

Automação Residencial de Monitoramento de Gás Por Meio da Plataforma Arduino e IOT

Daniel Limas Alexandre¹, Paulo João Martins¹

¹Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)
Av. Universitária, 1105 – CEP: 88806-000 – Criciúma – SC – Brasil

dani_ellimas@hotmail.com, pj@unesc.net

***Abstract.** This work aims to explain and detail home automation with the concept of Internet of Things. The work described here is intended to provide viable and affordable solutions for smart home automation for controlling and monitoring gas leaks using a microcontroller, gas sensor, bluetooth communication, aiming at user and home safety.*

***Resumo.** O presente trabalho tem como objetivo explicar e detalhar a automação residencial com o conceito de Internet das Coisas. O trabalho aqui descrito possui a intenção de fornecer soluções viáveis e acessíveis economicamente para automatização residencial inteligente para o monitoramento de vazamento de gás utilizando um microcontrolador, sensor de gás, comunicação bluetooth, visando a segurança do usuário e da residência.*

1. Introdução

O vazamento de gás é um problema que causa graves acidentes em residências e até mesmo em empresas, muitas das vezes com vítimas fatais. Basta uma rápida procura em portais de notícias para ver que frequentemente acontece um vazamento de gás que gera um acidente em alguma parte do mundo. Por exemplo, o caso de vazamento de gás que ocorreu no Chile em 2019, na cidade de Santiago, deixando uma família de seis brasileiros mortos. A fatalidade ocorreu em um apartamento sem vistoria, com a hipótese que o vazamento teria ocorrido no aquecedor geral (G1, 2019).

O gás de cozinha ou gás liquefeito de petróleo (GLP) por ser usado principalmente para cozinhar alimentos, é uma das frações mais leve do petróleo e a sua combustão é muito limpa, com emissões muito baixas de poluentes. Devido a essas características, é utilizado em ambientes fechados, como na cozinha de casa ou para unidades industriais sensíveis a poluentes, por exemplo na fabricação de alimentos, cerâmicas entre outros (PETROBRÁS, 2018).

Com o objetivo de evitar o acúmulo de GLP no ambiente, as seguintes regras devem ser pontualmente seguidas para o armazenamento de botijões. Para ajudar na detecção, os seguintes procedimentos devem ser realizados: adição de um agente odorizante ao GLP vendidos em botijões. Os odorizantes tipicamente usados a base de enxofre chamados de mercaptans. O produto usado pela Petrobras é o etil-mercatan (C₂H₅SH), a proporção é de 12 g/m³ de gás liquefeito de petróleo. Para o combate de incêndios provocados pela combustão do gás liquefeito de petróleo, deve-se utilizar extintores de incêndio de água, pó químico ou de dióxido de carbono, recomenda-se extinguir o fogo sem primeiro interromper o vazamento, necessitando manter o recipiente resfriado com água após o apagamento do fogo. O vazamento do gás

liquefeito de petróleo pode causar tonturas e irritações do sistema respiratórios, queimaduras nos olhos e pele (PETROBRÁS, 2013)

A internet das coisas ou em inglês *Internet of Things* (IoT) está cada vez mais fazendo parte na vida de todos, e mudando totalmente a forma como nos relacionamos com as coisas que estão ao nosso redor, gerando segurança, energia, meio ambiente, entre outros.

Define-se internet das coisas como a interligação digital de equipamentos do cotidiano com a internet, mas não somente interligando os equipamentos, mas também torná-las inteligentes, capazes de coletar e processar informações do ambiente ou das redes às quais estão conectadas (OLIVEIRA, 2017).

A evolução da IoT é potencializada pela automação residencial e automação industrial. Define-se a automação residencial como um conjunto de serviços proporcionados por sistemas tecnológicos integrados que tem por finalidade satisfazer as necessidades mínimas em segurança, comunicação e conforto habitacional (MURATORI; DAL BÓ, 2011).

Com o uso da Internet das coisas mudou o modo do relacionamento pessoal, com o auxílio do mundo digital, ampliando a comunicação entre indivíduos de forma pessoal e profissional por meio dos aplicativos implementados. O uso da IoT proporciona que a pessoa possua inúmeras maneiras de se comunicar e obter informações a qualquer momento, contanto que o indivíduo tenha acesso a internet (CESÁRIO, 2021).

A IoT potencializa a melhora da vida humana, além da troca de dados entre máquinas, contribuindo no acesso às informações, contribuindo também no meio da saúde, educação, economia de energia entre outros. Sendo assim a criação de sistemas embarcados em companhia com o armazenamento em nuvem é capaz de expandir de um modo significado a produtividade (SILVA, 2018).

A automação residencial está presente também em edifícios de médio alto padrão para atender o cotidiano da vida moderna, tanto na questão de segurança como bem-estar. Com os sistemas pensados durante a construção, facilitam para o proprietário a utilização dos sistemas para a convivência familiar, o controle e manutenção do apartamento. As funcionalidades destes sistemas vão desde integrar, em todos os ambientes, os aparelhos eletroeletrônicos, estabelecer cenários de iluminação e de som ambiente, até sensores de presença, alerta para vazamento de gás e câmera para monitoramento (FUTURE HOME, 2017).

A definição de Internet das Coisas fornece a criação e uso de uma plataforma de desenvolvimento, facilitando a transferência de dados entre dispositivos relacionados. Um dos exemplos é a plataforma Arduino. A plataforma Arduino é um sistema *open source* tanto em *hardware* quanto em *software*, assim podendo ser facilmente integrado a vários dispositivos e utilizar as funções fornecidas pelos sensores para diversas aplicações. A plataforma Arduino também possui alta especificidade e custo relativamente baixo. Consequentemente o Arduino conquistou o desenvolvimento de muitas aplicações e tem se mostrado eficaz para a tomada de decisões, sendo fácil de usar, comunicar e interconectar com diferentes tipos de sensores, permite a programação nas linguagens C e C++, e possui vários protocolos para facilitar o desenvolvimento do projeto (ARDUINO, 2021).

Para que isso seja realizado, os dispositivos de uma casa inteligente precisam estar integrados, interligados e comunicando-se um ao outro. Por conta dos inúmeros sensores e outros componentes eletrônicos que se conectam em redes *wi-fi* e *bluetooth* para se comunicar entre si (KOLBAN, 2015).

