entrada para o sistema do Metrô. Assim, o funcionário operativo disponível na SSO poderia rapidamente acionar a equipe de segurança alocada na estação por meio do sistema de sonorização pública (PA) ou caso a equipe de segurança estiver próxima ao ouvir a sirene do alarme. A figura a seguir ilustra o processo:

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

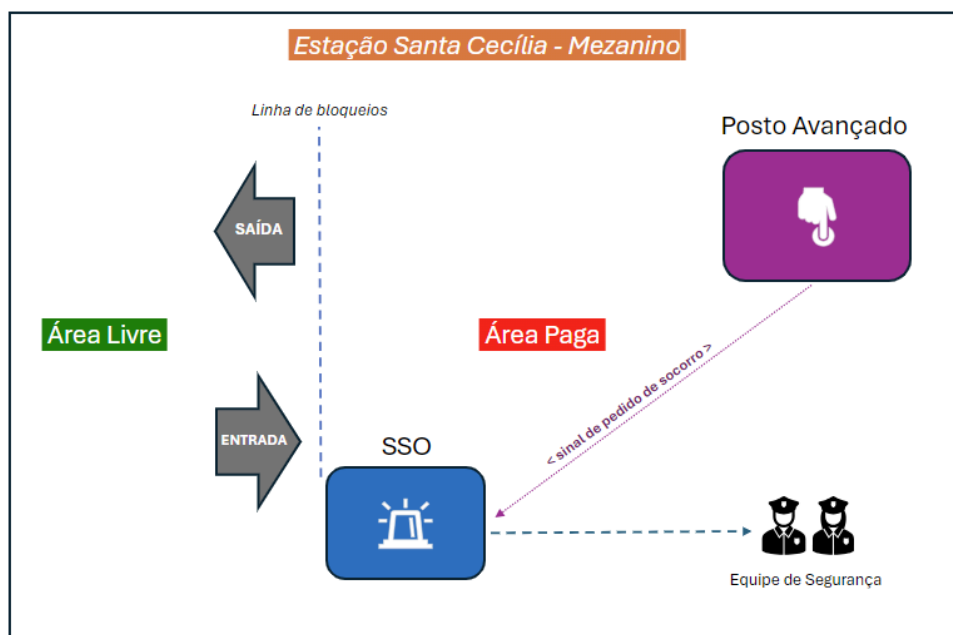


Figura 3 - Leiaute simplificado, representando o mezanino da estação e do processo. Fonte: O autor.

A ideia, por meio da IoT, é possibilitar a integração desse sistema com as operações do Centro de Controle de Segurança (CCS) para auxiliar em uma resposta coordenada e eficiente. O CCS, localizado no mesmo edifício do Centro de Controle Operacional (CCO), centraliza e coordena todas as ações de segurança no Metrô de São Paulo. O corpo técnico de supervisores de segurança atua em apoio às equipes locais, tanto em questões de segurança pública quanto operacional. Com uma futura implementação, o CCS poderá receber alertas através de uma tela de sistema ao mesmo tempo que a

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

equipe em campo, possibilitando acompanhar a situação em tempo real através do sistema de câmeras.



Figura 4 - Centro de Controle de Segurança (CCS). Fonte: arquivo do Metrô de São Paulo

