
Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG
Curso de Engenharia Mecânica

JEOVÁ ALVES DA SILVA
WILKER PEREIRA DOS SANTOS

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE SEGURANÇA PARA FOGÃO
RESIDENCIAL À GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO**

Publicação Nº 2

Goianésia - GO
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

S586d

SILVA, Jeová Alves da

Desenvolvimento de sistema de segurança para fogão residencial a gás liquefeito de petróleo/ Jeová Alves da Silva e Wilker Pereira dos Santos, - Goianésia: Faculdade Evangélica de Goianésia-FACEG, 2023).

21p.; il.

Orientador: Prof. Me. Alessandro Morais Martins

Artigo do Trabalho de Conclusão de Curso

Faculdade Evangélica de Goianésia: FACEG, 2023.

1.Temperatura. 2. Vazamentos. 3. Gás GLP. 4.Concentração de gás.

I. SILVA, Jeová Alves da; SANTOS, Wilker Pereira dos

CDU 621

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Silva, J.A., Santos, W.P. Sistema de segurança para fogão residencial à gás liquefeito de petróleo. Trabalho de conclusão de Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, Goianésia, GO, 21p. 2023.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Jeová Alves da Silva e Wilker Pereira dos Santos

TÍTULO DO ARTIGO: Sistema de segurança para fogão residencial à gás liquefeito de petróleo.

GRAU: Bacharel em Engenharia Mecânica

ANO: 2023

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Jeová Alves da Silva
Rua Josefino Joaquim da Silva, nº 34
76381-203 - Goianesia/GO – Brasil

Wilker Pereira dos Santos
Rua Couto Magalhães Q:y, Lt: 13-B
76420-000 - Niquelândia/GO - Brasil

JEOVÁ ALVES DA SILVA
WILKER PEREIRA DOS SANTOS

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE SEGURANÇA PARA FOGÃO
RESIDENCIAL À GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO**

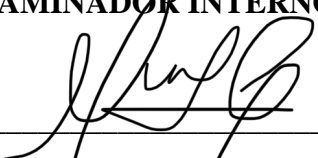
Publicação Nº 2

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, EM FORMA DE ARTIGO,
SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA FACEG**

Aprovados por:

Alessandro Morais Martins, Mestre (FACEG)
(ORIENTADOR)

Ivandro José de Freitas Rocha, Mestre (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)



Marínés Chiquinquirá Carvajal Bravo, Doutora (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)

Goianésia - GO
2023

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE SEGURANÇA PARA FOGÃO RESIDENCIAL À GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO

Jeová Alves da Silva¹

Wilker Pereira do Santos²

Alessandro Martins Morais³

Joaquim Orlando Parada⁴

RESUMO

O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) é uma fonte de combustível popular para residências e empresas em todo o mundo, entretanto sistemas alimentados à GLP podem representar um risco de segurança significativo se não forem gerenciados adequadamente. Atualmente a regulamentação aplicada a segurança em edificações residenciais é regionalizada e está primordialmente relacionada as atividades de fiscalização do Corpo de Bombeiros Militar (CBM). Vazamentos de GLP podem levar a incêndios e explosões, podendo gerar desde queimaduras até morte por asfixia, por exemplo. Dados do CBM atestam que a maioria dos acidentes residenciais ocorrem pela má fixação entre o regulador de pressão e o botijão, gerando vazamento de gás. O objetivo deste estudo foi, portanto, desenvolver um sistema de segurança para fogões residenciais à gás GLP, de baixo custo e fácil instalação, buscando aumentar o nível de segurança dos usuários, familiares e vizinhos. O projeto foi desenvolvido no Centro Tecnológico da Faculdade Evangélica de Goianésia, em Goiás, o qual contemplou a instalação de detectores de gás, sensor de temperatura e um microcontrolador ajustado aos parâmetros de funcionamento do fogão. O protótipo foi criado e testes realizados para definição dos parâmetros de medição e criação da lógica de funcionamento do sistema. O sistema mostrou-se eficiente, cortando a alimentação de gás em caso de evento indesejado, utilizando os parâmetros temperatura da chama e concentração de gás em sua lógica, quando comparado aos sistemas comerciais existentes, com custo menor e maior confiabilidade, uma vez que possui redundância.

Palavras-chaves: Temperatura. Vazamentos. Gás GLP. Concentração de gás.

¹ Discente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Evangélica de Goianésia. E-mail: jeova.codemin@gmail.com

² Discente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Evangélica de Goianésia. E-mail: wilkersantos239@outlook.com

³ Mestre, professor do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Evangélica de Goianésia. E-mail: alessandro.martins@docente.evangelicagoianesia.edu.br

⁴ Mestre, coordenador do curso de engenharia mecânica Faculdade Evangélica de Goianésia. E-mail: joaquim.parada@unievangolica.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A indústria de eletrodomésticos tem investido em novos processos. Neste ramo industrial, 35% das empresas implementaram inovações com objetivo de facilitar o uso ou de reduzir o tempo necessário para realização das atividades domésticas (GUEDES *et al.*, 2017). Dentre os eletrodomésticos, o fogão residencial é um dos mais utilizados. O fogão do tipo residencial, disponível nos modelos de piso e embutido, é comumente alimentado por meio do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). Apenas em 2020, esses tipos de fogões alcançaram um expressivo aumento nas vendas correspondente a 33% em relação ao ano anterior (ELETROLAR, 2020). Em 2021 a empresa Suggar, investiu o equivalente a 25 milhões de reais na construção de uma nova fábrica de fogões (DIÁRIO DO COMÉRCIO, 2021). Vale ressaltar, porém, que o uso desse fogão requer atenção, uma vez que ele pode representar riscos de segurança, como, por exemplo, asfixia, incêndio e explosão.

Segundo os dados da Assessoria de Comunicação do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará, no ano de 2022, houve 2118 ocorrências com gases, superando os últimos três anos (ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO CBMCE, 2023). Em uma pesquisa realizada no 6º CIBM-Niquelândia, entre o período de 2017 a 2022 foram registrados em Goiás 1504 casos que se encaixam como vazamento de produtos perigosos. Em pesquisa realizada pela corporação, constatou-se que 81,6% dos casos de vazamento são de GLP e 67% dos casos acontecem em residências ou apartamentos. Segundo O Globo (2019) só entre 2000 e 2017, morreram mais de 500 pessoas devido a intoxicação por gás.

Segundo o Corpo de Bombeiros Militar de Niquelândia, os principais motivos que levam a acidentes residenciais com o gás GLP dizem respeito à má conexão do regulador de pressão do botijão de gás, apagamento acidental de chama (por incidência de vento, por exemplo) e vazamento de gás na linha de alimentação do fogão.

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de segurança para uso em fogões residenciais, utilizando um sistema de baixo custo com microcontrolador trabalhando em conjunto com sensores de gases e sensor de temperatura no queimador do fogão. Os objetivos específicos são: Desenvolver um sistema de teste para garantir um bom funcionamento do sistema em situações diversas; Escolher peças que apresentem um bom custo-benefício, levando em conta valor de mercado e tempo de funcionamento; Garantir que o sistema tenha uma fácil instalação e não coloque em risco o usuário do equipamento.

