

**Desenvolvimento de um sistema de controle e monitoramento de materiais do almoxarifado do Centro de Ensino e Instrução do CBPMPR, baseado na perspectiva de internet das coisas (IOT) com a utilização de microcontroladores ESP32, sensores de rádio frequência (RFID) e gerenciamento por software WEB**

**Development of a control and monitoring system of materials in the teaching and instruction center's warehouse of the Paraná State Fire Department, based on the internet of things (IOT) perspective using ESP32 microcontrollers, radio frequency sensors (RFID) and management by WEB software**

DOI:10.34117/bjdv8n3-199

Recebimento dos originais: 14/02/2022

Aceitação para publicação: 16/03/2022

**Lucas Henrique Alves da Rosa Gross**

2º Tenente do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná

Bacharel em Engenharia Civil pela UniOpet

Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná

E-mail: lucas.gross@bm.pr.gov.br

**RESUMO**

O Centro de Ensino e Instrução (CEI) é o órgão encarregado de desempenhar a formação técnica e a instrução dos bombeiros militares do Estado do Paraná, e por influência desta atribuição, conta com uma grande gama de materiais operacionais, que são atualmente armazenados e organizados em um almoxarifado, local que requer a aplicação de uma gestão eficiente e ágil. Diante deste cenário, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema tecnológico e informatizado que aperfeiçoasse a gestão, o monitoramento e o controle de tais materiais. Os objetivos foram concretizados por meio da implantação de um sistema global composto por dois subsistemas, que contou com a associação de componentes eletrônicos, tais como microcontroladores do tipo ESP32 vinculados a periféricos baseados em tecnologia RFID comunicados por meio de rede Wi-Fi com um servidor com capacidade de tratar dados e armazená-los em um banco de dados. O projeto demonstrou eficiência e implementação viável, emergindo como uma boa solução para a gestão de materiais.

**Palavras-chave:** almoxarifado, gestão de materiais, corpo de bombeiros, rfid, esp32, internet das coisas.

**ABSTRACT**

The Teaching and Instruction Center is the Unity in charge of carrying out the technical training and instruction of the Paraná State Fire Department, and due to this attribution, it has a wide range of operational materials, which are currently stored and organized. in a warehouse, a place that requires the application of efficient and agile management. Given this scenario, this work aimed to develop a technological and computerized system that would improve the management, monitoring and control of such materials. The objectives were achieved through the implementation of a global system composed of two subsystems, which had the association of electronic components, such as ESP32 type microcontrollers linked to peripherals based on RFID

technology, communicated through a Wi-Fi network with a server capable of handling data and storing it in a database. The project demonstrated efficiency and viable implementation, emerging as a good solution for materials management.

**Keyword:** warehouse, materials management, fire department, rfid, esp32, internet of things.

## 1 INTRODUÇÃO

O Centro de Ensino e Instrução (CEI) do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná (CBPMPR) é atualmente, conforme a Lei Estadual nº 16.575, de 28 de setembro de 2010 (Lei de Organização Básica da PMPR), o órgão encarregado de desempenhar a formação técnica e a instrução de manutenção e atualização dos bombeiros militares do Estado do Paraná. Além das atribuições expressamente definidas na referida legislação, o CEI tem se destacado não somente em âmbito institucional, mas também perante outras instituições semelhantes do país, pelo desenvolvimento de diversos cursos de especialização e capacitação voltados às inúmeras áreas de atuação do CBPMPR, dentre os quais se evidenciam aqueles voltados às atividades operacionais, que têm sua relevância alavancada com a modernização dos equipamentos e com a evolução das técnicas e táticas aplicadas às diversas atividades do Corpo de Bombeiros.

De forma a dar suporte logístico e didático a todas as atividades de ensino e instrução desenvolvidas pelo CEI, a unidade de ensino possui uma gama de materiais operacionais estruturada com a finalidade de uso de pronto emprego didático, contando com diversos equipamentos e ferramentas relacionados às mais variadas áreas de atuação do Corpo de Bombeiros. Estes materiais estão dispostos em um almoxarifado, que atualmente é gerenciado manualmente através de planilhas de controle de patrimônio, sendo que a movimentação dos materiais (controle de entrada e saída) é realizada por documentos denominados de “cautelos”, que atualmente são elaborados de maneira totalmente manual pelos gestores do almoxarifado. O processo atual de controle e gestão dos materiais apresenta alguns pontos de fragilidade, já sendo detectadas falhas devidas à falta de integração com outros sistemas, além do aspecto subjetivo de cada um dos gestores, ou seja, a suscetibilidade de falha humana.

Ao analisar a importância estratégica da gestão das reservas de materiais operacionais em uma instituição bombeiro-militar, Souza (2018) aponta que o almoxarifado compreende um dos setores que mais requerem atenção, o que se deve ao fato de que dele advém o suprimento das necessidades operacionais e administrativas da unidade, e consequentemente falhas na sua gestão podem comprometer determinados processos, como corrobora Paoleschi (2018).

Outras corporações com características semelhantes ao CBPMPR, tais como o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF), já vislumbraram os potenciais problemas institucionais causados pela má gestão de seus almoxarifados, dentre os quais a falta de controle de entrada e saída, o desaparecimento de materiais e o descontrole de estoque se destacam como os mais graves, conforme apontam Mendonça, Faria e Passarinho (2017). Os autores abordam o tema pela ótica, ainda, de que estes problemas têm potencial de impactar de maneira negativa as atividades finalísticas em si do Corpo de Bombeiros, tais como o atendimento adequado a uma ocorrência, por exemplo, considerando que os problemas inerentes ao gerenciamento de materiais podem afetar a fase pré-socorro do atendimento a um incidente, prejudicando toda a cadeia de ações subsequentes.

Conforme elencado por Resende *et al.* (2021), o gerenciamento da armazenagem de materiais em geral por meio de sistemas informatizados encontra um grande obstáculo para a implantação efetiva nos altos custos de implementação e a necessidade de profissionais qualificados e capacitados para o seu desenvolvimento. Entretanto, os autores apontam que tecnologias e plataformas computacionais de baixo custo e fácil acesso comercial têm surgido nos últimos anos, possibilitando a implementação de metodologias de gerenciamento de ativos mais modernas e inteligentes.

