



SISTEMA DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIOS UTILIZANDO SENSOR DE GÁS MQ-5 GLP PARA FOGÕES DE COZINHA DOMÉSTICOS

Trabalho de Conclusão de Curso

Engenharia da Computação

Samuel Linkon Guedes Figueiredo
Orientador: Prof. Sérgio Murilo Maciel Fernandes



**Universidade de Pernambuco
Escola Politécnica de Pernambuco
Graduação em Engenharia de Computação**

**SAMUEL LINKON GUEDES
FIGUEIREDO**

**SISTEMA DE PREVENÇÃO CONTRA
INCÊNDIOS UTILIZANDO SENSOR DE
GÁS MQ-5 GLP PARA FOGÕES DE
COZINHA DOMÉSTICOS**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia de Computação pela Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco.

**Recife,
Outubro 2022.**

Figueiredo, Samuel Linkon Guedes

Sistema de Prevenção Contra Incêndios Utilizando Sensor de Gás Mq-5 Glp para Fogões de Cozinha Domésticos / Samuel Linkon Guedes Figueiredo. - Recife - PE, 2022.

13, 43 f. : 14 il. ; 29 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco local, ano

Orientador: Prof. Sérgio Murilo Maciel Fernandes.

Inclui referências.

1. Sensor. 2. Gás. 3. GLP. 4. Prevenção. 5. Segurança. 6. Falhas. 7. Sistemas

I. Sistema de Prevenção Contra Incêndios Utilizando Sensor de Gás Mq-5 Glp para Fogões de Cozinha Domésticos - UPE. II. Sérgio Murilo Maciel Fernandes. III. Universidade de Pernambuco.

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

Avaliação Final (para o presidente da banca)*

No dia 1/11/2022, às 09h00min, reuniu-se para deliberar sobre a defesa da monografia de conclusão de curso do(a) discente **SAMUEL LINKON GUEDES FIGUEIREDO**, orientado(a) pelo(a) professor(a) **SÉRGIO MURILO MACIEL FERNANDES**, sob título SISTEMA DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIOS UTILIZANDO SENSOR DE GÁS MQ-5 GLP PARA FOGÕES DE COZINHA DOMÉSTICOS, a banca composta pelos professores:

JOSÉ PAULO G. DE OLIVEIRA (PRESIDENTE)

SÉRGIO MURILO MACIEL FERNANDES (ORIENTADOR)

Após a apresentação da monografia e discussão entre os membros da Banca, a mesma foi considerada:

Aprovada Aprovada com Restrições* Reprovada

e foi-lhe atribuída nota: 9,0 (**NOVE**)

*(Obrigatório o preenchimento do campo abaixo com comentários para o autor)

O(A) discente terá 02 dias para entrega da versão final da monografia a contar da data deste documento.

Documento assinado digitalmente
gov.br JOSE PAULO GONCALVES DE OLIVEIRA
Data: 01/11/2022 09:59:15-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

AVALIADOR 1: Prof (a) **JOSÉ PAULO G. DE OLIVEIRA**

AVALIADOR 2: Prof (a) **SÉRGIO MURILO MACIEL FERNANDES**

AVALIADOR 3: Prof (a)

* Este documento deverá ser encadernado juntamente com a monografia em versão final.

Dedico este trabalho aos meus pais que mais que todos me apoiaram para finalizar esta jornada e ao meu avô que sempre acreditou em meu potencial.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais que me deram todo o suporte, auxílio e um porto seguro durante todo esse período de formação acadêmica, de onde surgiram altos e baixos ao longo do caminho, mas sempre me aconselhando positivamente.

Também as amizades que foram construídas ao longo do tempo, estando juntos nos momentos complexos dando apoio mútuo entre si.

Ao professor Sérgio Murilo que manteve a paciência e o apoio necessário para a finalização deste trabalho.

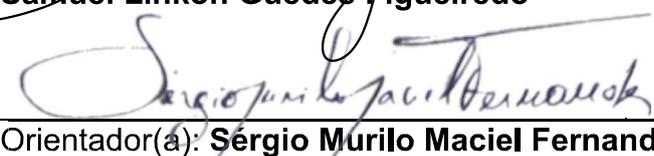
Autorização de publicação de PFC

Eu, **Samuel Linkon Guedes Figueiredo** autor(a) do projeto de final de curso intitulado: **SISTEMA DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIOS UTILIZANDO SENSOR DE GÁS MQ-5 GLP PARA FOGÕES DE COZINHA DOMÉSTICOS**; autorizo a publicação de seu conteúdo na internet nos portais da Escola Politécnica de Pernambuco e Universidade de Pernambuco.

O conteúdo do projeto de final de curso é de responsabilidade do autor.



Samuel Linkon Guedes Figueiredo



Orientador(a): **Sérgio Murilo Maciel Fernandes**

Coorientador(a):



Prof. de TCC: **Daniel Augusto Ribeiro Chaves**

Data: 1/11/2022

Resumo

Cada vez mais acidentes domésticos envolvendo gás de cozinha são reportados, ao qual as origens em sua grande maioria, acontecem por problemas como instalação, desatenção e má manutenção dos equipamentos. Fogões de cozinha domésticos são um dos principais causadores dos acidentes, principalmente devido ao vazamento do gás GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), que ocorre de forma despercebida e não dando, normalmente, tempo de reação para medidas reativas. Apenas uma pequena parte dos fogões domésticos trazem consigo algum sistema de prevenção contra incêndios e vazamentos ou falhas dos componentes. Com a evolução dos sistemas, pela utilização de circuitos integrados como base de sua construção, aliado ao barateamento de custos destes materiais e aceitação de integrações a sistemas de IOT (Internet of Things), é possível criar soluções simples, eficazes e de rápida aplicação para solucionar problemas deste nível. Este trabalho propõe a criação de um protótipo de rápida instalação e reativo, que possa interpretar as condições do vazamento e a partir destas realizar ações de prevenção para que acidentes relacionados ao vazamento de gás possam ser evitados. O protótipo será capaz de realizar o fechamento e a abertura da válvula de gás de uma maneira segura e eficiente, utilizando microcontroladores e circuitos integrados.

Palavras-chave: Sensor, Gás, GLP, Prevenção, Segurança, Falhas, Sistemas.

Abstract

More and more domestic accidents involving cooking gas are reported, the origins of which are mostly due to problems such as installation, inattention and poor maintenance of equipment. Domestic cooking stoves are one of the main causes of accidents, mainly due to the leakage of LPG (Liquefied Petroleum Gas) [3], which occurs unnoticed and does not normally give reaction time for reactive measures. Only a small part of domestic stoves have some system to prevent fires and leaks or component failures. With the evolution of systems, through the use of integrated circuits as the basis of their construction, combined with the cheaper costs of these materials and acceptance of integrations with IOT (Internet of Things) systems, it is possible to create simple, effective and fast-applied solutions for solve problems at this level. The system needs to be quick to install, with the characteristics of not only being an active system, that is, capable of detecting the gas leak, but also being a reactive system, which can interpret the conditions of the leak and, from there, perform prevention actions so that accidents related to this type of problem can be avoided. Thus, building a prototype capable of simulating the closing and opening of the gas valve in a safe and efficient way, using microcontrollers and integrated circuits.

Keywords: *Sensor, Gas, LPG, Prevention, Safety, Faults, Systems.*

Lista de ilustrações

Figura 1	Sensor de Gás MQ-05	23
Figura 2	Circuitos Sensor	24
Figura 3	Curvas das características em diferentes gases	25
Figura 4	Servo Motor G-90.....	26
Figura 5	Protoboard Arduino Uno	27
Figura 6	Pinagem Arduino Uno.....	28
Figura 7	IDE Arduino	28
Figura 8	Buzzer... ..	29
Figura 9	Sintetização dos universos das falhas, erros e defeitos.....	32
Figura 10	Simulação da Aplicação.....	36
Figura 11	Visão esquemática da simulação.....	36
Figura 12	Prototipação	37
Figura 13	Simulação com técnicas de tolerância a falhas.....	38
Figura 14	Circuito esquemático com tolerância a falhas	38

Lista de Tabelas

Tabela 1 <i>Partes e Matérias do Sensor</i>	24
Tabela 2 <i>Diferença de Sistemas com tolerância a falhas</i>	32

Lista de abreviaturas e siglas

CI	Circuito Integrado
GLP	Gás Liquefeito do Petróleo
GPRS	Serviço de Rádio de Pacote Geral
GSM	Sistema Global para Comunicações Móveis
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado
IOT	Internet das Coisas
SMS	Serviço de Mensagens Curtas

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS DO PROJETO.....	14
1.2	METODOLOGIA.....	15
1.2.1	MATERIAIS E MÉTODOS	15
1.2.2	RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS	16
1.2.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	16
2	TRABALHOS RELACIONADOS	17
2.1	UTILIZAÇÃO DE REDE GSM.....	17
2.2	UTILIZAÇÃO DE <i>BLUETOOTH</i>	18
2.3	DETECÇÃO DE GASES	18
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1	IOT	19
3.2	O GÁS GLP	20
3.3	PERIGOS E USOS.....	21
3.4	SENSOR DE GÁS MQ-05	22
3.4.1	CARACTERÍSTICAS.....	23
3.5	SERVO MOTOR SG-90.....	24
3.5.1	CARACTERÍSTICAS.....	25
3.6	ARDUINO E IDE.....	25
3.6.1	CARACTERÍSTICAS.....	26
3.6.2	IDE	27
3.7	BUZZER.....	28
4	PREVENÇÃO DE FALHAS.....	29
4.1	O QUE É PREVENÇÃO CONTRA FALHAS.....	30