2 REVISÃO TEÓRICA

O Brasil se destaca por ser um país com alto percentual de fontes renováveis de energia em sua oferta interna, quando comparado ao resto do mundo. No Brasil, o percentual de fontes renováveis na oferta interna de energia totalizou 45% em 2021, enquanto para o resto do mundo este percentual era de apenas 14%, em 2019 (SALAMANCA *et al.*, 2022).

Pelo lado das fontes não renováveis, o petróleo e seus derivados seguem sendo as maiores fontes. O Gás Natural foi o grande destaque tendo a sua participação na matriz energética evoluída de 5,4% em 2000 para 13,3% em 2021, devido a sua utilização em termoeletricas de base e a expansão da malha dutoviária, o que possibilitou o seu uso tanto na indústria, quando em edificações residenciais, comerciais e públicas (SALAMANCA *et al.*, 2022). O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), é um subproduto do processamento do gás natural

ou do refino do petróleo, fazendo parte da gama de produtos energéticos oriundos de fontes não renováveis (PETROBRAS, 2022).

A Agência Nacional do Petróleo (ANP), e a Petrobrás classificam o GLP como o conjunto de hidrocarbonetos com três ou quatro átomos de carbono (propano, propeno, butano e buteno), podendo apresentar-se isoladamente ou em mistura entre si e com pequenas frações de outros hidrocarbonetos, gasoso nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP), pode ser liquefeito sobre compressão ou resfriamento, o que otimiza o transporte e armazenamento (PETROBRAS, 2022).

O GLP é mais conhecido no Brasil como gás de cozinha, muito utilizado na cocção de alimentos e aquecimento de água em residências. O GLP é incolor e, desde que tenha baixo teor de enxofre, é inodoro. Nesse caso, uma pequena quantidade de um composto de enxofre lhe é adicionado a fim de lhe conferir odor facilmente identificável, para o caso de identificação de eventual situação de vazamento (PETROBRAS, 2022).

A queima do GLP é limpa, comparada à produtos mais pesados, com reduzido nível de emissão de particulados. Apresenta, também, baixo nível de emissões de gases de CO₂ por unidade de energia gerada, em relação aos combustíveis líquidos, por sua alta proporção Hidrogênio/Carbono (PETROBRAS, 2022).

O GLP pode ser transportado e armazenado como líquido e quando liberado, é vaporizado e é queimado como gás. O GLP pode ser facilmente levado do estado líquido para o estado gasoso e vice-versa. Esta característica faz do GLP um combustível único (PETROBRAS, 2022).

A relação entre os volumes do GLP gasoso e líquido é de cerca de 250, o que facilita o transporte do GLP liquefeito. Quando se usa o GLP, este é vaporizado lenta e seguramente através da abertura da válvula instalada na saída do recipiente de armazenamento (botijão). Assim, o GLP, armazenado em forma líquida em botijões ou cilindros, pode ser utilizado numa residência como fonte de energia para o cozimento dos alimentos e aquecimento de água por um maior período de tempo (PETROBRAS, 2022).

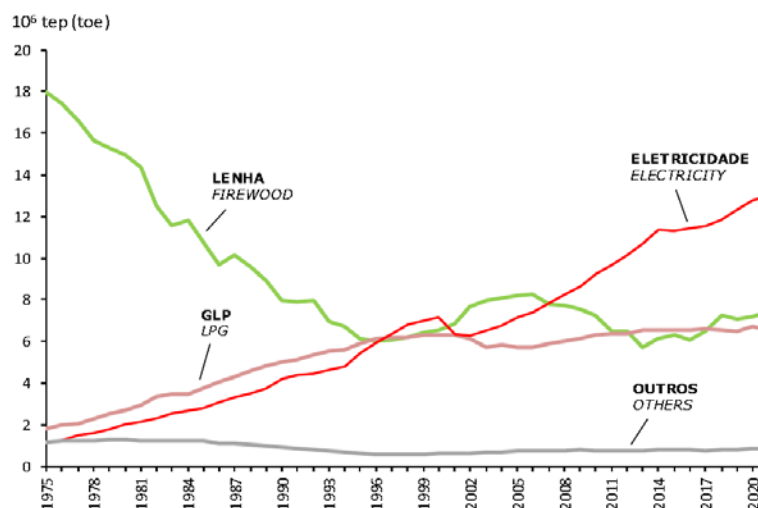
O gás possui facilidade de queima no estado gasoso, ótimo poder calorífico de 11300kcal/kg e densidade média de 522 kg/m³ (MORAIS, 2005). O uso do GLP tem seu início histórico no mundo em 1910, nos EUA, quando Andrew Kerr começou a coletar os gases que eram descartados na obtenção da gasolina, comprimindo-os e armazenando em pequenos tanques. Dois anos mais tarde, um outro pioneiro da indústria, Walter Snelling, desenvolveu um sistema pressurizado, transformando o gás em líquidos e fez a primeira instalação doméstica em Waterford, na Pensilvânia. Este GLP foi usado para cocção e iluminação. Internacionalmente, o consumo de GLP se deu no final dos anos 20 (MORAIS, 2005).

Segundo dados do Balanço Energético Nacional, 2022, a produção nacional de GLP se manteve estável por 7 anos, nos últimos 3 anos, entretanto, uma leve queda na produção foi observada, em cerca de 10%. A importação de GLP aumentou em cerca de 70% em 2021, com relação a importação no ano de 2012. Em relação ao consumo final energético, tem se mantido estável nos últimos 10 anos, sendo que cerca de 79% deste combustível é utilizado para fins residenciais (MATOS; SOARES, 2022).

Com relação ao consumo energético no setor residencial, no ano de 2021 foi composto de 45% de eletricidade, 26% de GLP, 23% de lenha, e uma pequena parcela de gás natural e carvão vegetal (SALAMANCA *et al.*, 2022). O GLP atingiu 95% dos lares brasileiros de 2021, enquanto o gás natural tem ainda uma participação muito pequena, restrita às áreas urbanas e com infraestrutura de distribuição (SALAMANCA *et al.*, 2022).

O balanço energético nacional apresenta o acompanhamento anual do consumo de energia por fontes no setor residencial. A Figura 1 demonstra a queda no consumo de energia por queima de lenha dos anos 70 até o início dos anos 2000, bem como o crescente aumento do consumo de eletricidade e GLP até os dias atuais (MATOS; SOARES, 2022).

Figura 1 - Consumo energético final no setor residencial.



Fonte: MATOS; SOARES, 2022.

Com relação a segurança, todas as recomendações de armazenamento, manuseio e utilização segura do GLP estão contidas na correspondente Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico (FISPQ) (PETROBRAS, 2019). A NR20, norma regulamentadora que trata da Segurança e Saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis, estabelece que gases inflamáveis são aqueles que inflamam com o ar a 20° C e a uma pressão padrão de 101,3 kPa, caso do GLP. A citada norma não se aplica a edificações residenciais (NR20).

A regulamentação aplicada a segurança em edificações residenciais é regionalizada e está primordialmente relacionada as atividades de fiscalização do Corpo de Bombeiros Militar. Para o estado de Goiás, a Norma Técnica 28/2022, é composta por 2 partes, onde na primeira são tratados sobre a manipulação, utilização e central de GLP, enquanto na segunda parte é tratada apenas a área de armazenamento de recipientes transportáveis de GLP (CBM, 2022).