Galko *et al.* (2021) abordam como a principal tecnologia emergente nesse sentido os sistemas de Identificação por Rádio Frequência (RFID – “*radio frequency identification*”), inclusive com aplicações concretas à dinâmica de estoque e uso de materiais do Corpo de Bombeiros. De acordo com os autores, esta tecnologia é caracterizada pela identificação de objetos com o uso de ondas eletromagnéticas, onde diversas informações relativas a um determinado material operacional podem ser alocadas em pequenos *chips* (denominados de “*tags*”), os quais são fixados nos objetos na forma de etiquetas, possibilitando que dispositivos específicos possam ler e gravar estas informações armazenadas em cada material. Cada *tag* é identificada sistematicamente por um número único, permitindo que um banco de dados trabalhe com as informações transmitidas e captadas, apresentando importantes relatórios de gestão, tais como a presença ou não do material no interior do almoxarifado, os seus históricos de movimentação, dados relevantes sobre manutenções necessárias e controle de vida útil, dentre outras variadas possibilidades.

Outra aplicação que se mostra extremamente relevante e alinhada aos propósitos do presente estudo é apresentada por Rodrigues (2020), onde a tecnologia RFID é utilizada para desempenhar o controle de acesso às dependências de um almoxarifado de materiais bélicos de uma instituição militar incrementando a segurança do ambiente, de forma que a tecnologia, ao

ser aliada com princípios de dispositivos baseados em IoT (“*Intenet of Things*” – Internet das Coisas) com a armazenagem de informações em bancos de dados em nuvem, possibilitou a implementação de um controle preciso de entrada e saída de pessoas no ambiente de armazenagem de materiais.

Corroborando com os benefícios da implementação de um sistema de gerenciamento de materiais com o uso da tecnologia RFID, Mendonça, Faria e Passarinho (2017) indicam que o uso da tecnologia no gerenciamento de almoxarifados do Corpo de Bombeiros tem elevado potencial de facilitar o monitoramento da necessidade de manutenção preventiva dos materiais, de proporcionar um efetivo controle de entrada e saída de itens, bem como monitorar a localização de objetos de maneira mais precisa, além de facilitar, ainda, a auditoria do inventário, gerando celeridade na tomada de decisões referentes ao gerenciamento do almoxarifado.

Assim, considerando a relevância da aplicação de tecnologias economicamente viáveis e acessíveis para soluções de controle e monitoramento de bens dos almoxarifados do Corpo de Bombeiros, vem à tona a possibilidade de melhoria dos serviços desempenhados a baixos custos, de forma que este trabalho tem por escopo a aplicação de elementos *open source* (*hardwares* e *softwares*) com o fito de profissionalizar ainda mais a questão do gerenciamento de materiais do almoxarifado do CEI de maneira eficiente.

Para se materializar a concepção do sistema para controle, gerenciamento e monitoramento da gama de materiais do almoxarifado de ensino do CEI, foi desenvolvido um projeto que considerou a aplicação da tecnologia de RFID para fins de controle de acesso nas dependências do almoxarifado, bem como a classificação e catalogação dos materiais operacionais, de forma que estes fossem monitorados constantemente com o auxílio desta tecnologia. O projeto foi validado pela construção de um protótipo, que ao ser conectado à internet por meio de *hardwares* específicos integrados com o desenvolvimento *back-end* e *front-end* de um sistema de gerenciamento integrado a um banco de dados, proporcionou a extração de relatórios funcionais de controle e gestão dos materiais operacionais.

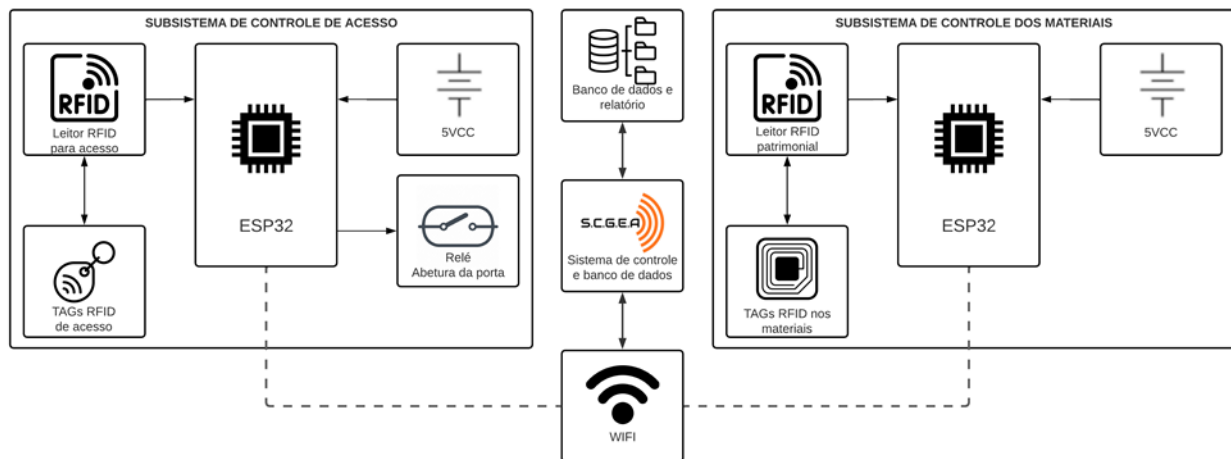
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A concretização do presente estudo se deu pela realização de diversas pesquisas cujo objetivo foi a seleção do método de monitoramento e controle dos materiais do almoxarifado do Centro de Ensino e Instrução do CBPMPR com o melhor custo-benefício, considerando a melhor eficiência e eficácia possíveis.

A construção do protótipo objetivou o desenvolvimento de um sistema capaz de gerenciar o controle de acesso ao almoxarifado, bem como o cadastro dos materiais com a finalidade de

acompanhamento em tempo real da retirada e retorno dos equipamentos por meio da identificação por radio frequência. O diagrama de blocos apresentado na Figura 1 proporciona a visualização de um panorama geral do sistema.

Figura 1 – Diagrama de blocos do sistema geral, composto pelo subsistema de controle de acesso, integrado ao subsistema de controle dos materiais



Fonte: O autor (2022)

De acordo com Rausand e Oien (2016), os diagramas de blocos são redes que mostram conexões lógicas entre diversos componentes que convergem para o funcionamento adequado de um determinado sistema ou processo. Conforme os autores, estes diagramas são bastante utilizados por profissionais de análises de confiabilidade, pois proporcionam fácil visualização global dos componentes do sistema, além de serem construídos de forma simples.

A interpretação da Figura 1 demonstra que o sistema proposto é composto por dois subsistemas principais: o **subsistema de controle de acesso** (SCA) ao almoxarifado e o **subsistema de controle dos materiais** (SCM) em si, sendo que ambos são integrados por meio de uma rede de internet Wi-Fi, que capta os dados advindos dos microcontroladores e os trata construindo um banco de dados que proporciona agilidade nas gestões logísticas do almoxarifado, e consequentemente o acompanhamento em tempo real dos acessos realizados no ambiente e dos materiais presentes ou não no estoque.