4.2	FALHA, ERRO OU DEFEITO	30
4.3	DEPENDABILIDADE.....	32
4.4	TOLERÂNCIA A FALHAS X PREVENÇÃO A FALHAS	32
4.5	APLICAÇÃO DOS CONCEITOS	33
5	SIMULAÇÃO E PROTOTIPAÇÃO	35
5.1	SIMULAÇÃO.....	35
5.2	PROTOTIPAÇÃO	37
5.3	SIMULAÇÃO COM SISTEMA CONTRA FALHAS.....	37
6	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS.....	41
	ANEXOS CÓDIGO PROTOTIPAÇÃO	43

Capítulo 1

Introdução

Diariamente, o número de acidentes relacionados ao gás de cozinha vem aumentando [1]. Apesar de todos os esforços e mecanismos de segurança presentes nos lares e nos dispositivos, como os lacres de segurança e o aumento da qualidade do local de armazenamento, ainda assim há uma grande incidência relacionada a este tipo de problema. Apenas no estado de São Paulo, registros dos bombeiros do ano de 2016 apontam cerca de 4.055 casos envolvendo este tipo de acidente, sendo esse número crescente ao longo dos anos e em outras capitais. Normalmente, estes acidentes são ocasionados por má instalação ou mau uso dos materiais devido às medidas de segurança que não são seguidas, a ausência de mecanismos de tolerância a falha dos materiais ou à falta de cuidado com a validade dos mesmos.

Em paralelo ao aumento drástico dos acidentes, a evolução dos dispositivos construídos a partir de IOT vem aumentando de acordo com dados do relatório do Instituto Juniper Research [2]. A quantidade deste tipo de conexão por esse tipo de dispositivo deverá ultrapassar 50 bilhões até o final de 2022. Esse número é global e prevê o aumento dos 17,7 bilhões de dispositivos em 2020 para 36,8 bilhões até 2025, garantindo um crescimento superior a 100% (Frederico Menegatti, 2022) [3] e demonstrando que cada vez mais a criação de soluções acessíveis voltadas para a solução de problemas diários, como os acidentes envolvendo gás GLP.

Dentre o grande número de circuitos integrados disponíveis, existe a família chamada MQ-X, que traz consigo uma gama de dispositivos voltadas para detecção de gás, em específico o sensor MQ-05. Esse sensor tem como base de sua construção a detecção de gases do tipo GLP e gás Natural, em meio comum, sendo capaz de detectar a menor variação dos mesmos em ambientes abertos ou fechados, onde esses gases tendem a ser inodoros, oferecendo assim uma grande possibilidade de construção de soluções que consigam minimizar acidentes envolvendo estes gases.

Com o intuito de aumentar a quantidade de soluções em IOT, alguns microcontroladores, também chamados de módulos, foram desenvolvidos de modo a prover uma solução integrada de vários dispositivos como motores, LEDs, buzzers entre outros, aumentando, assim, a integração entre os dispositivos, de onde unitariamente executam pequenas ações, mas que, em conjunto, são capazes de entregar soluções refinadas para problemas complexos. Aliada à popularização de projetos construídos a partir do Arduino, que é uma plataforma de prototipagem de código aberto, com a capacidade de integrar vários microcontroladores, através de linguagens de programação já usadas por programadores, como C ou Python, permitem a interação com estes dispositivos de maneira fácil e rápida, permitindo criação de soluções robustas e refinadas.

1.1 Objetivos do Projeto

Este trabalho tem como objetivo a construção de um módulo de sensor de gás, que possa ser modularizado e aplicado em fogões de cozinhas domésticos, de qualquer tipo, prezando, primeiramente, pela facilidade e rapidez de instalação. O tipo de sistema utilizado terá como base a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino Uno, o qual será responsável pelo controle, verificação, captação e interpretação das informações, dentre elas a captação da concentração de gás GLP no ambiente e pelo controle da chave de liberação do gás, popularmente conhecido como registro do botijão de gás. O CI sensível ao gás GLP, ativará o sistema quando o nível de gás passar do limite de segurança estabelecido, acionando o controlador de abertura e fechamento da válvula do registro, alertando por meios de sinal sonoros e visuais quando um possível vazamento ocorrer.

Além de ser um sistema reativo, que consegue tomar decisões baseado nos dados captados, o sistema consegue realizar uma autoanálise dos materiais utilizados em sua construção, verificando se os componentes responsáveis estão em sua capacidade máxima de funcionamento, de acordo com técnicas de prevenção e tolerância a falhas, evitando assim, que o desgaste dos materiais comprometa o sistema, alertando ao usuário caso alguma falha técnica seja detectada, como por

exemplo, parâmetros medidos de forma errada ou incapacidade técnica do motor que será responsável pela rotação do registro.

1.2 Metodologia

1.2.1 Materiais e Métodos

Para a construção deste projeto, foi necessário a utilização de diversos dispositivos. Dentre eles, o sensor de gás GLP MQ-05, responsável por fazer a leitura da concentração de gás do ambiente e enviar esses dados para controlador lógico, o Arduino Uno, que é o dispositivo responsável por guardar as informações, interpretá-las e enviá-las aos demais dispositivos. Além destes, é utilizado um módulo de buzzer ativo, responsável por realizar alertas sonoros quando houver uma detecção de anomalia, assim como os leds. Há também um micro servo motor SG90, responsável por realizar a simulação do controle da abertura e fechamento do registro do botijão de gás. A escolha deste tipo de motor está relacionada com a sua capacidade de controlar o ângulo que se deseja fazer uma rotação, utilizando como parâmetro a válvula dentro do seu período de validade para garantir torque suficiente para abertura e fechamento, com o intuito de controlar a rotação e a orientação. Por fim, resistores, jumpers machos e fêmeas e a protoboard completam os dispositivos e materiais utilizados.

Após a construção do protótipo, parte da pesquisa esteve relacionada com o levantamento dos valores base a serem utilizados no sistema. Dentre eles, o valor principal foi a média da concentração de gás GLP como parâmetro de comparação, sabendo que existe uma variedade de vazões de gás que podem ocorrer numa boca de fogão ou num vazamento da mangueira e das conexões mangueira-fogão. Portanto, foi utilizado o menor valor possível para que o sistema pudesse abranger uma faixa maior de valores de concentração de gás.

Outro ponto importante sobre a modularização é que as conexões entre sensores, Arduino e motor podem ser aplicadas de maneira independente, fazendo com que o módulo Arduino possa ser reutilizado em diversos fogões, assim

disponibilizando o reuso da prototipação caso haja o desgaste de um equipamento específico.

Junto a isto, a verificação da confiabilidade dos sensores deve ocorrer para assegurar a prevenção a falhas, pois ao iniciar o dispositivo, ele deve verificar se todos os sensores e equipamentos estão em sua plena capacidade, aferindo a concentração média do ambiente e ativando o motor para fechar e abrir a saída de gás, sendo repetida esta verificação a cada troca do botijão de gás.

1.2.2 Resultados e Impactos Esperados

Ao final deste projeto, será demonstrado um protótipo que é capaz de reconhecer possíveis vazamentos de gás, mostrando as possibilidades de prevenção que podem ocorrer a partir da interpretação dos dados obtidos. Também será mostrada a capacidade de modularização utilizando dispositivos simples e de custo baixo para uma solução que poderá prover uma redução significativa nos acidentes domésticos envolvendo gás de cozinha. Permitirá, ainda, o detalhamento das técnicas de prevenção contra falhas e erros para sistemas que tenham como base a estrutura de microcontroladores, ressaltando a capacidade de evolução da aplicação de uma maneira mais robusta e demonstrando as possíveis integrações com sistemas de terceiros. De maneira geral, com os objetivos atingidos, será viabilizada a prototipação de uma aplicação que possa ser comercializada em larga escala e com fácil instalação.

1.2.3 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado da seguinte forma. No capítulo 2, encontram-se os trabalhos relacionados ao tema. No capítulo 3, estão descritos a fundamentação e referencial teóricos, com objetivo de especificar o contexto do problema e da solução, assim como explicar as ferramentas e dispositivos utilizados. O capítulo 4, é apresentado um estudo sobre prevenção de erros e falhas, justamente com as possíveis evoluções do sistema. No capítulo 5, apresenta-se a simulação e a prototipação. Por fim, o Capítulo 6 contém as conclusões do trabalho.

Capítulo 2

Trabalhos Relacionados

Muitos trabalhos foram realizados em torno do mesmo tema ou das tecnologias utilizadas e abordadas, principalmente a família de sensores de gás MQ-X. Grande parte dos trabalhos relacionados ao tema apresentam soluções voltadas a detecção e alerta, ou seja, são bases de sistemas ativos, que fazem verificação dos dados e informam a um sistema ou a um usuário final o estado da aplicação. Porém, este trabalho propõe uma solução reativa, que vai além do aviso da detecção de uma anomalia, seja por sinais auditivos e visuais ou através da realização de ações que evitem a permanência da anomalia detectada, promovendo ações para evitar que haja uma nova detecção destas falhas e evitando a possibilidades de danos maiores serem causados.

