



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102024008308-3 A2

(22) Data do Depósito: 26/04/2024

(43) Data da Publicação Nacional:
28/10/2025

(54) Título: EQUIPAMENTO SENSOR DE GÁS/COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS PORTÁTIL MINIATURIZADO BASEADO EM MICROPROCESSADOR COM SISTEMA OPERACIONAL E SOFTWARE INTEGRADO

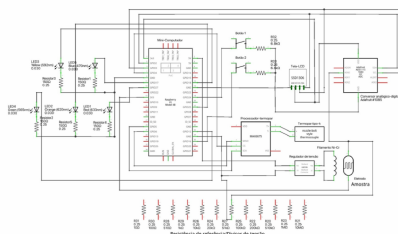
(51) Int. Cl.: G01N 33/00; A61B 5/08; G01N 33/497; C12Q 1/02; G06N 3/00; (...).

(52) CPC: G01N 33/0027; G01N 33/0062; G01N 33/0047; A61B 5/082; G01N 33/497; (...).

(71) Depositante(es): UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO.

(72) Inventor(es): TARCÍSIO MICHELI PERFECTO; DIOGO PASCHOALINI VOLANTI.

(57) Resumo: EQUIPAMENTO SENSOR DE GÁS/COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS PORTÁTIL MINIATURIZADO BASEADO EM MICROPROCESSADOR COM SISTEMA OPERACIONAL E SOFTWARE INTEGRADO. O presente pedido de patente refere-se a um equipamento portátil miniaturizado para fins de detecção analítica de gases ou compostos orgânicos voláteis. Pertencendo aos campos da Química Inorgânica e Ciência e Engenharia dos Materiais, principalmente na monitoração de gases ou voláteis presentes em ambientes abertos ou fechados, análises de amostras de gás ou voláteis coletadas em sacos analíticos ou análises do ar exalado da respiração humana. O dispositivo consiste em 3 pequenos aparatos interligados: O primeiro é onde está alocado o microprocessador, sistema operacional e software (Raspberry Pi); o segundo consiste em itens eletrônicos e as placas, bem como a tela LCD do inglês liquid crystal display auxiliar, LEDs do inglês light emitting diode, indicadores e botões de controle. O último aparato é onde se encontra o eletrodo sensor, o sistema de aquecimento do sensor e as entradas e saídas de gás ou orgânico volátil.



EQUIPAMENTO SENSOR DE GÁS/COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS PORTÁTIL MINIATURIZADO BASEADO EM MICROPROCESSADOR COM SISTEMA OPERACIONAL E SOFTWARE INTEGRADO

INTRODUÇÃO

[001] O presente pedido de patente de invenção compreende um dispositivo multifuncional e portátil, baseado em um microprocessador independente com sistema operacional e software integrado, capaz de fornecer análises detalhadas e exportáveis de dados, o que é essencial para atender às demandas variadas e complexas de monitoramento de gases e compostos voláteis.

CAMPO DE APLICAÇÃO

[002] A principal aplicação da tecnologia é na área Química Inorgânica, principalmente na monitoração de gases e compostos orgânicos voláteis presentes em ambientes abertos ou fechados, análises de amostras de gás ou voláteis coletadas em sacos analíticos ou análises do ar exalado da respiração humana. Pode ser aplicado para monitorar a qualidade de alimentos, pelos voláteis produzidos por produtos que estejam estragando ou fungos e bactérias em proliferação. Pode ser utilizado para o diagnóstico não invasivo de doenças, detectando compostos orgânicos da respiração e associando esses a determinadas doenças. Além disso, o dispositivo pode ser utilizado em laboratório como equipamento analítico para testagem de sensores manufaturados ou mesmo para detectar gases ou voláteis que não necessitem de precisão e exatidão quantitativa.