O SCA tem por objetivo restringir o acesso ao almoxarifado, de maneira que cada bombeiro militar integrante da seção responsável pela gestão de materiais do CEI recebeu uma *tag*, que ao ser posicionada nas proximidades do leitor de RFID instalado na porta, o microcontrolador do tipo ESP32, que gerencia todos os periféricos, envia um pulso através de uma porta lógica para um relé eletromecânico, o qual ativa a abertura de uma fechadura permitindo o acesso do usuário no ambiente. O princípio da Internet das Coisas (IoT) está

presente no projeto devido ao fato de que, assim que uma *tag* de usuário previamente cadastrada é posicionada no leitor de RFID, o ESP32 envia informações a um servidor com os dados do acesso (usuário, data e hora), os quais ficam registrados no sistema batizado de S.C.G.E.A. (Sistema de Controle e Gestão de Estoque do Almoxarifado).

Já o SCM é composto por outro microcontrolador do tipo ESP32, vinculado a um *display* LCD e um leitor de RFID, que é responsável pelo cadastro e controle dos materiais presentes no almoxarifado, aos quais foram fixadas *tags* RFID, que vinculam informações importantes de cada equipamento. As *tags* fixadas nos materiais, ao serem lidas pelo SCM criam requisições no servidor, o qual trata as informações construindo os bancos de dados e proporcionando três ações principais: o cadastro de novos materiais (*tags*), o registro de retirada de determinado material do almoxarifado (como para fins de empréstimo ou uso em determinadas atividades de ensino, por exemplo), e o registro de retorno deste material ao estoque. Todas as leituras realizadas são agregadas a informações data/hora, o que proporciona uma gestão precisa e um controle logístico refinado.

A integração do SCA com o SCM é fundamental, pois assim que um usuário adentra ao almoxarifado, o servidor realiza automaticamente o seu *login* no sistema, e a partir de então todos os materiais cadastrados, retirados ou devolvidos ao almoxarifado ficam vinculados a essa pessoa. Quando este gestor sai do ambiente, ao aproximar a *tag* novamente do leitor RFID presente na porta, o sistema realiza o seu *logout*, finalizando a sessão. Desta forma, o controle dos materiais atinge o nível jamais alcançado pelo controle físico, pois todas as ações são rastreadas eletronicamente e vinculadas necessariamente a um gestor detentor de uma *tag* de acesso. Todas estas informações ficam armazenadas no sistema S.C.G.E.A., proporcionando ao gestor principal do almoxarifado o acesso rápido e com precisão aos dados cruciais do seu estoque.

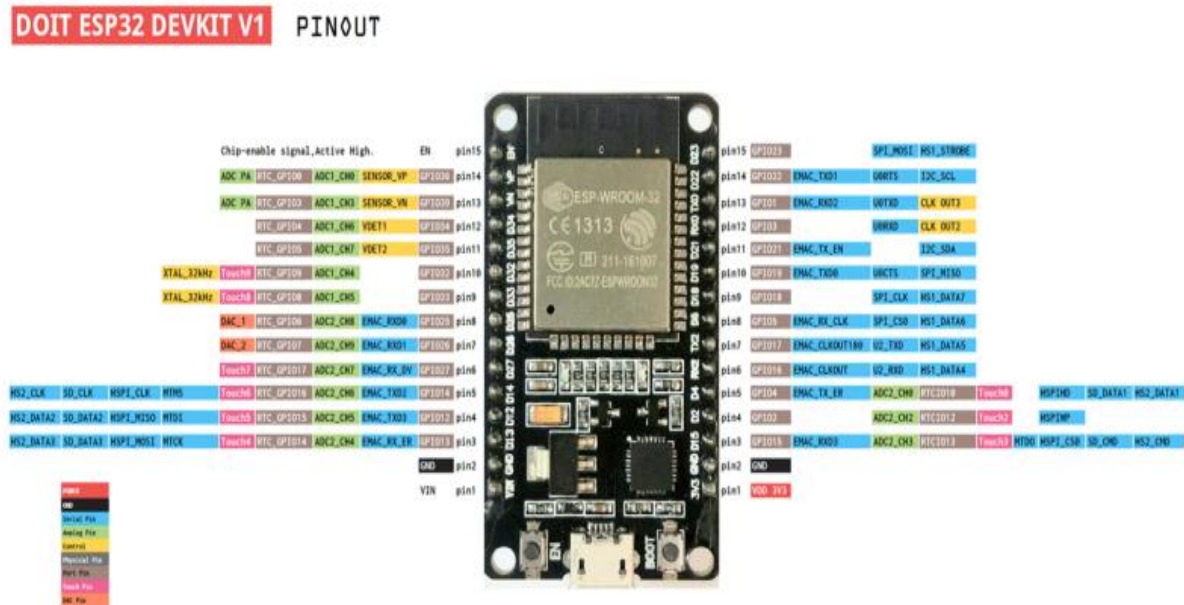
Todo o sistema foi construído e desenvolvido sob a ótica da utilização de materiais funcionais e de baixo custo, o que proporcionaria a utilização em massa nos aquartelamentos de interesse por todo o CBPMPR e demais instituições semelhantes. Assim, as características técnicas e peculiaridades de cada um dos principais componentes eletrônicos do sistema serão apresentadas a seguir.

O “cérebro” tanto do SCA quanto do SCM é a placa de desenvolvimento ESP32, que de acordo com Kurniawan (2019), é uma plataforma de prototipagem eletrônica caracterizada por ser um *hardware* livre, desenvolvido pela empresa *Espressif Systems*. Segundo Oliveira (2018), esta placa tem aplicações muito abrangentes nos projetos de IoT, pois “não necessita de nenhum modulo adicional para ter conexão com a internet sendo que ele já vem com Bluetooth e Wi-fi



integrado”. A ilustração e a pinagem das placas ESP32 utilizadas neste projeto são apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Ilustração e pinagem do ESP32



Fonte: Oliveira (2018)

Segundo Gonçalves (2019), com relação aos seus protocolos de comunicação, o ESP32 tem suporte UART, SPI e I2C, além de outros recursos e componentes que o diferenciam de outros microcontroladores presentes no mercado, principalmente no quesito custo-recurso.

Já com relação à identificação dos usuários pelo SCA e a identificação, registro e controle dos materiais pelo SCM, foram utilizadas as *tags* que operam com frequência fixa de 13,56 MHz e módulos de leitura RFID do tipo RC522, com semelhança ao feito por Resende *et al.* (2021). O modelo de *tag* utilizada e o módulo RC522 estão ilustrados na Figura 3.