2.1 Utilização de Rede GSM

Trabalhos envolvendo redes GSM (Serviço de Rádio de Pacote Geral) são amplamente encontrados com uma alta aplicabilidade, já que conseguem dar autonomia ao sistema para que possam se comunicar com sistemas telefônicos. Sistemas com este tipo de aplicação podem ser encontrados desde avisos para sensores ou refinamentos como alarmes de temperatura, humidade ou até mesmo aviso de alertas de vazamento de gases. Como detalhado na monografia Arthur Caio Vargas e Pinto (CAIO, A, 2016) [4], a qual apresenta a construção de uma aplicação na qual o cerne é a notificação de moradores residenciais, mesmo não estando presentes, contribuindo para segurança, assim evitando possíveis acidentes.

A aplicação consiste no envio de um SMS (Serviço de Mensagens Curtas) para um telefone, usando o módulo SIM900 capaz de enviar serviços GSM/GPRS (Sistema Global para Comunicações Móveis), previamente cadastrado, quando uma detecção de vazamento é detectada e desligando o circuito elétrico da casa, caso os níveis de

gás, superem o estabelecido. Deste modo possíveis acidentes que sejam oriundos de vazamento de gás e falha elétrica podem ser evitados.

2.2 Utilização de *Bluetooth*

Os trabalhos envolvendo este tipo de tecnologia abrangem o leque de possibilidades de integração aos sistemas de terceiros, visto que a comunicação via *bluetooth* consegue enviar e receber dados de dispositivos próximos, realizando a troca de informações e aplicando o conceito de conexões entre dispositivos. Com relação a escalabilidade, este tipo de abordagem consegue se integrar aos padrões de dispositivos no mercado, como aplicativos e dispositivos de assistentes virtuais. Como detalhado na monografia de Daniel Limas e Paulo João (LIMAS, D e JOÃO, P) [5], foram utilizados sensores para detecção de gás GLP juntamente com um módulo *bluetooth* HC-05 para envio de alertas via SMS para um aplicativo, criado por ele, para alertas de vazamentos de gás [5].

2.3 Detecção de Gases

Outros trabalhos focam na detecção de gases e suas demais formas de notificação e aplicação utilizando um painel para informação, avisos sonoros e luminosos. Isto mostra as vastas possibilidades de criação de soluções envolvendo este tema com os componentes utilizados. Assim como detalhado na monografia de Cicero Roberto (ROBERTO, C) [6], cuja aplicação usa um sensor de gás MQ-02 e um painel led, *Keypad Shield*, para que haja notificação da informação, juntamente com um relé SRD05 para controle do circuito elétrico, que desativa o quadro elétrico residencial [2]. Logo, se verifica que as aplicações envolvendo esses tipos de sistemas e circuitos são amplas e que várias soluções podem ser derivadas dos trabalhos realizados ou serem apenas refinamentos dos mesmos.

Capítulo 3

Fundamentação Teórica

Neste capítulo, é apresentado os conceitos, fundamentação do problema e as tecnologias e dispositivos necessários para a construção deste projeto, assim como suas especificações, características, modelos e imagem.

3.1 IOT

Com o aumento do uso de IOT, que é o conceito de interconexão entre dispositivos e internet, é possível aplicá-lo em diversos sistemas de segurança. Muitas dessas aplicações podem ser criadas com baixo custo, com tecnologias acessíveis e com microcontroladores de fácil usabilidade e aplicação.

IDE's amigáveis para a construção do software, que será a parte responsável por conter a estrutura lógica para que haja a tomada das decisões do protótipo, podem ser achadas nos modelos de codificação simples, aliados aos custos baixos dos microcontroladores e a sua grande capacidade de modulação a outros sistemas, retornam um grande leque de soluções que podem ser aplicadas aos sistemas domésticos, trazendo bons resultados no aspecto da segurança doméstica.

Atualmente, existem dispositivos capazes de sentir, executar e interpretar informações do meio externo, tomando decisões com base nessas informações e a partir de parâmetros pré-estabelecidos. Estão presentes em nosso dia a dia em forma de detectores de fumaça, sensores de temperatura e sensores de presença com diversos formatos. Contudo, é perceptível que por mais que haja o uso crescente destes dispositivos e soluções simples que trazem bons resultados, eles não necessariamente têm enfoque na segurança.

Hoje, grande parte das tecnologias utilizadas se preocupa em apresentar revoluções tecnológicas, como por exemplo o conceito de casa inteligente, cuja

temperatura, iluminação e ações de segurança são controladas por um sistema inteligente, trazendo conforto e praticidade ao usuário. Todavia, podemos interpretar o conceito de casas inteligentes como um sistema capaz de assegurar a segurança do residente em relação aos riscos internos que podem ocorrer em seu dia a dia. Conforme é referenciado neste trabalho, poucas soluções tratam do vazamento de gás e por mais que se veja uma evolução nesses dispositivos e soluções geradas a partir deles, poucas soluções voltadas a este tipo de aplicação são encontradas no mercado. Quando encontradas, não possuem uma facilidade de instalação ou utilização.

3.2 O Gás GLP

O gás GLP, cientificamente chamado de Gás Liquefeito de Petróleo e popularmente como gás de cozinha, é uma das principais fontes de gás usadas hoje. Tem alto poder calorífico, qualidade na queima e baixo impacto ambiental, resultante do refino do petróleo e composto por uma variação de hidrocarbonetos, como o Propano (C_3H_8), o Propeno (C_3H_6), o Butano (C_4H_{10}) e o Buteno (C_4H_8), além de alguns outros hidrocarbonetos (Consigaz, 2019) [5].

Estando no estado gasoso em temperatura ambiente, é inflamável e inodoro. Alcança-se o estado líquido apenas quando submetido a grandes pressões. Utilizando os conceitos da equação de Clapeyron, onde pressão, volume e temperatura se relacionam, quanto maior a pressão submetida a um determinado elemento, menor é o seu volume, facilitando seu transporte, pois maiores quantidades podem ser deslocadas e armazenadas, ocupando um volume menor. O seu armazenamento é feito utilizando recipientes fabricados em aço carbono, projetados para pressão de trabalho de até 17 kgf/cm^2 , que são preenchidos com no máximo 85% de sua capacidade total. Assim, evita-se que dilatação gasosa por conta de variações de temperatura promova uma ruptura do involucro, causando uma possível explosão. Contudo, tendo seu transporte e armazenamento muitas vezes inapropriado, aumenta-se o risco sobre o seu uso, transporte e manutenção. Por estas características, o gás tem potencial para causar acidentes envolvendo seu uso.

3.3 Perigos e Usos

Como referenciado no tópico anterior, o gás GLP é amplamente utilizado pelas residências no Brasil e traz consigo um aumento dos casos de acidentes, como informado no registro do corpo de bombeiros, que relatam que acidentes envolvendo gás de cozinha vem aumentando a cada ano [1].

Um dos principais motivos para estes acidentes se deve ao fato deste gás ser mais denso que o ar, se acumulando em locais mais baixos como ralos, pisos, canaletas. Atrelado a isto, o gás GLP é inodoro, ou seja, não é perceptível ao sistema olfativo humano, que por mais que seja extremamente sensível, tendo de cerca de 20 milhões de células sensoriais, não é capaz de detectá-lo [1]. Além disso, a falta de manutenção adequada dos dispositivos, atrelados ao armazenamento incorreto, também é um dos responsáveis pelos acidentes porque, em sua maioria, os protocolos de segurança e manutenção não são seguidos.

Para mitigar acidentes fatais envolvendo o vazamento gás, a solução mais simples e de fácil detecção é deixá-lo perceptível ao sistema olfativo humano. Para isto, é adicionado um composto à base de enxofre, denominado mercaptano, que são cadeias de hidrocarbonetos mundialmente utilizadas na indústria de gás para detecção de vazamento de gases. O seu odor é facilmente identificado pelo olfato humano, mesmo em concentrações baixas, evitando que um vazamento aconteça de forma imperceptível.

Em relação aos equipamentos, este é um dos pontos mais complexos, pois o seu uso, cuidado e manutenção ficam a cargo do consumidor final, que em sua maioria não sabe quais cuidados e prevenções devem ser realizados nos equipamentos. As companhias de gás recomendam a troca do registro do gás após um período de cinco anos, assim como a mangueira responsável pela passagem do gás. Outros cuidados na troca se referem ao desligamento o quadro elétrico, a evitar aglomeração de pessoas no local, à verificação de vazamentos no lacre e a manutenção do botijão em ambientes fechados, assim como cuidados na borboleta e no rosqueador.

3.4 Sensor de Gás MQ-05

A família dos sensores MQ-X é o centro de várias aplicações que envolvem a detecção de gases no ar, por seu baixo custo, fácil aplicação, utilização e por sua sensibilidade alta a determinados gases. Neste trabalho se utiliza do sensor MQ-05 o qual é extremamente sensível aos gases GLP e Gás Natural, sendo muito utilizado em projetos eletrônicos envolvendo detecção e vazamento desses gases e trabalhando junto de uma plataforma de prototipagem como Arduino.

A aplicação deste sensor de gás mostrado na *Figura 1* é ampla, podendo ser utilizada tanto em meio residencial para controle de vazamento de gases, como em nível industrial para a detecção de gases, como em processo de identificação dos gases presentes nas amostras. Um dos principais motivos para seu uso em grande escala e sua versatilidade é a sua capacidade de detecção no ambiente onde for instalado tendo a capacidade de detectar entre 200 a 10000 ppm [10] (AMIN; NUGRATAMA; MASELENO; HUDA; JASMI, 2018).

