

Desenvolvimento de uma plataforma de prototipagem para o monitoramento de substâncias insalubres em ambientes internos fechados**Development of a prototyping platform for monitoring unhealthy substances in closed indoors environments****André Luiz Xavier Guimarães Nasri¹****Daniel Haas²****Bernardo Almeida Vasconcellos de Souza³****André Luiz Batouli Santos⁴**

34

Resumo: Ladeado pela tendência expansionista da busca por avanços na área de Qualidade do Ambiente Interior (QAI), o presente artigo expõe o processo de uma pesquisa que desenvolveu uma plataforma de prototipagem para monitorar os níveis cardinais de concentração de gases insalubres e percentuais de umidade relativa em ambientes internos fechados. Para tal, realizou-se levantamentos bibliográficos para estipular os valores assentidos como perigosos e, uníssono a essa escala de tolerância, desenvolveu-se funções para converter as leituras dos micros sensores na métrica de partes por milhão. Além disso, é disponibilizado o repositório do *GitHub* para que o sistema possa ser replicado com os fins de se observar dados relevantes acerca do nível de qualidade do ar doméstico.

Palavras-chave: Ecologia Urbana; Prototipagem; Qualidade do Ambiente Interior (QAI).

¹ Bacharelado em Engenharia Meteorológica pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF. Bolsista da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro. E-mail: andnasri99@gmail.com

² Bacharelado em Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Bolsista da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro. E-mail: danielhaas.ufrj@gmail.com

³ Bacharelado em Engenharia Elétrica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ. E-mail: bernardoavsouza@gmail.com

⁴ Doutorando em Ensino de Biociências e Saúde pelo Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ, com Mestrado em Saúde Pública pela mesma instituição e graduado em Ciências Biológicas pela UGF. Professor da FAETEC. E-mail: batoulisantos@gmail.com

Recebido em 14/09/2022

Aprovado em 11/11/2022

Sistema de Avaliação: Double Blind Review



Abstract: Motivated by the expansionist trend of necessity for new outcomes to advance the state of art in the area of Indoor Environmental Quality (IEQ), this paper presents the results of a research that aimed to develop a prototyping platform to monitor the cardinal levels of unhealthy gases and percentages of relative humidity in closed indoor environments. Hence, bibliographic surveys were consulted to stipulate the values agreed as dangerous and, in line with this tolerance scale, algorithms were developed to transform the readings of the microsensors used in the measurement unit of parts per million. In addition, the programming codes and electrical diagram of the circuit are available so that the system can be replicated in order to monitor the levels of domestic air quality.

Keywords: Indoor Environmental Quality (IEQ); Prototyping; Urban Ecology.