Figura 3 – Tags RFID de 13,56 MHz e módulo RFID-RC522

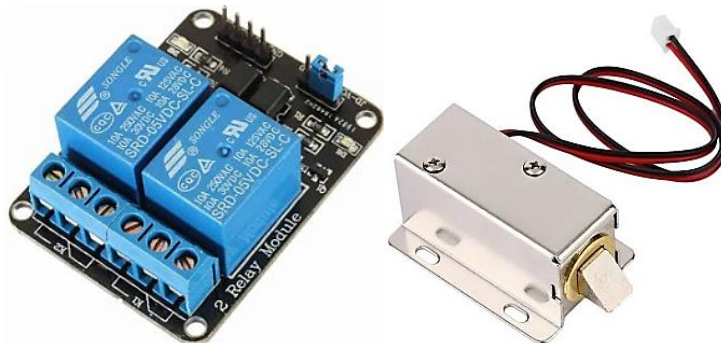


Fonte: Gonçalves (2019)

Como pontua Pedro (2008), a identificação de objetos por meio da tecnologia RFID pode ser realizada de várias maneiras, entretanto, neste estudo foi utilizada a lógica de reconhecimento de materiais pela identificação de um número serial presente em cada uma das *tags*, o qual as torna únicas e diferenciáveis. No sistema empregado, os leitores enviam ondas de rádio que são captadas pelas *tags* compatíveis (que possuem frequência de trabalho de 13,56 MHz). As *tags* “respondem” a este sinal de rádio, retornando a informação com os dados de sua identificação. Assim, ao receber esses dados, o leitor envia a mensagem para o ESP32, que por sua vez se comunica via internet Wi-Fi com o servidor, que trata as informações recebidas armazenando os registros no banco de dados do sistema.

Outro componente essencial para o funcionamento pleno do sistema, principalmente com efeitos no SCA, é o conjunto formado pelo relé eletromecânico e pela fechadura elétrica, os quais são ligados diretamente a uma porta lógica (saída digital) do microcontrolador ESP32. O módulo do relé eletromecânico, conforme Resende *et al.* (2021) realiza a interface entre um solenoide da fechadura elétrica, que opera com a tensão de 12VCC, e a porta lógica do ESP32, que por sua vez opera na tensão de 3,3VCC. Módulo relé e a fechadura elétrica estão ilustrados na Figura 4.

Figura 4 – Módulo relé eletromecânico de dois canais e fechadura elétrica solenoide FEC-91

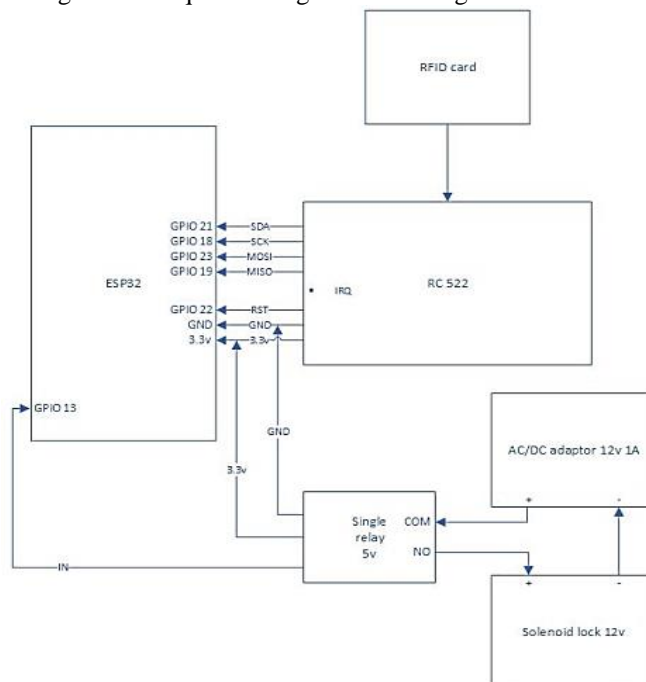


Fonte: Donato (2019)

Com relação às ligações dos componentes tanto do SCA quanto do SCM, foi realizado o procedimento semelhante ao descrito por Wibisono *et al.* (2020), conforme se observa no diagrama de blocos da Figura 5. Tanto o SCA quanto o SCM tiveram seus componentes conectados da maneira como descrito pelos supramencionados autores, com a diferença de que no SCM não se utilizou, logicamente, do módulo relé e fechadura, tendo sido idênticas as ligações entre o ESP32 e os sensores leitores de RFID em ambos os subsistemas.



Figura 5 – Esquemático geral de montagem do sistema



Fonte: Wibisono *et al.* (2020)

Resende *et al.* (2021) aponta a possibilidade de programação do microcontrolador ESP32 com a utilização de várias linguagens de programação, e consequentemente por meio de diversos ambientes de desenvolvimento integrado (IDE). Nesse sentido, o ESP32 se diferencia dos demais microcontroladores do mercado pelo fato de que sua fabricante não disponibiliza uma IDE específica para o desenvolvimento e compilação de seus códigos, o que agrega o ponto positivo de que podem ser utilizadas as IDEs que melhor se adaptem à experiência do programador. No desenvolvimento deste estudo, foi utilizada a IDE do *software PyCharm*, associada à extensão Plataforma IO no *Visual Studio Code*, tendo sido escolhido este conjunto por proporcionar inúmeros recursos de interesse, tais como as bibliotecas e funções aplicadas ao ESP32 na linguagem C++.

A essência do sistema desenvolvido é a utilização da comunicação Wi-Fi entre os microcontroladores ESP32 presentes no SCA e no SCM com o servidor para que as informações captadas pelos sensores periféricos sejam relatadas e consequentemente tratadas e armazenadas no banco de dados do sistema S.C.G.E.A., e para que isso fosse possível, foi utilizado o módulo de Wi-Fi integrado dos microcontroladores ESP32, em conjunto com as configurações padronizadas trazidas pelas bibliotecas livres disponíveis para a programação desta conexão. A Figura 6 apresenta fração do código do SCA que ilustra o modo de configuração da conexão entre o controle de acesso da porta e o servidor, por meio da internet.

