

SISTEMA DE DETECÇÃO DE GASES TÓXICOS E INFLAMÁVEIS COM SINAL DE ALERTA E ATIVAÇÃO DE EXAUSTORES UTILIZANDO ARDUINO

DETECTION SYSTEM OF TOXIC AND FLAMMABLE GASES WITH WARNING SIGNAL AND ACTIVATION OF EXHAUST FANS USING ARDUINO

Ana Clara Carlos Gomes da Silva¹, Anne Caroline de Paula Nascimento², Ivandro José de Freitas Rocha³

¹Academica de Engenharia Mecânica/FACEG E-mail: anagomes3200@outlook.com

²Professora de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica /FACEG E-mail: annecaroline_010292@hotmail.com

³Orientador e Professor do Curso de Engenharia mecânica/FACEG E-mail: ivandro.rocha@evangelicagoianesia.edu.br

Resumo: Com o aumento do desenvolvimento tecnológico em grande parte das atividades industriais o mercado industrial teve que se reinventar para garantir uma operação confortável e segura para seus trabalhadores. Esta automatização consequente dos processos industriais proporcionou o aumento de um ambiente mais propício ao contato com gases e oportuno a possíveis acidentes, desse modo, o acréscimo de novos projetos que possuam eficiência é crucial. O propósito deste estudo é a elaboração de um projeto de detecção de gases tóxicos e inflamáveis com aplicação nos diversos ambientes, desenvolvido no Centro Tecnológico da Instituição Faculdade Evangélica de Goianésia. Um protótipo com a utilização de sensores disponíveis no mercado, sendo estes o sensor MQ-2 capaz de detectar concentrações de gases combustíveis e fumaça no ar, sensor MQ-3 capaz de detectar vapores de álcool e etanol, um sensor muito usado em projetos de bafômetro e o sensor MQ-135 capaz de detectar concentrações de gases nocivos à qualidade do ar. Dispostos em uma caixa de vidro eles captam a concentração de gases tóxicos existente num ambiente fechado, em busca de definir o melhor sensor para detecção dos gases foram realizados testes para a escolha do sensor para a montagem do protótipo, que assim que a concentração dos gases atingirem um valor que seja prejudicial a vida humana, captada pelo sensor definido e sendo este valor estipulado na programação, o buzzer dispara um sinal sonoro, apresentam-se mensagens de alerta no display e ativa-se o exaustor, cooler. O exaustor reduz a concentração do gás do ambiente fazendo assim com que as funções dos componentes retornem a ficar estáticas devida a dispersão do gás obtida através da exaustão. O projeto se comporta de forma eficiente e conforme previsto e buscado no início das pesquisas, o custo obtido para a realização do protótipo foi excelente ao esperado, o valor alcançado para aquisição do conjunto de componentes para realização deste projeto foi notável em relação aos dispositivos encontrados atualmente, podendo ser redimensionado para a utilização em ambientes com risco de vazamentos de gases, sendo necessário apenas a realização e adaptação da calibração do sensor escolhido para detecção de outros tipos de gases, sendo consistido como um objeto de consultas e estudos futuros para melhoramento e aplicações..

Palavras-chaves: Segurança; Sensores; Despoluição do ambiente

Abstract: With the increase in technological development in most industrial activities, the industrial market had to reinvent itself to ensure a comfortable and safe operation for its workers. This consequent automation of industrial processes provided the increase of an environment more conducive to contact with gases and opportune to possible accidents, thus, the addition of new projects that have efficiency is crucial. The purpose of this study is the elaboration of a project for the detection of toxic and flammable gases with application in different environments, developed at the Technological Center of the Faculdade Evangélica de Goianésia. A prototype with the use of sensors available on the market, these being the MQ-2 sensor capable of detecting concentrations of combustible gases and smoke in the air, the MQ-3 sensor capable of detecting alcohol and ethanol vapors, a sensor widely used in breathalyzer and the MQ-135 sensor capable of detecting concentrations of gases harmful to air quality. Arranged in a glass box, they capture the concentration of toxic gases existing in a closed environment, in order to define the best sensor for the detection of gases, tests were carried out to choose the sensor for the assembly of the prototype, which as soon as the concentration of gases reach a value that is harmful to human life, captured by the defined sensor and this value being stipulated in the programming, the buzzer triggers an audible signal, alert messages are shown on the display and the fan and cooler are activated. The hood reduces the concentration of the gas in the environment, thus causing the functions of the components to return to static due to the dispersion of the gas obtained through the exhaust. The project behaves efficiently and as expected and sought at the beginning of the research, the cost obtained for the realization of the prototype was excellent than expected, the value achieved for the acquisition of the set of components to carry out this project was remarkable in relation to the devices found currently, it can be resized for use in environments with risk of gas leaks, being only necessary to carry out and adapt the calibration of the chosen sensor for the detection of other types of gases, being constituted as an object of consultations and future studies for improvement and applications.