Com habilidades de monitoramento abrangentes, as redes de sensores atraíram atenção importante em várias áreas de aplicação como rastreamento, monitoramento, gestão de desastres, entre outros. O principal das redes de sensores é coletar, monitorar dados brutos e fornecer informações básicas e decisivas para a estação central (MUHEDEN; ERDEM; VANCIN, 2016).

Com novas aplicações da tecnologia permite medir vários parâmetros do ar à distância, assim para monitorar a qualidade do ar remotamente. Esses aplicativos são desenvolvidos devido a vantagem da Internet das Coisas e juntamente com a inovação de novos dispositivos. O monitoramento necessita de interface do aplicativo podendo ser página *web*, *software* ou aplicativo móvel para visualização dos valores recebidos ou controle do sistema (MABROUKI; AZROUR; DHIBA; FARHAOUI; HAJJAJI, 2021).

Com o levantamento bibliográfico realizado neste trabalho foram encontrados diversos materiais que possuem como objetivo realizar a captação de vazamento de gás no ambiente e realizar um alerta ao usuário por meio de microcontroladores. O trabalho implementado por Silva (2014) foi proposto apresentar uma solução de automação residencial utilizando o conceito de redes sem fio e que consista em ser acessível em termos de custos, fizeram uso em seu protótipo uma placa Arduino Mega, módulo *Wi-Fi* que permite a conexão com a Internet, sensor de gás MQ-2 para a captação de gás, composto também de um componente eletrônico que realiza efeitos sonoros, LEDs para realizar o alerta de vazamento de gás, sensor de movimento, sensor de luminosidade, sensor de temperatura, controlados por meio de um aplicativo Android que utiliza os protocolos *Wi-Fi* com uma comunicação confiável e baixas taxas de consumo de energia para a transmissão de dados. Em Santos (2012), foi implementado um dispositivo de detecção de vazamento de gás com aviso por SMS, utilizado o sensor MQ-9 que realiza a leitura da concentração de gás no ambiente, integrado com um módulo GSM, microcontrolador ligado a um display, LEDs, um aviso sonoro e o envio de SMS para um determinado celular cadastrado. No trabalho de Pinto (2016) foi proposto desenvolver um sistema de monitoramento que, em caso de vazamento, é capaz de alertar o usuário, fazendo uso do sensor de gás MQ-6 que realiza a medição do nível de gás no ambiente, um microcontrolador Arduino responsável por comparar os níveis de gás com os níveis regulares, caso o nível de gás não se encontra no nível regular é emitido uma mensagem de alerta para um telefone previamente cadastrado. No trabalho Muenchen (2018) foi objetivado uma implementação de uma aplicação capaz de identificar fumaça, diferentes gases inflamáveis e fogo por meio do *Wi-Fi*, utilizando componentes de custo benefício, portanto foram usados um microcontrolador ESP32, sensor de gás MQ-2, sensor de temperatura e humidade.

Sendo assim, esta pesquisa proposta, é fornecer uma aplicação residencial automatizada inteligente para o controle e monitoramento de vazamento de gás por meio de um sensor que manda as informações para a central de dados de um aplicativo, assim sendo acessível por dispositivos móveis, como o smartphone Android. Para isso, fez-se a utilização da placa Arduino UNO que é um microcontrolador de baixo custo, sensor de gás, módulo *bluetooth* e módulo *buzzer grove*. Assim a aplicação poderá alertar possíveis vazamentos de gás.

Os objetivos específicos desta pesquisa consistem em: descrever o conceito de Internet das coisas; descrever o conceito de automação residencial; compreender e aplicar as funcionalidades dos microcontroladores; compreender e aplicar metodologia de programação para dispositivos móveis; empregar a rede de sensores sem fio na IoT; integrar os dados obtidos do sensor em conjunto a aplicação; desenvolver um protótipo a fim de realizar o monitoramento e alerta do vazamento de gás, visando um custo benefício viável e acessível economicamente.

Em uma pesquisa de mobilidade feita pela Ericsson calcula-se a existência de mais de 30 bilhões de dispositivos conectados, dos quais cerca de 20 bilhões estarão relacionados ao ecossistema de Internet das coisas até 2023. Entre 2017 e 2023, os dispositivos IoT possui uma taxa de crescimento anual de 19% (HEUVELDOP, 2017).

Com o avanço da tecnologia, os equipamentos eletrônicos tornam-se mais baratos e em escalas menores, conseqüentemente tendo capacidades e espaços limitados, tendo assim a Internet das coisas uma nova forma de desenvolvimento de software (SANTIN, 2018).

O sensor de gás consiste em detectar a concentração de determinado gás em um ambiente, por meio de reações químicas que ocorrem no interior do sensor. Com um determinado grau de concentração, o sensor envia um sinal ao atuador responsável para agir de modo adequado com essa informação recebida (PINTO, 2016).

Embora não sendo venenoso, o gás de cozinha é asfíxiante. Por ser mais pesado que o ar, se houver um vazamento em local fechado, ele se acumula no chão e expulsa gradualmente o oxigênio do ambiente, causando asfixia em quem permanecer no local (CORPO DE BOMBEIROS DO PARANÁ, 2015).

Sendo assim, é importante encontrar estratégias que auxiliem no monitoramento para minimizar problemas relacionados ao vazamento de gás visando à segurança de seus usuários. A Internet das Coisas é uma tecnologia que realiza o monitoramento de todo tipo de situação através da captação de dados, fazendo uso de microchips e sensores posicionados nos lugares corretos e evoluindo para uma interação máquina-a-máquina (SILVA, 2018).

2. Materiais e métodos

Com o propósito de alcançar os objetivos proposto neste projeto realizou-se a implementação de um aplicação que compreende em um microcontrolador Arduino que realiza a captação do gás de cozinha (GLP) de um ambiente, conectado via *bluetooth* pelo módulo HC-05 que por sua vez realiza a comunicação com o aplicativo *Android* com a finalidade de permitir a visualização do nível de gás de cozinha concentrado no ambiente e ao possuir uma concentração elevada é emitido um alerta visual e sonoro ao usuário, por fim ao ser detectado um vazamento, a data e a hora que ocorreu o vazamento é salvo no banco de dados através do servidor. Na figura 1 é apresentado o fluxo da aplicação.