Figura 6 – Fração do código de programação do ESP32 do SCA referente à comunicação Wi-Fi com o servidor

```
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <MFRC522.h>
#include <base64.h>
#include <rBase64.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define SS_PIN 14
#define RST_PIN 27

MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); // Cria instancia de MFRC522
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
rBase64Generic<250> Bas64d;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  SPI.begin(); // Inicia SPI bus
  mfrc522.PCD_Init();
  lcd.begin();
  lcd.setBacklight(HIGH);

  WiFi.begin(ssid, password);
  Serial.println("Connecting");
  while(WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Conectando na");
    lcd.setCursor(5,1);
    lcd.print("rede");
  }
  lcd.clear();
  Serial.println("");
  Serial.print("Connected to WiFi network with IP Address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());

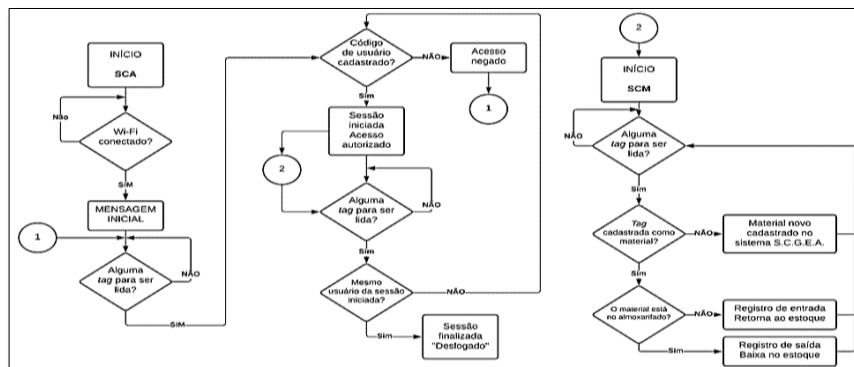
  Serial.println("Timer set to 5 seconds (timerDelay variable), it will take 5 seconds before publishing the first reading.");
}
```

Fonte: O autor (2022)

A conexão por meio da internet entre os componentes físicos instalados no SCA e no SCM com o servidor do sistema S.C.G.E.A. foi utilizada, basicamente, para o desempenho de funções cruciais de todo o processo, tais como a consulta no banco de dados da compatibilidade da *tag* aproximada do leitor RFID com algum dos usuários previamente cadastrados no banco de dados, bem como, no SCM, para a consulta nas tabelas do sistema referentes ao *status* de determinado material (se ele está no interior do almoxarifado, ou não, por exemplo).

Sendo assim, o funcionamento de todo o sistema de gerenciamento pode ser melhor entendido com a leitura do fluxograma apresentado na Figura 7, onde as funções desempenhadas por cada componente seguem as condições lógicas estruturadas no fluxograma.

Figura 7 – Fluxograma do código compilado no sistema, demonstrando o funcionamento conjunto do SCA e SCM



Fonte: O autor (2022)

Assim que o sistema é iniciado, através do fornecimento de energia pela rede aos equipamentos instalados na porta (SCA), bem como ao equipamento responsável pelo SCM, ambos os ESP32 estabelecerão conexão com a rede Wi-Fi do almoxarifado. Em ambos os casos, obtendo êxito na conexão com a rede, os módulos apresentarão em um *display* LCD integrado as mensagens de “Conectando na rede” e na sequência “Aproxime a *tag* do leitor”. Após esta etapa, com a conexão estabelecida, inicia-se um *loop* em busca de *tags* que estejam previamente cadastradas no banco de dados do sistema (para o caso dos usuários - SCA). Assim que uma *tag* válida é aproximada do leitor, ao reconhecê-la, o sistema aciona por um tempo determinado o destravamento da porta e autoriza o acesso ao ambiente, iniciando a sessão daquele usuário.

Enquanto a sessão do usuário está ativa, inicia-se a utilização do equipamento responsável pelo SCM, que é composto, como dito anteriormente, por um ESP32 em conjunto com outro leitor RFID e *display* LCD. Ao ser aproximado de uma *tag* fixada em um determinado equipamento do almoxarifado, é seguida a rotina descrita no item 2 do fluxograma lógico (Figura 7), de forma que se o item for até o momento desconhecido, um novo cadastro no sistema é criado, e o material pode ser editado manualmente no sistema com suas informações de cadastro. Se o item lido for um equipamento já cadastrado, é dada a baixa no estoque. Se for um item cadastrado que já esteja fora do estoque, o material é retornado para o *status* “em estoque” no banco de dados do almoxarifado.

Toda a interação entre os equipamentos físicos utilizados no desenvolvimento do projeto é realizada por meio de um servidor e do sistema S.C.G.E.A., que foi desenvolvido e estruturado de forma que o seu *back-end* se baseou em no *framework* (conjunto de bibliotecas e ferramentas que são padronizadas para uso em determinada linguagem de programação) de *python* chamado Django e o *front-end* foi montado com base em Javascript, JQuery e CSS. De acordo com Santiago *et al.* (2020) o uso do Django para a estruturação de um *back-end* apresenta diversas vantagens, pelo fato de este *framework* ser altamente personalizável e escalável, além de contar com uma comunidade de desenvolvedores extensa, sendo, ainda, de código aberto e gratuito. Já com relação ao banco de dados do sistema, foi utilizado o *software* MySQL. A Figura 8 exemplifica parte do código da programação do sistema que faz com que os dados captados pelo ESP32 sejam tratados.

Figura 8 – Trecho da programação do sistema que recebe por meio de uma URL os dados do ESP32 e os trata

```
from AlmoXProject.master import basic_decode
from AlmoXProject.models.aux_user import AuxUser
from AlmoXProject.models.item_almoX import ItemAlmoX

@csrf_exempt
def esp_session(request, encode):
    if request.method == 'POST':
        body = basic_decode(encode)

        item = ItemAlmoX.objects.filter(id_rfid=body['id'])[1:].upper().last()
        user = get_user_session()

        if item is not None:
            if item.available:
                item.data_last_alt = datetime.now()
                item.available = False
            if user is not None:
                item.id_user = user.id_user
        else:
            item.data_last_alt = datetime.now()
            item.available = True
            if user is not None:
                item.id_user = user.id_user

        item.save()

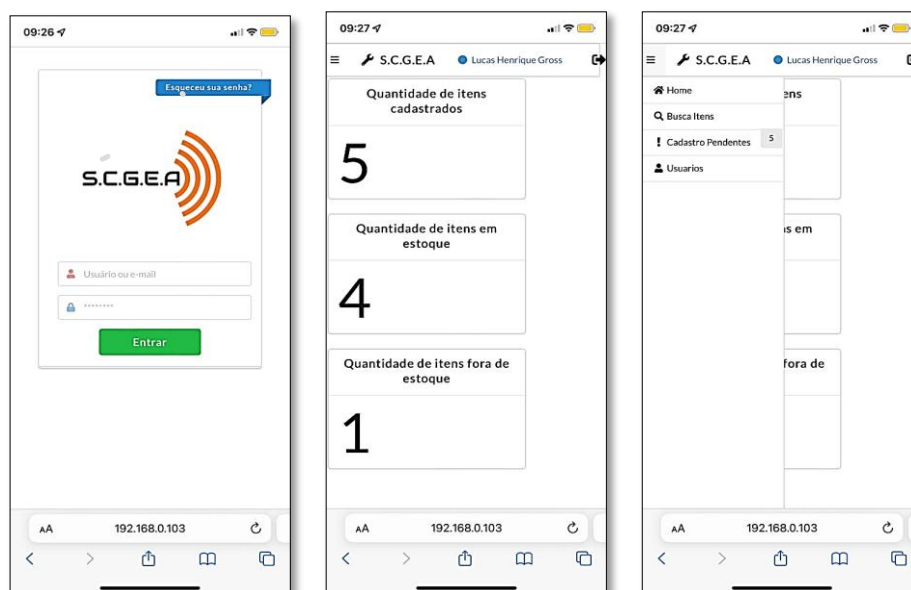
    else:
        model = ItemAlmoX.objects.create()
        model.id_rfid = body['id'][1:].upper()
        model.data_last_alt = datetime.now()
        if user is not None:
            model.id_user = user.id_user
        model.save()

    return HttpResponse(200)
```