Keywords: Safety; sensors; Environmental clean-up

INTRODUÇÃO

Gases tóxicos podem ser definidos como compostos que, quando inalado, ingerido ou absorvido através da pele, pode provocar grande variedade de problemas ao ser humano, que vão desde simples irritações até a morte. Os gases inflamáveis são substâncias que misturadas ao oxigênio, e na presença de uma fonte de ignição, entram em combustão, também podendo ser considerado como tóxico. A ocorrência de vazamentos deste tipo de gases é altamente prejudicial a vida [1].

As principais características físicas dos gases são a sua grande compressibilidade e extraordinária capacidade de expansão. Os gases não apresentam um volume fixo, pois sempre ocupam o volume total do recipiente em que estão confinados. Outra propriedade inerente aos gases é que eles são miscíveis entre si em qualquer proporção, ou seja, formam uma mistura homogênea [2]. Para a física, gás é um dos estados físicos da matéria. Para a Organização das Nações Unidas os gases são classificados pelos riscos, que são [3]:

- Gases inflamáveis: são substâncias que misturadas ao oxigênio, e na presença de uma fonte de ignição, entram em combustão.

- Gases tóxicos: são gases reconhecidamente ou supostamente tóxicos e corrosivos que constituam risco à saúde das pessoas. De forma geral os gases tóxicos são classificados de acordo com a ação do mesmo ao ser humano, sendo irritantes, asfixiantes simples e asfixiantes químicos.

- Gases não-inflamáveis, não tóxicos: são gases asfixiantes, oxidantes ou que não se enquadrem em outra subclasse [4].

Tolerância a exposição

A norma regulamentadora NR15 estabelece as atividades que devem ser consideradas insalubres definindo os limites de tolerância para agentes físicos, químicos e biológicos. A Tabela 1 apresenta alguns limites de exposição existentes para alguns gases [5]:

Tabela 1- Limite de tolerância [5]

Agentes Químicos	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade
	ppm*	mg/m ³ **	
n-Butano	470	1090	médio
Etileno	Asfixiante	simples	-
n-propano	Asfixiante	simples	-
Metano	Asfixiante	simples	-
Álcool etílico	780	1480	mínimo
Amônia	20	14	médio
Dióxido de carbono	3900	7020	mínimo

A tabela da NR15, originalmente editada pela Portaria MTb nº 3.214, de 8 de junho de 1978, não apresenta valores de tolerância para alguns gases, classificando-os apenas como Asfixiante simples, contudo, para um ambiente de trabalho ser considerado seguro é necessário manter a concentração mínima de oxigênio, sendo 18% em volume do local. Sendo que locais que tenham concentração de oxigênio abaixo deste valor já apresentam riscos a vida humana [5].

Sistemas de detecção de gases

Um sistema de detecção de gases é, em última análise, um circuito elétrico onde, na extremidade, vai um sensor. O sistema que irá detectar o gás deve prever que o sinal advindo do eletrodo da célula sensora deve ser prioritário, reconhecendo como inapropriados o aumento de corrente que deles não provenha. Assim mantém uma estabilidade quando inexistente, no ambiente, a presença do gás detectável [6].

O Detector de Gás Fixo – CTX 300, tendo como proposta oferecer proteção a diversos ambientes perigosos, além de sensores pré-calibrados e visor em LCD opcional que facilitam a manutenção. Pode operar como unidade autônoma ou conectado a um controlador.

Arduino

Lançado em 2005, o Arduino pode ser definido como uma plataforma de computação ou um pequeno computador que permite ser programado processando comandos de acordo com o desejado. Mas especificamente, o Arduino é um microcomputador, o qual contém um núcleo de processador, memória e periféricos programáveis de entrada e saída [7].

Uma das vantagens da placa de Arduino em relação aos demais microcomputadores é sua facilidade para manipulação. Por esse motivo é muito comum observar a utilização dessa ferramenta para estudos acadêmicos ou até mesmo o uso por pessoas que não são da área da computação para realização do seu próprio projeto sem muita experiência [7].