Figura 1. Fluxo da aplicação.

2.1 Arduino

A placa de Arduino utilizada neste trabalho é a Arduino *UNO*, sendo escolhida por possuir uma ampla gama de programações, exemplos de projetos publicados na *internet* e pela capacidade de ser compatível com uma variedade de módulos/sensores. A placa possui 14 pinos de input/output digitais, com mais 6 de entrada analógica, trabalha com tensão de 5V e um processador ATmega328, produzido pela ATMEL8. A placa pode ser alimentada pela entrada USB, como uma fonte de alimentação externa ou por uma bateria acoplada ao conector para alimentação (ARDUINO, 2020).

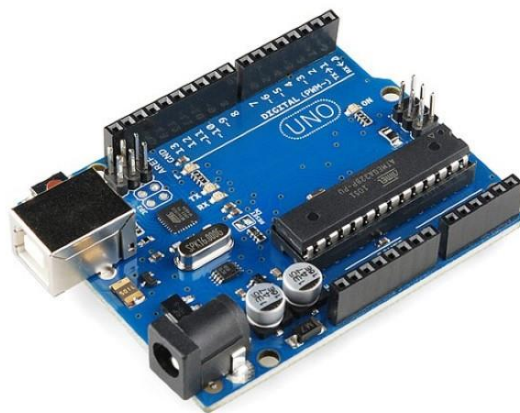


Figura 2. Placa Arduino UNO.

2.4 Módulo *Bluetooth* HC-05

Para se comunicar ao protótipo com o sistema Android, foi utilizado o módulo *bluetooth* HC-05, este módulo pode ser dividido em duas categorias: escravos e mestre, pois possui um regulador de tensão na placa sendo possível usar uma tensão alimentada de 3,3 a 5 V (SANTOS; GASPAROVIC, 2020).



Figura 3. Módulo HC-05.

2.5 Módulo *buzzer grove*

Para realizar o alerta sonoro, utilizou-se o *buzzer grove*, é um pequeno alto falante, que é acionado no momento que recebe uma tensão e uma frequência na qual vai trabalhar. A partir da frequência podemos estabelecer o quanto alto o *buzzer* vai tocar, sendo capaz de chegar a 20KHz com uma onda ultrassônica (VIANNA, 2021).



Figura 4. Módulo buzzer grove.

2.6 Sensor de gás MQ-5

Para realizar a captação de gás foi utilizado o sensor de gás MQ-5, o sensor é um dispositivo de segurança utilizado principalmente no desenvolvimento de projetos eletrônicos, possuindo alta sensibilidade para detecção de Gás GLP (Gás de Cozinha) e Gás Natural, isso desde que trabalhe em conjunto com plataformas de prototipagem, como por exemplo o Arduino.

A aplicação do sensor pode ser utilizada em sistemas residenciais de alarmes controlados por plataformas microcontroladores, pois possui a capacidade de detectar a concentração do Gás GLP (Gás de Cozinha) e Gás Natural em determinado ambiente. Possui a capacidade de verificar a concentração de Gás GLP (Gás de Cozinha) e Gás Natural no ambiente onde estiver instalado entre 200 a 10000 ppm (AMIN; NUGRATAMA; MASELENO; HUDA; JASMI, 2018).



Figura 5. Sensor de gás MQ-5.

Foram obtidas curvas de calibração a partir do *datasheet* do sensor MQ-5, por meio da qual foi possível obter uma equação de correção do sensor. Na figura 10 apresenta a concentração de um gás em partes por milhão (ppm) de acordo com a relação de resistência do sensor (RS/R0). RS é a resistência do sensor que muda dependendo da concentração do gás, e R0 é a resistência do sensor em uma concentração conhecida sem a presença de outros gases, ou ao ar livre.

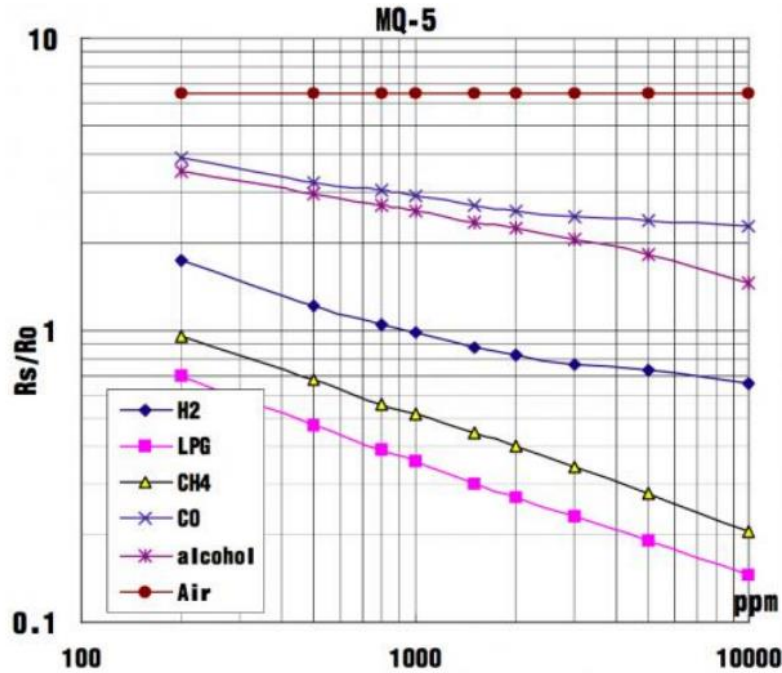


Figura 6. Curva característica do MQ-5.

Para realizar o cálculo da resistência do sensor mediante a exposição à concentração dos gases (R_L) a equação 1 utilizada foi:

$$R_S = (R_L * [V_C - V_{RL}]) / V_{RL} \quad (1)$$

Sendo R_L dado pelo *datasheet* do sensor, a V_{RL} é a voltagem de resposta do leitor do sensor e V_C é a voltagem da alimentação.