Figura 1 - Sensor de Gás MQ-05



Fonte: Adaptado de Filipeflop

Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-gas-mq-5-glp-e-gas-natural/>

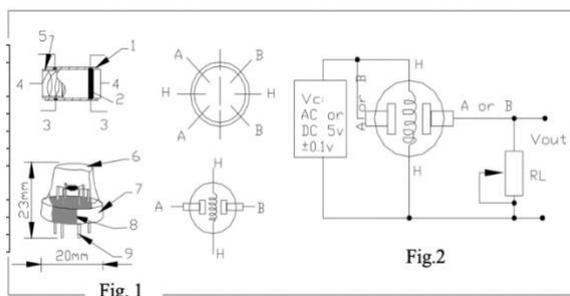
3.4.1 Características

O sensor de gás MQ-5 tem a capacidade de detectar concentrações de GLP e Gás Natural Liquefeito, sendo sensível apenas a estes de gases e possuindo baixa sensibilidade ao álcool e a fumaça, tendo resposta rápida, estável, com vida útil longa e fácil instalação. Também possui tensão de operação de 5V, um potenciômetro para a regulação da sensibilidade aos gases e leds indicadores de funcionamento e detecção. Tem sua camada mais externa composta por micro tubo cerâmico de Óxido de Alumínio (Al_2O_3), uma camada sensível de Dióxido de Estanho (SnO_2), o eletrodo de medição e um aquecedor fixados em uma crosta feita de plástico com uma rede de aço inoxidável, assim como mostrado na Figura 2 e Tabela 1. O aquecedor fornece as condições para os componentes sensíveis. O sensor tem seis pinos, dos quais quatro deles são usados para buscar sinais e outros dois são usados para fornecer corrente de aquecimento.

- Detecção de gases inflamáveis: Gás GLP e Gás Natural Liquefeito;
- Concentração de detecção: 200 – 10000 ppm;
- Tensão de operação: 5V;
- Potenciômetro para ajuste de sensibilidade;
- Saída digital e analógica;
- Fácil instalação;
- Led indicador para tensão e saída digital.

A Figura 2 demonstra o circuito esquemático as partes do sensor MQ-5. A Tabela 1 descreve as partes do sensor.

Figura 2 - Circuitos Sensor



Fonte: Datasheet Sensor MQ-05

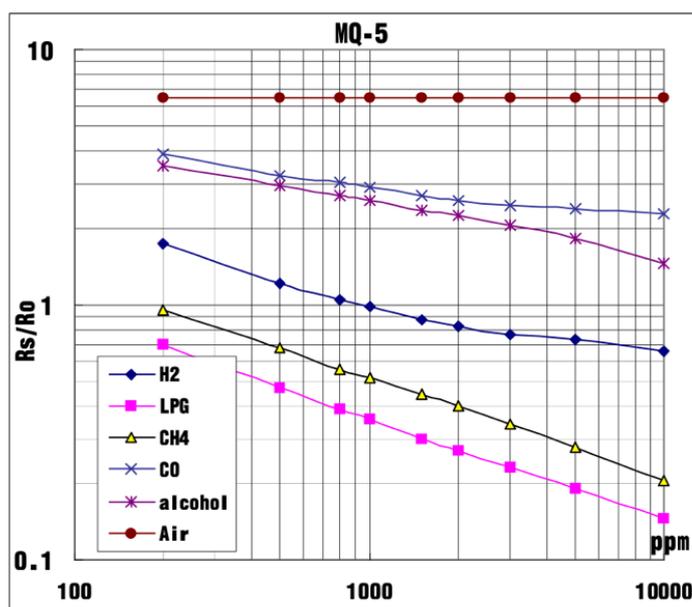
Tabela 1 - Partes e Matérias do Sensor

#	Partes	Materials
1	Camada sensível aos gases	SnO2
2	Eletrodo	Au
3	Linha de Eletrodo	Pt
4	Bobina de aquecimento	Ni-Cr
5	Tubo de Cerâmica	Al2O3
6	Rede anti explosão	Gaze de aço inoxidável
7	Anel de pressão	Chapeamento de cobre Ni
8	Base de Resina	Baquelite
9	Pinos de tubo	Chapeamento de cobre Ni

Fonte: Datasheet Sensor MQ-05

A Figura 3 mostra as curvas das características típicas de sensibilidade do MQ-05, sendo a razão R_s/R_o as variações das concentrações dos tipos de detecção de gases em relação a sua concentração em ppm. R_o é a resistência do sensor a 1.000ppm de H_2 no ar limpo e R_s é a resistência do sensor em várias concentrações de gases para vários gases na temperatura de 20°C, umidade em 65%, concentração de O_2 em 21% e $R_L=20k\Omega$. Assim utilizando essa razão as (Datasheet MQ-05).

Figura 3 - Curvas das características em diferentes gases



Fonte: Datasheet Sensor MQ-05

3.5 Servo Motor SG-90

O servo motor SG-90, Figura 4 é uma das partes fundamentais da aplicação, visto que será responsável por realizar a rotação da válvula, regulando sua abertura e fechamento. Tem como característica sua praticidade e leveza, com potência de saída necessária para rotacionar a válvula de gás em condições de uso normal, aliado ao seu controle rotacional, podendo rotacionar no sentido horário e anti-horário, com angulação de 180°, sendo 90° para cada direção, podendo regular o ângulo e direção de acordo com a codificação ou potenciômetro.

Figura 4 - Servo Motor G-90



Fonte: Adaptado de Vida de Silício

Disponível em: <https://www.vidadesilicio.com.br/wp-content/uploads/2021/09/1848-640x465.jpg>

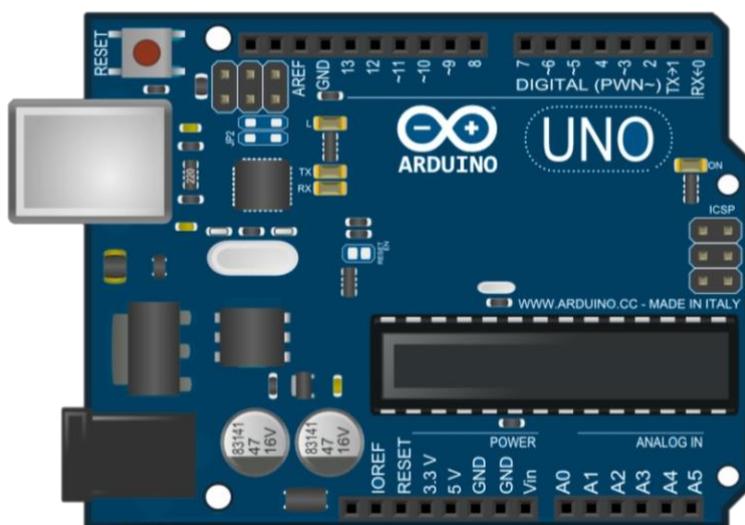
3.5.1 Características

- Peso: 9 g;
- Dimensão: 22.2 x 11.8 x 31 mm;
- Torque: 1.8 kgf·cm;
- Tensão: 4.8 V (~5V);
- Temperatura de Uso: 0°C – 55°C.

3.6 Arduino e IDE

A placa de Arduino utilizada neste trabalho é a Arduino Uno, Figura 5, sendo escolhida por possuir uma ampla gama de programações, a exemplo de projetos publicados na internet, e por ser compatível com uma variedade de módulos e sensores. A placa possui quatorze pinos de input/output digitais, com mais seis de entrada analógica, trabalhando 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 5 – Protoboard Arduino Uno



Fonte: Adaptado de Pixabay

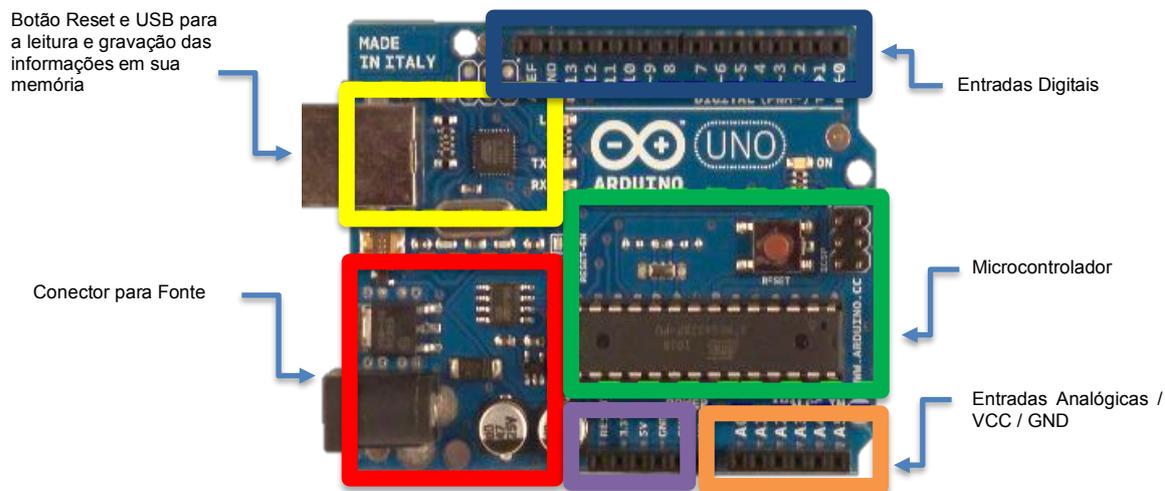
Disponível em: <https://pixabay.com/pt/illustrations/arduino-arduino-uno-tecnologia-2168193/>

3.6.1 Características

Sendo a base de uma plataforma *open source*, o hardware para prototipagem eletrônica é projetado com um microcontrolador Atmel AVR com suporte para entrada/saída digitais ou analógicas, que são utilizadas na integração de diversos dispositivos com a placa, além de ter como linguagem de programação padrão baseado no em C/C++, que são linguagens difundidas no mercado.