A NT 28 estabelece as condições necessárias a proteção contra incêndio em locais de manipulação, utilização, central de GLP, instalação interna e abastecimento a granel de GLP (CBM, 2022). Embora no Brasil o Gás Natural esteja substituindo parcialmente o GLP nos grandes centros urbanos, o consumo de GLP segue sendo significativo na cocção de alimentos em todo o mundo, primordialmente nos países menos desenvolvidos. Segundo o relatório anual, de 2022, da Associação Mundial do GLP, a demanda global por este combustível subiu em 1.7% em 2021, com relação a 2020, na África o aumento foi de 4% (ROCKALL et al., 2022).

Uma pesquisa com relação a ocorrência de acidentes envolvendo o gás GLP, não foram encontradas estatísticas oficiais de acidentes relacionados a perdas materiais ou danos a pessoas, entretanto todos conhecem alguém que já passou por algum tipo de acidente relacionado ao vazamento de gás, explosão ou incêndio. Foram encontradas apenas notícias/reportagens jornalísticas nas quais algum tipo de evento indesejado aconteceu mediante o uso do GLP.

A FISPQ do produto fornecido pela Petrobrás esclarece os riscos associados ao produto por tratar-se de um gás extremamente inflamável, que pode explodir sob efeito do calor e que pode provocar defeitos genéticos por meio da inalação. Além disso, a FISPQ estabelece os perigos que não resultam em uma classificação, tais como possibilidade de causar asfixia através da redução da concentração de oxigênio no ar, o contato com o gás liquefeito pode provocar queimaduras pelo frio, e que pode contribuir para a formação de smog fotoquímico, o que pode agravar doenças como asma. A FISPQ ainda informa os meios de extinção apropriados, pó químico, espuma resistente a álcool, dióxido de carbono e neblina de água. Cita que é não recomendado jatos de água, podendo causar congelamento (PETROBRAS, 2019).

O site do Corpo de Bombeiros Militar do estado do Ceará publicou em 13 de junho de 2023, um texto da Assessoria de Comunicação, no qual divulga que o Corpo de Bombeiros do Ceará registou 2118 ocorrências com gases em 2022. O número é superior ao ano 2021, quando foram registradas 1624 ocorrências. No ano de 2020 foram registrados 1957 atendimentos de ocorrências com gases, enquanto em 2019 foram 2092 atendimentos (ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO CBMCE, 2023).

Não havendo dados estatísticos no Brasil, buscou-se identificar se existem estatísticas em outros países que podem contribuir para presente pesquisa. Uma pesquisa realizada na Índia, Espectro etiológico e clínico de queimaduras relacionadas ao GÁS liquefeito de petróleo (GLP): um estudo de três anos de um centro terciário de queimaduras em Nova Delhi, compilou os dados de 1265 eventos. Foram identificados que mais de 74% dos recipientes de GLP eram autorizados, e a maioria deles, mais de 80%, tinha mais de 12 L de capacidade. Dos casos investigados, mais de 48% se deram pelo mal funcionamento da válvula, mais de 32% relativos ao mal funcionamento do fogão e 18% devido vazamento de tubulação (BARANWAL, 2022). Em uma pesquisa realizada no corpo de bombeiro de Niquelândia, a corporação informou que à maioria dos vazamentos de gás GLP em residências ocorrem pela má fixação entre o regulador de pressão e o botijão (CIBM, 2023).

Com relação a segurança do uso de recipientes de 13 kg de GLP a NT28 estabelece que os recipientes devem estar localizados em área externa e ventilada, protegidos do sol, chuva e umidade, estar afastados de outros produtos inflamáveis, fontes de calor e faísca, estar afastado no mínimo 1,5m de distância de ralos, caixas de gordura e esgoto, bem como galerias subterrâneas e similares. Ainda, quanto a mangueira entre o aparelho e o botijão deverá ser do tipo metálica flexível, de acordo com normas pertinentes, podendo ser utilizada mangueira flexível de PVC com o comprimento entre 0,80 m e 1,25 m, sendo que esta deve sair da fábrica já cortada, atendendo a NBR8613 (CBM, 2022).

Os reguladores de gás GLP para baixa pressão com capacidade de vazão de 4 kg/h, pode ser utilizado em botijões com pressão interna máxima de 686 kPa. O regulador reduz a pressão para 2,8 kPa, conforme determinado pela NBR8473 (ABNT, 2005).

A NBR8613 estabelece que as mangueiras de PVC utilizadas nas instalações doméstica de GLP só podem ser utilizadas com reguladores de baixa pressão, com a pressão máxima de 2,8 kPa e não pode ser de embutir em paredes, não deve haver emendas, e não podem ser utilizadas em fogões de embutir, entre outras (ABNT, 1999).

Um artigo publicado na Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologia da Informação, em 2021, propõem a instalação de sistema de monitoramento e controle aplicados ao uso de gases no ambiente doméstico. O artigo sugere a integração de um detector de concentração de gás com um sensor de presença de chama, sensível a radiação, buscando detectar possíveis vazamentos e fechando o sistema através de uma válvula solenoide controlada por um microcontrolador Arduino. Os testes demonstraram atender o objetivo, sendo uma solução econômica que salva vidas (PERES; DE PAIVA; XAVIER, 2021).

Um trabalho de conclusão de curso, publicado em 2021, avaliou a implantação de sistema de detecção de gases, intertravado com um sistema de exaustão e sinal sonoro, para ambientes industriais. O sistema mostrou-se eficiente e com custo reduzido em relação àqueles existentes comercialmente (SILVA, 2021). Foi publicado também um artigo onde avaliou-se os avanços dos sensores de gases. Trataram os sensores capazes de detectar GLP, nos quais o gás proveniente de vazamento reage com a superfície sensível do sensor, gerando uma resistência no material sensível e este fenômeno é convertido em sinal elétrico. Um alarme ou outro tipo de indicador é conectado ao sensor, indicando a vazamento o gás. A funcionalidade deste tipo de detector depende da sensibilidade e da seletividade do sensor (AISHWARYA et. Al., 2021). Em outro trabalho foi desenvolvido um circuito integrado, utilizando comparador ULN2803 e uma placa de matriz de contato para acionamento de válvulas solenoides (MIRANDA, J. C.; KAMOGAWA M. Y., 2013).

Outro artigo cita que os sensores de hematita têm sido amplamente utilizados como sensores de gás, devido suas propriedades magnéticas e semicondutoras. Hematita tem se provado como um material interessante como sensor de gás, mas a baixa sensibilidade e altas temperaturas de operação tem restringido sua aplicação potencial. A modificação dos materiais nano estruturados à base de hematita com alguns metais nobres melhorou o sinal de resposta, levando à detecção de vários gases. Foram testados sensores com diferentes concentrações do metal Paládio, o que levou a um aumento significativa da sensibilidade ao GLP, ou seja, o Paládio se mostrou um material promissor para a aplicação em sensores de uso doméstico e industrial (LOPES et. Al, 2013).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto de um novo sistema de segurança para fogões de uso residencial foi desenvolvido no Centro Tecnológico da Faculdade Evangélica de Goianésia, localizado no município de Goianésia, Estado de Goiás, com o apoio técnico e laboratorial daquela instituição.