Fonte: O autor (2022)

Já o *front-end* do sistema, que ainda de acordo com Santiago *et al.* (2020) representa a parte estética da apresentação e exibição dos conteúdos na tela de um computador ou *smartphone* por meio de um navegador, resultou na construção final que foi batizada de S.C.G.E.A., sistema que permite que os gestores do almoxarifado operacional do CEI tenham acesso a informações diretas e rápidas sobre o estoque. A tela inicial e as telas de pós-*login* e menu principal do sistema são ilustradas na Figura 9.

Figura 9 – Tela inicial, pós-*login* e menu principal, respectivamente, do sistema – *front-end* da aplicação



Fonte: O autor (2022)

A Figura 9 ilustra, ainda, a versatilidade do sistema S.C.G.E.A., que pode ser utilizado a partir de um *smartphone*, que ao estar conectado na mesma rede Wi-Fi do almoxarifado, possibilita o uso pleno de todas as suas funções a partir de qualquer *app* navegador.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, todos os componentes tanto do subsistema de controle de acesso, quanto do subsistema de controle de materiais, foram montados e interligados em matrizes de contato (placas de prototipagem eletrônica chamadas de *protoboard*) para fins de realização dos testes iniciais de funcionamento e execução das lógicas de programação construídas e compiladas nas placas ESP32.

Os testes iniciais foram realizados com o cadastro de algumas *tags* que simularam usuários (SCA) e materiais (SCM). A construção dos protótipos é ilustrada na Figura 10.

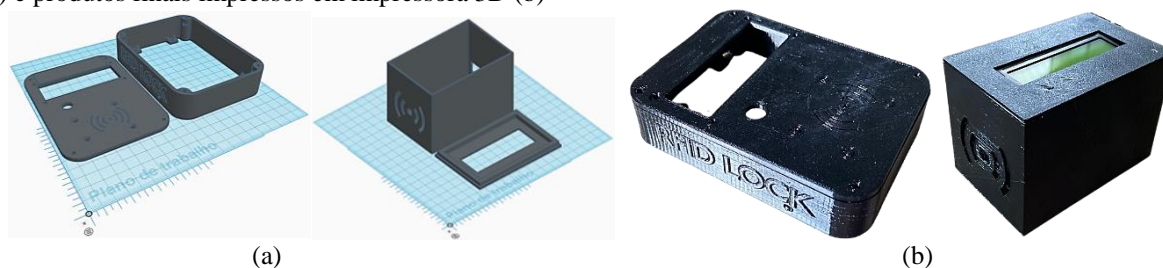


Fonte: O autor (2022)

Após a montagem do protótipo e consequentemente a realização de testes de funcionamento, foi realizado um estudo espacial da instalação física final dos componentes no almoxarifado, com a tomada de medidas da porta de acesso principal, bem como as análises para compatibilização dos componentes em um espaço físico adequado, considerando a necessidade de construção de um equipamento funcional e compacto. Assim, para refinar o projeto na sua aplicação final, foram projetadas e construídas com o uso de uma impressora 3D, modelo Creality Ender 3, *cases* externas para comportar os componentes eletrônicos do projeto final. O projeto das *cases* foi desenvolvido com o uso do *software online* livre Thinkercad. As etapas de projeto e execução destes componentes são representadas na Figura 11.



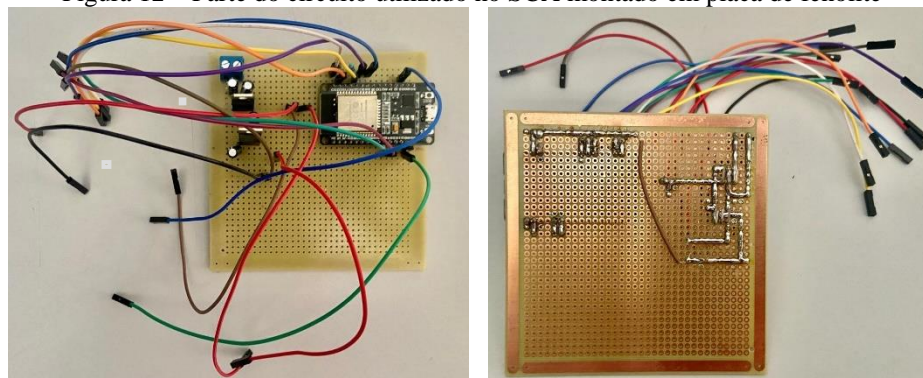
Figura 11 – Projetos em 3D desenvolvidos no *software* Thinkercad dos equipamentos utilizados no SCA e SCM (a) e produtos finais impressos em impressora 3D (b)



Fonte: O autor (2022)

Com a confecção das estruturas externas para a montagem dos equipamentos eletrônicos, os sistemas foram devidamente instalados dentro dos compartimentos produzidos com a impressora 3D, e então aplicados no almoxarifado. Para o melhor acondicionamento dos componentes elétricos e eletrônicos do SCA, foi utilizada, ainda, uma placa de fenolite, um material laminado utilizado para a confecção a baixo custo de sistemas elétricos que substitui os fios elétricos e a *protoboard* por trilhas de solda, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Parte do circuito utilizado no SCA montado em placa de fenolite