Tem como microcontrolador principal o ATmega328P da fabricante Atmel. Tem quatorze pinos digitais que podem ser utilizados como entrada e/ou saída, sendo que desses quatorze pinos, seis deles podem ser utilizados como saída PWM, que é um sinal elétrico para controle de motor e tem mais seis pinos de entrada para sinais analógicos. Para o *clock* do microcontrolador, é utilizado um cristal oscilador de 16Mhz, tendo uma conexão USB e um conector para ligação da fonte de energia, um conector para programação e um botão de reset para reiniciar a placa.

Figura 6 - Pinagem Arduino Uno

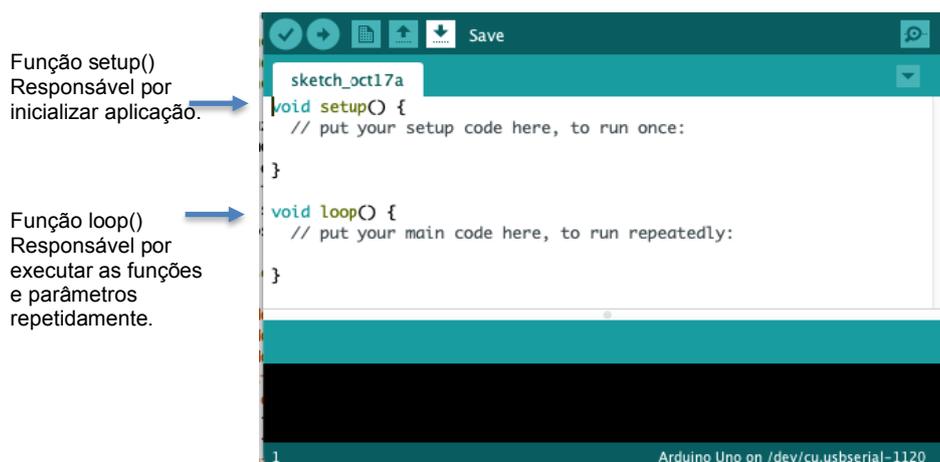


Fonte: Autoria Própria

3.6.2 IDE

IDE do Arduino (Ambiente Integrado de Desenvolvimento), como mostrado na Figura 7, é uma aplicação desenvolvida com funções de C e C ++. É usado para escrita de programas em placas compatíveis com Arduino.

Figura 7 - IDE Arduino



Fonte: Autoria Própria

3.7 Buzzer

O buzzer é um pequeno alto-falante destinado a emitir sinais sonoros a partir do fornecimento de energia DC ao módulo, não variando a frequência emitida.

Figura 8 - Buzzer Ativo



Fonte: Adaptado Mouser

Disponível em: <https://br.mouser.com/images/mallorysonalert/images/pb09.jpg>

Capítulo 4

Prevenção de Falhas

Quando se descrevem as falhas, há uma interpretação de que sejam erros que acontecem em um sistema ou uma aplicação, sendo de software ou de hardware. Falhas são todas as possíveis anomalias que podem ocorrer em um sistema. Os projetistas de modelos sempre tentam minimizar ao máximo a possibilidade de uma falha acontecer, mesmo sabendo que falhas são inevitáveis. Isso significa que falhas são inerentes aos sistemas e não existe sistema 100% seguro contra elas. Quando se fala de qualidade de sistemas, os principais termos em relação a um bom serviço são as métricas de confiabilidade e de disponibilidade, as quais definem o quanto uma aplicação tem seus dados e funções executadas com qualidade e qual é a sua capacidade de estar disponível para os usuários. Nos dias atuais, os usuários procuram por sistemas com um serviço rápido, duradouro e disponível a qualquer momento. Para isso, são utilizadas técnicas de prevenção a falhas para garantir a disponibilidade e/ou confiabilidade destes sistemas [9].

Mesmo que falhas sejam inerentes aos sistemas, as suas possíveis consequências não o são. A capacidade de um sistema de lidar com as consequências de possíveis falhas é o que faz um sistema ter maior disponibilidade para os usuários. Todavia, o uso destas medidas que agregam confiabilidade e disponibilidade a um projeto nem sempre são tomadas como prioridades quando os sistemas estão sendo criados. O uso das técnicas no processo de construção de um sistema tende a ser agregado ao custo final do projeto, seja em termos financeiros ou em tempo de desenvolvimento, o que afasta a ideia da utilização destas técnicas em projetos de pequeno a médio porte. Por esse custo elevado, até pouco tempo atrás a preocupação com a prevenção de falhas era quase que exclusiva dos projetistas de sistemas críticos, como aviões, sondas espaciais e foguetes. Contudo, com a massificação destas técnicas de dependabilidade, referenciada na seção 4.3, sua aplicabilidade se tornou possível para uso em sistemas críticos e em sistemas de aplicação mais simples.

4.1 O que é Prevenção Contra Falhas

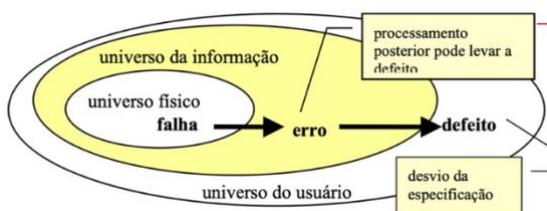
Quando se fala em prevenção, pode-se pensar em dispositivos que não deveriam falhar. Contudo, este pensamento não condiz de fato com que significa a prevenção contra falhas. Como já dito anteriormente, falhas são inerentes a qualquer aplicação, sejam elas causadas por software, como um dado de entrada errado ao sistema, ou por hardware, como uma peça ou parte de algum equipamento que apresente desvios de suas funções ou parada total de funcionamento.

A ideia das técnicas de prevenção é a criação dos sistemas levando-se em conta as possibilidades de ocorrência de falhas, incluindo as mais remotas. A criação de sistemas capazes de lidar com falhas exige uma certa complexidade, normalmente utilizando uma ou duas técnicas por vez, a fim de mitigar ao máximo a probabilidade de ocorrência.

4.2 Falha, Erro ou Defeito

Ao senso comum, esses termos podem ter seus conceitos misturados. Contudo, no âmbito da tolerância às falhas, cada um traz um significado. Primeiramente, conceitua-se a falha como sendo todos os desvios que podem acontecer da usabilidade de um sistema, seja ele na parte algorítmica pelo software, ou na parte física pelo hardware. Já os erros são as consequências do aparecimento das falhas. Um erro, por sua vez, é definido como uma tratativa de informações errôneas, ou seja, a interpretação de uma falha leva a uma síntese amorfa e conseqüentemente a um defeito. O defeito é um desvio da funcionalidade padrão de uma aplicação, não devendo ser tolerados, mas podendo ser evitados. Defeitos estão na esfera da usabilidade do sistema com o usuário, diminuindo a disponibilidade de um sistema. Na Figura 9, é possível verificar o fluxo da geração de um defeito a partir de uma falha, bem como o universo em forma de diagrama das falhas, erros e defeitos.

Figura 9 – Sintetização dos universos das falhas, erros e defeitos



Fonte: Tolerância a falhas: conceitos e exemplos, p.4 (Taisy Silva Weber)

Tendo em mente o conceito de falha, podemos interpretar a latência de falha como o tempo decorrido entre início da falha até a ocorrência de um erro. A latência de erro é o tempo, desde o início do erro à ocorrência de um defeito. Ou seja, os tempos de latência são os intervalos de tempo em que as técnicas de falhas devem atuar. Quanto menor a latência, mais difícil será a solução, assim como quanto maior a latência, maior a possibilidade de solução sem detecção [6].

Em relação aos componentes, estes dispositivos sofrem com a ação do tempo e de fatores externos, seja por meio de falhas ambientais ou humanas. Os softwares com alta complexidade dos projetos, com alto nível de detalhamento ou com deficiência de especificação também podem gerar falhas em sistemas. Em relação às causas das mesmas, são geradas por problemas com a especificação do projeto ou por componentes com defeitos e desgastes, seja por fatores externos ou ambientais. Na Tabela 2, pode-se verificar a diferença de sistemas que possuem técnicas de prevenção e os que não possuem. É verificado que quando há o uso de técnicas contra falhas, os erros relacionados ao hardware caem drasticamente e o principal causador de falhar passa a ser o software por ter uma construção que não está preparada para anomalias ou defasagem, além do *Mean Time*, que é tempo médio para o aparecimento de uma falha ser bem maior em sistemas tolerantes à falha.

Tabela 2 – Diferença de Sistemas com tolerância a falhas

Sistemas tradicionais			
Não tolerante a falhas		Tolerante a falhas	
Mean time to failure: 6 a 12 semanas		Mean time to failure: 21 anos (Tandem)	
Indisponibilidade após defeito: 1 a 4 h			
Defeitos:		Defeitos:	
hardware	50%	software	65%
software	25%	operações	10%
comunicações / ambiente	15%	hardware	8%
operações	10%	ambiente	7%

Fonte: Tolerância a falhas: conceitos e exemplos, p.5 (Taisy Silva Weber)

4.3 Dependabilidade

Quando falamos em estado da arte do desenvolvimento de um sistema com tolerância à falha, é utilizado o conceito de dependabilidade, que traz as métricas da qualidade de um sistema ou serviço. Dentro das medidas da dependabilidade, temos a confiabilidade e a disponibilidade.