3.1 PLANEJAMENTO DO PROJETO E LÓGICA DO SISTEMA

O planejamento do projeto é composto pelas seguintes etapas: mecânica, elétrica, instrumentação, lógica e testes. A parte mecânica é composta pelas instalações de conexões e à fixação do termopar. Os dispositivos elétricos, são a válvula solenoide, relé, interruptor elétrico e módulo MAX6675. Os instrumentos, são os sensores de monitoramento de temperatura e de concentração de gás GLP, o sistema de inteligência responsável pela análise dos parâmetros e lógica do sistema é o microcontrolador Arduíno.

A posição dos componentes é organizada da seguinte forma: a válvula solenoide é instalada após o regulador de pressão; o termopar é montado no queimador do fogão, e, por fim, os sensores de gás são colocados, um no regulador de pressão e outro no fogão.

Os sensores de gases possuem escala de medição entre 200 partes por milhão (ppm) e 10000 ppm e estão instalados próximos ao regulador de pressão e no fogão. O termopar é montado no queimador, e possui escala de medição de temperaturas que variam entre 0°C e 800°C.

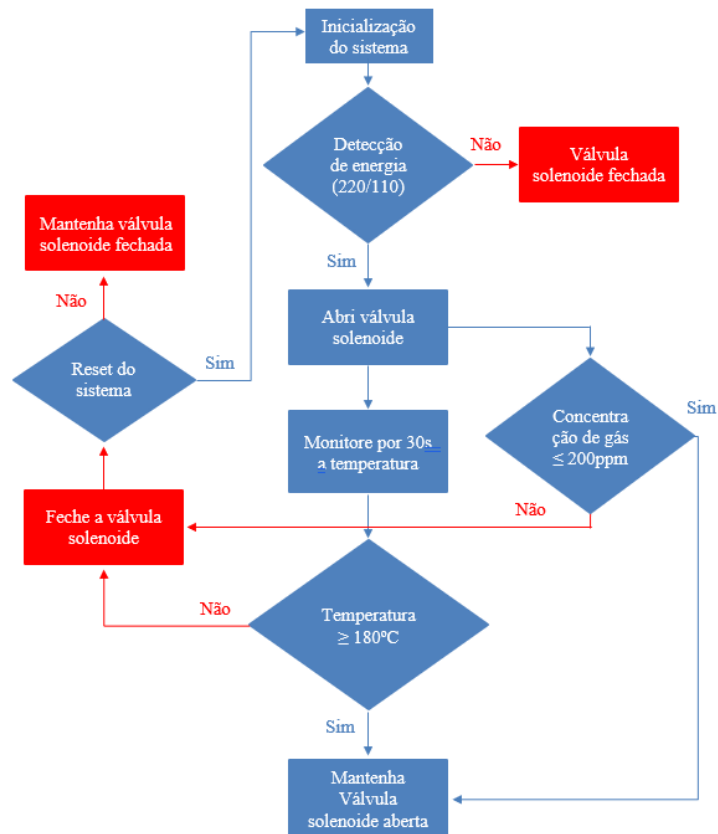
Para criação da lógica de funcionamento do sistema, foi necessário realizar medições para determinar os parâmetros das temperaturas máxima e mínima da chama, estas variam entre 220°C e 450°C. O parâmetro utilizado para a concentração de gás é o menor valor medido pelo

sensor, ou seja, 200 ppm. A partir dos parâmetros de temperatura da chama e concentração de gás, foi possível estabelecer um protocolo de segurança para identificar falhas e evitar incidentes por vazamento de gás.

O sistema funciona apenas energizado por uma fonte de energia 220V/110V. A lógica de funcionamento do sistema está parametrizada para reconhecer as seguintes falhas: após abertura da válvula solenoide, o sistema aguardará 30 segundos, se a temperatura no termopar não estiver aumentando durante esse período, o sistema interrompe o fornecimento de energia para a válvula solenoide, fechando-a, e disparando o sinal sonoro. Outra variável importante é a concentração de gás, a partir do momento que se energiza o sistema, os sensores de gás medem continuamente a concentração de gás, e caso a concentração ultrapasse 200 ppm, registra-se a ocorrência de vazamento de gás. Nesse cenário, é ativado automaticamente o fechamento da válvula solenoide e disparado um sinal sonoro. Outra condição anormal é, caso a temperatura caia abaixo de 180°C após 30 segundos de funcionamento, também é acionado o sinal sonoro. Nessa circunstância, a válvula solenoide será automaticamente fechada pelo sistema como medida de segurança.

Após qualquer falha o sistema volta a funcionar apenas após o reset. Para o funcionamento normal do sistema é necessária uma concentração de gás abaixo de 200 ppm e temperatura no termopar acima de 180°C, a partir desses dois parâmetros o código entende que as condições estão normais e mantém a válvula solenoide aberta. Para desenvolver o código-fonte, foi essencial criar o algoritmo e lógica para detecção de condições normais e anormais, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma da lógica de funcionamento do programa.



Fonte: Autor, 2023.

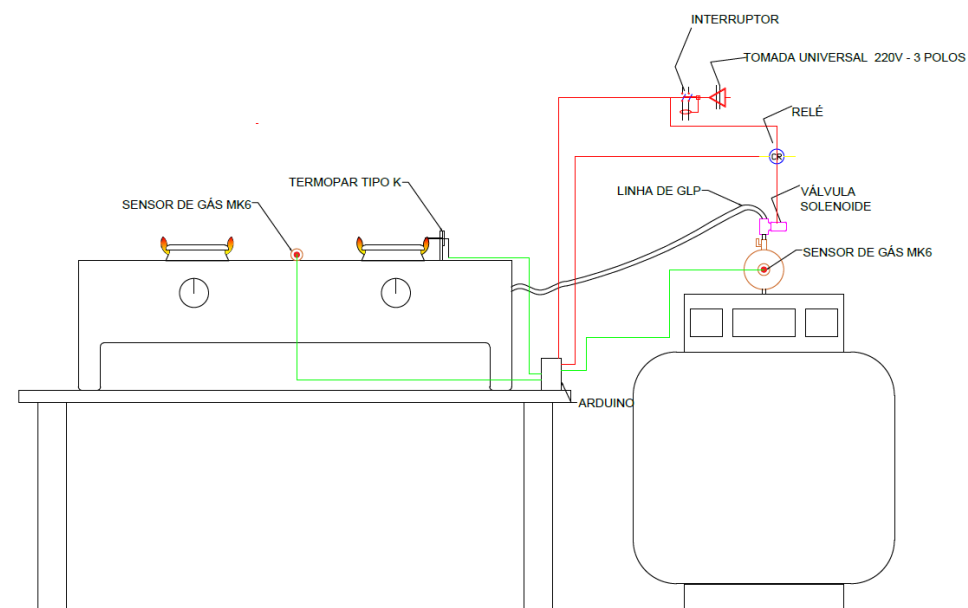
Após o planejamento e levantamento de materiais e dispositivos necessários para o projeto, foram pesquisados no mercado os componentes que oferecem o melhor custo-benefício, levando em consideração a eficiência operacional, durabilidade, confiabilidade e segurança do usuário. Abaixo estão listadas as peças/materiais necessários para o projeto:

- a) Válvula solenoide;
- b) Microprocessador Arduino;
- c) Termopar tipo K;
- d) Módulo Sensor De Gás MQ-6;
- e) Protoboard;
- f) Buzzer;
- g) Jogo Jumper Macho e Fêmea;
- h) Modulo Relé 5x 1 Canal;
- i) Módulo Max6675;
- j) 2 Conexões de 1/8" NPT;
- k) Suporte de fixação para o termopar;
- l) Pannel de vidro;
- m) Interruptor elétrico;

3.2 SISTEMA MECÂNICO

Os objetos mecânicos são, duas conexões e suporte de fixação para o termopar no queimador do fogão. Uma conexão roscada liga o regulador de pressão a válvula solenoide, a outra liga a válvula à linha de gás que alimenta o fogão. A ligação da válvula solenoide com o regulador de pressão, precisa ser bem ajustada para não haver vazamento, como mostra a Figura 3.