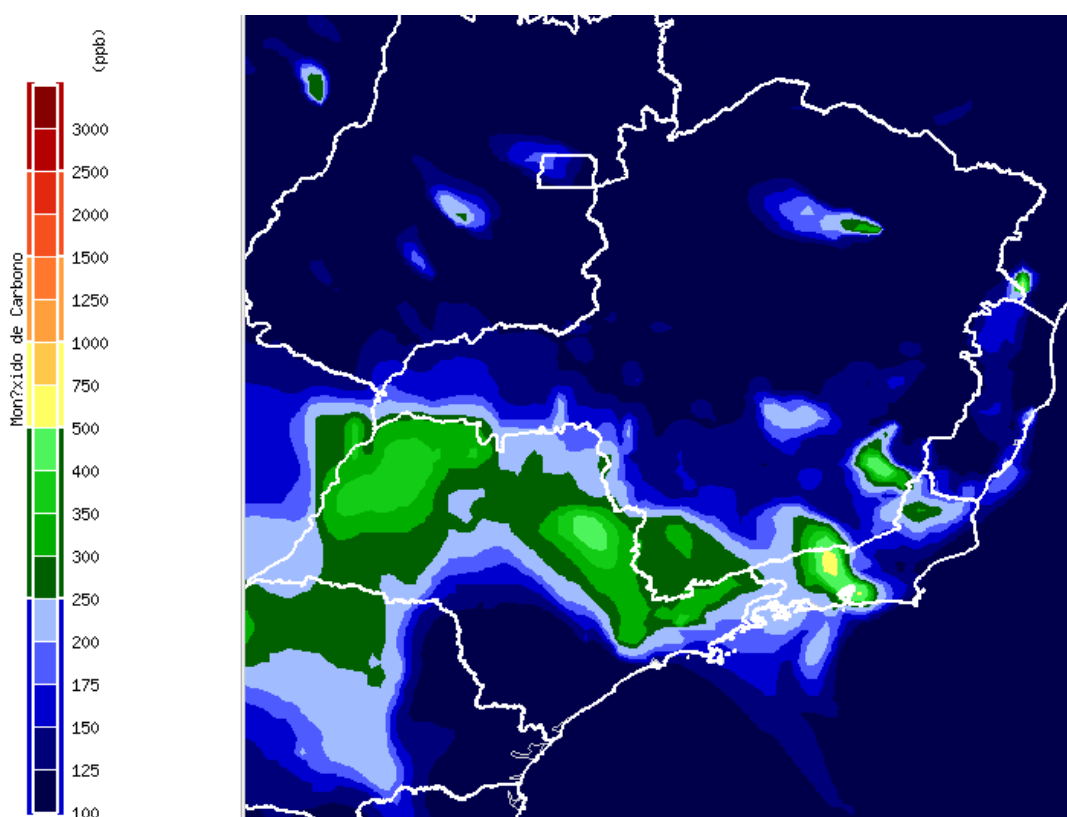
INTRODUÇÃO

Sintonicamente ao cenário sanitário de forte crescimento dos casos de Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG), conforme apontado pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) através do Boletim InfoGripe de 21 de janeiro de 2022, a tendência de longo prazo acentua que a média móvel de pessoas com problemas respiratórios moderados e graves não apresenta um indicativo de melhora, mesmo com a pandemia da SARS-CoV-2 convindo de maneira distante de seu período de pico. Observa-se, no veiculado em 19 de agosto de 2015 na Revista Veja, que, no período de publicação da reportagem, 44% dos brasileiros apresentavam sintomas de doenças respiratórias, tais como asma e bronquite crônica. Disserta-se, à guisa de discernimento baseado na contextualização promovida, que se mostra imprescindível estudar alternativas para detectar o nível de qualidade do ar e os possíveis agentes causadores das complicações pulmonares que tem atingido a população brasileira preteritamente e posteriormente ao COVID-19.

Em conformidade com o exposto no Anexo 11 da Norma Reguladora 15 que define os “Agentes Químicos cuja Insalubridade é Caracterizada por Limite de Tolerância e Inspeção no Local de Trabalho” (BRASIL, 2020), a atmosfera ideal é compreendida pela composição de 78% de Nitrogênio; 20,9% de Oxigênio; 1% de Argônio e 0,1% de demais gases. Infere-se, em decorrência, que o ar ambiente pode estar propício ao desenvolvimento de problemas respiratórios quando a concentração de outros gases ultrapassa o valor especulado de 0,1%. Nota-se, no setor de estudos climáticos e temporais, grandes investimentos realizados pelos Institutos Nacionais de Meteorologia e de Pesquisas Espaciais destinados ao acompanhamento de larga escala de poluentes atmosféricos. Optou-se, então, por limitar o escopo do presente estudo apenas a observações em ambientes interiores, sejam coletivos ou domésticos. Além

disso, de acordo com o observado no mapa de qualidade do ar do dia 28 de agosto de 2022 emitido pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) (Figura 01), constata-se que o ar localizado na região Sudeste do Brasil, onde estão situadas as maiores metrópoles do país, é satisfatório e poucos pontos apresentam quantidades de monóxido de carbono (CO) acima de 350 partes por bilhão (ppb). Infere-se, conseqüentemente, que os notáveis índices de problemas respiratórios no Brasil se derivam, em certa medida, da baixa qualidade do ar em ambientes internos fechados.

Figura 01 – Mapa do Nível de Qualidade do Ar do Sudeste em 28 de agosto de 2022.



Fonte: Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/INPE (2022).

Consoante Lee *et al.* (2006), o ar de ambientes interiores fechados é potencialmente mais danoso para o organismo do que o encontrado nos exteriores. Associa-se isso, de modo geral, a diversos agentes que se acumulam nos forrados e móveis situados nesses locais como ácaros, fungos, poeira e produtos químicos destinados à limpeza de cômodos internos. Entende-se, então, que a circulação de ar quando pouca ou ausente nos ditos ambientes, resulta num cenário propício a um aumento na concentração de poluentes químicos e biológicos (BRICKUS; NETO, 1998). Além disso, sistemas de climatização artificial e de ar-condicionado

são comumente encontrados em estabelecimentos comerciais e habitacionais (MARCONE *et al.*, 2018), aderindo às soluções antrópicas em oposição à ventilação natural, afetando proporcionalmente a saúde dos moradores e trabalhadores envolvidos (DAPPER; SPOHR; ZANINI, 2016).