Como já citado, a confiabilidade é utilizada em sistemas nos quais a menor interferência de tempo ocorrida por uma falha gera problemas graves ou onde reparos não podem ser realizados, como sondas espaciais, por exemplo. A disponibilidade é o quanto o serviço está apto a ser utilizado, ou seja, quanto maior sua taxa de disponibilidade maior sua confiabilidade. Sendo assim, a segurança para o uso daquele sistema é mais garantida. Por exemplo, um serviço tem alta disponibilidade, mesmo que apresente um curto período de tempo de inoperabilidade, desde que estes não comprometam a qualidade do serviço. Em relação ao desempenho, está relacionada com a disponibilidade de um sistema oferecer 100% de sua capacidade, ou seja, mesmo com a queda em seu desempenho causada por uma falha, mantém-se operante mesmo com gargalos em seu uso. Em relação a manutenibilidade, que nada mais é a capacidade de realizar um reparo ou restauração, envolve a localização do defeito, reparo físico e recolocação em manutenção. Por fim, tem-se a testabilidade, que é a capacidade de testar especificações do sistema, de forma que quanto maior a testabilidade, melhor a manutenibilidade e, conseqüentemente, menor o período de indisponibilidade [9].

4.4 Tolerância a Falhas x Prevenção a Falhas

Entendendo os conceitos do que é uma falha, de suas conseqüências, do erro e da ação fora do escopo que resulta no defeito final, pode-se questionar a diferença entre a prevenção e a tolerância das falhas. A prevenção tem o intuito impedir o aparecimento de alguma falha, envolvendo métodos e tecnologias nos possíveis e mais variados cenários. Dentre as técnicas principais de prevenção, tem-se a

redundância, que aumenta a quantidade de dispositivos utilizados para sobrepor a atuação de um dispositivo em caso de falha.

Mesmo a prevenção e a tratativa cobrindo grande parte das falhas que possam acontecer em um sistema, em sistemas mais críticos e robustos e assumindo o conceito da imprevisibilidade em que as falhas podem acontecer em termos probabilísticos, estas não são suficientes para garantir a confiabilidade e a disponibilidade dos sistemas. Para isto, os sistemas devem ser construídos com técnicas de tolerância às falhas, garantindo seu funcionamento mesmo na ocorrência de alguma falha e trabalhando principalmente com a redundância, pela colocação de componentes adicionais e/ou algoritmos especiais.

A tolerância às falhas não dispensa técnicas de prevenção. Sistemas construídos com componentes frágeis e técnicas inadequadas de projeto não são confiáveis pela simples aplicação de tolerância às falhas. As técnicas de tolerância às falhas podem ser divididas em dois tipos: o mascaramento e a técnica de detecção, localização e reconfiguração. Na técnica de mascaramento, as falhas não são tratadas como erros, pois são mascaradas na origem. Já a técnica de detecção, localização e reconfiguração se preocupa em localizar e reconfigurar o dispositivo para que a falha não leve o sistema a um período de indisponibilidade. A primeira classe geralmente emprega mais redundância que a segunda e é a preferida para sistemas de tempo real críticos por não envolver os tempos gastos para as tarefas de detecção, localização e reconfiguração.

4.5 Aplicação dos Conceitos

Aplicando o mascaramento e a redundância como conceitos de prevenção e tolerância contra falhas, dividiu-se a abordagem em duas etapas, aplicando ambos os conceitos. Na primeira etapa, usando os conceitos de prevenção, utiliza-se o software para a verificação dos parâmetros dos dispositivos utilizados. Já na segunda etapa, usando a base dessas informações colhidas na primeira, realizou-se uma intervenção via hardware. Tomando como base a primeira abordagem, a aplicação verificou se suas dependências principais estão em pleno funcionamento.

No caso deste trabalho, levou-se em consideração o sensor de gás e o servo motor. Os testes de falha iniciais ocorrem ao iniciar o software da aplicação, quando os parâmetros da leitura de gás são verificados e comparados com um parâmetro, assim como a angulação do motor, sendo verificada sua rotação em 180°.

Todas as verificações são informadas por alertas sonoros e luminosos. A primeira verificação se dá pelo sensor de gás, realizando o aviso sonoro de dois bips caso o sistema verifique que a leitura esteja dentro dos padrões estabelecidos. Em um segundo momento, acontece a verificação do servo motor em quatro etapas. Cada passo da verificação é feito com um bip sonoro de acordo com seu índice, ou seja, primeira verificação é de um bip, onde se verifica a angulação de 0° até 90°; a segunda é feita com dois bips, onde se verifica a angulação de 90° até 180°; a terceira é com três bips, onde se verifica a rotação no sentido contrário, de 180° até 90°; e por último com quatro bips, onde se verifica a rotação de 90° até 0°, deixando o motor na posição para iniciar o sistema. No código, essas verificações acontecem pela chamada das funções que verificam o motor e verificam o sensor. Essas verificações acontecem periodicamente a cada troca do botijão de gás, ou seja, a cada vez que o dispositivo é ligado ou religado.

A segunda abordagem usou técnicas de tolerância por mascaramento. Foi realizada apenas em simulação pelo critério de redução de custos, já que a quantidade dos sensores e motores teria que ser dobrada. Nesta verificação, caso algum dos testes anteriores com o sensor ou motor apresentasse leituras fora do padrão, automaticamente ativariam respectivamente o segundo dispositivo, evitando que a aplicação iniciasse com leituras de parâmetros errôneos ou que tivesse seu funcionamento limitado.

Capítulo 5

Simulação e Prototipação

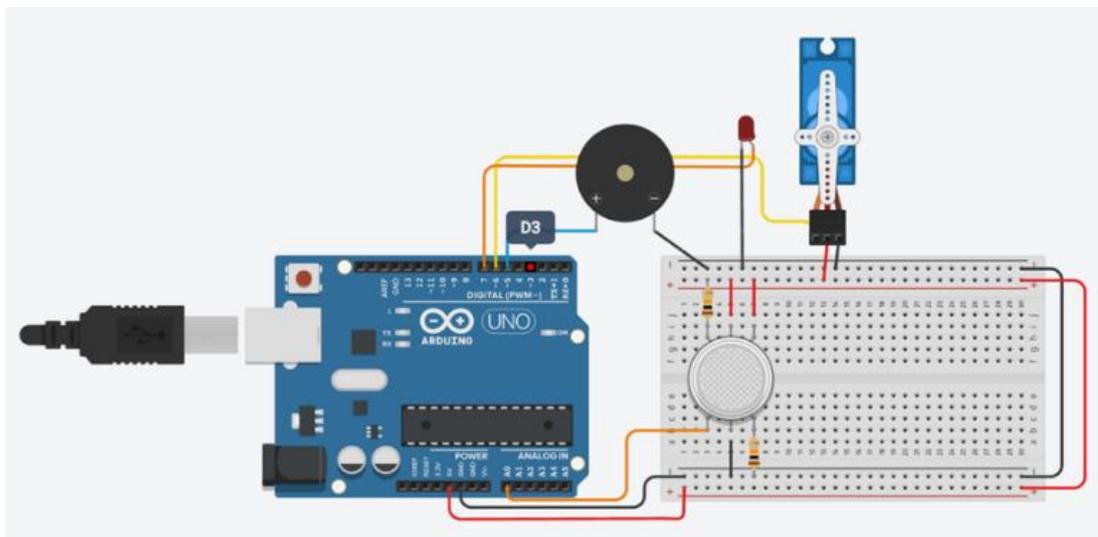
Neste capítulo, é apresentada a simulação e prototipação com as tecnologias apresentadas e utilizadas para o desenvolvimento do projeto. A funcionalidade da prototipação se dará quando houver a detecção do gás GLP, o controlador lógico *Arduino* irá interpretar a leitura da concentração e ao verificar que excede o limite estabelecido, acionará o motor para realizar o fechamento do registro do gás e só liberando quando não detectar níveis fora do padrão estabelecido, evitando assim acidentes. Como exemplificado no capítulo 4, o centro da aplicação ocorrerá na comunicação do sensor de gás e do servo motor para realizar o controle da chave de liberação de gás. Neste capítulo, será simulada uma aplicação construída na plataforma online *Thinkercad*, que é usada para criação de design de modelos 3D e prototipação juntamente com a prototipação realizada com os equipamentos já detalhados.

Aliado à simulação, é demonstrado o uso de técnicas de prevenção contra falhas que podem ser aplicadas ao protótipo, desde a verificação do funcionamento dos dispositivos a uma alternativa em caso de interrupção do funcionamento.