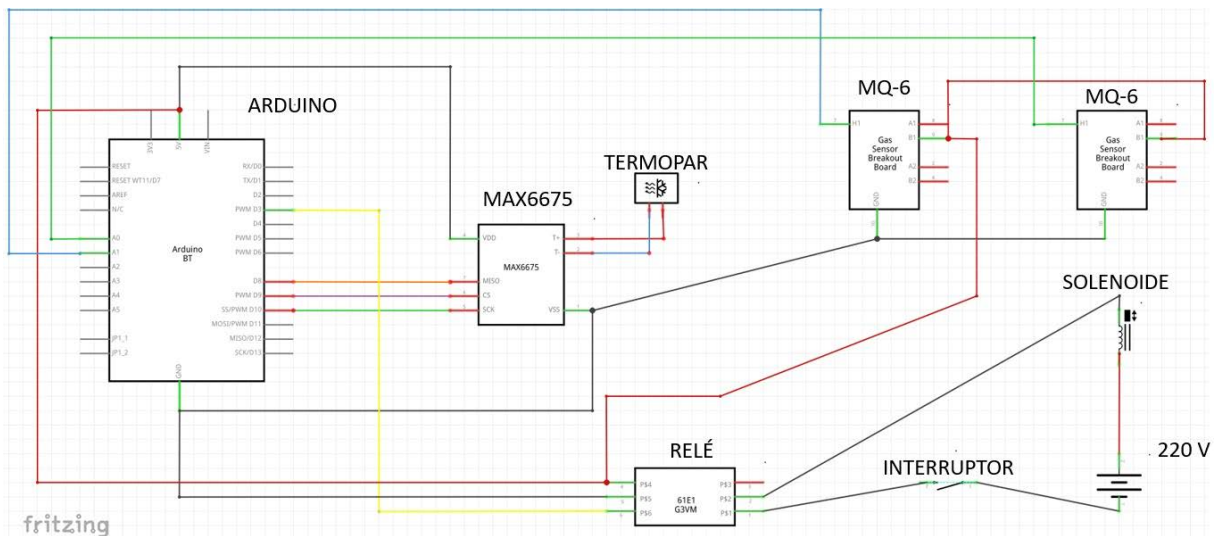
Figura 3 – Layout de instalação do sistema de segurança para fogão residencial à GLP.



3.3 SISTEMA ELÉTRICO

O sistema elétrico é composto pelos seguintes componentes: Válvula solenoide, relé, interruptor elétrico e fonte de alimentação (carregador). O microcontrolador funciona com uma faixa de tensão elétrica entre 9V e 24V (entrada). O carregador reduz a tensão de 220V ou 110V monofásica para 12V. O projeto elétrico foi criado conforme a Norma Brasileira para Instalações elétricas de baixa de tensão, NBR5410.

Figura 4 – Diagrama elétrico do sistema.



Fonte: Autor, 2023.

A escolha da válvula é fundamental para um bom funcionamento do projeto, sendo aplicadas em diferentes processos industriais, tanto para controle como para segurança no manuseio de fluidos, sejam eles líquidos, vapores ou gases. A válvula instalada no protótipo, foi determinada conforme as características do fluido.

A pressão máxima na linha de alimentação do fogão residencial é 2,8 kPa. Através desse parâmetro, definiu-se as seguintes características da válvula; normal fechada, rosca 1/8" NPT, corpo de latão, sentido do fluxo único, temperatura do fluido -5°C a 80°C, pressão de trabalho ($0 \geq P 10$) Kg.cm² e tensão de alimentação 220V. A válvula do modelo normal fechada, é aberta apenas quando energizada, tornando-a mais segura do que a do modelo normal aberta, que para fechar necessita de energia.

O controle de abertura e fechamento da válvula se dá através do microcontrolador que trabalha com tensão máxima de 5V e, o acionamento da válvula solenoide é 220V, ou seja, tensões incompatíveis. Foi instalado um relé elétrico para o controle do acionamento da válvula solenoide.

Figura 5 – Imagem da válvula solenoide.



Fonte: Autor, 2023.

Neste projeto utilizou-se um módulo relé 5V e 1 canal de contato normal aberto e operação em 5VDC, este modelo controla cargas entre 30VDC/10A e 250VAC/10A, conforme figura 6. Outra vantagem deste relé, são os LEDs indicadores de presença de tensão e acionamento do relé. O LED vermelho aceso indica que o sistema está energizado, porém o contato do relé está aberto, o LED verde aceso indica que o contato está fechado e a válvula solenoide está energizada e aberta.

Figura 6 –Módulo relé 5V 1 canal.



Fonte: Autor, 2023.

3.4 INSTRUMENTAÇÃO

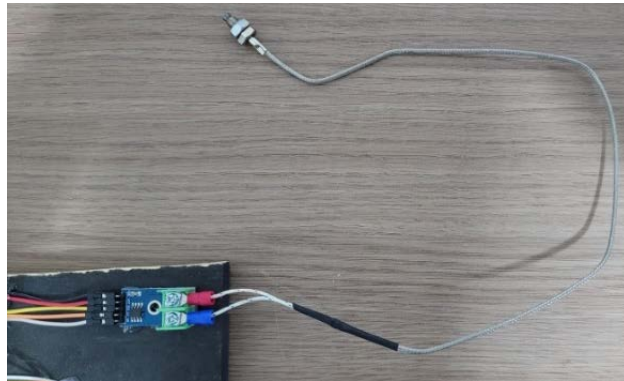
O mais relevante na instrumentação foi escolher o tipo ideal de sensor ou desenvolver um sensor especial para atender à demanda (BHUYAN, 2013). Para melhor seleção dos instrumentos, foi necessário conhecer as variáveis do processo. Os elementos de instrumentação selecionados; termopar tipo k, módulo MAX6675 e sensor de gás MQ-6. Estes instrumentos medem os parâmetros do processo. As variáveis do processo, são temperatura da chama no queimador e concentração de gás GLP, em casos de vazamentos.