A V_{RL} é obtida por meio da equação 2, sendo $AngR$ a leitura do pino analógico na qual o sensor está conectado

$$V_{RL} = 5 * (AngR) / 1024 \quad (2)$$

Analisando a figura 10 é mostrado que a escala do gráfico é log-log. Significando que, em uma escala linear, o comportamento da concentração de gás em relação à razão de resistência é exponencial, embora a relação entre razão de resistência e concentração de gás possa parecer linear, na realidade não é linear. Deste modo foi definido as linhas como se fossem lineares, assim podendo utilizar a fórmula que relaciona linearmente a razão e a concentração. Dessa forma sendo capaz de encontrar a concentração de um gás em qualquer valor de razão, mesmo fora dos limites do gráfico. A fórmula que foi utilizada é a equação para uma linha, mas para uma escala log-log. A fórmula para linha é mostrada na equação 3. Onde y é o valor de Y, x é o valor do X, m é a inclinação da linha e b é a interceptação de Y

$$y = mx + b \quad (3)$$

Para uma escala log-log, é apresentada como na equação 4, importante destacar que o log é de base 10.

$$\log(y) = m * \log(x) + b \quad (4)$$

Para encontrar a inclinação é necessário escolher dois pontos no gráfico. Os pontos escolhidos foram (200,0,70) e (10000,0,14) da linha de GLP. A fórmula para calcular a inclinação da linha é mostrada na equação 5.

$$m = [\log(y) - \log(y_0)] / [\log(x) - \log(x_0)] \quad (5)$$

Aplicando a regra do quociente logarítmico, obtemos a seguinte fórmula apresentada na equação 6. Substituindo os valores de x, x0, y e y0 para os pontos escolhidos do gráfico é alcançado o valor da inclinação da linha.

$$m = \log(y/y_0) / \log(x/x_0) \quad (6)$$

Com o valor da inclinação da linha, foi realizado o cálculo da interceptação de y, que é apresentado na equação 7. Para isso é necessário escolher mais uma vez na linha do GLP um ponto do gráfico, o ponto escolhido foi o (5000,0,73).

$$x \log(y) = m * \log(x) + b \quad (7)$$

Obtidos os valores da interceptação de y e o valor da inclinação da linha é encontrado a concentração de gás para qualquer razão com a fórmula mostrada na equação 8.

$$\log(x) = [\log(y) - b] / m \quad (8)$$

Contanto, para encontrar o valor real da concentração de gás de acordo com o gráfico log-log, é necessário encontrar o log inverso de x, que é apresentado na equação 9.

$$x = 10^{\{[\log(y) - b] / m\}} \quad (9)$$

2.7 Montagem do protótipo

Para a montagem do protótipo, primeiro foi realizado a montagem da placa Arduino UNO com os componentes eletrônicos da seguinte maneira, conectando o módulo *bluetooth* HC-05, módulo *buzzer grove*, sensor de gás MQ-5 ao *protoboard*, em seguida ligando a placa *Arduino* por meio de ligação dos *jumpers* no *protoboard* como podemos visualizar na figura 7.

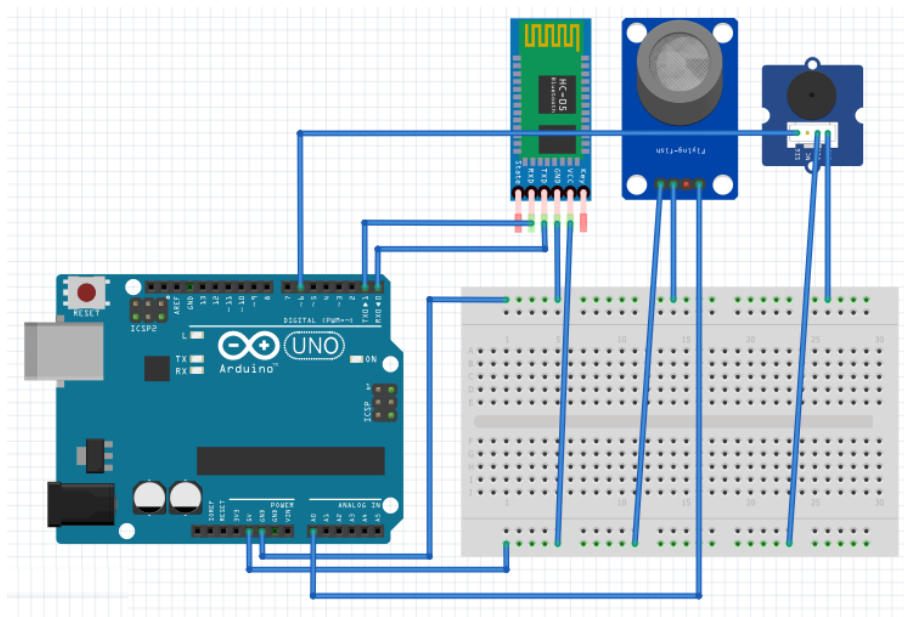


Figura 7. Ligação entre os componentes eletrônicos.

Por fim, ao realizar as ligações cada uma em suas respectivas entradas, é realizado a conexão para receber energia e transmitir as informações através da conexão USB, assim que a conexão for estabelecida, o código-fonte será enviado para a placa Arduino onde fica armazenado em sua memória.

2.8 Programação do Arduino

Para realizar a programação do Arduino foi utilizado o próprio ambiente de desenvolvimento do Arduino chamado IDE Ambiente de Desenvolvimento Integrado (do inglês, *Integrated Development Environment*), a IDE Arduino é uma interface para desenvolver uma programação que será executada pela placa Arduino, disponíveis para os sistemas operacionais (Windows, Linux e Mac) sendo disponibilizados gratuitamente no site oficial do Arduino (ARDUINO, 2020).

A plataforma utiliza uma linguagem baseada no C e C++, assim sendo uma grande vantagem por ser uma linguagem bastante utilizada e possuindo uma estrutura simples. Mesmo pessoas que não possuem nenhum conhecimento em programação conseguem aprender e elaborar programas rapidamente. O IDE do Arduino possui principalmente três funções: permitir o desenvolvimento do *software*, enviar *software* desenvolvido para a placa que possa ser executado e interação com a placa Arduino.