ESTADO DA TÉCNICA

[003] Aliado ao crescente avanço das indústrias está a preocupação com os possíveis contaminantes gerados nos processos industriais e, consequentemente, com a saúde da população. Um ar limpo e livre de contaminantes é essencial para o bem-estar da população e para preservação ambiental. O nariz humano é um órgão com um sistema complexo que detecta diversos tipos de compostos e consegue diferenciá-los, porém é incapaz de distinguir concentrações. Nesse sentido, a necessidade de detectar gases e compostos orgânicos voláteis tóxicos e

nocivos gerados em processos industriais e ambientes é essencial, sendo necessário um sistema diferente do nariz humano para tal tarefa, com precisão e baixos limites de detecção.

[004] Além de problemas associados a saúde humana causados por compostos orgânicos voláteis tóxicos, análises recentes do ar exalado demonstraram um potencial aplicação para o diagnóstico não invasivo de doenças fazendo a associação aos compostos orgânicos voláteis. Alguns compostos demonstraram ser eficientes biomarcadores de doenças, como diabetes, câncer de ovário, cirrose e câncer de pulmão. Técnicas robustas são eficientes para analisar e detectar esses compostos em concentrações baixas, como cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas, no entanto não permitem análises em tempo real, tem um alto valor associado às análises e não permitem ser miniaturizadas.

[005] Uma alternativa é o uso de óxidos metálicos semicondutores como sensores de gás, que se destacam por serem de fácil produção e com baixo custo, permitem a confecção de dispositivos portáteis e de tamanho compacto, e sua aplicação é descomplicada.

[006] Para que um dispositivo sensor funcione, é preciso de uma fonte de corrente contínua, um ohmímetro ou voltímetro, um processador de dados e, para alguns sensores, aquecimento. Tendo isso em mente, o desenvolvimento de um dispositivo miniaturizado necessita fazer unificadamente essas funções em um espaço confinado pequeno. Para isso, microprocessador com saídas e entradas eletrônicas tem surgido no mercado, como *Raspberry Pi* e Arduino.

[007] *Raspberry Pi* é um minicomputador do tamanho de um cartão de crédito que pode rodar um sistema operacional Linux, permitindo rodar editores de texto, planilhas, acessar internet, programar e executar scripts em Python, C ou Java. Além disso, a *Raspberry Pi* possui entradas e saídas eletrônicas, que possibilitam a prototipagem e a robótica. Também permite a anexação de diferentes tipos de sensores comerciais (gases, voláteis, umidade, temperatura, luz e som), atuadores, LEDs, dispositivos eletrônicos, visores, displays, comunicadores etc.

[008] Sendo assim, a patente em questão tem por objetivo registrar a produção e montagem de um dispositivo sensor com aquecimento pontual, baseado em um microprocessador do tipo *Raspberry Pi*, e produzir um programa de funcionamento desse dispositivo em linguagem Python.

[009] O documento BR102019023340 refere-se a uma câmara fabricada em material polimérico por intermédio de uma impressora 3D. A câmara permite realizar ensaios de medidas condutométricos de materiais particulados ou filmes com potencial aplicação como sensores de gases tais como compostos orgânicos voláteis a temperatura ambiente e em atmosfera úmida. Ademais, tais ensaios permitem a caracterização e seleção dos materiais para seus devidos fins, selecionando qual será seu analito alvo, possuindo assim, maior seletividade, sensibilidade e estabilidade ao longo do tempo. Após tais ensaios é possível destinar o material para sua devida aplicação prática. São reivindicados a câmara e seu uso para realização de testes específicos.

[010] O documento WO2006026025 refere-se a um sistema e método para fornecer mensagens de notificação de emergência. A presente invenção fornece um sistema que inclui um sistema de alerta de emergência habilitado em rede ("EAS") e um dispositivo de detecção de fumaça habilitado em rede ("NESD"). Numa modalidade exemplificativa da presente invenção, o EAS está conectado a uma rede de área ampla ("LAN"). Uma pluralidade de NESD reside numa pluralidade de redes locais ("LAN") interligadas à WAN. Uma mensagem de notificação de emergência originada de um NESD ou EAS local é redistribuída aos NESDs na sub-rede da emergência física para alarme na sub-rede.