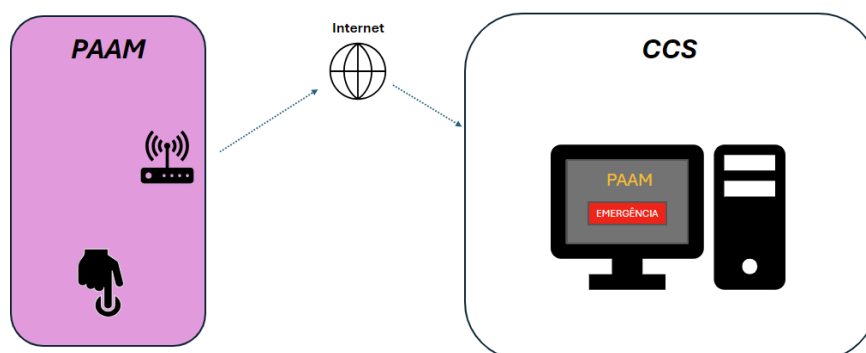


Figura 5 - Comunicação entre Posto Avançado e CCS. Fonte: O autor.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O sistema em si, foi pensado para funcionar de forma *wireless*, simplificando a questão de infraestrutura de cabos de comunicação. Durante o desenvolvimento do protótipo, pôde-se aproveitar o mesmo conceito já utilizado em um outro MVP que utilizava IoT. Havia dois dispositivos, que posteriormente serviram de modelo para o sistema de comunicação botão de pânico: um *endpoint* – envia informações do campo, por meio do LoRa e um *gateway* – interliga as redes LoRa e Wi-Fi, enviando a informação do campo para uma plataforma web de visualização de dados IoT. O aproveitamento desse mecanismo demonstra a versatilidade de adaptar uma tecnologia que utiliza IoT para uma finalidade diferente.



Figura 6 - Diagrama representando o fluxo de dados entre dispositivos e os meios pelos quais trafegam.

Fonte: O autor.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Pela lógica, o botão de pânico opera como endpoint, enquanto a central de alarme geralmente atuaria como gateway, no entanto, o botão desempenhou simultaneamente as funções de endpoint e gateway. É importante destacar que o botão de pânico forma um sistema integrado com a central de alarme. Como o processo de desenvolvimento da central de alarme foi bastante semelhante ao do botão, o foco será delimitado apenas no desenvolvimento do botão. Em relação às fases do Produto Mínimo Viável (MVP) do botão de pânico IoT, será descrita a seguir, a sequência do processo de desenvolvimento, abrangendo desde a identificação inicial da necessidade até a formalização e o planejamento para a escalabilidade do produto:

1. **Necessidade:** A identificação da necessidade levou a área responsável a destacar a importância de desenvolver um botão de pânico para o Posto Avançado de Atendimento às Mulheres (PAAM), com base nos desafios encontrados
2. **Visão do projeto:** O modelo de uma visão estruturada destaca as relações entre as partes interessadas, os recursos necessários e o fluxo de trabalho, conforme ilustrado no diagrama a seguir:

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

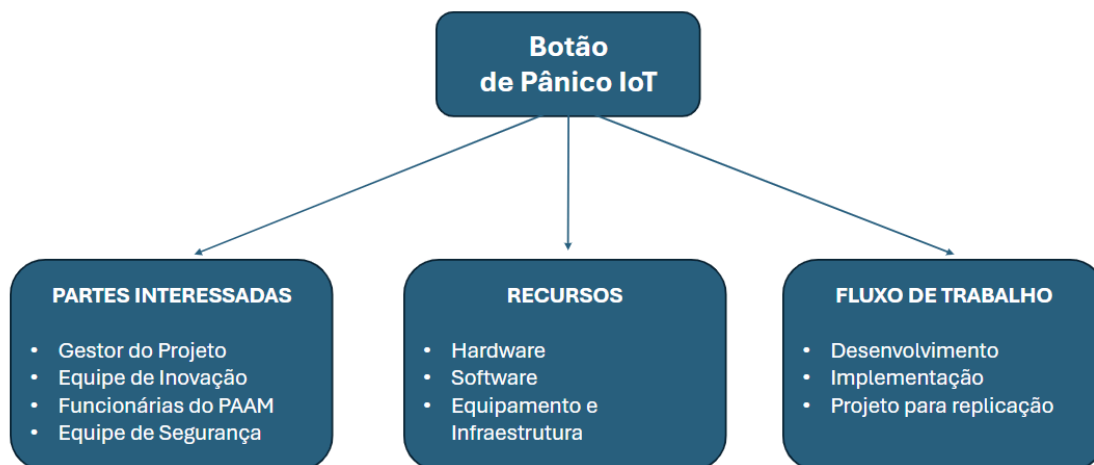


Figura 7 - Diagrama de Estrutura do Projeto Botão de Pânico IoT. Fonte: O autor.