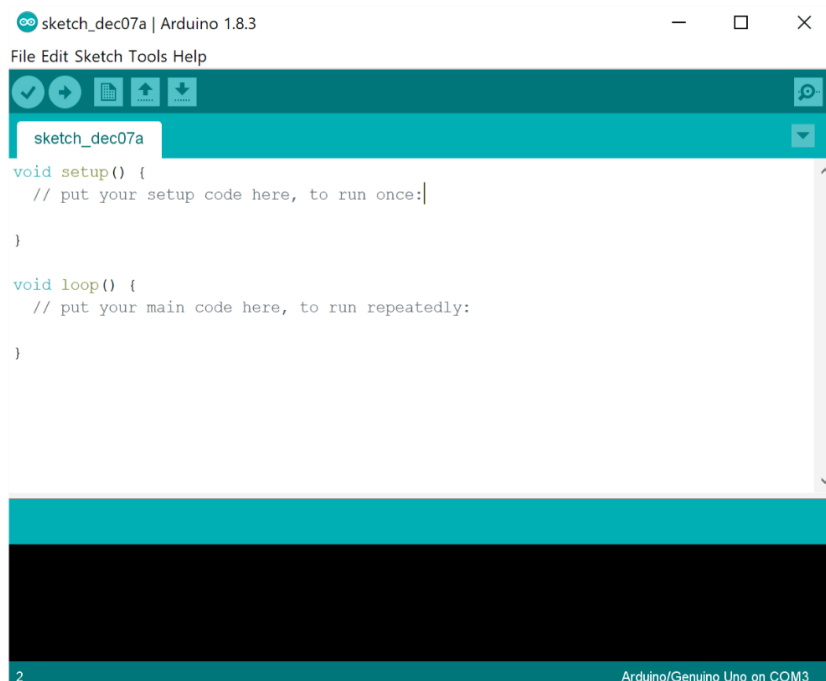


Figura 8. IDE do Arduino.

Na figura 8 é mostrado o IDE da plataforma Arduino, o ambiente de desenvolvimento constituído por um editor de texto para codificar os programas, uma área de mensagens, uma barra de ferramentas para funções comuns e uma variedade de menus. Os programas codificados para o Arduino na IDE são chamados de *sketch*, antes de ser transferido para a placa o *sketch* é verificada a sua sintaxe, é compilado e convertido em um arquivo intermediário, chamado de arquivo objeto. Ao arquivo objeto é adicionado as bibliotecas necessárias e finalmente convertida para o código de máquina (CASTRO, 2020).

A programação do controle físico foi implementada no Arduino, que possui a função de realizar leituras, comunicação com o aplicativo e a ativação do alerta sonoro físico feito pelo módulo *buzzer grove*.

A implementação consiste em usar a porta serial (9600) do Arduino para ler e enviar os valores para o aplicativo Android via *bluetooth*. No momento que o aplicativo é conectado ao módulo *bluetooth* o App envia um carácter "t" ao *Arduino* para realizar o envio dos dados obtidos do módulo MQ-5, os dados obtidos pelo sensor variam de 0 a 1023 *bits*, por este motivo, foi necessário implementar um código que fizesse a calibração desse sensor e tornando adequado para mostrar a saída para o *Arduino*. E por fim se o valor obtido pelo módulo MQ-5 for maior que 10% o módulo *buzzer grove* é ativado emitindo o som de alerta.

2.9 Aplicativo Android

O aplicativo *Android* foi desenvolvido na linguagem Java e utilizou-se a plataforma *Android Studio* como IDE, a escolha do *Android Studio* optou-se por ser gratuito, multiplataforma, possuir uma boa documentação, ser a IDE oficial do Google e possuir diversas ferramentas que auxiliam na implementação para *Android*.

Com o intuito de facilitar e otimizar a implementação foram utilizadas as bibliotecas: Volley, e a biblioteca *bluetoothjhr*. A biblioteca Volley possibilitou a

comunicação através do protocolo HTTP com a api desenvolvida com rotas programadas para realizar o armazenamento e a consulta das informações no banco de dados. A biblioteca *bluetoothjhr* que facilita a conexão entre o *Arduino* e *Android Studio* por meio do canal *bluetooth*.

O aplicativo é composto de uma tela inicial, que apresenta o nível de gás em tempo real detectado pelo sensor do Arduino e apresenta também as notificações de alertas com data e hora que foram notificados ao alcançar o nível de gás superior a 10% quando este nível é alcançado é mostrado na tela do aplicativo um alerta que foi detectado um vazamento de gás, juntamente com a tela de alerta o aplicativo lança uma notificação de alerta.

2.10 Servidor

O servidor foi desenvolvido na IDE Visual Studio utilizando a linguagem *JavaScript*, juntamente utilizou-se suportado do lado do servidor o *Node.js*, com a finalidade de facilitar o desenvolvimento com o *Node.js* foi utilizado o framework *express*. Na implementação do servidor também foi realizada a utilização da tecnologia *Docker*.

O servidor foi implementado possuindo como base os conceitos de REST (Representational State Transfer), assim usando o HTTP estrutura padrão de suporte a comunicações entre os objetos endereçáveis por meio de suas principais ações (GET e POST). Deste modo, o servidor disponibiliza uma interface programada para transmitir as funcionalidades dos objetos na *Web*, estabelecendo a padronização e facilitando o método de implementação da aplicação. Dessa forma, a plataforma resolve parte do objetivo de realizar interações dos dispositivos, que é necessário para plataformas de *middleware* conceito do paradigma da Internet das Coisas e estabelece a inclusão de dispositivos físicos diferentes. Sendo assim, o servidor é capaz de disponibilizar o acesso unidos a dados e serviços realizados por dispositivos integrados, também auxilia para facilitar a implementação de aplicações em ambientes de IoT.

3. Resultados e discussões

Após a realização da montagem do microcontrolador e a implementação do aplicativo, foram feitos os testes que confirmaram o funcionamento do sistema de automação residencial voltado para à segurança. Na figura 9 apresenta a montagem do sistema embarcado.

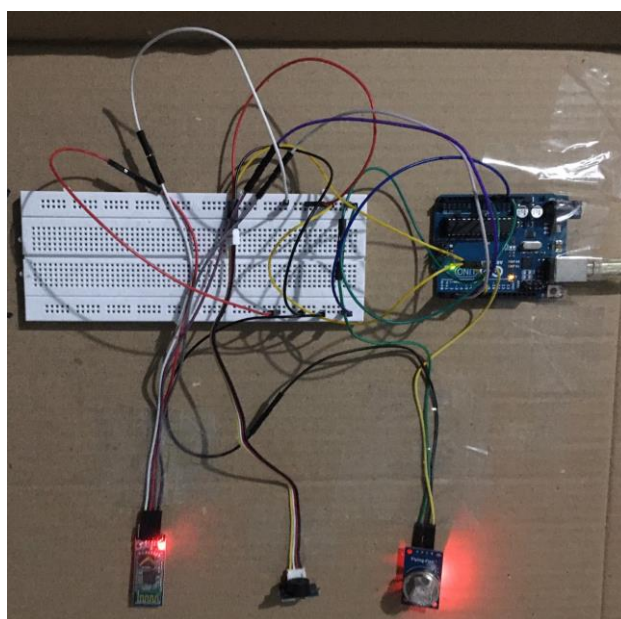


Figura 9. Sistema embarcado finalizado.