Sensores

O sensor é um dispositivo capaz de detectar estímulos externos e responder com um produto final. A maioria dos sensores de gases existentes no mercado atualmente são do tipo eletrocatalítico, sendo de baixo custo sem dispensar a modernidade, estes dispositivos têm como características um pequeno sensor interno denominado como “pérola” [8].

Display e periféricos

Display LCD 16x2 Escrita Preta Backlight Verde

O display LCD alfanumérico 16x2, é um modelo vastamente utilizado em projetos onde se faz necessária uma interface homem-máquina (IHM) de fácil implementação. Utiliza o controlador HD44780, usado em toda indústria de LCD's como base de interface que pode ser operado em 4 ou 8 bits paralelamente. De fácil interação com qualquer microcontrolador, este componente é ideal para estudantes e profissionais da área [9].

Buzzer

O buzzer é uma campainha que serve para emitir sons em projetos de forma alternativa. Existem dois tipos: passivo e o ativo. O som reproduzido pelo passivo acompanha a forma do sinal elétrico que aciona, ou seja, se acionar o buzzer com um sinal elétrico que imita o som de uma flauta, ele consegue reproduzir o som da flauta. O buzzer ativo apenas emite um apito quando a tensão em seu pino passa de um determinado valor, portanto, o ativo possui um timbre próprio e age como se fosse um “instrumento musical” à parte [10].

Cooler

Segundo o artigo da CETESB (2020), emergências químicas, grandes vazamentos de gases reduzem a quantidade de oxigênio em ambientes fechados, desse modo, ventilações forçadas é uma das medidas adotadas para reestabelecer o nível normal de oxigênio ao ambiente, evitando a morte por exposição aos gases. Portanto, a utilização de exaustores em um sistema de detecção de gases auxiliará na elevação do tempo para evacuação do local [11].

METODOLOGIA

O desenvolvimento do sistema e a construção do protótipo foram realizadas no Centro Tecnológico da Faculdade Evangélica de Goianésia, ambiente que proporcionou o acompanhamento do técnico e do

orientador, evitando riscos de possíveis acidentes no decorrer dos testes do protótipo.

Para construção do protótipo foram testados três sensores de gases (MQ-2, MQ-3 e MQ-135) disponíveis no mercado, foi observado o que apresenta a melhor capacidade de detectar a concentração de gases no ambiente, um cooler que será usado como exaustor do protótipo, um display que atuará como sinal visual e um buzzer que atuará como sinal sonoro, todos conectados a uma placa de Arduino.

Para efetuação do projeto a visão geral foi subdividida em tópicos conforme apresentado:

1. Modelagem do sistema;
2. Elaboração do código;
3. Comparação dos sensores;
4. Montagem do protótipo;
5. Simulação e teste do protótipo.

1. Modelagem do sistema

O projeto base para o sistema de detecção de gases tóxicos e inflamáveis é apresentado em forma de fluxograma na Figura 1, o funcionamento das partes e descrito a seguir:

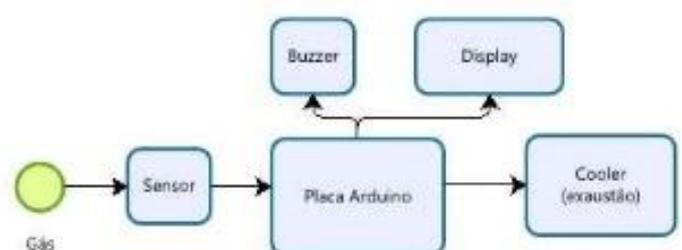


Figura 1 - Fluxograma do projeto base para o sistema de detecção de gases tóxicos e inflamáveis

2. Elaboração do código

O código que intermedia as funções realizadas do programa foi escrito na IDE do Arduino, este tópico detalhará os passos fundamentais do código e suas funções para o total funcionamento do projeto.

Calibração dos sensores

Para obtenção dos valores dos pontos de curvas utilizou-se o software WebPloDigitizer, que obteve os valores considerando as escalas logarítmicas dos gráficos, definindo assim no Excel os novos valores através de novos gráficos exponenciais e lineares com os valores adquiridos.

Como necessita-se de uma quantidade conhecida de um determinado gás, para ler o valor de saída de resistência do sensor (R_s), e assim calcular o valor R_0 calibrado, utilizou-se a curva do Ar dos sensores para obter-se esta resistência R_s , visto que a mesma é uma constante para cada um dos sensores.