O diagrama evidencia a sinergia entre as partes interessadas e os recursos essenciais, a fim de tangibilizar o desenvolvimento do Botão de Pânico IoT.

3. **Experiência do Usuário:** Durante a visita ao Posto Avançado, conversas com as funcionárias proporcionaram uma compreensão valiosa sobre suas necessidades, o cotidiano de trabalho, as dificuldades enfrentadas e as expectativas em relação ao produto. Essa interação foi essencial para alinhar o desenvolvimento do produto às demandas reais do usuário. Além disso, a visita



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

possibilitou a avaliação da infraestrutura existente, garantindo que fosse adequada para a futura instalação do produto.

4. **Mapeamento de Cobertura do Sinal LoRa:** Após a visita, foi realizada a análise da cobertura do sinal LoRa no mezanino da estação. Foram feitas marcações no mapa para indicar a intensidade do sinal: círculos verdes representam áreas com bom sinal, enquanto círculos vermelhos indicam ausência ou nível insuficiente de sinal. Este processo foi essencial para identificar pontos cegos ou zonas mortas, garantindo que a cobertura fosse adequada para o funcionamento do botão de pânico. Além disso, a documentação resultante serve como referência para futuras expansões, possibilitando a instalação de mais dispositivos, se necessário.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

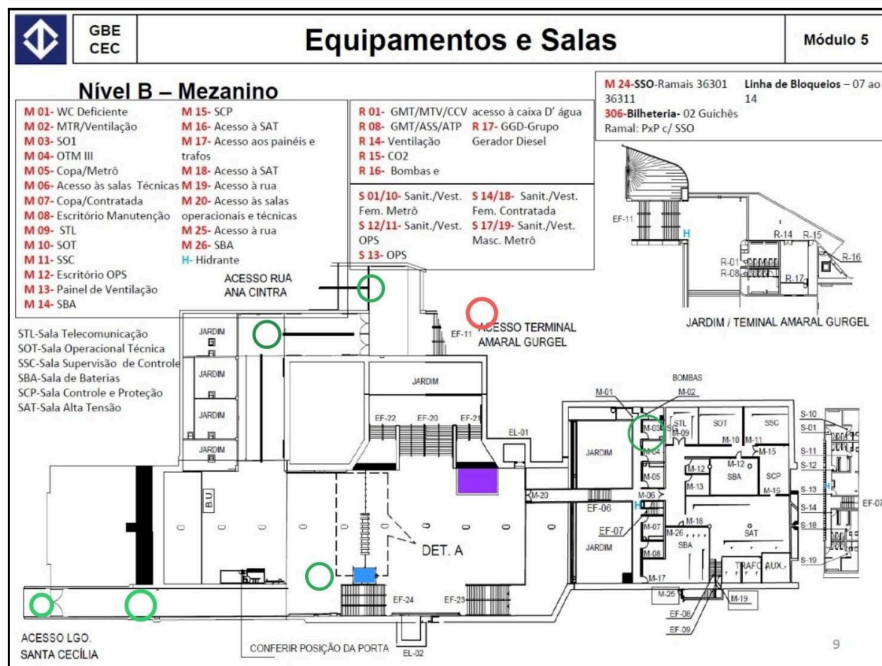


Figura 8 - Mapa ilustrando a distribuição e intensidade do sinal LoRa no mezanino da estação.

Fonte: O autor.