OBJETIVOS E VANTAGENS DA INVENÇÃO

[011] O objetivo da invenção é desenvolver um dispositivo multifuncional e portátil, baseado em um microprocessador independente com sistema operacional e software integrado. Essa diferenciação permite a análise abrangente de uma variedade de elementos voláteis em diferentes ambientes, ampliando

consideravelmente suas funcionalidades em relação aos produtos previamente comercializados.

[012] A vantagem desta invenção representa um sistema completo e independente, capaz de fornecer análises detalhadas e exportáveis de dados, o que é essencial para atender às demandas variadas e complexas de monitoramento de gases e compostos voláteis.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS FIGURAS

[013] A Figura 1 exibe o esquema elétrico de montagem do dispositivo. Diante da Figura 1, é possível ter uma visão detalhada de todos os componentes que compõem o dispositivo. Com o esquema é possível entender o caminho das conexões para futuras reproduções e montagem do dispositivo.

[014] A Figura 2 mostra a vista em perspectiva do suporte do microprocessador (*Raspberry Pi*). A esse suporte, é alocado a placa do microprocessador, além de possuir aberturas para alimentação de energia, transferência de imagem para telas e conectores para as portas lógicas para automatização e transferência de sinal elétrico.

[015] A Figura 3 mostra a vista em perspectiva da base para alocar itens eletrônicos. A essa base, estão alocados a placa seletora de tensão e resistores.

[016] A Figura 4 mostra a vista em perspectiva da tampa dos eletrônicos. A essa parte, está instalada a tela de LCD que exibe informações do dispositivo, como resistência do sensor, tensão, temperatura, tempo de análise e resposta para o analito. Também estão instalados os botões táteis de interação e as LEDs informativas, sendo as LEDs azul, amarelo e vermelho, responsáveis pela concentração do analito, onde azul seria a ausência, amarelo uma concentração baixa e vermelho uma concentração alta. Já o LED verde ascende toda vez que é feita uma leitura do sensor do dispositivo e a LED laranja ascende toda vez que é feita uma leitura da temperatura do sensor.

[017] A Figura 5 mostra a vista em perspectiva da base da câmara do sensor. A esse aparato, está alocado o sensor, o termopar para monitorar a temperatura e o

sistema de aquecimento pontual, também estão as furações para entrada e saída de ar, gás ou analito.

[018] A Figura 6 mostra a vista em perspectiva da tampa da câmara do sensor, tampa com o-ring para vedação da câmara.

[019] A Figura 7 é uma vista em perspectiva de uma imagem renderizada dos aparatos que compõe o dispositivo, onde é possível ter noção dos tamanhos de cada aparato.

[020] A Figura 8 são gráficos que mostram a resposta para o volátil (Ra/RVOC) em função do tempo (s) (Figura 8A) e a resistência (Ω) em função do tempo (s) (Figura 8B).

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[021] Para fazer o interfaceamento dos dispositivos eletrônicos, sensores, conversores e display conectados a *Raspberry Pi*, foi necessário desenvolver um script (ou programa) para gerenciar todo o funcionamento do dispositivo, bem como fazer a leitura do sensor, apresentar isso na forma de um dado coletável e exibir as informações para o usuário. A linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento do programa foi o *Python*.