3. Comparação dos sensores

Para definição do melhor sensor, MQ-2, MQ-3 e MQ-135, foi necessário realizar testes de eficiência de detecção dos gases aos quais eles seriam expostos. Para realização dos testes os três sensores foram colocados dentro de uma caixa de vidro projetada, com dimensões 300 x 150 x 200 mm. Nesse ambiente, os três sensores foram expostos a álcool e a gás de cozinha convencional por um período de 120 segundos.

Teste com Álcool

Visto que o álcool tem uma alta volatilidade, passagem do estado líquido para o estado gasoso, foi colocado dentro da caixa um recipiente contendo Álcool 70%, e a partir da sua evaporação seria gerado o gás a ser detectado pelos sensores. Entretanto a quantidade de gás gerada pela evaporação do álcool colocado dentro do recipiente era insuficiente, sendo necessário derramar álcool dentro da caixa aumentando assim a concentração do gás gerado.

Para realização dos testes de eficiência os três sensores foram montados na parte inferior da caixa ao redor do recipiente, entretanto não se mostrou eficiente,

desse modo decidiu-se montar os sensores na parte superior da caixa, buscando assim melhor detecção através do contato dos sensores com os gases, o que foi favorável.

Teste com gás de cozinha (GLP)

Para realização dos testes de eficiência com gás de cozinha os três sensores foram colocados dentro da caixa na parte inferior, pois o gás de cozinha tem a tendência de descer e não subir, desse modo para melhor detecção e contato dos sensores com o gás eles foram colocados na parte inferior, isso se explica pois o gás de cozinha é mais denso que o gás atmosférico, sendo o butano sozinho três vezes mais denso [12].

Para injeção do gás no protótipo foi fechada a tampa superior e foi encaixada a mangueira na lateral da caixa na entrada do cooler, a válvula do botijão de gás foi ativada e o gás introduzido.

4. Montagem do protótipo

O protótipo foi disposto dentro da caixa de vidro para se obter um ambiente fechado de testes. Para montagem do sistema de exaustão foi realizado um corte 7 x 7 mm na lateral. A caixa possui uma tampa superior para manuseio dos componentes dentro da caixa de acordo com a necessidade apresentada.

Pinagem do circuito

O microcontrolador Arduino, Figura 2, é responsável por receber os dados dos sensores (entradas) e compilar as informações enviando-as para o display, buzzer e cooler (saídas).

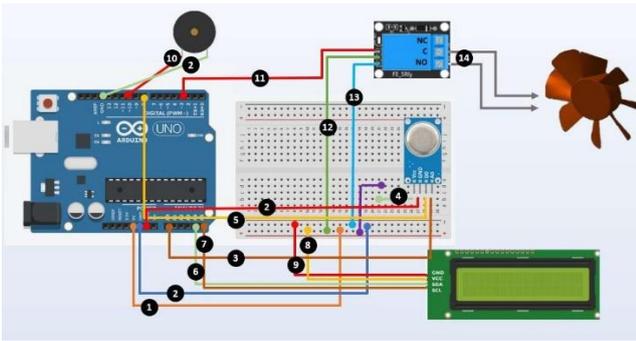


Figura 2 - Pinagem do circuito - (1) Porta 5V: conectada na protoboard; (2) Portas GND: uma conectada na protoboard, a outra no GND do sensor e a outra no buzzer; (3) Porta A0: Conectada ao A0 do sensor; (4) Saída VCC do sensor: Conectado no positivo da protoboard; (5) Porta 8: Conectado ao D0 do sensor; (6) Porta A4: Conectada ao SDA do display; (7) Porta A5: Conectado ao SCL do display; (8) Saída VCC do display: Conectado no positivo da protoboard; (9) Saída GND do display: Conectado no negativo da protoboard (ligação GND); (10) Porta 10: Conectado ao positivo do buzzer; (11) Porta 3: Conectado ao relé; (12) Saída positiva relé: Conectado no positivo da protoboard; (13) Saída negativa do relé: Conectado no negativo da protoboard; (14) Cooler ligado ao relé.

Hardware

Na montagem do protótipo foi selecionado um dos sensores apresentados anteriormente através da comparação realizada, podendo também ser aplicado a outros sensores de acordo com a aplicação almejada, devendo apenas ser alterado os parâmetros de datasheet, que nada mais é que as curvas de calibração de cada equipamento obtendo a equação de correção dos sensores utilizados.

Antes da utilização dos sensores MQ, é necessário um período de Burn-in time (Tempo de queima), este tempo varia de modelo para modelo e tem como finalidade aquecer a resistência do sensor até a temperatura ideal de

funcionamento, onde, durante este tempo as medições oscilam até a estabilização.