A temperatura da chama do gás de cozinha no queimador, varia de 220°C a 450°C, chama mínima e máxima. Os valores das temperaturas mínima e máxima foram determinadas através de testes, realizadas em fogão do modelo Camper, dois queimadores com regulador de vazão de gás de 1 kg/h. As temperaturas das chamas, variam conforme modelo do fogão e vazão de gás. Com base nesse parâmetro foi determinado o termopar tipo K, que suporta temperaturas até 800 °C, com precisão de $\pm 1,5$ °C. O sensor é blindado, fabricado em aço inoxidável

tornando-o resistente, além de versátil e simples, o termopar foi instalado no queimador em contato direto com a chama.

O microcontrolador Arduíno não interpreta o sinal do termopar, sendo necessário a compensação de junta fria. Para converter o sinal, foi utilizado o módulo MAX6675, possibilitando a leitura térmica de forma confiável e eficaz.

Figura 7 – Imagem do Módulo MAX6675 e termopar tipo K.

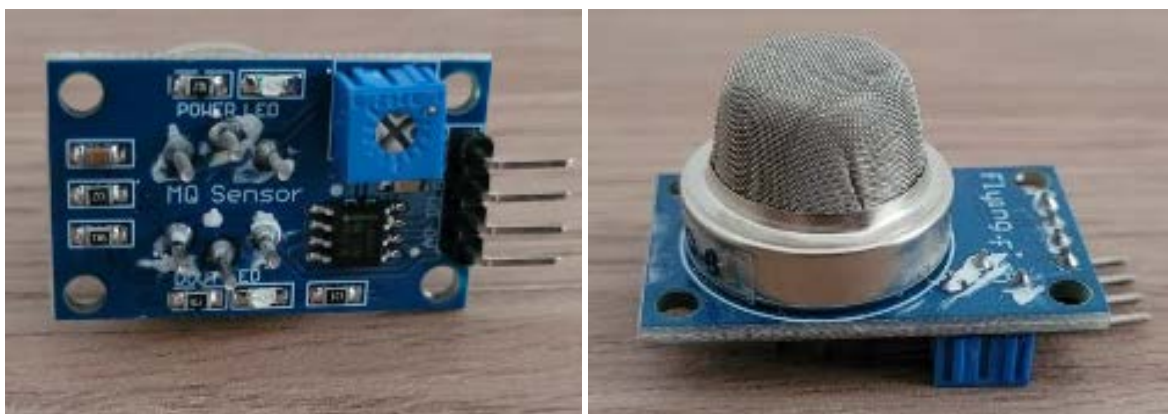


Fonte: Autor, 2023.

A Norma Regulamentadora nº33 (NR33) aplicada a segurança e saúde nos trabalhos em espaço confinado, classifica atmosfera imediatamente perigosa à vida ou à saúde (IPVS) quando há elevação da concentração de contaminantes, deficiência de oxigênio ou formação de atmosfera inflamável/explosiva, a norma é aplicável ao ambiente laboral, entretanto as condições de perigo à vida ou a saúde são válidas também para o ambiente residencial. O vazamento de gás GLP em ambientes fechados, gera uma atmosfera IPVS, com todas às características constantes da NR33.

Utilizou-se o modulo eletrônico MQ-6, que é projetado para detecção de gás propano, GLP e isobutano, medindo variações entre 200 ppm e 10000 ppm. O sensor converte os valores de concentração em ppm em sinal elétrico.

Figura 8 – Sensores de gás MQ-6.

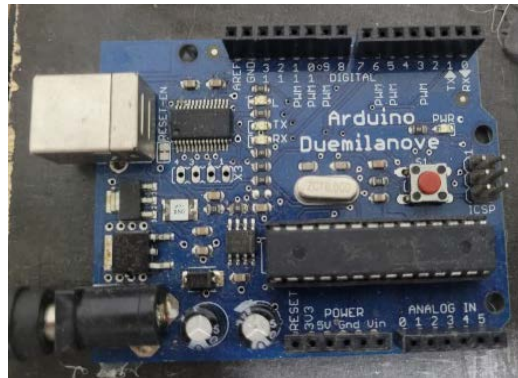


Fonte: Autor, 2023.

3.4.1 Controlador lógico

O microcontrolador utilizado no projeto foi um Arduino Uno Duemilanove com 11 pinos digital de I/O e cinco entradas analógicas (máxima 3,3V), sua tensão de alimentação varia de 9V a 12V. Os sinais de entradas (input) dos sensores, são enviados para a placa via entrada digital e analógica.

Figura 9 – Posicionamento dos sensores de gás.



Fonte: Autor, 2023.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

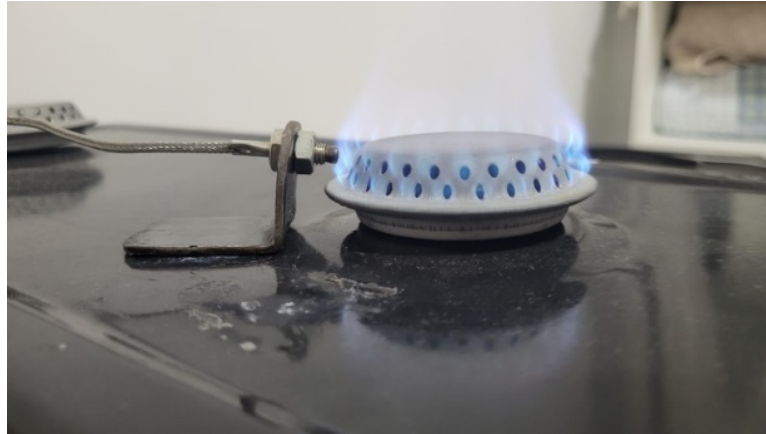
Inicialmente o projeto seria composto por um sensor de pressão na linha de alimentação do fogão para identificar à queda de pressão do gás quando houvesse vazamento, contudo, não se obteve sucesso, devido à variação e baixa pressão do gás. A pressão máxima do gás é 2,8 kPa, variando até 1,5 kPa conforme a quantidade de queimadores ligados e intensidade da chama. Durante as simulações de vazamentos de gás, não houve alteração da pressão além do normal, não sendo possível identificar parâmetros que denotassem falha no processo, portanto, descartou-se a utilização do sensor de pressão.

A segunda opção foi a instalação de um sensor de fluxo na linha de alimentação de gás, com o intuito de identificar à queda de vazão quando houvesse vazamentos, o sensor também não detectou redução da vazão do gás durante os testes de vazamentos de gás.

A terceira opção para detecção de vazamento, foi a instalação de dois sensores de concentração de gás, cuja instalação foi a definida para os testes de detecção de presença de gases no ambiente.

Foram realizados testes simulando diferentes vazamentos de gás e desligamento da chama, nos quais foram alcançados os seguintes resultados referentes à variável da temperatura: as temperaturas mínima e máxima das chamas variam entre 220°C e 450°C. Trinta segundos após ligar a chama, a temperatura atingiu 180°C, que é o limite mínimo que mantém a válvula solenoide aberta. Com a temperatura de funcionamento máxima em 450°C, trinta segundos após o desligamento da chama, a temperatura reduziu para 180°C. Foi obtido resultado positivo no intertravamento do termopar e válvula solenoide, quando apagada a chama, com a temperatura atingindo 180°C, a válvula fecha automaticamente interrompendo à alimentação de gás e em seguida é acionado o sinal sonoro.