- Seleção de Componentes para o MVP:** Após as medições em campo, foram escolhidos os componentes necessários para desenvolver o hardware do MVP, que integra o sistema do Botão de Pânico e da Central de Alarme. Entre os diversos componentes eletrônicos que compõem ambos os sistemas, destaca-se a placa de desenvolvimento ESP32 LoRa V2, da fabricante Heltec, como componente central, conforme mostrada na figura a seguir:

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

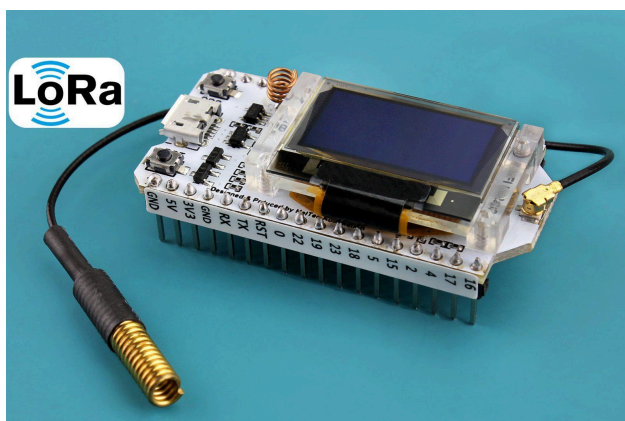


Figura 9 - Placa de desenvolvimento contendo o ESP32 com LoRa da Heltec. Fonte: O autor.

Esta placa possui um microcontrolador de alto desempenho e oferece conectividade avançada, incluindo Wi-Fi, Bluetooth e rádio LoRa, tornando-a ideal para aplicações IoT. A ESP32 LoRa V2 é a mesma placa utilizada no MVP que inspirou o projeto. O objetivo do MVP é precisamente avaliar se a solução atende aos propósitos estabelecidos antes da formalização e escalabilidade do projeto.

- 6. Desenvolvimento da Placa de Circuito Impresso:** Com os componentes selecionados, o próximo passo foi desenvolver o design do circuito eletrônico, que interliga os componentes e serve como a base estrutural para qualquer projeto eletrônico. Este processo foi realizado utilizando o software Easy EDA,

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

um serviço de design de circuitos eletrônicos e PCB, totalmente online e baseado em nuvem.