O cooler foi colado com pistola de cola quente na parte interna da caixa centralizado no furo. O buzzer foi fixado na lateral interna da caixa também com cola quente. As fiações dos componentes foram ajustadas e unidas com abraçadeiras de plásticos, evitando que elas se misturem e se soltem, buscando mais organização e facilidade de visualização. A fonte de energia utilizada para o funcionamento do projeto é uma fonte de 12V 1 Ampere, pois para a operação eficiente do cooler 12V, as baterias não atingiriam a rotação máxima dele. O display foi colocado em uma das laterais da caixa fixado com dupla face.

5. Simulação e teste do protótipo

Para simulação e testagem do projeto foi injetado gás GLP e Álcool no protótipo, comportando-se como um ambiente fechado de testes. O teste foi realizado com todo o circuito montado com o intuito de observar e verificar a operação dos componentes expostos aos gases GLP e Álcool.

a. Teste com Álcool

Nos testes de exaustão do ambiente, simulação do protótipo, com a utilização do sensor escolhido, foi montado todo o circuito e componentes dentro da caixa com apenas um dos sensores, para observar-se assim como se comportaria a exaustão do ambiente e operação dos componentes expostos ao álcool. A disposição do sensor na caixa teve o mesmo princípio do teste de eficiência, sendo fixado na parte superior da caixa.

b. Teste com gás de cozinha (GLP)

Para o teste de exaustão, simulação do protótipo o sensor foi montado na parte inferior do protótipo e o gás injetado de forma semelhante aos testes de eficiência, entretanto, nos testes de eficiência o gás foi injetado pela entrada do cooler, já na simulação, o gás foi injetado pela

tampa superior e fechada novamente, visto que neste teste o cooler estaria em operação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Calibração e comparação dos sensores

A maior dificuldade encontrada para calibração dos três sensores foi a diferença dos valores entre as curvas de sensibilidade de cada um, pois elas possuem valores distintos nos eixos X e Y, ponto observado apenas depois dos primeiros testes já realizados, sendo necessário levantar novamente todos os valores das curvas de gases e realizar uma função de equivalência para torná-los compatíveis. A calibração separada dos sensores se mostrou mais eficiente e fácil de ser realizada, apresentando dados mais coerentes e assertivos.

Teste com Álcool

O sensor MQ-3, não conseguiu detectar Álcool no gráfico da Figura 3, mesmo sendo ele o sensor próprio para este tipo de detecção, entretanto nas curvas de CH4, CO e GLP ele teve detecção, porém suas curvas mostraram instabilidade sendo não constante, conforme apresentado nas Figuras 4, 5 e 6, onde o eixo X dos gráficos é a escala de tempo e o eixo Y é a escala de concentração de gás detectada pelos sensores, sendo o sensor MQ-2 representado pela curva de cor laranja, o sensor MQ-3 pela curva de cor azul e o sensor MQ-135 representado pela curva de cor verde.

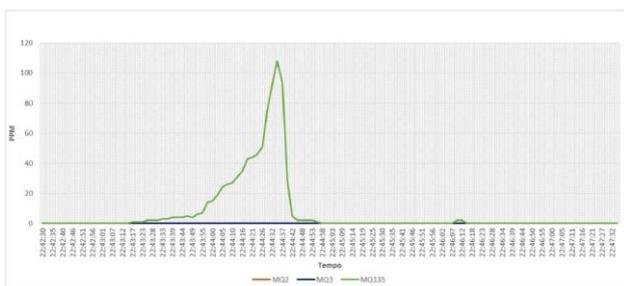


Figura 3 - Teste com álcool - Valores coletados da curva de sensibilidade Álcool dos sensores

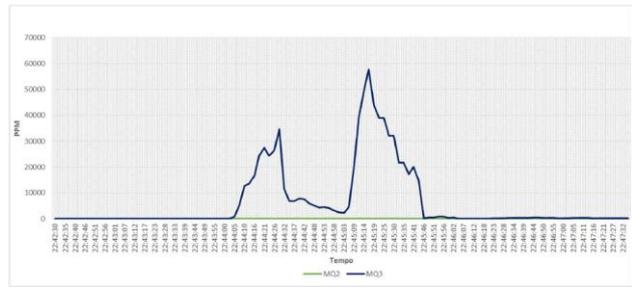


Figura 4 - Teste com álcool - Valores coletados da curva de sensibilidade CH4 dos sensores