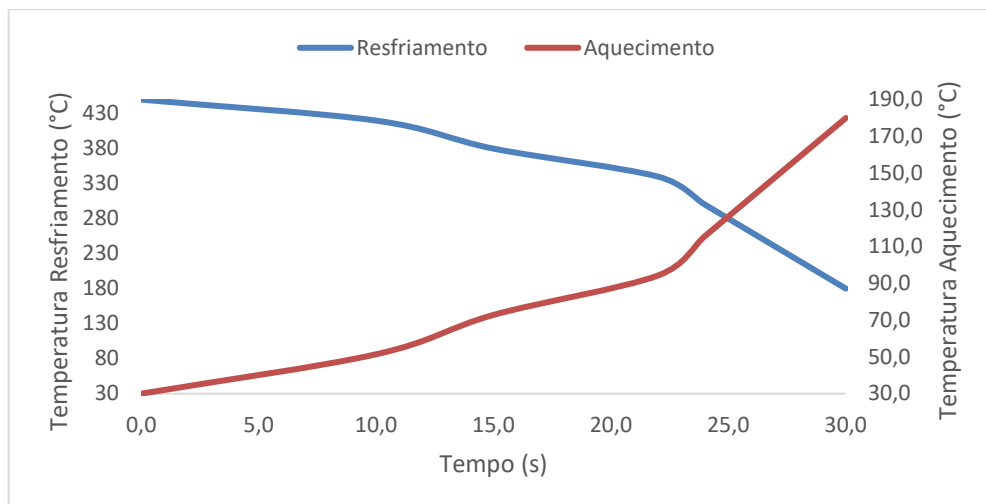
Figura 10 – Termopar montado na chama.



Fonte: Autor, 2023.

Os resultados dos testes estão apresentados na figura 11, onde a linha vermelha representa o aumento da temperatura em graus Celsius em segundos, com o eixo vertical correspondente no lado direito, enquanto a temperatura de resfriamento, representada pela linha azul, caiu de 450°C para 180°C, com o eixo vertical correspondente no lado esquerdo do gráfico.

Figura 11 – Gráfico de aquecimento e resfriamento da chama.



Fonte: Autor, 2023.

Segundo o corpo de bombeiros de Niquelândia, a maioria dos vazamentos em fogões residenciais acontecem na ligação entre o regulador de pressão e o botijão (CIBM, 2023). Cientes desta informação, instalou-se um sensor de gás no regulador de pressão e outro no fogão para detecção de vazamentos de gás na linha de alimentação do fogão e apagamento acidental da chama.

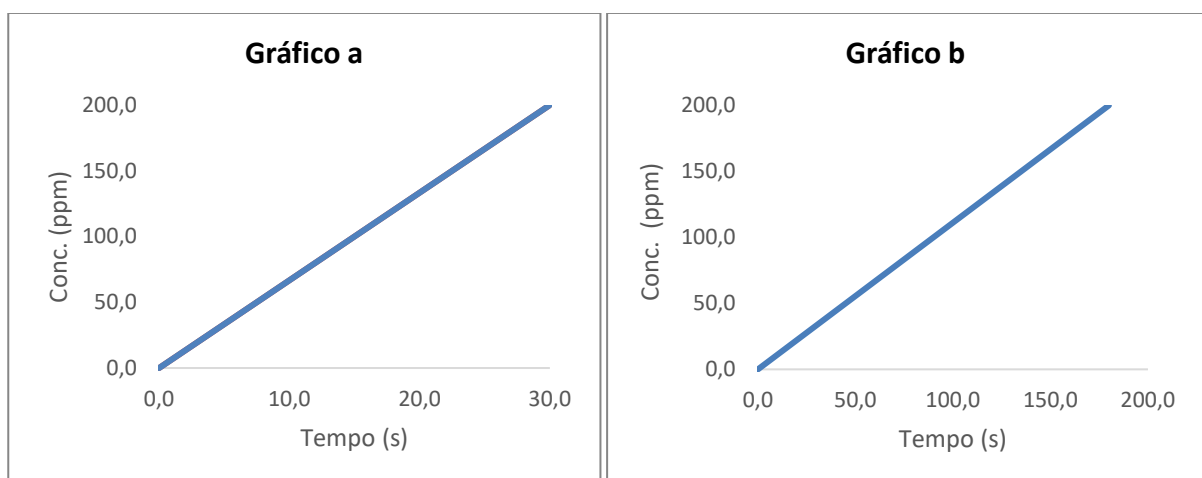
Figura 12 – Válvula solenoide instalada após o regulador de pressão e sensor de gás MQ-6 montado no regulador.



Fonte: Autor, 2023.

Durante os testes com os sensores de gases, mostraram que cada sensor de gás respondeu de maneira diferente aos vazamentos. Os sensores calibram-se após 15 segundos da energização do sistema. O sensor que detectou o vazamento de gás em menor tempo foi o que está localizado no regulador de pressão. Além disso, os resultados mostraram que a concentração de gás de 200 ppm foi detectada pelo sensor instalado no regulador de pressão 30 segundos após o vazamento e pelo sensor instalado no fogão em três minutos após o vazamento. Obteve-se sucesso na interligação dos sensores de gás com a válvula solenoide. Se qualquer um dos sensores detectarem vazamentos de gás, a válvula é fechada automaticamente e em seguida é acionado o sinal sonoro. A figura 13 (gráfico a) apresenta a evolução da concentração de gases em ppm ao longo do tempo, para o detector que foi instalado junto a válvula reguladora de pressão, no botijão. O gráfico b, a concentração de gases ao longo do tempo, para o detector de gases instalado junto ao fogão.

Figura 13 – Gráfico de concentração de gás para detecção pelo sensor instalado junto ao regulador de pressão (a) e no fogão (b).



Fonte: Autor, 2023.

Na tabela 1, serão apresentados os tipos de falhas detectáveis pelo protótipo, considerando o tempo, juntamente com as medidas de segurança para interrupção da alimentação de gás.

Tabela 1 – Detecção de falhas.

Tipo de falhas	Tempo médio de detecção de falhas (s)	Medidas de segurança
Vazamento de gás no regulador de pressão	30	Interrupção do fornecimento de gás e sinal sonoro
Apagamento acidental da chama	180	Interrupção do fornecimento de gás e sinal sonoro
Vazamento de gás na linha de alimentação do fogão	180	Interrupção do fornecimento de gás e sinal sonoro
Queda da temperatura da chama abaixo de 180°C	30	Interrupção do fornecimento de gás e sinal sonoro
Se a temperatura da chama não atingir 180°C	30	Interrupção do fornecimento de gás e sinal sonoro

Fonte: Autor (2023).

O protótipo alcançou o objetivo proposto de ser um sistema antivazamento de gás GLP que oferece segurança ao usuário a um custo acessível. A seguir, a tabela 2 apresenta a lista de componentes aplicados no projeto e o custo de aquisição.

Tabela 2 – Lista de peças/materiais.

Descrição	PC (unid.)	Custo (R\$)
Válvula solenoide	1	69,90
Microcontrolador Arduino	1	42,90
Termopar tipo K	1	19,90
Protoboard	1	16,99
Módulo Sensor De Gás MQ-6	2	30,58
Jogo Jumper Macho e Fêmea	1	3,94
Modulo Rele 5v 1 Canal	1	9,00
Módulo Max6675	1	8,60
Buzzer	1	3,40
Conexão 1/8" NPT	2	3,00
Suporte de fixação para o termopar	1	3,00
Painel de vidro	1	10,00
Interruptor elétrico	1	5,00
Total	14	226,21

Fonte: Autor (2023).