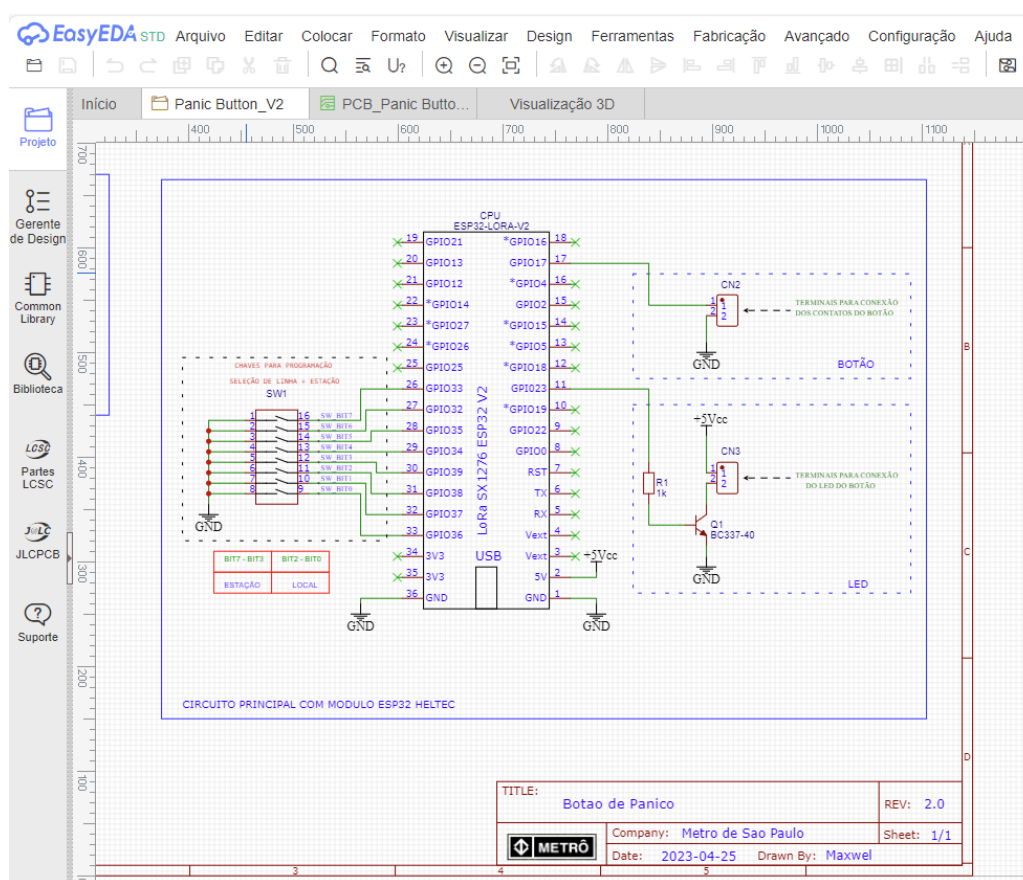


Figura 10 - Software Easy-EDA usado para desenvolvimento do circuito eletrônico.

Fonte: O autor.

O Easy EDA permite desenhar o circuito e transformá-lo em uma PCB, além de possibilitar a solicitação do serviço de fabricação diretamente pela plataforma, facilitando todo o processo desde o design até a produção.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

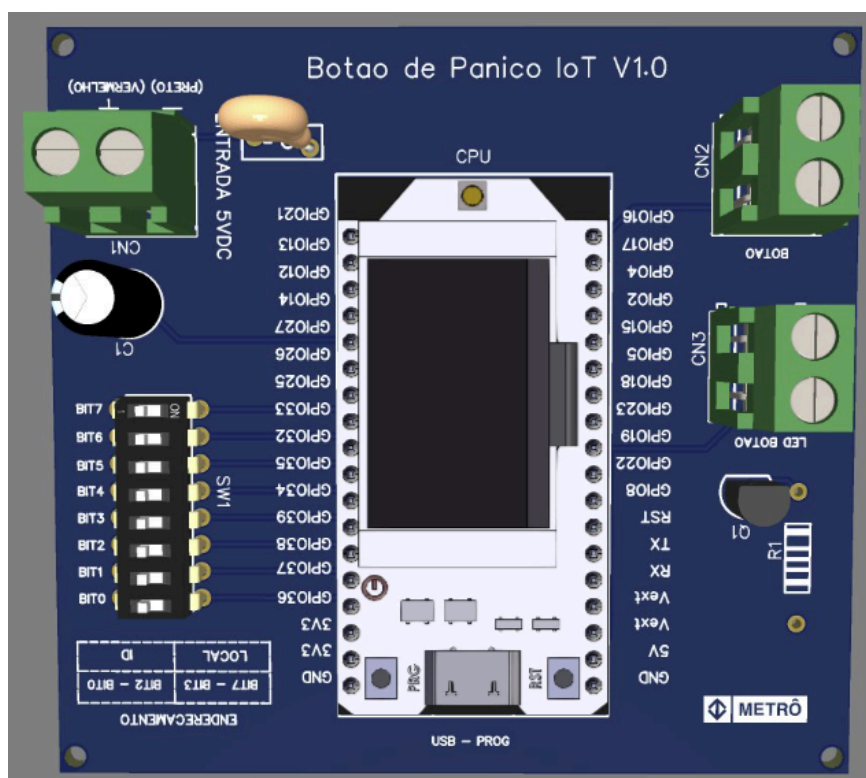


Figura 11 - Visão 3D da placa de circuito impresso visualizado pelo Easy EDA. Fonte: O autor.