[022] O programa consiste em uma etapa de seleção da temperatura, onde é feita uma leitura por segundo da temperatura do sensor. Quando a temperatura é selecionada e estabilizada, é dada continuidade para seleção do valor da resistência padrão e então inicia-se a calibração do sensor até que a linha de base (resistência do ar) fique estável, onde são feitas leituras para encontrar a linha de base do sensor exposto ao ar limpo (a resistência do sensor livre de voláteis). Em seguida inicia-se um loop de leituras, uma por segundo, da resistência do sensor, apresentando os dados coletados de voltagem, resistência do sensor, resposta e temperatura do sensor. Acoplado ao sistema encontra-se um sensor de temperatura, que realiza uma leitura a cada 60 segundos para monitorar se a temperatura do sensor está correta. As LEDs azul, amarela e vermelha acendem conforme a exposição ao analito. Azul seria o sensor livre de analito, amarela uma

concentração baixa-média, e vermelha uma concentração alta. A *LED* verde indica quando ocorre uma leitura do sensor e a *LED* laranja indica quando ocorre a leitura da temperatura. Todas as informações coletadas são exibidas no visor de *OLED* de 0.96 polegadas.

[023] O equipamento sensor miniaturizado é composto de 3 aparatos interligados, componentes eletrônicos planejadamente montados a esses aparatos e um programa inédito programado e instalado no sistema operacional do microprocessador. Para sensores que necessitam aquecimento, foi desenvolvido um método de aquecimento pontual utilizando filamento de Ni-Cr.

[024] Para montagem do dispositivo, os seguintes componentes eletrônicos foram utilizados:

- *Raspberry Pi* 4B
- Fonte de energia 5.1 V, 3 A
- Regulador de tensão ajustável LM2596 DC-DC com display
- Ventoinha do tipo turbina
- Cabos de conexão do tipo jumper
- Filamento Ni-Cr de 0,11 mm (resistência de 106 Ω /metro)
- Protoboard de 400 furos
- *LED* azul 30 mA (470 nm)
- *LED* amarelo 30 mA (592 nm)
- *LED* Vermelho 30 mA (633 nm)
- *LED* verde 30 mA (565 nm)
- *LED* laranja 30 mA (620 nm)
- Chave tátil
- Resistor de 10 Ω
- Resistor de 100 Ω
- 5x Resistores de 150 Ω
- Resistor de 510 Ω
- Resistor de 1 k Ω

- 2x Resistores de 6,8 k Ω
- Resistor de 10 k Ω
- Resistor de 20 k Ω
- Resistor de 51 k Ω
- Resistor de 100 k Ω
- Resistor de 200 k Ω
- Resistor de 510 k Ω
- Resistor de 1 M Ω
- Resistor de 10 M Ω
- Conversor analógico/digital, modelo ADS1115
- Sensor de temperatura tipo-K
- Display OLED, 0.96", 128x64 pixels, modelo SSD1306

RESULTADOS OBTIDOS

[025] Um ensaio foi realizado utilizando o dispositivo sensor miniaturizado, expondo um material sensor a base de óxido de zinco com sulfeto de níquel a diferentes concentrações de butanona em uma atmosfera de 55% UR (umidade considerada média em condições ambientais) e a uma temperatura de 350 °C. A amostra foi exposta a 5, 10, 20, 50, 100 e 200 ppm de butanona. As respostas para o volátil (Ra/RVOC) em função do tempo (s) e a resistência (Ω) em função do tempo (s) são mostradas na Figura 8. É possível ver um aumento da resposta com o aumento da concentração de butanona de 5 até 200 ppm. Também é possível verificar que o material pode retornar à linha de base, estado inicial da resposta, após exposição ao volátil e início da limpeza com fluxo de ar limpo. As respostas para 5, 10, 20, 50, 100 e 200 ppm foram 4,27; 5,93; 7,02; 7,97; 14,54 e 19,73 respectivamente. Tais resultados são satisfatórios e muito próximos daqueles obtidos em medidas realizadas em equipamentos de bancada.