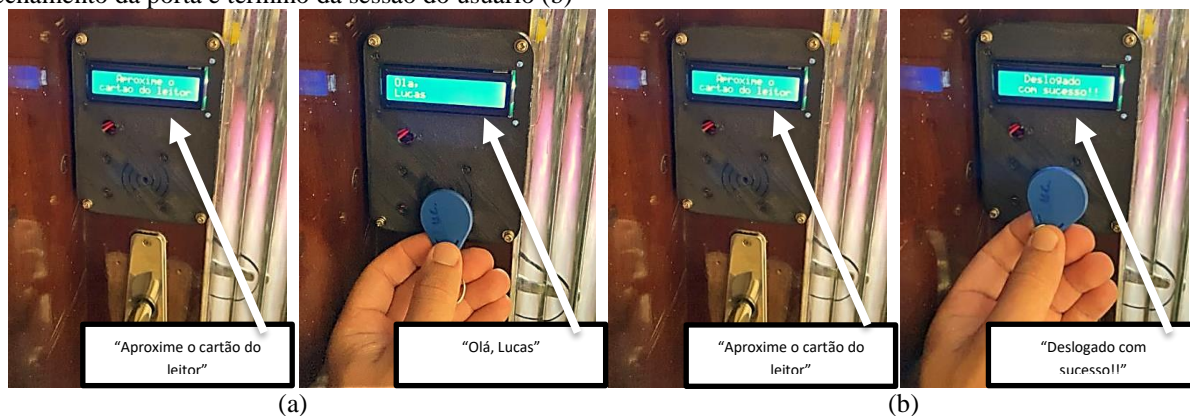
Fonte: O autor (2022)

Logo, com todos os componentes dos subsistemas de controle de acesso e controle de materiais instalados, e com o servidor principal e o sistema S.C.G.E.A. em funcionamento, passaram-se aos testes. Foram cadastradas *tags* de acesso para os gestores do almoxarifado operacional do CEI, e foram instaladas as *tags* de identificação nos materiais de maior relevância, tais como os conjuntos de Equipamentos de Proteção Respiratória (EPR) e ferramentas de maior custo, que consequentemente demandam maior necessidade de controle e gestão.

A Figura 13 a seguir demonstra o funcionamento de cada etapa de autenticação do SCA.



Figura 13 – Funcionamento do SCA. Processo de abertura da porta e início da sessão do usuário(a) e processo de fechamento da porta e término da sessão do usuário (b)



Fonte: O autor (2022)

Já o SCM pode ter a sua lógica de funcionamento exemplificada na Figura 14, onde observa-se a forma correta de operação do sensor, que ao ser aproximado pela primeira vez de uma *tag* de material, neste caso ilustrada pela *tag* instalada no EPR 27 do estoque do CEI, inicia o cadastro do material, oportunizando que o gestor acesse a aba “cadastros pendentes” do S.C.G.E.A. e inclua os dados sobre este equipamento no banco de dados. Já neste cadastro inicial, o sistema classifica o material como estando no interior do almoxarifado e consequentemente disponível no estoque.

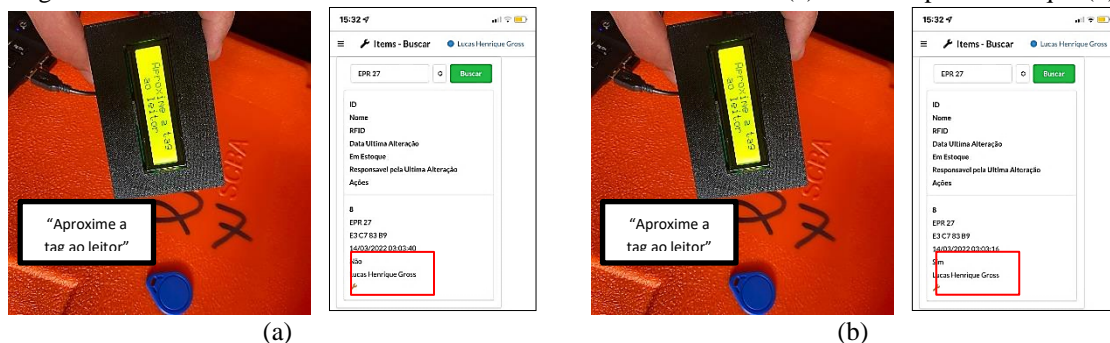
Figura 14 – Funcionamento do SCM. Processo de cadastro de um material novo



Fonte: O autor (2022)

Com relação ao processo de baixa do material no estoque, como em casos em que determinado equipamento seja emprestado ou retirado do almoxarifado para algum fim diverso, os passos são os mesmos ilustrados na Figura 14, de forma que, para um material já cadastrado no sistema que esteja em estoque, ao aproximar o SCM de sua *tag*, o sistema interpreta a sua saída do estoque, e atribui esta ação ao gestor que efetuou o login no SCA. Para o retorno deste material o processo é o mesmo: aproximar o SCM da *tag*, e automaticamente o seu *status* é atualizado para “em estoque”. Estes passos e as telas do S.C.G.E.A. estão demonstrados na Figura 15.

Figura 15 – Funcionamento do SCM. Processo de baixa de um material (a) e retorno para o estoque (b)



Fonte: O autor (2022)

Por fim, com a finalidade de subsidiar aplicações futuras do sistema desenvolvido e que sejam de interesse de outras Unidades Operacionais do CBPMPR e da PMPR, passa-se à análise de custos financeiros aproximados associados à implantação física do projeto, usando como referência os materiais adquiridos pelo próprio autor nos anos de 2021 e 2022 e considerando a compra destes componentes na cidade de Curitiba – PR. A Tabela 1 a seguir apresenta a relação de custos associados ao projeto.

Tabela 1 – Simulação de custos aproximados associados à implantação do sistema (somente materiais)

Componente Eletrônico	Quantidade (un)	Preço Unitário	Preço Total
Microcontrolador ESP32	2	R\$ 48,95	R\$ 97,90
Sensor RFID-RC522	2	R\$ 21,00	R\$ 42,00
Tags RFID (materiais e acesso) *	10	R\$ 2,00	R\$ 20,00
Display LCD	2	R\$ 18,00	R\$ 36,00
Relé Eletromecânico	1	R\$ 12,50	R\$ 12,50
Fechadura Elétrica	1	R\$ 45,50	R\$ 45,50
Jogo de fios <i>Jumpers</i>	2	R\$ 12,50	R\$ 25,00
Impressão 3D **	2	R\$ 11,00	R\$ 22,00
<b>CUSTO TOTAL APROXIMADO ASSOCIADO AO PROJETO</b>			<b>R\$ 300,90</b>

\* Simulação para fins de custo aproximado com a compra de 10 *tags*. O valor pode variar conforme a quantidade de itens a serem cadastrados no almoxarifado ou usuários que necessitem acessar o SCA

\*\* Simulação do custo aproximado com material (filamento 3D) usado para a produção das *cases* do SCA e SCM

Fonte: O autor (2022)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou o desenvolvimento e a aplicação de um sistema de controle e gerenciamento de materiais para o almoxarifado operacional do Centro de Ensino e Instrução do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná, mas que também tem potenciais aplicações para estruturas semelhantes de outras instituições, por exemplo a própria Polícia Militar do Paraná.