Com relação aos sistemas comerciais disponíveis no Brasil, fez-se a comparação das tecnologias aplicadas e custo, os quais foram apresentados na tabela 3. Observa-se um acréscimo de aproximadamente 40% no custo em reais, com relação ao modelo mais barato e simples existente no mercado. Para o modelo de maior tecnologia a diferença de preço em reais é de mais de 72%.

Tabela 3 – Custos do projeto desenvolvido e sistemas disponíveis comercialmente.

Deteciores	Corta Fluxo	Sinal Sonoro	Sensor Temperatura	Detector de gás	Custo (R\$)
Projeto desenvolvido	x	x	x	x	226,21
Detector de Gás Smart Intelbras	-	x	-	x	317,90
Jefferson Automação	x	x	-	x	390,00

Fonte: Autor, 2023.

5 CONCLUSÕES

Os testes realizados indicaram os parâmetros de medição adequados para o funcionamento da lógica do sistema, garantindo assim a segurança do uso do fogão residencial.

O sistema tal qual idealizado é inovador, uma vez que faz uso de termopar para identificar ausência de chama, com isso, adicionando uma proteção extra quanto à interrupção acidental da chama, o que o diferencia dos demais sistemas disponíveis no mercado. O desenvolvimento simples da lógica e instalação intuitiva, requer apenas calibração do sistema para definição dos parâmetros de operação, conforme a temperatura de trabalho para cada fogão.

Ainda, o custo da aquisição de materiais da ordem de R\$ 226 (duzentos e vinte e seis reais) foi significativamente menor do que o custo de sistemas comerciais existentes, para um sistema que agrega mais parâmetros de monitoramento e, conseqüentemente, oferece uma segurança maior para o usuário.

O sistema de segurança para fogão residencial a gás liquefeito de petróleo, portanto, mostrou-se eficiente para detecção de vazamentos na linha de gás e interrupção acidental da chama a um custo mais baixo do que os existentes no mercado.

REFERÊNCIAS

6º (CIBM) COMPANHIA INDEPENDENTE BOMBEIRO MILITAR - Niquelândia-GO.

(ABNT) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. **NBR 8473: Regulador de baixa pressão para gás liquefeito de petróleo (GLP) com capacidade até 4kg/h.** (ABNT, Ed.) Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

(ABNT) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. **NBR 8613: Mangueira de PVC plastificado para instalações domésticas de gás liquefeito de petróleo.** (ABNT, Ed.) Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

BHUYAN, Manabendra. **Instrumentação inteligente.** Princípios e aplicações. Grupo Gen – LTC. 2013.

(CBM) CORPO DE BOMBEIROS MILITAR. **Norma técnica 28/2022.** 2022.

COPLE, Júlia. **Desde 2000, intoxicação acidental por gás matou ao menos 532 pessoas no Brasil.** Sudeste concentra quase metade dos casos; 15 mortes em menos de dois meses acendem alerta. Jul 2021. O Globo política. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/politica/desde-2000-intoxicacao-acidental-por-gas-matou-ao-menos-532-pessoas-no-brasil-23811253>. Acesso em: 20/03/2023.

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO CBMCE. **Corpo de Bombeiros atendeu 876 ocorrências com gases em 2023.** Disponível em: <https://www.bombeiros.ce.gov.br/2023/06/13/corpo-de-bombeiros-atendeu-876-ocorrencias-com-gases-em-2023/>. Acesso em: 19/11/2023.

GUEDES, P. R. N. et al. **Pesquisa de Inovação 2017- Notas técnicas.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2017.

JAPIASSU, Neusa. **Fogões de piso e de embutir.** São Paulo. Edição 137 - Revista Eletrolar News. Pág. 70-80. Disponível em: <https://www.grupoeletrolar.com.br/revista-eletrolar-news/ed137.html>. Acesso em: 20/03/2023.

MACRI, Aldo. **Perspectivas para o segmento de eletrodoméstico em 2022.** 2022. Mercado & consumo. Disponível em: <https://mercadoeconsumo.com.br/03/02/2022/artigos/perspectivas-para-o-segmento-de-elerodomesticos-em-2022/>. Acesso em: 20/03/2023.

MATOS, R. A. DA S, SOARES, F. K. **Balanco Energético Nacional.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 05/05/2023.

MIRANDA, J. C.; KAMOGAWA M. Y. **Uso de Hardware de código fonte aberto “Arduino” para acionamento de dispositivo solenoide em sistema de análise em fluxo.** Quim. Nova, Vol. 36, No. 8, p 1232-1235, 2013.

MORAIS, A. B. DE M. **Perspectivas de Inserção do GLP na Matriz Energética Brasileira.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

OLIVEIRA, Euler. Como usar com Arduino – Módulo MAX6675 Termopar Tipo K- 0° a 800° C. Blog MasterWalker Shop. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-modulo-max6675-termopar-tipo-k-0o-a-800oc>. Acesso em: 05/05/2023.

PERES, H. E. N.; DE PAIVA, V. A.; XAVIER, N. A. Z. **Real-Time Control and Monitoring Gases System for Household use with Anti-Leakage Technology**. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, v. 2021, n. 44, p. 84–99, 1 dez. 2021.

PETROBRAS. **Ficha de Informação de Segurança de Produto químico - FISPQ**. br0401, v. 09, p. 1–9, 4 jun. 2019.

PETROBRAS. **Gás liquefeito de petróleo**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/assistencia-tecnica/>. Acesso em: 05/05/2023.

NR20. **NR 20 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO COM INFLAMÁVEIS E COMBUSTÍVEIS**. Portaria MPT n° 4219, 20 de dezembro de 2022.

ROCKALL, J. et al. **World LPG Association Annual Report 2022**. WLPGA Annual Report, 2022.

SALAMANCA, H. et al. **Atlas Eficiência Energética Brasil**. Ministério de Minas e Energia, 2022.

STOPPA, M. H. et al. **Domótica: uma solução para a vida moderna - Automação residencial com controle via WEB**. Catalão: [s.n.]. Disponível em: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. Acesso em: 05/05/2023.

VALVERDE, Michelle. **Suggar vai produzir fogões em nova fábrica em Olhos D'Água**. Mar 2021. **Diário do comércio**. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/suggar-vai-produzir-fogoes-em-nova-fabrica-em-olhos-dagua/>. Acesso em: 20/03/2023.

SILVA A.C.C.G. **Sistema de detecção de gases tóxicos e inflamáveis com sinal de alerta e ativação de exaustores utilizando Arduino**. Trabalho de conclusão Curso (Graduação em Engenharia mecânica) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia-GO, 2021.

NR33. **NR33 – SEGURANÇA E SAÚDE NOS TRABALHOS EM ESPAÇO CONFINADO**. Portaria MTP n.º 1.690, de 15 de junho de 2022.

ABNT) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. **NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão**. (ABNT, Ed.) Rio de Janeiro: ABNT, 2004.