O sistema embarcado ilustrado na figura 13, é a ligação dos sensores, módulos e o aplicativo via *bluetooth*, para ler e enviar a cada quinhentos milissegundos os valores captados do sensor MQ-5 ao aplicativo e emitir o alerta de vazamento. Na figura 10 apresenta o aplicativo implementado.

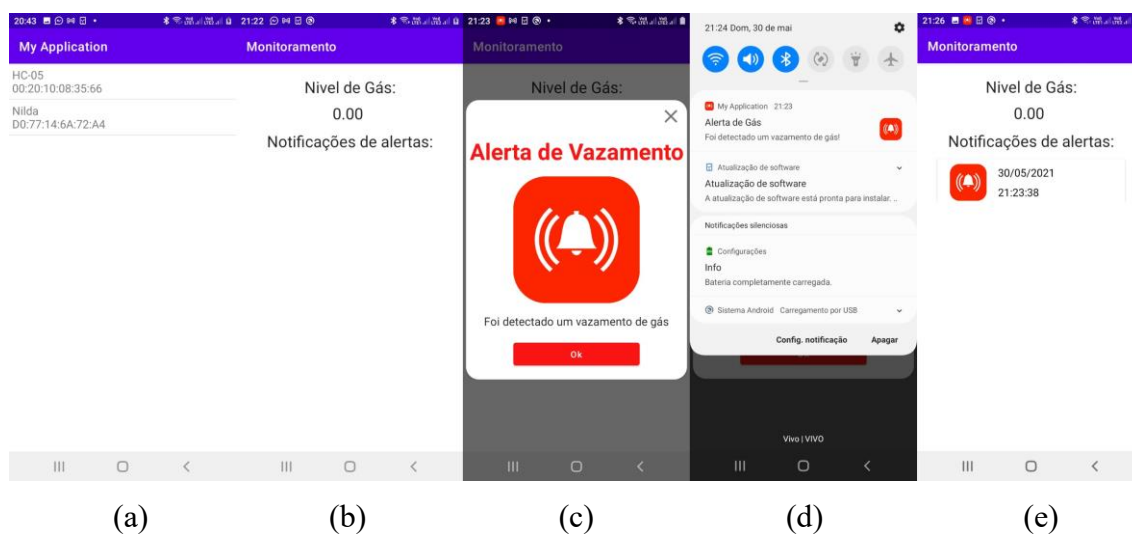


Figura 10. Aplicativo desenvolvido finalizado.

A figura 10 (a) apresenta a tela da lista de dispositivos bluetooth disponíveis para que seja conectado. No momento que o usuário abre o aplicativo é aberta esta tela para o usuário conectar ao *bluetooth* desejado com apenas um click. Após a realização da conexão com o *bluetooth* é mostrada a tela inicial, mostrada na figura 10 (b), que exibe o nível de gás do ambiente lido pelo sensor MQ-5 do microcontrolador e as notificações de alerta emitidos. Quando o nível de gás captado é maior que 10% o aplicativo envia um *post* para o servidor com as informações de data e hora que ocorreu o vazamento, e por sua vez o servidor armazena no banco de dados, também é apresentado no aplicativo a tela de alerta informando que foi detectado um vazamento de gás, ilustrado na figura 10 (c). No momento que é detectado um vazamento de gás é

também é enviado uma notificação para o celular, esse processo é ilustrado na figura 14 (d). Após fechar a tela mostrada na figura 10 (c), é apresentada a tela ilustrada na figura 10 (e), que exibe a lista de notificações de alertas armazenadas no banco de dados, também apresenta o nível de gás atual que está sendo lido pelo sensor do microcontrolador.

Os testes do sensor de captação de gás do sistema embarcado foram executados em um ambiente seguro e controlável, permitindo controlar o vazamento de gás e executar os testes com a devida segurança. Liberando o gás no sensor imediatamente o sistema embarcado envia os valores captados para o aplicativo via *bluetooth*, por sua vez apresentando os valores na tela e ao atingir o nível de gás acima de 10% ocasionou rapidamente a notificação ao usuário de alerta através do aplicativo referente ao vazamento de gás, como mostra a figura 11.