REIVINDICAÇÕES

1. EQUIPAMENTO SENSOR DE GÁS/COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS PORTÁTIL, **caracterizado por** apresentar um sistema de aquecimento pontual controlado, baseado em um microprocessador independente do tipo *Raspberry Pi*, com sistema operacional e software integrado, um sistema de aquisição e exportação de dados, suporte do microprocessador (*Raspberry Pi*), base suporte, tampa dos eletrônicos, base da câmara do sensor e tampa da câmara do sensor.
2. EQUIPAMENTO SENSOR DE GÁS/COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS PORTÁTIL, de acordo com a reivindicação 1, **caraterizado pelo** sistema de aquisição e exportação de dados em uma etapa de seleção da temperatura, em que é feita uma leitura por segundo da temperatura do sensor, quando a temperatura é selecionada e estabilizada, é dada continuidade para seleção do valor da resistência padrão e então inicia-se a calibração do sensor até que a resistência do ar fique estável, onde são feitas leituras para encontrar a linha de base do sensor exposto ao ar limpo (a resistência do sensor livre de voláteis), em seguida inicia-se um loop de leituras, uma por segundo, da resistência do sensor, apresentando os dados coletados de voltagem, resistência do sensor, resposta e temperatura do sensor, acoplado ao sistema encontra-se um sensor de temperatura, que realiza uma leitura a cada 60 segundos para monitorar se a temperatura do sensor está correta.
3. EQUIPAMENTO SENSOR DE GÁS/COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS PORTÁTIL, de acordo com a reivindicação 1, **caraterizado pela** tampa dos eletrônicos apresentar LEDs azul, amarelo e vermelho, em que o LED azul indica o sensor livre de analito, amarelo uma concentração baixa-média e vermelha uma concentração alta.
4. USO DO EQUIPAMENTO SENSOR DE GÁS/COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS PORTÁTIL, **caraterizado pela** utilização em monitoramento de gases e compostos orgânicos voláteis presentes em ambientes abertos ou fechados.