5.1 Simulação

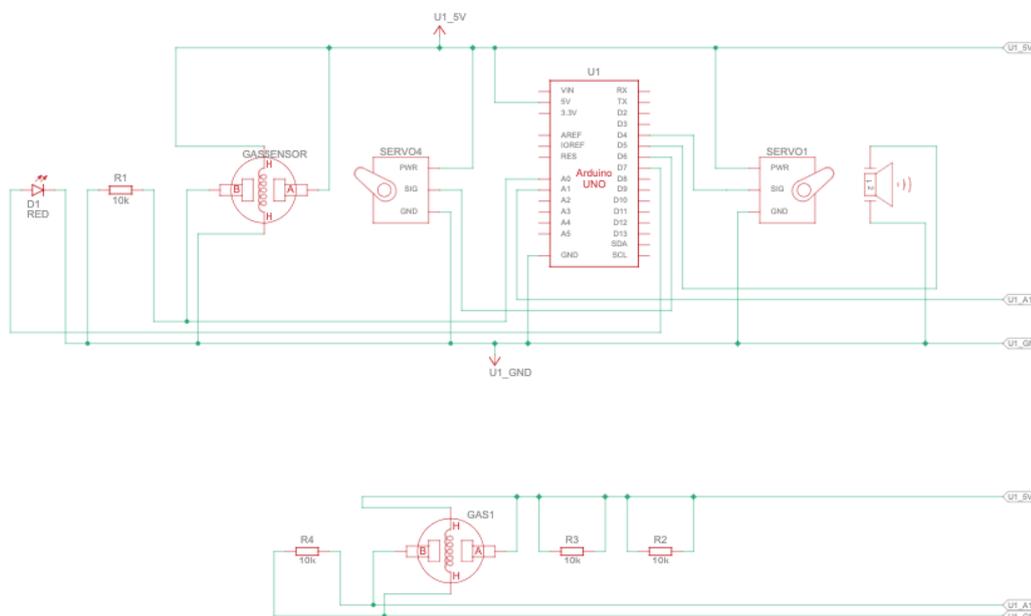
Sendo a primeira fase da construção da aplicação, foi utilizada a plataforma *Thinkercad*, a construção da simulação na Figura 10, demonstra seu primeiro estado de funcionamento e o principal, que é acionamento do motor quando houver a detecção do gás. Simulando quais principais dispositivos, hardware, e estrutura serão necessários para a sua construção como demonstrado na Figura 11, ao qual demonstra a construção esquemáticas dos dispositivos.

Figura 10 - Simulação da Aplicação



Fonte: Autoria Própria

Figura 11 - Visão esquemática da simulação

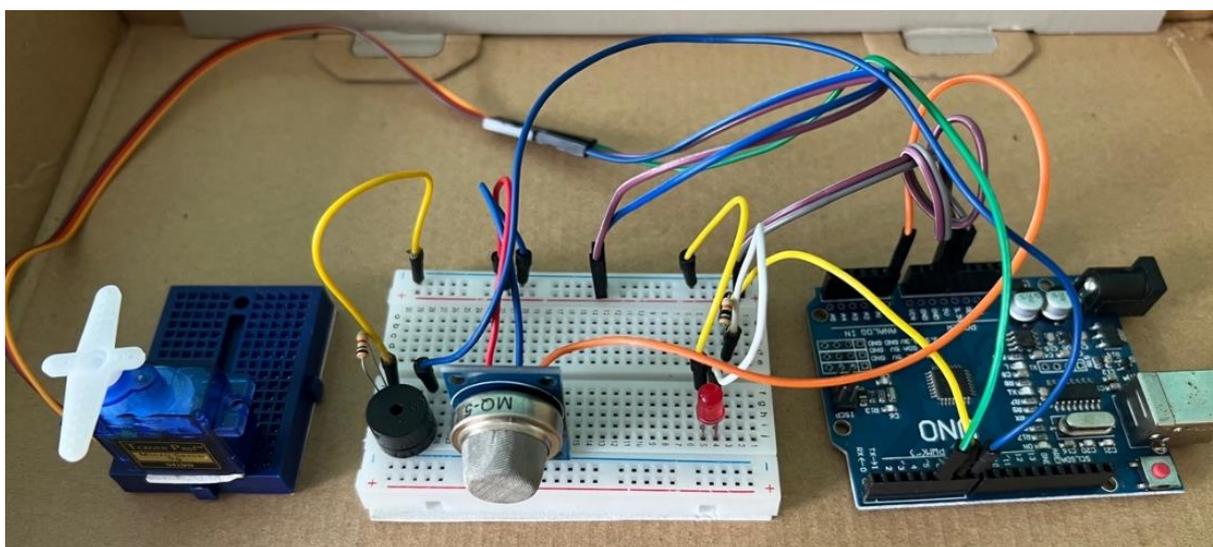


Fonte: Autoria Própria

5.2 Prototipação

Para esta prototipação, foram utilizadas duas minis protoboards, que são placas de pinagem, juntamente com jumpers machos e fêmeas, resistores e todos os dispositivos detalhados no capítulo 4. Como mostrado na Figura 14, a construção da prototipação foi realizada de uma forma simples e com poucos materiais.

Figura 12 - Prototipação

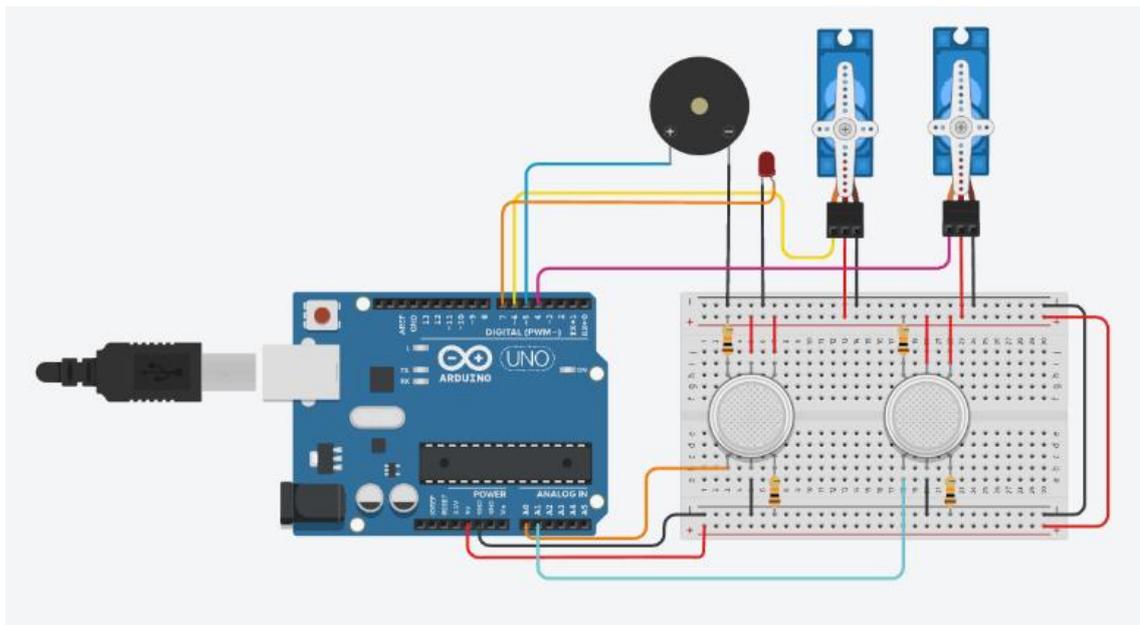


Fonte: Autoria Própria

5.3 Simulação com Sistema Contra Falhas

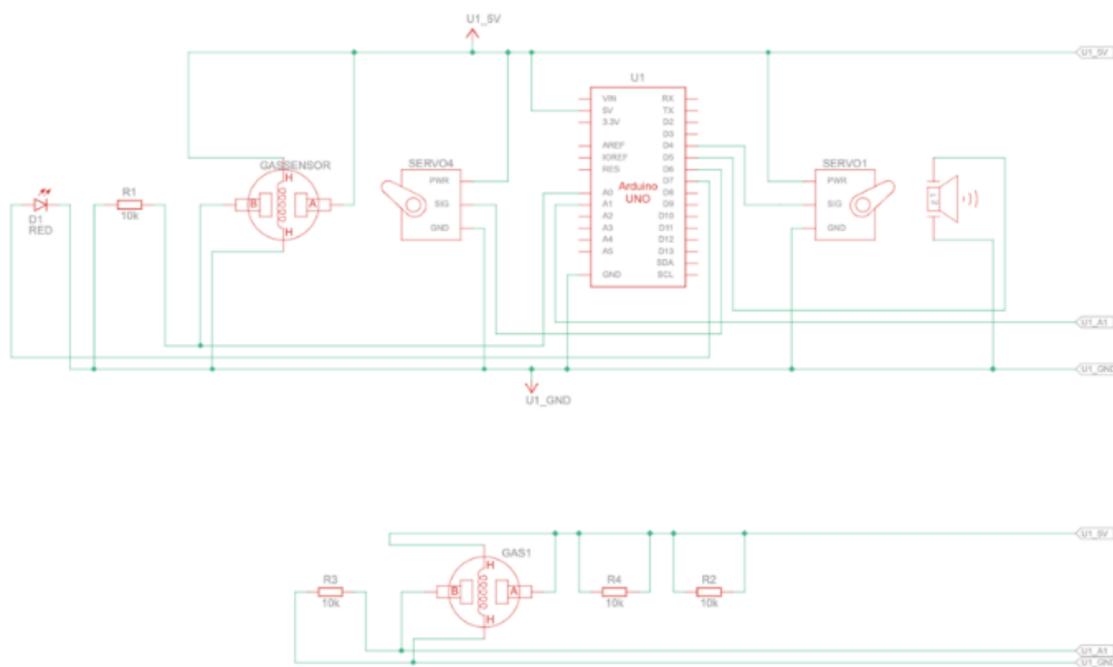
Como detalhado no capítulo 3, o sistema de prevenção contra falhas se dá com o dobro de dispositivos centrais da aplicação. Neste caso, fez-se o uso do sensor de gás MQ-5 e o micro servo motor SG-90. Foi utilizada a técnica de redundância, realizando a construção da simulação na Figura 13 com o dobro de dispositivos, sendo eles o sensor e o motor, para evitar que um dos dispositivos principais fique indisponível ou sem confiabilidade em caso de instabilidade, tomando como execução auxiliar a utilizando dos dispositivos secundários. Foi mostrada a parte esquemática da simulação na *figura 14* com a utilização do dobro dos dispositivos.