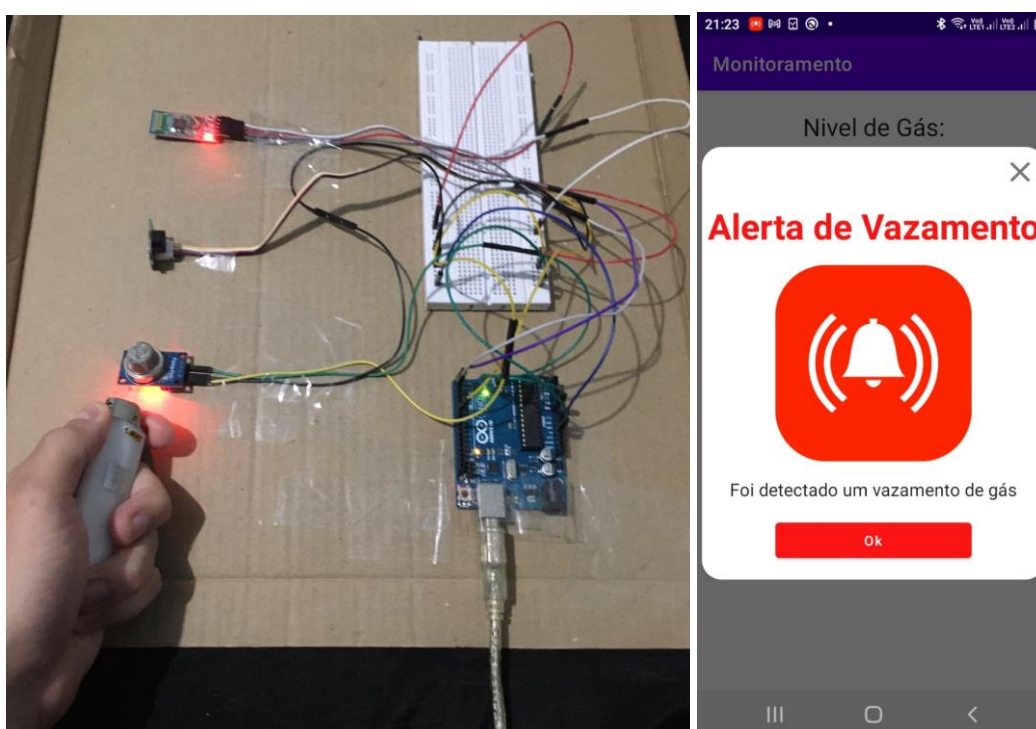


Figura 11. Teste do sistema de vazamento de gás.

Com os testes realizados do protótipo final do sistema de automação residencial aplicando o *Android* em conjunto com o *Arduino*, observou-se que o seu funcionamento em acionar o alerta sonoro por meio do módulo *buzzer grove* ocorreu instantaneamente ao alcançar o nível acima de 10% lidos pelo sensor MQ-5. O sensor MQ-5 mostrou-se obter uma boa leitura dos valores de gás presente no ambiente, o sensor possuiu uma resposta rápida, alta sensibilidade para o gás e apresentou uma adequada escala de medição e precisão dos dados, devido a calibragem do sensor. Sobre o módulo *bluetooth* HC-05, funcionou como o esperado apresentando uma comunicação precisa ao aplicativo e mostrou-se eficaz no envio e recepção dos dados em uma distância de até 50 metros. Em relação a interface do aplicativo apresentou-se ser uma interface simples, fácil de ser utilizada e intuitiva.

Na tabela 1 apresenta os custos dos componentes eletrônicos envolvidos no desenvolvimento do equipamento proposto, mostrando que a implementação do sistema foi realizada com um baixo custo, assim atendendo a um dos objetivos proposto neste projeto.

Tabela 1. Custo dos materiais utilizados.

Produto	Quantidade	Valor
Arduino UNO	1	R\$ 69,89
Protoboard	1	R\$ 14,90
Jumpers fêmea	12	R\$ 6,00
Jumpers macho	12	R\$ 6,00
Módulo bluetooth HC-05	1	R\$ 41,45
Módulo buzzer grove	1	R\$ 13,90
Sensor MQ-5	1	R\$ 23,82
Total		R\$ 175,96

Visualizando a tabela 1 podemos observar que projetar uma solução de automação residencial nem sempre consistirá em um custo elevado, assim comprovando que é plausível implementar um protótipo de baixo custo, portanto sendo possível que pessoas de baixa renda sejam capazes de possuírem esse tipo de tecnologia.

Após a finalização da pesquisa, realizou-se a análise do protótipo desenvolvido, foi concluído que os objetivos esperados foram alcançados, observado que o sistema de automação residencial realizou suas funcionalidades almeçadas e cumpriu as expectativas da proposta.

Com a realização de uma análise qualitativa do protótipo implementado, os questionamentos foram sobre os pontos positivos e negativos da aplicação prática. Com a análise qualitativa realizada apresentam os seguintes resultados referente aos pontos positivos são: o sistema de automação possui um baixo custo, sendo assim possível ser implementado em uma residência. Segundo ponto positivo é o aplicativo móvel sendo simples, intuitivo e fácil de usar. O terceiro ponto positivo é o tempo de resposta da aplicação sendo de 500 milissegundos, assim tornando-se eficiente e com controle instantâneo. Os resultados referentes aos pontos negativos são, a comunicação *bluetooth* não possibilita a comunicação fora da residência, apenas em uma distância de 50 metros. O segundo ponto negativo é que a comunicação *bluetooth* não permite mais de uma comunicação ao mesmo tempo.

Ao finalizar o projeto realizou-se um levantamento de custos e comparação com os trabalhos do levantamento bibliográfico. Na tabela 2 mostra a comparação com outros trabalhos.

Tabela 2. Análise de Custos

Autores	Interface de automação	Interface do usuário	Valor
(SILVA, 2014)	Placa Arduino Mega 2560, Sensor MQ-2, Adafruit CC3000 WiFi Shield, XBee Serie 2	Aplicativo Android	R\$ 846,67
(SANTOS, 2012)	GSM/GPRS ICom Sat – SIM900, Sensor MQ-9, Buzzer	Display LCD	R\$ 347,44
(PINTO, 2016)	Arduino UNO, Sensor MQ-6, Shield GSM/GPRS SIM900+ Antena, Buzzer	Display LCD	R\$ 304,36
(MUENCHEN, 2018)	ESP32 DEVKIT V1, Relay, Sensor MQ-2, Sensor SHT30	Site Web	R\$ 111,07
Este trabalho	Arduino UNO, sensor MQ-5, Módulo Bluetooth HC-05, Buzzer Grove	Aplicativo Android	R\$ 175,96

Observando-se a tabela 2 o trabalho da Silva (2014) mostra o maior valor, porém este trabalho possui o recurso de leitura de temperatura, detecção de movimento e possui um valor elevado de frete e a despesa dos impostos dos importação dos componentes. Os trabalhos de Santos (2012) e Pinto (2016) possuem um valor maior pelo fato de as aplicações possuírem o recurso de enviar SMS, assim sendo necessário o Modem GSM, deste modo fazendo que o custo seja mais elevado que o proposto neste trabalho. Já o trabalho do Muenchen (2018) é mostrado um valor parecido, porém o trabalho não possui recursos de alerta sonoros apenas recursos de leitura, assim possuindo um custo mais baixo.

Conforme a comparação com os demais trabalhos o custo benefício do projeto apresentado é consideradamente baixo em relação a outros trabalhos similares apresentados na pesquisa.