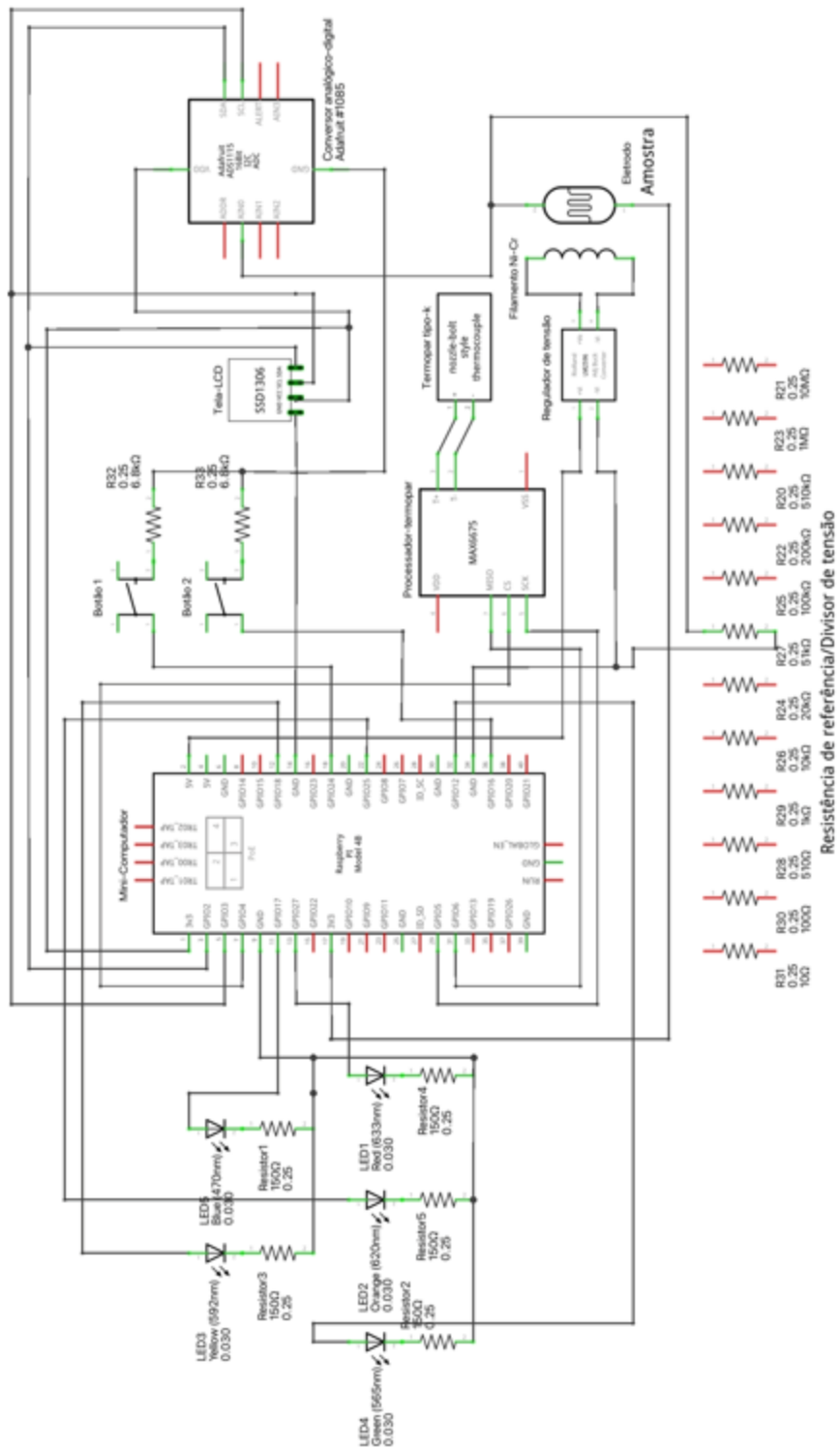


FIGURA 1

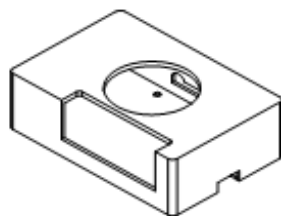


FIGURA 2

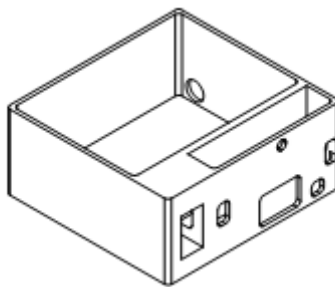


FIGURA 3

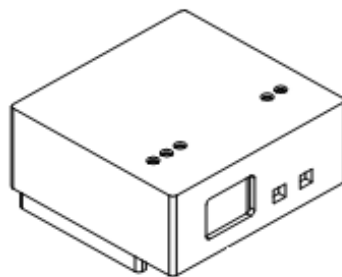


FIGURA 4

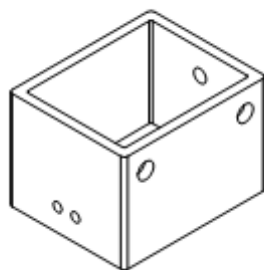


FIGURA 5

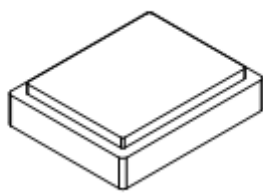


FIGURA 6



FIGURA 7

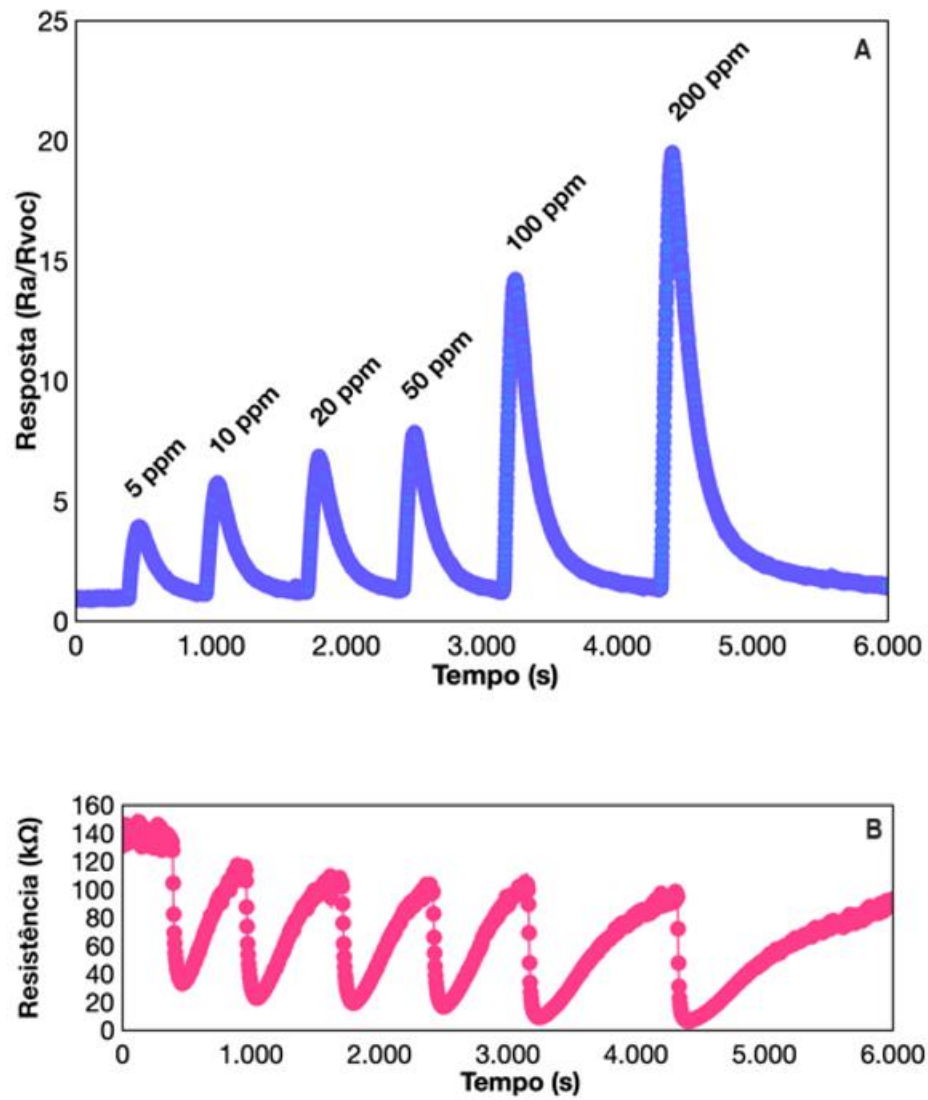


FIGURA 8

RESUMO

EQUIPAMENTO SENSOR DE GÁS/COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS PORTÁTIL MINIATURIZADO BASEADO EM MICROPROCESSADOR COM SISTEMA OPERACIONAL E SOFTWARE INTEGRADO

O presente pedido de patente refere-se a um equipamento portátil miniaturizado para fins de detecção analítica de gases ou compostos orgânicos voláteis. Pertencendo aos campos da Química Inorgânica e Ciência e Engenharia dos Materiais, principalmente na monitoração de gases ou voláteis presentes em ambientes abertos ou fechados, análises de amostras de gás ou voláteis coletadas em sacos analíticos ou análises do ar exalado da respiração humana. O dispositivo consiste em 3 pequenos aparatos interligados: O primeiro é onde está alocado o microprocessador, sistema operacional e software (*Raspberry Pi*); o segundo consiste em itens eletrônicos e as placas, bem como a tela LCD do inglês "*liquid crystal display*" auxiliar, *LEDs* do inglês "*light emitting diode*", indicadores e botões de controle. O último aparato é onde se encontra o eletrodo sensor, o sistema de aquecimento do sensor e as entradas e saídas de gás ou orgânico volátil.