Após a conclusão do design, os arquivos gerados pelo software foram enviados para a produção de placas protótipo, possibilitando a montagem e os testes subsequentes do sistema. Em menos de 15 dias após o pedido de produção, chegou um pequeno lote de 10 placas, sendo 5 para o botão e 5 para a central de alarme. Com a chegada das placas, os componentes foram reunidos e as

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

primeiras montagens foram realizadas para confecção e testes, conforme ilustrado na figura a seguir:

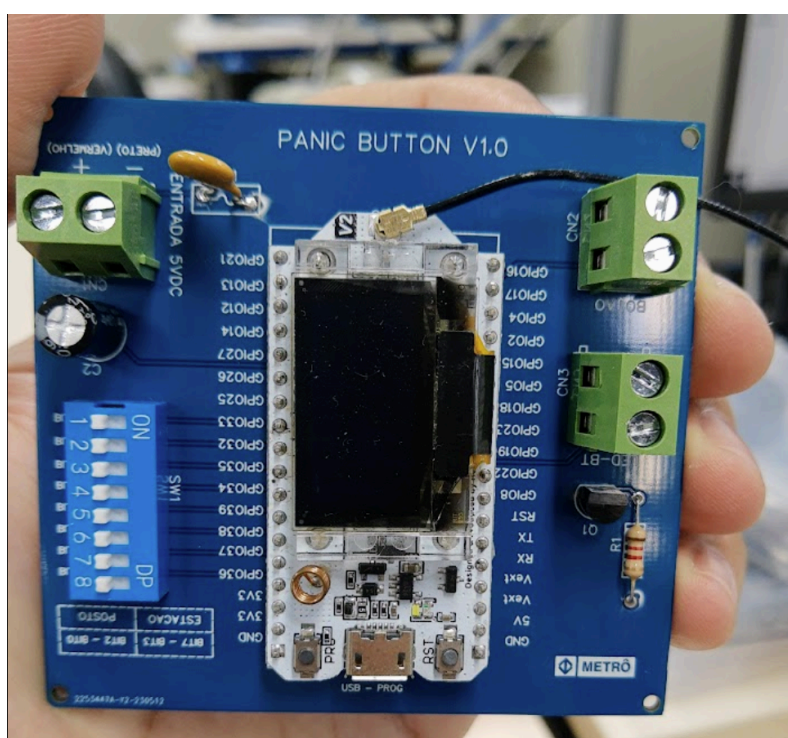


Figura 12 - Visão 3D da placa de circuito impresso. Fonte: O autor.

7. Montagem do Protótipo: Após a montagem e teste das placas, elas foram encapsuladas em uma caixa que não apenas protege os dispositivos, mas também define a forma final do produto. O dispositivo do botão de pânico foi colocado em uma caixa plástica com um botão de acionamento conectado à

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

placa. A unidade de alarme, também alojada em uma caixa, possui um alarme sonoro-luminoso e um botão para reconhecimento e silenciamento do alarme.

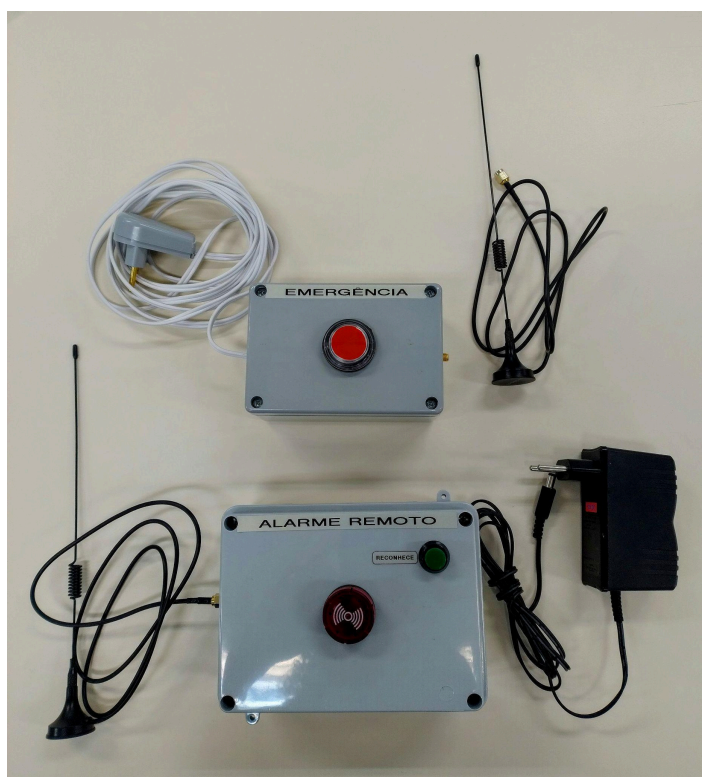


Figura 13 - Conjunto do MVP formato por Botão de Pânico e Alarme Remoto IoT. Fonte: O autor.