Além dos fatores pleiteados acima, cita-se o ressecamento do ar como expoente adicional capaz de ocasionar incômodos nas vias orais, irritações nos olhos e tosse seca (GUERRA *et al.*, 2021). Essa eventualidade ocorre, dentre outras formas, quando se retira água do ambiente em processos automatizados de resfriamento ou purificação do ar (LOTTI *et al.*, 2006), mostrando-se um problema rotineiro em casas e prédios instalados com ar-condicionado e filtro de ar.

Conforme exposto por Dapper, Spohr e Zanini (2016), a inalação de ar poluído, entendido pelos mesmos autores como aquele com alta concentração de monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NOx), entre outros, aumenta as chances de incidência e mortalidade por anemia falciforme, câncer e partos prematuros. Partindo do exposto acerca das alarmantes consequências de se respirar um ar inadequado, o seguinte trabalho objetivou dispor de uma elaboração conceitual e empírica de um circuito integrado de fácil replicação capaz de alertar os residentes de determinado local sobre os riscos envolvidos em frequentar tal ambiente.

Para que o objetivo exposto pudesse ser cumprido, elaborou-se uma plataforma de prototipagem de baixo custo, capaz de avaliar o nível de qualidade do ar com base nos gases inflamáveis e tóxicos, no monóxido de carbono e na umidade relativa do ar e, além disso, notificar as pessoas próximas por meio de efeitos sonoros e estímulos luminosos, caso o índice alcance níveis perigosos. O projeto compreendeu a programação de um microcontrolador coadjuvado pelo uso de micro sensores de detecção de gases e um módulo de temperatura e umidade, todos os recursos técnicos necessários para a reprodução do circuito, códigos de programação e diagramação elétrica dos componentes, estão disponibilizados no perfil do *GitHub* andrelxgnasri com redirecionamento direto na seção Referências Bibliográficas.

METODOLOGIA

Mormente, visando apresentar o trabalho conforme a melhor maneira de disposição dos recursos metodológicos adotados, optou-se por elencar os componentes utilizados no circuito integrado desenvolvido, apresentando-os. Concomitantemente a isso, dispor em parâmetros tabelados os níveis saudáveis de exposição a esses gases e a diferentes níveis percentuais de

umidade relativa, dados baseados num levantamento bibliográfico minuciosamente minucioso. Em seguida, discorrer acerca da relação de risco imediato, fundamentado na concentração do gás, e o efeito acumulativo, considerado o tempo de exposição.

Assim sendo, lista-se os micros sensores do projeto como sendo os MQ-2, MQ-7 e MQ-135. Em ordem respectiva, o MQ-2 é um sensor capaz de detectar gases, como o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) e o Metano (CH_4) em concentrações a partir de 300 partes por milhão (ppm), considerados inflamáveis. A presença demasiada de tais compostos no ar torna o ambiente passível a explosões e incêndio (MOREIRA, 2015, p. 26) e pode causar asfixia uma vez que respirá-lo acarreta inspirar menos oxigênio. Em contraste, o MQ-135 identifica diversos gases vistos como tóxicos, tais como o Dióxido de Enxofre (SO_2) e os Óxidos de Nitrogênio (NO_x) a partir de 10 ppm, sendo altamente venenosos e passíveis de degenerar o sistema cardiorrespiratório (BATTIGELLI, 2018, p. 1241). Por fim, o sensor MQ-7 é responsável pela detecção de Monóxido de Carbono (CO) a partir de 10 ppm, a inalação desse composto é a terceira maior causa de mortes acidentais por intoxicação no mundo (ÓRFÃO, 2011, p. 5), revelando-se como um dos gases mais agressivos e capazes de afetar diversas áreas do organismo, acarretando até mesmo a perda da audição (LACERDA; LEROUX; MORATA, 2005, p. 404). Com a finalidade hegemônica de sintetizar as áreas de atuação tangenciadas por cada micro sensor utilizado, a Tabela 01 foi produzida parametrizando os tipos de gases detectáveis e as composições admitidas.

