

ANÁLISE DO SENSOR DE GÁS MQ-6 UTILIZANDO ESP32 E API CALLMEBOT

Richardson Castro da Silva¹, Ayrton Henrique Rubira Farias Fernandes², Gilson Fernandes Braga Junior³

¹Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Brasil
(contato.richardson.email@gmail.com)

²Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Brasil

³Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Brasil

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a avaliação de um sistema de detecção de vazamentos de gás utilizando o sensor MQ-6 integrado ao ESP32 e à API CallMeBot. Foram realizados ensaios com diferentes volumes de butano em uma caixa de testes, observando-se aumento da concentração estimada conforme o volume injetado. O sistema detectou rapidamente o gás e enviou alertas automáticos via WhatsApp, demonstrando viabilidade para aplicações de monitoramento de baixo custo.

Palavras-chave: Sensor MQ-6; Detecção de gases; GLP; ESP32; CallMeBot.

INTRODUÇÃO

O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) é a mistura de hidrocarbonetos composta principalmente por propano e butano, o seu uso é bastante amplo em domicílios, estabelecimentos comerciais e indústria devido ao seu alto poder calorífico e a facilidade no seu armazenamento. O GLP é atualmente uma das principais fontes de energia entre a população brasileira, sendo para alimentos, quanto para aquecimento de água, estando presente nos lares do Brasil por meio dos botijões de gás. Segundo a ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), o GLP detém extrema relevância econômica e social para o país, sendo este considerado um combustível de grande essência para a população (ANP, 2024)

Apesar das vantagens, a utilização do GLP exige cuidados redobrados quando se fala em segurança. O mau uso e/ou desgaste de mangueiras, reguladores de pressão, conexões mal-feitas, podem desencadear vazamentos e o acúmulo de gás no ambiente, formando misturas inflamáveis capazes de provocar incêndios e até explosões quando expostas a alguma forma de ignição. A presença de elevadas concentrações de GLP pode representar riscos à integridade física das pessoas e ao ambiente em que esse gás se encontra.



Figura 1. Botijões de gás.

Fonte: gassalto, 2026

Com o avanço da eletrônica embarcada e da internet das coisas (IoT – Internet of Things), tem-se criado sistemas inteligentes voltados ao monitoramento ambiental e à segurança de residências, sendo amplamente usado, sensores eletrônicos associados a microcontroladores, permitem de forma prática, aquisição, processamento e transmissão de informações em tempo real, tendo importante contribuição para a prevenção de futuros acidentes e para a tomada de decisões em situações de perigo.

Dentre os dispositivos bastante utilizados para monitoramento de gases inflamáveis, estão os sensores da série MQ, vastamente empregados nas aplicações de baixo custo devido a sua simplicidade na implementação e à sua capacidade de detectar diferentes compostos de gás. Nessa série, encontra-se

o sensor MQ-6, apresentando elevada sensibilidade ao butano e propano, operando com sua própria variação de resistência elétrica interna quando exposto a esses gases. Tal característica permite estimar a concentração presente no ambiente por meio da leitura de sinais analógicos disponibilizados por um microcontrolador (HANWEI, 2015)



Figura 2. MQ-6.

Fonte: Hanwei, 2026.

O MQ-6 baseia-se em um elemento semiconductor de dióxido de estanho (SnO_2), cuja resistência varia em função da concentração de gases combustíveis encontrados no ambiente. Então, a partir dessa variação, é possível obter valores proporcionais à concentração de gás e implementar sistemas inteligentes de monitoramento de forma contínua. Além disso, a ampla disponibilidade de bibliotecas e exemplos de integração facilita sua utilização em plataformas de prototipagem e pesquisa, como o ESP32 (ELECTRONICWINGS, 2024)

O ESP32 tem sido utilizado em aplicações envolvendo Internet das Coisas devido à sua alta capacidade de processamento, baixo consumo de energia e conectividade Wi-Fi integrada. Características que permitem não apenas a coleta dos dados provenientes de sensores como os da série MQ, mas como o envio de informações para dispositivos remotos, possibilitando a implementação de sistemas de alerta e para monitoramento em tempo real.