- 8. Testes do MVP e instalação do produto:** Após a construção do MVP, foram realizados testes de comunicação no local, que incluíram o acionamento do botão instalado no posto e a resposta da central de alarme ao receber o sinal de ajuda na SSO. Esses testes foram essenciais para avaliar o desempenho do

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

sistema e para identificar possíveis melhorias. Com os ajustes concluídos, o produto foi instalado de forma definitiva no Posto Avançado. Um contato também foi disponibilizado para eventuais dúvidas e suporte. As figuras a seguir ilustram os dispositivos instalados:



Figura 14 - Botão de Pânico no interior do Posto Avançado. Fonte: O autor.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

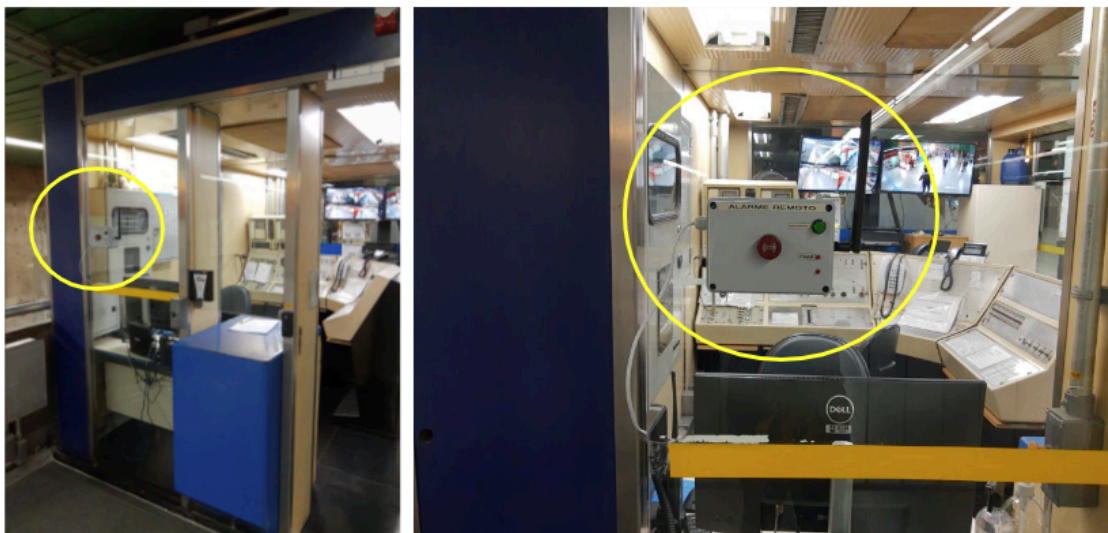


Figura 15 - Módulo de Alarme Remoto instalado na SSO da Estação Santa Cecília. Fonte: O autor.

9. **Formalização do Projeto:** Finalmente, o MVP foi transformado em um projeto seguindo os procedimentos tradicionais. Esta fase incluiu a criação de um documento detalhado, abrangendo as especificações técnicas, a elaboração de uma lista de materiais e a precificação do produto para a produção em escala. É importante ressaltar que, embora o MVP tenha sido frequentemente referido como "projeto" ao longo do texto, ele inicialmente serviu como uma versão preliminar para testar a viabilidade e a adequação às necessidades.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Após a formalização, a documentação é enviada ao Departamento de Engenharia e submetida para aprovação.