Tabela 01 – Micros sensores utilizados e compostos que abrangem suas respectivas áreas de detecção.

Micro sensor	Tipos de Gases Detectáveis	Composição
MQ-2	Gases Inflamáveis e Fumaça	Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), Hidrogênio (H_2), Metano (CH_4), Propano (C_3H_8).
MQ-135	Gases Tóxicos	Amônia (NH_3), Benzeno (C_6H_6), Dióxido de Enxofre (SO_2), Óxidos de Nitrogênio (NO_x), Sulfeto de Hidrogênio (H_2S).
MQ-7	Produto da Reação Incompleta de Combustão	Monóxido de Carbono (CO).

Fonte: Autores (2022).

No que tange as variáveis de termômetro e higrômetro, o módulo DHT11 pode ser programado para realizar ambas as funções. No presente projeto, no entanto, não há a necessidade de ser observada a escala de temperatura, pois, o valor de umidade relativa é mais volátil no que engloba provocar manifestações de problemas respiratórios. Segundo Moraes *et al.* (2019, p. 2), determinados valores de umidade relativa do ar são capazes de prover a alérgenos, bactérias e vírus o cenário necessário para o seu surgimento e desenvolvimento. Perante o exposto, mostra-se de extrema relevância que se identifique em simultaneidade situações de riscos à saúde a curto e longo prazo, sabendo que microrganismos desse tipo impactam a vida das pessoas de forma mais morosa do que gases.

Para o controle e automação das funcionalidades do sistema, operou-se a plataforma de prototipagem Arduino, modelo UNO, de forma a empregar todos os algoritmos no microcontrolador do mesmo, associando os demais componentes por meio da conexão de fios de ligação em uma placa de ensaio. Para Nayyar e Puri (2016, p. 1487), os Arduinos são plataformas de alto custo-benefício ao oferecer flexibilidade de programação, pela utilização da linguagem C++, e um preço médio abaixo dos concorrentes de mercado, questões que motivaram a escolha deste *hardware*.

Expõe-se, também, que um pino de diodo emissor de luz e um módulo de buzina foram implementados no circuito a fim de alertar os residentes do local sobre um possível coeficiente fora do nível de concentração esperado. Cogitou-se a implementação de um sistema de telemetria para a ativação de um exaustor capaz de proporcionar a circulação do ar em caso de emergência, optou-se, porém, pela não adesão da possibilidade, sob a ótica de o acionamento de cargas em casos de vazamento de gases estar suscetível a explosão, ocasionando acidentes ainda mais complexos.

Munido das variáveis a serem detectadas, precisou-se estipular, realizando uma revisão de literatura para embasamento suplementar, quais seriam os estabelecidos valores cardinais dos diferentes tipos de gases e percentual de umidade relativa assentidos como insalubres. Com essa finalidade, estudou-se o documento divulgado pelo Conselho de Saúde da Holanda (2004, p. 21) que reconhece 1000 partes por milhão como uma métrica de gases inflamáveis que provoca asfixia silenciosamente, devendo, então, ser evitada incondicionalmente. No que se refere aos gases tóxicos, decidiu-se por se basear na Amônia (NH_3) por ser um gás altamente danoso de se entrar em contato, podendo causar edema pulmonar em um período de poucas horas de interação direta (CRUZ; FONSECA, 2009, p. 113). Realizada a escolha, discerniu-se o montante de 134 ppm como valor de exposição não recomendada, pois segundo Nowatzki

(2008, p. 2), esse valor afeta o corpo humano com irritações no nariz e na garganta e não é permitido uma exposição maior do que oito horas. No caso do Monóxido de Carbono (CO), níveis acima de 100 ppm são altamente perigosas para a saúde humana por ser um gás altamente pernicioso (PROCKOP; CHICHKOVA, 2007, p. 126). A umidade relativa, por sua vez, exige uma análise dupla, em quantidade mínima e máxima, portanto, 30% é o piso de atenção para que seja possível praticar atividades aeróbicas ou esforços médios, enquanto 65% é o teto métrico para que não haja propensão ao aumento de alergias, asma e doenças respiratórias (MORAES *et al.*, 2019, p. 12).

Com base no que foi supracitado, elaborou-se uma escala de níveis de tolerância das variáveis estudadas esteadas nos níveis de exposição insalubres à saúde humana, exposta na Tabela 02, a seguir. Salienta-se, antecipadamente, que os coeficientes foram separados de acordo com as classificações de detecção dos sensores, como visto na Tabela 02 e no decorrer do texto do artigo.