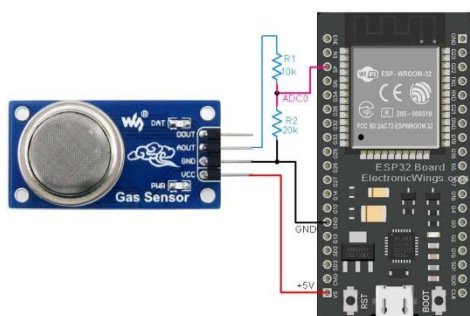


Figura 3. Conexão MQ-6 e ESP32.

Fonte: electronicwings, 2026.

Estudos vêm demonstrando a viabilidade da utilização de sensores MQ em sistemas de detecção de vazamentos. Dewi e Somantri (2018), desenvolveram um sistema baseado em Arduino e rede de sensores sem fio para fins de monitoramento de GLP, obtendo resultados considerados satisfatórios na identificação de identificação de concentrações potencialmente perigosas.

A integração entre sensores de gases, microcontroladores e plataformas de comunicação remota do tipo API, representa uma alternativa acessível para o desenvolvimento de soluções voltadas à segurança residencial e industrial. Dessa forma, projetos de baixo custo podem contribuir essencialmente para a prevenção de acidentes causados por vazamentos de GLP, especialmente em locais onde sistemas comerciais de monitoramento apresentam elevado custo de aquisição.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver e avaliar sistema experimental de detecção de vazamentos de GLP utilizando o sensor MQ-6 integrado a um microcontrolador ESP32. O sistema foi projetado para monitorar variações na concentração de gás em uma câmara de testes controlada, permitindo analisar a resposta do sensor frente a diferentes quantidades de gás introduzidas no ambiente. Além disso, busca-se verificar a viabilidade da utilização de tecnologias de baixo custo para aplicações de monitoramento e segurança relacionadas à detecção de gases inflamáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho consiste em uma pesquisa experimental voltada ao desenvolvimento e análise de um sistema de detecção de vazamento de gases inflamáveis utilizando o sensor MQ-6 integrado a um microcontrolador ESP32. O sistema foi projetado para monitorar variações na concentração de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), combustível amplamente utilizado em residências brasileiras e presente em produtos como gás de cozinha e gás de isqueiro. O sensor MQ-6 opera a partir da variação de sua resistência elétrica quando exposto a gases combustíveis, permitindo estimar a concentração presente no ambiente.

Para a realização dos ensaios experimentais foi utilizada uma caixa organizadora adaptada para funcionar como recipiente de teste. Sua tampa recebeu pequenas modificações para permitir a passagem dos cabos e a introdução controlada do gás.

Com o objetivo de favorecer a homogeneização da mistura gasosa dentro do recipiente, foi utilizada uma pequena ventoinha reaproveitada de equipamento eletrônico descartado. A ventoinha permaneceu em funcionamento durante os ensaios.

A introdução do gás foi realizada utilizando uma seringa graduada de 3 mL, permitindo maior precisão na dosagem dos volumes injetados. Como fonte de gás foi utilizado o butano proveniente de gás de isqueiro.

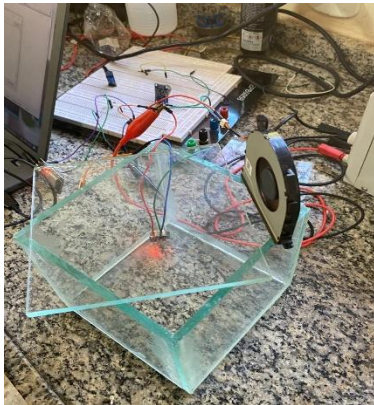


Figura 4. Sistema para testes montado.