Figura 14 – Simulação com técnicas de tolerância a falhas



Fonte: Autoria Própria

Figura 13 – Circuito esquemático com tolerância a falhas



Fonte: Autoria Própria

Capítulo 6

Conclusão

O desenvolvimento deste trabalho demonstrou a possibilidade do desenvolvimento de soluções simples que trazem grande impacto para sociedade. A utilização do Arduino como plataforma de prototipação, aliado com a facilidade de integração de microcontroladores com diversas funcionalidades, demonstra que soluções simples podem ser acopladas a sistemas mais complexos.

Logo, conseguiu-se como resultado obtido a criação de um protótipo capaz de realizar a simulação da abertura e do fechamos da válvula de gás para botijões do tipo residencial quando houver a detecção de um possível vazamento do gás de cozinha. Também foi possível verificar o uso de técnicas contra falhas na prototipação, visto que ao iniciar a protótipo, ele irá realizar a verificação do parâmetro da leitura de gás do sensor MQ-05 e comparar com o padrão pré-estabelecido, assim como as possíveis rotações do motor, com variações de 0° a 90° e de 90° a 180°, verificando o valor da angulação com os parâmetros estabelecidos.

Se as duas verificações forem bem-sucedidas, o uso do protótipo é liberado. Junto a isso, a construção de uma simulação com técnicas de redundância, dobrando a quantidade do sensor de gás e do motor, assim, diferenciando-se da prototipação que, quando as verificações dos dispositivos falharem, não irá parar o seu uso da e sim passar o uso do motor e sensor secundário, evitando a indisponibilidade do sistema.

As limitações encontradas pelo uso destes dispositivos foram pequenas. Sua codificação é simples e realizada em uma linguagem já estabelecida no mercado, mas um ponto de limitação encontrado foi a aplicação deste protótipo em uma aplicação real, ao qual seria necessário projetar o modelo para que possa ser acoplado aos fogões de cozinha domésticos. Mesmo a simulação sendo feita em um ambiente controlado, o sensor MQ-05 mostrou-se ser ideal para detecção de gases do tipo GLP,

mesmo que em concentrações pequenas, comprovando que tem boa aplicabilidade para soluções deste tipo.

Também foi visto que sistemas antifalha são técnicas que devem ser aplicadas em grande parte dos dispositivos e soluções para aumentar sua durabilidade e a existência de soluções mais seguras, visto que os próprios sistemas realizariam autoanálises para encontrar falhas e tomar decisões sobre elas.

Como evolução deste trabalho, é proposto a união deste com sistemas ativos, de modo que além de prevenir o usuário, caso haja algum vazamento, também o informe do ocorrido. Um exemplo desta evolução seria o acoplamento de um sistema GSM para envio de mensagem, ou até mesmo o uso do *bluetooth* para comunicação entre dispositivos e geração de logs em uma base dados ou incrementos, como controle de circuito elétrico da casa e integração com assistentes virtuais.

Referências

- [1] WAGNER, F. **Estatísticas Impressionantes – Histórico De Acidentes Com Gás**. Publicado em 26 de agosto de 2016 – Disponível em <<https://rwengenharia.eng.br/acidentes-com-gas/#:~:text=Segundo%20dados%2C%20apenas%20em%20S%C3%A3o,de%20vazamento%20de%20g%C3%A1s%20GLP.>> Acessado em: 25 de set. 2022.
- [2] Research, Juniper. **Industrial iot connections to reach 37 billion globally by 2025, as ‘smart factory’ concept realized**. www.juniperresearch.com, 2020 - Hampshire, UK. Disponível em: <<https://www.juniperresearch.com/press/industrial-iiot-connections-smart-factory>> Acesso em: 25 de set. 2022.
- [3] MENEGATTI, F. **Crescimento do IoT no Brasil abre novas oportunidades de negócios em rastreamento veicular e gestão de frotas**. Publicado em 15 de fevereiro de 2022 – Disponível em <<https://cryptoid.com.br/criptografia-identificacao-digital-id-biometria/crescimento-do-iot-no-brasil-abre-novas-oportunidades-de-negocios-em-rastreamento-veicular-e-gestao-de-frotas/>> Acessado em: 25 de set. 2022.
- [4] CAIO, A. **Desenvolvimento de sistema de monitoramento de gás lp com alarme por sms**. Monografia (Engenharia de Controle) - Escola De Minas, Universidade Federal De Ouro Preto. Ouro Preto. Julho/2016
- [5] LIMAS, D e JOÃO, P. **Automação Residencial de Monitoramento de Gás Por Meio da Plataforma Arduino e IOT**. Monografia - Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma.
- [6] ROBERTO, C. **Detector de Gás GLP**. Disponível em: <<https://monografias.brasilecola.uol.com.br/computacao/detector-gas-glp.htm>> Acessado em: 25 de set. 2022.
- [7] CONSIGAZ. **Gás glp: o que é?** Disponível em: <<https://www.consigaz.com.br/gas-glp/>> Acessado em: 25 de set. 2022.
- [8] 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>.
- [9] SILVA, T. **Tolerância a falhas: conceitos e exemplos**. Tese de Pós-Graduação em Computação - Instituto de Informática – UFRGS
- [10] **ARDUINO UNO**. 2022. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 15 de set. 2022.
- [11] **BOTIJÃO de gás pode ser um perigo invisível na cozinha**. 2015. Disponível em: <<http://www.diariodecanoas.com.br/conteudo/2015/05/noticias/registro/164594->

botijaode-gas-pode-ser-um-perigo-invisivel-na-cozinha.html>. Acesso em: 1 de out. 2022.

[12] CAIO, A. **Desenvolvimento de sistema de monitoramento de gás Ip com alarme por sms**. Monografia (Engenharia de Controle) - Escola De Minas, Universidade Federal De Ouro Preto. Ouro Preto. Julho/2016

[13] **DATASHEET Sensor de Gás MQ-05**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/img/files/download/Sensor_de_gas_MQ-5.pdf> Acesso em: 9 de set. 2022.

[14] DIANA, J. **Olfato – Toda Matéria**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/olfato/>> Acessado em: 25 de set. 2022.

[15] GUSTAVO, M e SORARES, L. **A internet das coisas: evolução, impactos e benefícios** – Artigo Científico. Faculdade de Tecnologia de Catanduva (FATEC) – SP – Brasil

[16] LIMAS, D e JOÃO, P. **Automação Residencial de Monitoramento de Gás Por Meio da Plataforma Arduino e IOT**. Monografia - Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma.

[17] MOTA, A. **Usando o buzzer com Arduino** – Transdutor piezo elétrico. 2015. Disponível em: <<http://blog.vidadesilicio.com.br/Arduino/basico/usando-o-buzzer-comarduino-transdutor-piezo-eletrico/>> Acesso em: 1 de set. 2022.

[18] Research, Juniper. **Industrial iot connections to reach 37 billion globally by 2025, as ‘smart factory’ concept realized**. www.juniperresearch.com, 2020 - Hampshire, UK. Disponível em: <<https://www.juniperresearch.com/press/industrial-iot-iiot-connections-smart-factory>> Acesso em: 25 de set. 2022.

[19] ROBERTO, C. **Detector de Gás GLP**. Disponível em: <<https://monografias.brasilecola.uol.com.br/computacao/detector-gas-glp.htm>> Acessado em: 25 de set. 2022.

[20] SILVA, T. **Tolerância a falhas: conceitos e exemplos**. Tese de Pós-Graduação em Computação - Instituto de Informática – UFRGS

[21] SILVA, T. **Tolerância a falhas: conceitos e exemplos**. Aula de Graduação – Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/220162274_Fundamentos_de_Tolerancia_a_Falhas> Acesso em: 9 de set. 2022.

[22] ULTRAGAZ. **Você sabe o que é gás GLP?** Novembro de 2021. Disponível em: <<https://www.ultragaz.com.br/voce-sabe-o-que-e-gas-glp/>> Acessado em: 25 de set. 2022.

[23] VOCÊ sabia? **Gás de cozinha NÃO tem cheiro!** Disponível em: <https://www.prominent.com.br/pt/Empresa/Empresa/Imprensa/voce-sabia-gas-de-cozinha-nao-tem-cheiro.html#:~:text=O%20mercaptano%20%C3%A9%20mundialmente%20utilizado,estado%20%C3%ADquido%20devido%20estar%20pressurizado.>> Acesso em: 25 de set. 2022.

ANEXOS

Código Prototipação

```
#define saida2 6
#include <Servo.h>
#define SERVO 5

int buzzer = 7;
int smoke = A0;
Servo s;
int pos;

void setup() {
  pinMode(smoke, INPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  s.attach(SERVO);
  Serial.begin(9600);
  verificaSensor();
  verificaMotor();
  s.write(0);
}

void loop() {
  gasAtivo();
  delay(1000);
}

void gasAtivo() {
  int sensor = analogRead(smoke);
  if (sensor > 400) {
    led = true;
    s.write(90);
    piscaled();

    atvsom();
  } else {
    led = false;
    s.write(0);
    digitalWrite(7, LOW);
    digitalWrite(6, LOW);
  }
}

void piscaled() {
  digitalWrite(6, HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(6, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(6, HIGH);
  delay(1000);
}

void atvsom() {
  for (int i = 0; i < 255; i++) {
    analogWrite(buzzer, i);
    delay(10);
  }
  for (int i = 255; i > 0; i--) {
    analogWrite(buzzer, i);
    delay(10);
  }
}

void verificaSensor() {
  int sensor = analogRead(smoke);
  if (sensor > 30 && sensor < 60) {
    delay(500);
    digitalWrite(7, HIGH);
```