Tabela 02 – Escala de Níveis de Tolerância dos Gases Estudados e Umidade Relativa.

Coeficiente	Níveis de Tolerância
Gases Inflamáveis e Fumaça	$X < 1000$ (ppm)
Gases Tóxicos	$X < 134$ (ppm)
Monóxido de Carbono (CO)	$X < 100$ (ppm)
Umidade Relativa	$30\% < X < 65\%$

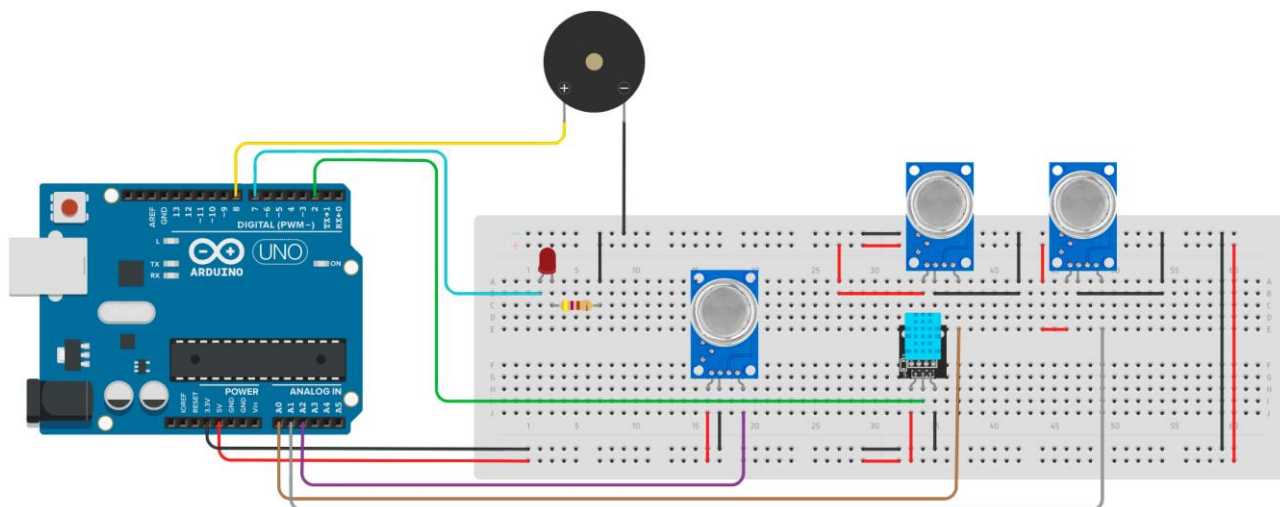
Fonte: Autores (2022).

Listadas as estratégias metodológicas adotadas no processo teórico, os principais resultados obtidos estarão veementemente percorridos na seção de desenvolvimento.

DESENVOLVIMENTO

De acordo com o descrito nas folhas de especificações de cada componente, as conexões do circuito digital admitiram três entradas analógicas para os micros sensores e uma entrada digital para cada um dos respectivos módulos de termômetro/higrômetro, buzina e luz LED. Precisou-se utilizar um resistor de 10K *ohms* para limitar o fluxo elétrico e diversos fios de ligação para conectar as entradas, saídas e os terminais positivos (vermelhos) e negativos (pretos) da fonte de alimentação. Integrou-se o sistema por meio de uma placa de ensaio de 830 pontos, conforme disposto no diagrama produzido na Figura 02.

Figura 02 – Diagrama do Circuito Digital Integrado com Listagem de Componentes.



Fonte: Autores (2022).

Com o objetivo de automatizar todo o equipamento e possibilitar uma visualização gráfica de fácil interpretação dos dados, usou-se o ambiente virtual de programação Arduino IDE, um *software* livre direcionado para a elaboração de projetos de prototipagem. A construção do algoritmo, no entanto, não pôde ser realizada de forma pura, já que, apesar dos micros sensores possuírem alto valor para o propósito empregado, os mesmos não oferecem uma usabilidade imediata para a finalidade de observação dos gases em partes por milhão. A visualização das leituras ocorre por meio da conexão analógica, sendo toda a família de componentes MQ sensores de saída de resistência, não disponibilizando diretamente os valores lidos em ppm, exigindo que o usuário trate os dados para que possam ser convertidos na unidade métrica desejada.