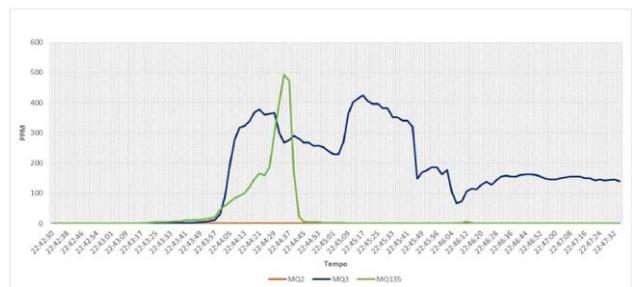


Figura 5 - Teste com álcool - Valores coletados da curva de sensibilidade CO dos sensores

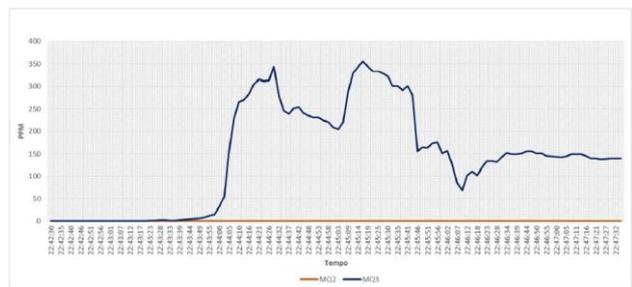


Figura 6 - Teste com álcool - Valores coletados da curva de sensibilidade GLP dos sensores

O sensor MQ-2 se manteve inerte não reconhecendo o nenhum dos gases do Álcool que estava dentro do ambiente de testes. O sensor MQ-135 teve uma boa performance, nos dois gases que ele estava destinado a detectar, Álcool e CO, sendo suas curvas apresentadas nas Figuras 3 e 5, onde elas se comportaram de forma constante.

Diante dos resultados obtidos com os testes deduziu-se que mesmo com a equivalência os sensores trabalharam de formas particulares em relação aos gases, o

que não era se esperado com tanta discrepância, visto que os três sensores tinham curvas dos mesmos gases e os valores coletados foram colocados na mesma escala.

Teste com Gás de Cozinha (GLP)

Nos gráficos de testes com gás de cozinha o sensor MQ-3 se manteve inativo, não reconhecendo nenhum dos gases do gás de cozinha que estava dentro do ambiente de testes, mesmo comportamento observado no teste com álcool, com o sensor MQ-2. O sensor MQ-135 nas curvas de Álcool e CO teve detecção, sendo suas curvas apresentadas nas Figuras 7 e 9, onde elas também se comportaram de forma constante se mostrando coerente nos dois testes. Do mesmo modo a detecção do sensor MQ-2 comportou-se de forma constante e com valores coerentes em todas as curvas de sensibilidades dos gases dispostos conforme apresentados nos gráficos.

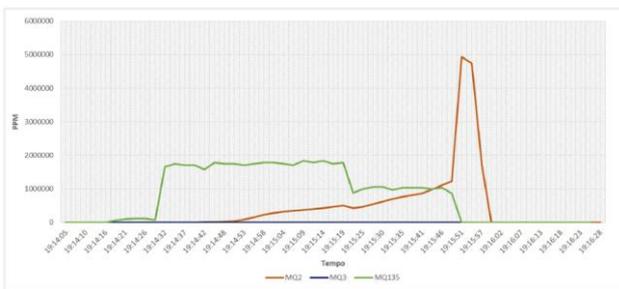


Figura 7 - Teste com gás de cozinha - Valores coletados da curva de sensibilidade Álcool dos sensores

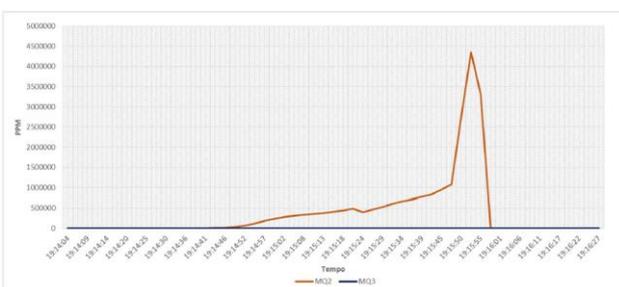


Figura 8 - Teste com gás de cozinha - Valores coletados da curva de sensibilidade CH4 dos sensores