Sensor MQ-6 foi conectado ao ESP32, responsável pela aquisição, processamento e armazenamento dos dados obtidos durante os experimentos. O sistema foi programado em linguagem C++ utilizando a plataforma Arduino IDE.

Antes do início das medições, o sensor passou por um período de aquecimento e estabilização. A estimativa da concentração foi obtida a partir da razão entre a resistência do sensor na presença do gás (R_s) e a resistência de referência em ar limpo (R_0), utilizando a curva de sensibilidade disponibilizada pelo fabricante. Ressalta-se que não foi realizada calibração com equipamento de referência, de modo que os valores de concentração devem ser interpretados como estimativas.

Como funcionalidade adicional, foi implementado um sistema de alerta remoto utilizando a API CallMeBot. Quando a concentração estimada de gás ultrapassava um valor previamente definido na programação, o ESP32 enviava automaticamente uma mensagem de alerta via WhatsApp.

Foram realizados quatro ensaios experimentais utilizando diferentes volumes de gás: 1,5 mL, 2,0 mL, 2,5 mL e 3,0 mL. Após a estabilização da resposta do sensor, os dados eram registrados pelo sistema.

A comunicação entre o ESP32 e a API ocorreu por meio de requisições HTTP realizadas através de uma rede Wi-Fi, possibilitando a emissão automática de alertas em tempo real.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios experimentais foram realizados de forma a avaliar a resposta do sensor MQ-6 frente a diferentes concentrações de gás, obtidas de forma controlada por injeção de diferentes volumes de butano em caixa de teste. Durante os ensaios, foram analisados quatro cenários, nos quais os volumes medidos foram de 1,5 mL, 2,0 mL, 2,5 mL e 3,0 mL.

A preferência de escolha por gás de isqueiro como agente de teste, deve-se à sua alta composição baseada em butano, elemento bastante comum e presente em misturas do GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), e que o sensor MQ-6 consegue detectar. Segundo a fabricante do sensor, Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., o dispositivo pode apresentar alta sensibilidade a GLP como propano e butano, sendo o MQ-6 muito usado em sistemas para detecção de vazamentos de gás em ambiente doméstico e industrial (HANWEI, 2015).

Em cada ensaio, o microcontrolador ESP32 realizou de forma contínua, a medição dos dados do sensor MQ-6, convertendo os valores obtidos em estimativas de concentração dadas em PPM (Partes Por Milhão), com os cálculos sendo realizados por meio de modelo matemático implementado no código do sistema, através da Equação empírica de conversão da razão R_s/R_0 para concentração de GLP:

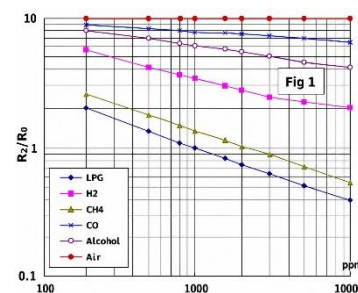


Figura 5. Tabela de sensibilidade típica da curva.

Fonte: Hanwei Electronics Co.

$$GLP \text{ PPM} = \left(\frac{R_s/R_0}{18.446} \right)^{\frac{1}{-0.421}} \quad (1)$$

Em que:

PPM: concentração estimada de gás no ambiente;

R_s : resistência do sensor na presença de gás;

R_0 : resistência do sensor em ar limpo;

18.446: constante obtida da curva característica do MQ-6 para GLP;

-0.421: coeficiente da curva de sensibilidade do sensor;

Os resultados apresentados, mostraram que o sensor demonstrou comportamento consistente diante do

acréscimo quantitativo de gás butano introduzido na caixa de teste.