Por conta do exposto, foi necessário implementar no código do sistema as bibliotecas disponibilizadas gratuitamente pelo engenheiro de *software* italiano Davide Gironi em seu perfil no *SourceForge*. Sob a Licença Pública Geral GNU de licenciamento de *softwares* livres, os pacotes são acessíveis para o uso espontâneo de alteração por parte do usuário. Nessa ótica, adaptou-se os códigos de Davide destinados ao MQ-135 para que estes também sejam capazes de serem executados no MQ-2 e MQ-7.

Em primeiro lugar, é preciso entender que as características de sensibilidade dos sensores da família MQ seguem a linha de uma função exponencial como visto abaixo.

$$Y = A \times X^b \quad (01)$$

Função 01 – Função Exponencial geral observada nos micros sensores MQ.

Sendo assim, substituindo na Função Exponencial geral os coeficientes requeridos para a leitura desejada, tem-se a igualdade de partes por milhão com o fator de escala (A) multiplicado pela fração do registro analógico (portas A0, A1 e A2 do diagrama) sob uma constante C (mantida como incógnita para ser calculada por meio da calibragem do sensor) com a divisão elevada ao expoente b. Como disposto na Função 02.

$$PPM = A \times \left(\frac{A0}{C}\right)^b \quad (02)$$

Função 02 – Função Exponencial encontrada a partir da Função 01.

Encontrada a Função 02, manipulou-se algebricamente a aplicação até se isolar a constante C e possibilitar a computação da expressão.

$$C = A0 \times \exp\left(\ln\left(\frac{A}{PPM}\right)\right) \quad (03)$$

Função 03 – Função definida para computar os valores.

Por fim, para que seja possível trabalhar com valores numéricos, realizou-se uma regressão de potência com os valores de tensão descritos nas folhas de especificações dos micros sensores e o auxílio da calculadora Keisan, publicada pela empresa japonesa de computação Casio. Resultando na Função 04.

$$PPM = 116,60 \times \left(\frac{A0}{C}\right)^{-2,77} \quad (04)$$

Função 04 – Função encontrada para a definição da constante C.

Uma vez definida a Função 04 com a constante C isolada, é necessário calibrar o sensor por meio de uma quantidade de gás já mensurada. O INPE, por meio do CPTEC, disponibiliza mapas diariamente acerca da quantidade de Monóxido de Carbono (CO) na atmosfera da América do Sul em partes por bilhão (ppb). Filtrando os dados para a cidade de Araruama, no estado do Rio de Janeiro, local onde a presente pesquisa foi realizada, nota-se que a quantidade diária de CO na atmosfera para o dia 30 de agosto de 2022 não ultrapassou 150 ppb. Munido do valor do gás em ambiente aberto e com a Função 04 estipulada, foi-se necessário manter o circuito ligado durante 24 horas em ambiente externo e relacionar o resultado observado em *ohms* com os demais.

Figura 03 – Quantidade de Monóxido de Carbono na Cidade de Araruama, RJ, em 30 de agosto de 2022.



Fonte: Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/INPE (2022).

Amparado pelos elementos mencionados, realizou-se o experimento e se concluiu que, com cerca de 8.921 *ohms*, o valor ideal para a constante C deveria ser 13.822,19. Dessa forma, com as bibliotecas instaladas e as fórmulas deduzidas, projetou-se a arquitetura do código na linguagem C++ utilizando a estrutura de dados Tupla para tornar os coeficientes das funções *Float* acessíveis no *Loop* do Arduino. O código pode ser encontrado no perfil do *GitHub* andrelxgnasri, bem como os endereçamentos para os referenciados pacotes.

Objetivando alertar aqueles presentes no local quando o nível de qualidade do ar estiver insatisfatório, foram utilizados comandos condicionais para automatizar o pino de LED e a buzina e, assim, notificar as pessoas próximas em caso de risco. Nesse ínterim, ressalta-se que para casos de umidade relativa acima ou abaixo do recomendado, apenas a luz será emitida do circuito. Não se reconheceu a necessidade de emissão de efeitos sonoros, uma vez que pode gerar incômodos que podem não necessariamente significar uma urgência na prevenção de

alergias, haja vista a amplitude flexível da dita variável que pode aumentar e diminuir rapidamente, pois é de caráter da umidade relativa, por vezes, ultrapassar o valor de 65% durante o dia em municípios litorâneos.