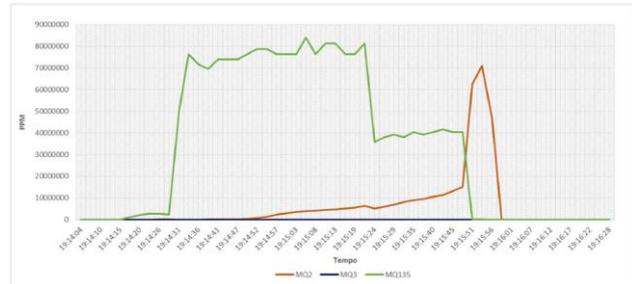


Figura 9 - Teste com gás de cozinha - Valores coletados da curva de sensibilidade CO dos sensores

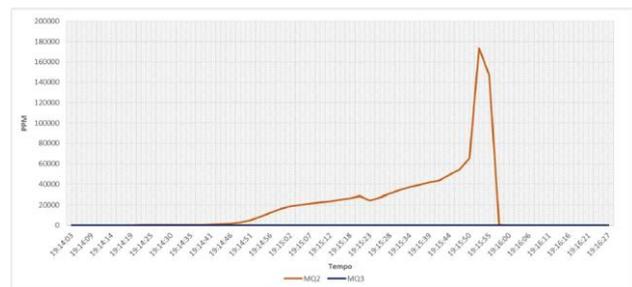


Figura 10 - Teste com gás de cozinha - Valores coletados da curva de sensibilidade GLP dos sensores

Analisando assim os resultados gerais dos gráficos, deduz-se que a instabilidade do MQ-2 no teste com o Álcool e do MQ-3 no teste com o gás de cozinha pode ser referida a calibração realizada nos sensores, ressaltando que a curva de sensibilidade deles possui eixos X e Y diferentes entendendo-se que mesmo com a tentativa de equivalência dos valores pôde não tonar os valores compatíveis, não apresentando os dados corretamente durante a detecção. Outro ponto a ser levado em consideração no teste é o potenciômetro existente na parte de trás dos sensores, onde pode ser regulada a sensibilidade e ajustagem da calibração, entretanto, o tempo para finalização do projeto não permitiu aprofundar neste aspecto sendo um ponto de estudo para próximos projetos.

Sensor escolhido

Após a realização de todos os testes o sensor escolhido para montagem final do protótipo foi o MQ-2,

montagem demonstrada na Figura 11, podendo ser justificado pelo comportamento da curva dele nos testes com gás de cozinha, mesmo que ele não tenha tido boa eficiência no teste com álcool. Entendeu-se que na exposição ao gás que ele é projetado para trabalhar, substâncias contidas no gás de cozinha GLP, sua eficiência foi melhor que os demais sensores, assim como demonstradas nos dados dos gráficos demonstrados nas Figuras 7, 8, 9 e 10, diferentemente do sensor MQ-3 que ao ser exposto ao álcool, composto ao qual ele foi projetado para detectar, não operou de maneira consistente.

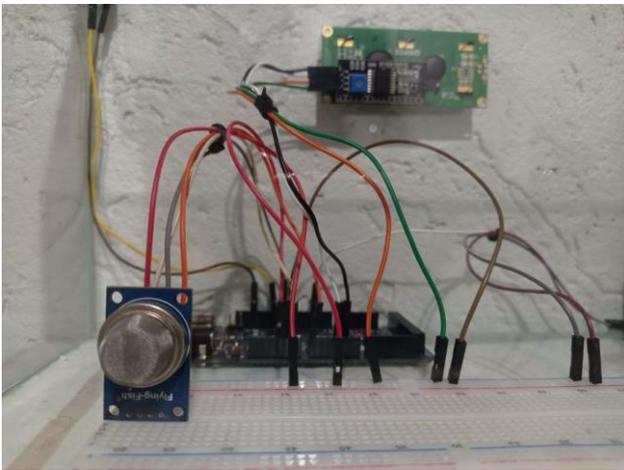


Figura 11 - Sensor escolhido montado no protótipo

O descarte do sensor MQ-135 veio pelo fato da sua curva de sensibilidade não conter os gases GLP e CH₄ para ser comparado aos outros dois sensores de forma igual, mesmo que ele tenha apresentados valores coerentes na detecção dos gases CO e Álcool.

Em relação ao tempo de queima, o sensor MQ-2 apresentou um tempo de aproximadamente 3 minutos, mas dependendo do projeto ou precisão pode ser recomendado um período de até 24 horas.