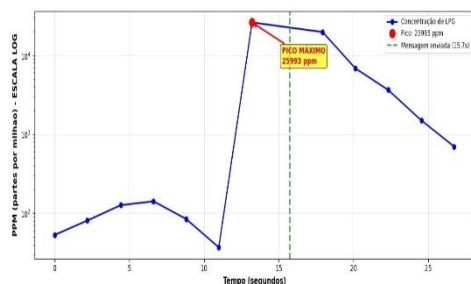


Figura 6. Gráfico para a medida 1,5 mL.

Na figura 1, observa-se que nos primeiros segundos, a concentração de gás estipulada permaneceu baixa, sofrendo variações entre 35 ppm e 140 ppm. Essa atuação é esperada e representa o nível base do sensor na ausência de uma dose significativa de GLP. As pequenas oscilações apresentadas podem ser atribuídas a fatores como ruído natural da leitura analógica do ESP32, variações térmicas do aquecimento do sensor MQ-6, e/ou pequenas flutuações de resistência interno do próprio sensor.

Após a aplicação do gás, pode-se notar um crescimento exponencial de mais de 700 vezes em relação ao valor registrado anteriormente, essa resposta brusca revela a elevada sensibilidade do MQ-6 à presença de GLP, especialmente butano.

O pico máximo ocorre em aproximados 13 segundos, ponto correspondente ao instante que a forte concentração de gás próxima ao sensor teve seu máximo durante o ensaio.

Assim que o sistema detecta o vazamento de gás, a API envia de forma automática, um alerta para o número de contato cadastrado. O tempo de resposta da API entre o sistema detectar o vazamento até o envio da mensagem, foi de 2,7 segundos.

ALERTA: Vazamento de gas! PPM = 25993.32

Figura 7. Alerta por mensagem enviada pela API.

Para o segundo ensaio com 2 mL de gás butano, obteve-se o seguinte gráfico:

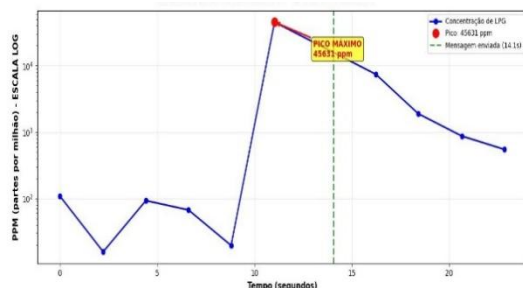


Figura 8. Gráfico para a medida 2 mL.

Na figura 3, o gráfico mostra a concentração estimada permaneceu em níveis baixos, sofrendo variação entre 15 ppm e 110 ppm, com pequenas oscilações observadas nesse período.

Após a aplicação do gás na caixa de teste, observa-se uma rápida elevação dos níveis de GLP na concentração estimada. O crescimento teve um aumento superior a 2.280 vezes em relação ao valor anterior, com um aumento de 75,6% em relação a medida com 1,5 mL de gás.

Assim que o sistema detecta o vazamento de gás, a API envia de forma automática, um alerta para o número de contato cadastrado. O tempo de resposta da API entre o sistema detectar o vazamento até o envio da mensagem, foi de 3,1 segundos.

ALERTA: Vazamento de gas! PPM = 45631.06

Figura 9. Alerta por mensagem enviada pela API.

Para o terceiro ensaio com 2,5 mL de gás butano, obteve-se o seguinte gráfico:

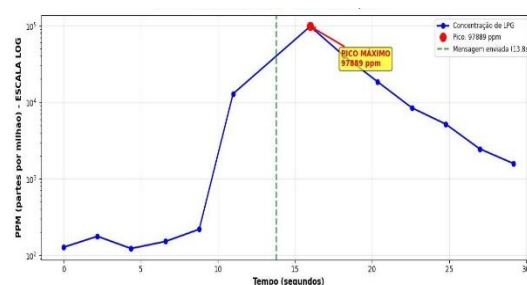


Figura 10. Gráfico para a medida 2,5 mL.