4. Conclusões

Neste trabalho apresentou a aplicação dos conceitos de Internet das Coisas no desenvolvimento de um sistema de automação residencial com a utilizando Arduino,

componentes eletrônicos e monitoramento por um aplicativo móvel *Android*, com a capacidade de realizar a captação do gás de cozinha (GLP) de um ambiente e apresentar no aplicativo os níveis de gás de cozinha concentrado no ambiente e ao possuir uma concentração elevada emitir um alerta visual e sonoro ao usuário e também listagem das notificações já emitidas. A captação e notificação instantânea dos níveis de gás proporciona um rápido aviso de vazamento de gás, proporcionando uma melhora na segurança e diminuindo chances de ocorrer um incêndio. O protótipo implementado mostrou-se eficiente em seu funcionamento com um tempo de resposta de 500 milissegundos, o que é consideravelmente bastante rápido levando em conta a interface de comunicação entre ações enviados pelo aplicativo e o recebimento pelo módulo de automação.

Com base dos conhecimentos obtidos, assim como os resultados alcançados consideram-se os seguintes tópicos como trabalhos futuros: realizar o monitoramento do gás por meio de gráficos apresentando o tempo e a concentração de gás lido pelo sistema, assim permitindo uma melhor visualização das informações obtidas; permitir mais de uma conexão *bluetooth* ao mesmo tempo, assim permitindo várias pessoas realizar o controle da residência; desenvolvimento em proporção real para teste e análise da possibilidade de comercialização do sistema.

5. Referências

- AMIN, M Miftakul; NUGRATAMA, M Azel Aji; MASELENO, Andino; HUDA, Miftachul; JASMI, Kamarul Azmi. Design of cigarette disposal blower and automatic freshner using mq-5 sensor based on atmega 8535 microcontroller. **International Journal Of Engineering & Technology**, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 1108, 23 jun. 2018. Science Publishing Corporation. <http://dx.doi.org/10.14419/ijet.v7i3.11917>.
- ARDUINO. 2020. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 23 maio 2020.
- CESÁRIO, Jonas Magno dos Santos. O impacto da internet das coisas (IoT) na educação digital. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, [S.L.], v. 11, n. 03, p. 33-47, 19 mar. 2021. Revista Científica Multidisciplinar Nucleo Do Conhecimento. <http://dx.doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/saude/impacto-da-internet>.
- Corpo de Bombeiros do Paraná. Gás de cozinha ou GLP. 2015. Disponível em: <http://www.bombeiros.pr.gov.br/Pagina/Gas-de-cozinha-ou-GLP>. Acesso em: 03 ago. 2020.
- FUTURE HOME (Brasil). AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL – Tudo sob Controle. 2017. Disponível em: <https://www.futurehome.eng.br/automacao-residencial-tudo-sob-controle-2/>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- G1 (Brasil). Apartamento onde família brasileira morreu no Chile estava sem vistoria. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2019/05/24/apartamento-onde-morreu-familia-brasileira-no-chile-estava-sem-vistoria.ghtml>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- HEUVELDOP N. (Suécia). Ericsson Mobility Report. Ericsson Ab, Suécia, v. 1, n. 1, p.1-36, jun. 2017. Disponível em: https://d110erj175o600.cloudfront.net/upload/images/06_2017/170615153722.pdf. Acesso em: 18 nov. 2019.

- KOLBAN, N. Kolban's book on ESP8266. 2015. E-book disponível em <<http://neilkolban.com/tech/esp8266/>>. Acesso em 20 maio 2021.
- MABROUKI, Jamal; AZROUR, Mourade; DHIBA, Driss; FARHAOUI, Yousef; HAJJAJI, Souad El. IoT-based data logger for weather monitoring using arduino-based wireless sensor networks with remote graphical application and alerts. **Big Data Mining And Analytics**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 25-32, mar. 2021. Tsinghua University Press. <http://dx.doi.org/10.26599/bdma.2020.9020018>.
- MUENCHEN, Jean Dupont. **UMA PROPOSTA DE DETECÇÃO DE INCÊNDIO UTILIZANDO O PROTOCOLO MQTT PARA APLICAÇÕES IOT**. 2021. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.
- MUHEDEN, Karwan; ERDEM, Ebubekir; VANCIN, Sercan. Design and implementation of the mobile fire alarm system using wireless sensor networks. **2016 Ieee 17Th International Symposium On Computational Intelligence And Informatics (Cinti)**, [S.L.], v. 04, n. 05, p. 1-5, nov. 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/cinti.2016.7846411>.
- MURATORI, José Roberto et al. Automação residencial: histórico, definições e conceitos. O Setor Elétrico, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 70-77, abr. 2011. Disponível em: https://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2011/04/Ed62_fasc_automacao_capI.pdf. Acesso em: 31 jul. 2020.
- OLIVEIRA, Sérgio de. Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi. São Paulo: Novatec, 2017.
- PETROBRÁS. Gás liquefeito de petróleo: informações técnicas. Outubro 2013. Disponível em: <<http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manualtecnico-gas-liquefeito-petrobras-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2021.
- PETROBRÁS. Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). Maio 2021. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/produtos/domesticos/gasliquefeito-de-petroleo-glp/>>. Acesso em: 20 maio 2021.
- PINTO, Arthur Caio Vargas e. **DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO DE GÁS LP COM ALARME POR SMS**. 2021. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.
- SANTIN, Roberto. **GERENCIAMENTO CENTRALIZADO DE DISPOSITIVOS DISTRIBUÍDOS DA IOT**. 2017. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2017. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1935/1/2017RobertoSantin.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- SANTOS, Fernando Rosa dos; GASPAROVIC, Luciano Keichi Hide. **ARMADURA FISIOTERAPÊUTICA PARA MEMBROS INFERIORES**. 2020. 40 f. TCC (Graduação) - Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do

Paraná, Curitiba, 2018

SANTOS, Jefferson Silva. **DETECTOR DE VAZAMENTO DE GÁS COM AVISO POR SMS**. 2021. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2012.

SILVA, Bruna Roberta Seewald da. **Sistema de automação residencial de baixo custo para rede sem fio**. 2021. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SILVA, Camila Dias Oliveira da. **O Desafio da Segurança das Informações Digitais na Internet das Coisas**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 05, Vol. 04, pp. 137-157, Maio de 2018.

VIANNA, Gabriel Pereira. **DOMÓTICA: AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM BAIXO CUSTO UTILIZANDO O ARDUINO**. 2021. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro Universitário Unifacvest, Lages, 2018.