Performance da ativação do exaustor (cooler)

O exaustor operou de forma eficiente, pois após a injeção dos gases e detecção pelos sensores o cooler foi ativado pelo relé e realizou toda a exaustão do ambiente, os

gases injetados no ambiente foi extraído pelo exaustor e transportado para o lado de fora do ambiente fechado conforme esperado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema desenvolvido para detecção de gases tóxicos e inflamáveis apresentou bons resultados, o que pode ser comprovado pelos resultados obtidos nos testes feitos no protótipo.

A comparação dos sensores foi de suma importância para conclusão deste trabalho, pois com a comparação realizada foi possível concluir que para a aplicação em um ambiente com risco de vazamentos de gases tóxicos e inflamáveis o sensor MQ-2 tem bastante eficiência e coerência nos dados detectados.

Os componentes utilizados para construção atenderam às expectativas geradas na concepção do projeto, o cooler apresentou bastante eficiência em relação à exaustão do protótipo, demonstrando e afirmando que, com um sistema de exaustão eficiente é possível atingir ganhos em relação a segurança de operação de gases nocivos à saúde humana.

A conclusão do projeto teve respostas satisfatórias no campo de pesquisas, e pode ser consistido como um objeto de consultas futuras para aplicações industriais e comerciais em busca de bem-estar e operações seguras de trabalhadores que se submetem a procedimentos com gases no seu dia a dia. Podendo ser redimensionado para a utilização em ambientes com risco de vazamentos de gases, a adaptação deste projeto pode ser realizada através da verificação da calibração do sensor definido para instalação no ambiente, assim como também adicionar outros componentes e funções para aperfeiçoamento ou adaptação. Um exemplo de aperfeiçoamento deste projeto é a internet das coisas, que é o conceito que define a conexão entre objetos físicos com o usuário e a internet, permitindo assim a comunicação do dispositivo com o usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. GASES TOXICOS. ENESENS, 2018. Disponível em:
<http://www.enesens.com.br/gasesdetectados/gasestoxicos/#:~:text=Um%20g%C3%A1s%20%C3%B3xico%20pode%20ser,mesmo%20em%20concentra%C3%A7%C3%B5es%20muito%20baixas>. Acesso em: 06/07/2021
2. USBERCO & SALVADOR. Química geral Ensino Médio – volume 1. 12ª ed. Saraiva, 2006.
3. ONU. Organizações das Nações Unidas. Disponível em: <https://brasil.un.org/>. Acesso em: 11 out. 2021.
4. CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS PERIGOSOS, SIIPP. Disponível em: http://200.144.30.103/siipp/public/imprime_classificacao.aspx#:~:text=Gases%20%C3%B3xicos%3A%20s%C3%A3o%20gases%2C%20reconhecidamente,risco%20%C3%A0%20sa%C3%BAde%20das%20pessoas. Acesso em: 17/08/2021
5. Norma Regulamentadora No. 15 (NR-15). Gov.br, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretariade-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-15-nr-15>. Acesso em: 30/10/2021
6. Detecção de Gases – Tudo que você precisa saber. LEL Ambiental, 2017. Disponível em: <https://lelambiental.com.br/artigos-tecnicos/deteccao-de-gases/>. Acesso em: 28/11/2021
7. Sensor de Gas MQ-2 Inflamável e Fumaça. FILIPEFLOP, 2021. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-gas-mq-2-inflamavel-e-fumaca/>. Acesso em: 14/06/2021
8. BREATHE. SENSORES DE GÁS – PRINCÍPIOS E TECNOLOGIAS, 2011. Disponível em: <https://breathebrdotcom.wordpress.com/2011/06/02/sensores-de-gas-principios-etecnologias/>. Acesso em: 26/06/2021
9. Arduino Mega ADK - Cabo USB. Curto circuito, 2021. Disponível em: <https://www.curtocircuito.com.br/arduino-mega-adk-cabo-usb.html>. Acesso em: 10/08/2021.
10. Buzzer – Como usar com o Arduino. Mundo Projetado, 2017. Disponível em: <https://mundoprojetado.com.br/buzzer-como-usar-com-o-arduino/>. Acesso em: 28/11/2021
11. Emergências químicas. CETESB, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/emergenciasquimicas/aspectos-gerais/perigos-associados-as-substancias-quimicas/gases/>. Acesso em: 23/05/2020
12. DOS SANTOS, C. V. P.; A Química do Gás de Cozinha, O Mundo da Química https://www.omundodaquimica.com.br/curiosidade/gas_cozinha. Acesso em: 30/11/2021