Para os valores medidos com 2,5 mL, observou-se que durante os primeiros segundos, os valores permaneceram estáveis, sofrendo variação entre 120 ppm e 220 ppm.

Após a injeção de gás butano, houve um aumento rápido da concentração estimada, tendo o primeiro pico em 13.000 ppm e continuando a subir até alcançar o seu segundo e máximo pico em 97.889 ppm aos 16 segundos. Com esse valor representando 114,5% em relação ao pico obtido no ensaio com 2 mL de GLP.

A mensagem de alerta foi enviada aos 13,8 segundos em , antes da ocorrência do pico máximo, demonstrando que o sistema foi capaz de identificar a condição de risco entre o primeiro pico e o segundo pico máximo.

ALERTA: Vazamento de gas! PPM = 88696.51

Figura 11. Alerta por mensagem enviada pela API.

Para o quarto ensaio com 3 mL de gás butano:

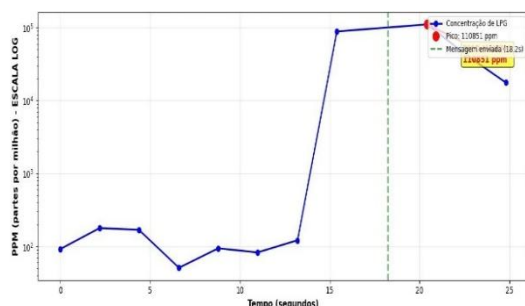


Figura 12. Gráfico para a medida 3 mL.

Para o ensaio realizado com 3 mL de GLP, observou-se a maior concentração estimada dentre os quatros experimentos.

Após a injeção de gás butano na caixa de teste, houve um aumento abrupto da concentração de aproximadamente 110.851 ppm, valor extremamente alto em toda a análise do sensor MQ-6.

A mensagem de alerta via API CallMeBot foi enviada aos 18,9 segundos.

⚠ ALERTA: Vazamento de gas! PPM = 98696.51

Figura 13. Alerta por mensagem enviada pela API.

Os valores de pico apresentados foram de 25.993 ppm para o primeiro teste com 1,5 mL, 45.631 ppm para o segundo teste com 2 mL, 97.889 ppm para o terceiro teste com 2,5 mL, e 110.851 ppm para o quarto teste com 3 mL.

Observou-se uma tendência de crescimento de concentração máxima extremamente alta à medida que era injetado volumes maiores de gás. Tal comportamento pode ser explicado pelo princípio de funcionamento do sensor MQ-6, pois apresenta redução de resistência quando é exposto a altas concentrações de GLP. Em consequência disso, a razão entre R_s/R_0 diminui.

Em todos os testes, o nível de concentração estimada teve seu nível ultrapassado o limiar configurado para o acionamento do alerta, isso acabou por resultar no envio automático de notificações por meio da API CallMeBot, que estava integrada ao ESP32. Os tempos de acionamento teve variações entre 13,8 segundos e 18,2 segundos após o começo dos testes, ficando evidente a capacidade do sistema em detectar de forma rápida situações cotidianas de potencial risco. Resultados semelhantes são relatos por Dewi e Somantri (2018), no qual destacam a importância da API para a detecção rápida de vazamentos de gases

inflamáveis e como contribui para a prevenção de acidentes e possíveis incêndios.

Mesmo os resultados indicando coerência entre o aumento do volume de gás introduzido na caixa de vidro experimental e o aumento exponencial das concentrações estimadas, é de suma importância ressaltar que os valores absolutos de ppm mostrados neste trabalho, devem ser interpretados como estimativas. A calibração do sensor MQ-6 não foi realizada utilizando outros analisadores de gases ou instrumentos de referência, ficando o modelo matemático como o método implementado neste trabalho, sendo baseado nas curvas de sensibilidade dadas pelo fabricante e implementado no código do sistema.