Figura 04 – Comandos Condicionais para o Acionamento do LED e da Buzina.

```
void valormq7(float leitura_mq7){  
  if (leitura_mq7 > leitura_sensor_mq7){  
    Serial.println("Nível de Monóxido de Carbono: ");  
    Serial.print(leitura_mq7);  
    Serial.print(" ppm.")  
    digitalWrite(Pinbuzzer, HIGH);  
    digitalWrite(Pinled, HIGH);  
  }  
  else{  
    Serial.println("Níveis estáveis de Monóxido de Carbono:");  
    digitalWrite(Pinbuzzer, LOW);  
    digitalWrite(Pinled, LOW);  
    if (leitura_mq7 < 10){  
      Serial.print(" valor abaixo do nível de sensibilidade do sensor.")  
    }  
    else{  
      Serial.print(" ");  
      Serial.print(leitura_mq7);  
      Serial.print(" ppm.");  
    }  
  }  
}
```

Fonte: Autores (2022).

Definiu-se, também que a melhor maneira de visualização dos valores de concentração das variáveis seria por meio do monitor serial, sendo necessário que o usuário parametrize a taxa de transmissão do mesmo para 9.600, conforme consta na configuração do código.

Figura 05 – Definição da Taxa de Transmissão em 9.600.

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  
  pinMode(PinA0, INPUT);  
  pinMode(PinA1, INPUT);  
  pinMode(PinA2, INPUT);  
  pinMode(Pinbuzzer, OUTPUT);  
  pinMode(Pinled, OUTPUT);  
  
  dht.begin();  
}
```

Fonte: Autores (2022).

Como resultado, após todo o processo produtivo, a plataforma é atualizada a cada 2 segundos, mostrando a quantidade de concentração dos gases e umidade relativa no *Console Serial*, com gatilhos para a ativação do LED e buzina, se for necessário. Além disso, é exposto em formato de mensagem, caso o nível de qualidade do ar em determinado segmento esteja bom o suficiente para os sensores não detectarem a presença do estimado gás. Segue abaixo o registro fotográfico de uma leitura do dia 31 de agosto de 2022 capturado em um cômodo residencial.

Figura 06 - Leitura Registrada em Ambiente Interno Fechado no Bairro Coqueiral, em Araruama.

COM3