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A implementação do sistema Botão de Pânico no Metrô de São Paulo provou ser uma solução eficaz e economicamente viável para os desafios de segurança pública enfrentados pela empresa. O projeto evoluiu de uma ideia inicial para um Produto Mínimo Viável (MVP) e, em seguida, para um sistema robusto, com os seguintes resultados:

1. **Assertividade e Agilidade:** O atendimento foi aprimorado ao ser direcionado de acordo com a localização do botão, eliminando a dependência exclusiva de comunicação verbal ou física e aumentando a eficácia do atendimento.
2. **Inovação Interna:** O desenvolvimento interno do projeto aumentou a expertise da equipe em tecnologias IoT, fortalecendo a capacidade de inovação da companhia. A equipe técnica envolvida adquiriu novas habilidades e conhecimentos, permitindo que o Metrô de São Paulo continue a inovar e melhorar seus processos internos.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Nos primeiros 60 dias após a instalação do sistema, houve um incidente em que o botão foi utilizado e a equipe de segurança respondeu prontamente, comprovando a eficácia do sistema. Além disso, foi implementado um plano de testes rotineiros, no qual o supervisor da estação, juntamente com as funcionárias do Posto, verificava o funcionamento do equipamento ao final de cada turno.

Perspectivas de Expansão: A implementação de uma rede de botões de pânico estrategicamente posicionados nas plataformas, escadas e outras vias de acesso da estação pode ajudar a direcionar o atendimento prioritário em situações adversas. Isso é especialmente importante durante grandes eventos na cidade, quando há um aumento na demanda por transporte e segurança, aumentando o risco de incidentes.

Nesta fase, o projeto se concentrou na implementação local do dispositivo de botão de pânico para atender às necessidades imediatas do Posto Avançado de Atendimento às Mulheres (PAAM). Embora a integração do sistema com o Console de Segurança tenha sido considerada, não houve tempo hábil para sua realização nesta fase inicial, pois os esforços estavam focados nos testes e implementação local. No entanto, essa integração continua sendo uma prioridade futura, pois permitirá uma resposta ainda mais rápida e coordenada às emergências, ao conectar o botão de pânico diretamente ao Centro de Controle de Segurança (CCS).



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Esforços Futuros:

- **Integração com o CCS:** Desenvolver uma interface para que os alertas do botão de pânico possam ser monitorados em tempo real pelo Centro de Controle de Segurança, permitindo uma coordenação mais eficiente das respostas de emergência.
- **Expansão do Sistema:** Avaliar a escalabilidade do sistema para outras estações e locais de alta demanda, como eventos de grande porte e áreas de grande concentração de pessoas.
- **Treinamento e Capacitação:** Desenvolver programas de treinamento para os funcionários envolvidos com o atendimento ao público, garantindo que todos estejam preparados para operar o sistema e responder adequadamente em caso de emergência.
- **Análise de Dados e Feedback:** Coletar e analisar dados de uso do sistema para identificar áreas de melhoria e adaptar as soluções às necessidades reais dos usuários. O feedback contínuo ajudará a refinar o sistema e garantir que ele continue a atender de forma eficaz às demandas de segurança.

Em resumo, o projeto de implementação do Botão de Pânico no Metrô de São Paulo representa um avanço significativo na segurança pública, demonstrando o potencial da



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

tecnologia IoT para transformar a maneira como as emergências são geridas no ambiente metroviário. A continuidade deste trabalho poderá abrir caminho para inovações ainda mais significativas no setor de transporte público.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MCKINSEY & COMPANY. **IoT value set to accelerate through 2030: Where and how to capture it.** Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/iot-value-set-to-accelerate-through-2030-where-and-how-to-capture-it>. Acesso em: 9 jul. 2024.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Postos Avançados.** Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/direitos_humanos/mulheres/index.php?p=336487. Acesso em: 9 jul. 2024.

IBM. **Internet of Things.** Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/topics/internet-of-things>. Acesso em: 9 jul. 2024.

METRÔ DE SÃO PAULO. **Manual do Corpo de Segurança.** São Paulo, 2023. Documento Interno.

PLARGUE DOCTOR. Disponível em: <https://www.facebook.com/PlargueDoctor/>. Acesso em: 1 ago. 2024.