Ademais, considerando o volume de 196 cm³ da caixa de teste, os valores estimados de concentração de gás mostraram-se elevados quando comparados às concentrações para ambientes reais. De acordo com a Fundacentro (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho), o GLP pode apresentar limite inferior de explosividade próximo dos 2% em volume, aproximadamente 20.000 ppm, valor no qual a mistura ar-gás pode se tornar inflamável diante da presença de uma fonte de ignição.

Apesar de tais limitações, os resultados demonstraram que o sistema foi de forma extremamente eficaz, na detecção de gás inflamável e na resposta as variações de concentrações simuladas nos testes realizados. Os gráficos de ppm utilizados serviram para demonstrar o aumento do volume do gás, mas para medições mais concisas, recomenda-se que o aquecimento do sensor seja de tempo prolongado.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostraram que o sensor MQ-6 teve a capacidade de detectar variações na concentração de gás butano dentro da caixa de testes. em todos os ensaios feitos, foram observados um significativo aumento nos níveis estimados para a concentração de gás após a introdução do butano na caixa, seguido por um decaimento gradual ao longo do tempo após atingir o pico.

Verificou-se que, à medida que se aumentava as doses de gás injetado, havia uma tendência de crescimento dos níveis máximos registrados no sistema, colocando em evidência a sensibilidade do sensor às variações consideráveis do gás dentro da caixa.

A forma conjunta trabalhada entre o sensor MQ-6, ESP32 e a API CallMeBot revelou-se bastante eficiente para fins aplicáveis de monitoramento remoto, viabilizando a automação do envio de alertas via Whatsapp quando os limites de concentração estimados no código fossem ultrapassados.



Mesmo com os valores de concentração PPM sido obtidos através de modelo matemático com base nas curvas do datasheet do sensor MQ-6, não foi possível realizar a calibração com equipamentos de referência. Portanto, os resultados quantitativos aqui mostrados neste trabalho, devem ser interpretados como estimativas da concentração de gás e corresponder adequadamente à todas as alternâncias captadas durante os ensaios.

Sendo assim, pode-se concluir que o sistema desenvolvido alcançou a finalidade proposta de detectar no ambiente, a presença de gases inflamáveis, possibilitando o envio de forma automática em tempo real de alertas. Para trabalhos futuros, recomenda-se o método da calibração utilizando sensores de referência, assim como a ampliação do quantitativo de ensaios realizados para o experimento, e a posterior realização de métodos de processamento aptos a aumentar com precisão, as estimativas de concentração.

AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem a Universidade Federal do Oeste do Pará, e ao Laboratório de Sinais pelo espaço oferecido para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anp>. Acesso em: 12 jun. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15526: Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

CALLMEBOT. WhatsApp Messages from ESP8266 / ESP32 NodeMCU. 2024. Disponível em: <https://www.callmebot.com/blog/whatsapp-messages-from-esp8266-esp32/>. Acesso em: 12 jun. 2026.

DEWI, L.; SOMANTRI, Y. Wireless Sensor Network on LPG Gas Leak Detection and Automatic Gas Regulator System Using Arduino. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 384, n. 1, p. 012064, 2018. DOI: 10.1088/1757-899X/384/1/012064.

ELECTRONICWINGS. MQ6 LPG Gas Sensor Interfacing with ESP32. 2024. Disponível em: <https://www.electronicwings.com/esp32/mq6-lpg-gas-sensor-interfacing-with-esp32>. Acesso em: 13 jun. 2026.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

(FUNDACENTRO). Atmosferas explosivas e gases inflamáveis em ambientes ocupacionais. São Paulo: Fundacentro, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/fundacentro>. Acesso em: 13 jun. 2026.

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD. MQ-6 Gas Sensor Technical Data. Zhengzhou, China, 2015. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-6.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Requisitos de segurança para equipamentos de detecção de gases combustíveis. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro>. Acesso em: 14 jun. 2026.