```
--- Leitura dos Níveis de Concentração ---  
Níveis estáveis de gases inflamáveis: valor abaixo do nível de sensibilidade do sensor.  
Níveis estáveis de Monóxido de Carbono: valor abaixo do nível de sensibilidade do sensor.  
Níveis estáveis de gases tóxicos: valor abaixo do nível de sensibilidade do sensor.  
Nível de umidade relativa: 57%.
```

Fonte: Autores (2022).

CONCLUSÃO

Estabelecida a intenção inicial de desenvolver uma plataforma de prototipagem capaz de monitorar o nível de qualidade do ar de um determinado local, e notificar os residentes por meio de estímulos audiovisuais em caso de risco à saúde, pode-se concluir que o objetivo proposto teve êxito, haja vista, principalmente, que esse trabalho aferiu os dados de diferentes tipos de gases danosos à saúde e o percentual de umidade relativa. Diante desse resultado, destaca-se que é esperado uma melhora na qualidade de vida das pessoas e animais de estimação que habitem as residências, ao instalarem esse sistema, considerando a obtenção da capacidade de fiscalizar a composição do ar respirável.

Destarte, é esperado que esse trabalho possa contribuir a profissionais da área de Qualidade do Ambiente Interior (QAI) e a demais interessados na observação do nível de qualidade do ar. De mesmo modo, ressalta-se que pesquisas futuras podem expandir o conceito aqui exposto para o campo das telecomunicações, tornando possível que futuros usuários dessas plataformas de prototipagem possam ser alertados através de um dispositivo telemóvel mesmo quando distantes do local de implementação do aparelho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATTIGELLI, M. C. “Biological Significance of Nitrogen oxides”. *SAE International*, Winsconsin, vol. 80, nº 2, p. 1240-1249, 2018.

BRASIL. *NR 15 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho*. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2020.

BRICKUS, L. S. R.; NETO, F. R. de A. “A qualidade do ar de interiores e a química”. *Química Nova*, Rio de Janeiro, vol. 22(1), p. 65-74, 1998.

CASIO COMPUTER CO., LTD. *Keisan Online Calculator – Power Regression Calculator*. Disponível em: <https://keisan.casio.com/exec/system/14059931777261>. Acesso em: 30 de agosto de 2022.

CRUZ, W. P; FONSECA, M. C. B. “Sequelae Laríngeas Devido Inalação Acidental de Amônia Anidra”. *Arq. Int. Otorrinolaringol.*, São Paulo, vol. 13, nº 1, p. 111-116, 2009.

DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R. “Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo”. *Metrópole e Saúde*, São Paulo, vol. 30(86), p. 83-97, 2016.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. *InfoGripe. Resumo do Boletim InfoGripe – Semana Epidemiológica (SE) 02 2002*. Repositório Institucional da Fiocruz, 2022.

GIRONI, D. *Content for Projects*. Disponível em: <https://sourceforge.net/projects/davidegironi/>. Acesso em: 29 de agosto de 2022.

HUMANIDADES & TECNOLOGIA (FINOM) - ISSN: 1809-1628. vol. 37- out. /dez. 2022

GNU OPERATING SYSTEMS. *Licença Pública Geral GNU*. Atualizada em 29 de junho de 2007. Disponível em: <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.pt-br.html>. Acesso em: 30 de agosto de 2022.

GUERRA, L. P. *et al.* “Medidas caseiras contra baixa umidade do ar amenizam agravos na saúde”. *Revista Einstein*, São Paulo, vol. 19, p. 1-6, 2021.

HOLANDA. *Health Council of the Netherlands: Committee on Updating of Occupational Exposure Limits. Liquefied petroleum gas (LPG), Propane, Butane; Health-based Reassessment of Administrative Occupational Exposure Limits*. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2004; 2000/15OSH/134.

INPE. *Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) – Qualidade do Ar*. Disponível em: <http://meioambiente.cptec.inpe.br/index.php?lang=pt>. Acesso em: 28/08/2022.

LACERDA, A.; LEROUX, T.; MORATA, T. “Efeitos ototóxicos da exposição ao monóxido de carbono: uma revisão”. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, Barueri, vol. 17, nº 3, p. 403-412, 2005.

LEE, T. *et al.* “Relationship between indoor and outdoor bio-aerosols collected with a button inhalable aerosol sample in urban homes”. *Indoor Air*, vol. 16, p. 37-47, 2006.

LOTTI, L. B. “Substituição dos aparelhos de ar-condicionado por resfriadores evaporativos na faculdade de engenharia mecânica da unicamp”. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, Campinas, vol. 2(2), p. 1-6, 2006.

MORAES, S. L. *et al.* “Variáveis meteorológicas e poluição do ar e sua associação com internações respiratórias em crianças: estudo de caso em São Paulo, Brasil”. *Cadernos de Saúde Pública*, São Paulo, vol. 35(7), p. 1-16, 2019.

MARCONE, F. dos R. *et al.* “Poluição do ar: um estudo sobre a qualidade do ar de interiores”. *IX Simpósio de engenharia de produção da região nordeste e vii simpósio de engenharia de produção do Vale do São Francisco*, p. 1-13, 2018.

MOREIRA, A. M. *Segurança na utilização de gás liquefeito de petróleo*. Monografia (Especialização em Engenharia de Campo) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, p. 1-54, 2015.

NAYYAR, A.; PURI, E. V. “A Review of Arduino Board’s, Lilypad’s & Arduino Shields”. *2016 International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, p. 1485-1492, 2016.

NASRI, A. L. X. G. *Plataforma de Prototipagem para Detecção do Nível de Qualidade do Ar*. Disponível em: <https://github.com/andreixgnasri/PrototipagemQualidadeDoAr>. Acesso em: 02 de setembro de 2022.

PROCKOP, L. D.; CHICHKOVA, R. I. “Carbon monoxide intoxication: An updated review”. *Journal of the Neurological Sciences*, Amsterdã, vol. 262, p. 122-130, 2007.

ORFÃO, G. N. G. *Intoxicação por monóxido de carbono*. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra. Coimbra, p. 5, 2011.

VIDALE, G. “44% dos brasileiros sofrem com problemas respiratórios”. *Veja*, São Paulo, 19 de agosto de 2015. Saúde. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/saude/44-dos-brasileiros-sofrem-com-problemas-respiratorios/>. Acesso em: 29 de agosto de 2022.