O sistema se baseou em uma aplicação WEB para o gerenciamento dos estoques do almoxarifado que fica em estado “*on-line*” o tempo todo. O sistema virtual se comunica com os componentes eletrônicos instalados no almoxarifado, denominados SCA (subsistema de controle

de acesso) e SCM (subsistema de controle de materiais). A integração de todos os componentes instalados proporcionou a melhoria da gestão dos materiais armazenados no almoxarifado do CEI, de forma que trouxe extrema agilidade por conta da possibilidade de emissão de relatórios em tempo real referentes aos materiais, tais como os relatórios de cautela dos equipamentos, quantidade de itens em estoque e fora dele, além de incrementar significativamente a segurança do almoxarifado, considerando que cada gestor possui uma *tag* de acesso que o vincula à abertura da porta, eliminando a possibilidade de um bombeiro militar não autorizado adentrar ao ambiente, que para uma gestão organizada, demanda a necessidade de restrição de acesso.

Foram apresentadas todas as bases teóricas em que se sustentou a construção proposta pelo presente trabalho, demonstrando os passos básicos de implementação, os objetivos, os materiais utilizados e uma estimativa de custos que denota uma relação custo-benefício adequada, considerando o baixo custo relativo de aquisição dos materiais e o elevado benefício observado em função da melhoria da gestão de materiais do almoxarifado.

Com base no presente trabalho, e considerando os resultados obtidos, vislumbra-se que o projeto tem implementação viável, se mostrando como uma solução adequada para a automação de ações de controle de acesso a determinados ambientes e de gestão de materiais operacionais.

Sugere-se para fins de trabalhos futuros, em complemento ao que já foi apresentado, o seguinte:

- Desenvolvimento de um sistema de controle de acesso utilizando o fator biométrico, tal como as impressões digitais, visando a possibilidade de cadastro de gestores e usuários independente da disponibilidade de novas *tags* RFID.
- Desenvolvimento de um sistema de controle de materiais que utilize *tags* ainda mais baratas e que estejam vinculadas a sensores que proporcionem a leitura de *tags* adesivas, visando a viabilidade de fixação em materiais menores e em maior quantidade.
- Aplicação de um sistema que possua custo viável e conte com antenas que dispense a necessidade de aproximação de um equipamento específico leitor de RFID nos materiais, de forma a controlar os equipamentos operacionais que estejam ou não presentes no estoque de forma automática, refinando ainda mais a gestão.

### **AGRADECIMENTOS**

Aos nobres amigos João Claudio Scorissa de Moura, Ericsson Eduardo de Carvalho e Arthur Lima Costa Mehl, pelo apoio na construção e correção dos códigos de programação, bem como pelas orientações quanto aos materiais e componentes mais adequados para a aplicação no presente projeto.

## REFERÊNCIAS

- DONATO, R.S. **Desenvolvimento de um sistema RFID de acesso distribuído sob a perspectiva de IoT**. 2019. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de ciências no domínio da Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Campina Grande, PB, 2019.
- GALKO, I. *et al.* **RFID tags at the operation of fire stations**. Transportation Research Procedia 55 (2021) 941–948, Elsevier LTDA, 2021. Disponível em: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). Acesso em: 30 dez. 2021.
- GONÇALVES, V. R. **Sistema de controle de acesso utilizando autenticação por RFID e gerenciamento por meio de software WEB**. 2019. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto, MG, 2019.
- KURNIAWAN, A. **Internet of Things: Projects with ESP32**. Editora Packt Publishing, 1ª Edição, Birmingham, 2019.
- MENDONÇA, R. S.; FARIA, F. L.; PASSARINHO, E. L. N. **Implantação e padronização de um sistema informatizado de gerenciamento nos depósitos operacionais do CBMDF**. 2017. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Formação de Oficiais, Academia de Bombeiro Militar do CBMDF, Brasília, DF, 2017.
- OLIVEIRA, J. **ESP32 – Especificação Técnica**. 2018. Disponível em: <<https://xprojetos.net/esp32-especificacao-tecnica/>>. Acesso em: 22 dez. 2021.
- PAOLESCHI, B. **Almoxarifado e Gestão de Estoques – Do recebimento, guarda e expedição à distribuição do estoque**. Editora Saraiva, 2018.
- PARANÁ. Lei nº 16.575, de 28 de setembro de 2010. Organização Básica da PMPR - LOB. **Diário Oficial do Estado nº 8314**, Curitiba, PR, 29 set. 2010.
- PEDRO, L. M. D. **Plataforma de Comunicações sem Fios para Zigbee e RFID**. 95 f, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Redes de Comunicações) – Instituto Superior Técnico Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa - Portugal.
- RAUSAND, M.; OIEN, K. **The basic concepts of failure analysis**. Reliability Engineering and System Safety. 2016. v. 53, p. 73-83.
- RESENDE, W. J. F. *et al.* **Desenvolvimento de um sistema para monitoramento e controle patrimonial, utilizando Rfid e dispositivos Iot**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.7, p.67357-67368 jul. 2021. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/32222/pdf>. Acesso em: 2 jan. 2022.
- RODRIGUES, F. R. M. **Segurança e controle do armamento nas corporações militares através de tecnologia móvel e internet das coisas**. 2020. 82 f. TCC (Especialização) – Especialização em Dispositivos Móveis e Internet das Coisas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, PR, 2020.

SANTIAGO, C. P.; *et al.* **Desenvolvimento de sistemas Web orientado a reuso com Python, Django e Bootstrap.** In: Minicursos da ERCEMAPI 2020, 97–120. SBC, 2020.

SOUZA, J. E. S. D. **A importância da gestão do almoxarifado nas unidades operacionais do CBMPB.** 2018. 16 f. TCC (Especialização) - Curso de Curso de Habilitação de Oficiais, Academia de Bombeiros Militar Aristharco Pessoa, João Pessoa, PB, 2018.

WIBISONO, A. *et al.* **Passive keyless entry locking door with ESP32.** Ultima Computing, Tangerang, Indonesia, Vol. XII, No. 1, jun. 2020. ISSN 2355-3286.