

J3M - Ferramenta para medição de qualidade do ar e indicação da prática esportiva ao ar livre

Miguel Moreira Lima, Jefferson Rosendo Frade,
José Carlos Ferreira, Jin Song Lucas Kong, Orientadora: Profa. Dra. Daniela Cunha

Faculdade De Computação e Informática - Universidade Presbiteriana Mackenzie
R. da Consolação, 930 - Consolação, São Paulo - SP, 01302-907

31587844@mackenzista.com.br, 31643493@mackenzista.com.br,
31716636@mackenzista.com.br, 31671616@mackenzista.com.br,
daniela.cunha@mackenzista.br

Resumo. *Este artigo trata sobre a criação de um Sistema que tem como objetivo a coleta de informações referentes aos gases, temperatura e umidade, no ambiente, e avaliação se o local da medição está propício à prática de exercícios físicos ao ar livre. Utilizando um IoT, que captura os valores periodicamente e envia os dados para uma API, ao serem recebidos os dados são tratados e disponibilizados para consulta, para mostrar os dados foi desenvolvido um Dashboard, que filtra por data ou id da estação de captura, mostra as métricas capturadas, e se é segura ou não a prática de exercícios ao ar livre.*

Palavras-chave: IoT, Exercícios físicos, Qualidade do ar, Saúde, Sensor de Gases.

Abstract. *This paper is addressed to the creation of a Computational System, made to collect information about gases, temperature and humidity periodically, and evaluate whether it is safe or not to practice outdoor exercises. Using an IoT that capture the values from time to time and sends to an API, when received, the information is evaluated and can be searched on a website with a dashboard, that shows whether the air quality is good for exercising or not.*

Keywords: IoT, Physical exercises, Air quality, Health

1. Introdução

A prática de exercícios físicos é importante para manter a saúde do corpo humano em geral. Ela traz diversos benefícios visíveis e não visíveis para os sistemas respiratório, cardiovascular, imunológico, muscular e neurológico. De acordo com Ruegsegger e Booth (2018), a prática regular de exercícios físicos ao longo da vida, pode retardar ou reduzir o aparecimento de até 40 condições ou doenças. Este estudo é comprovado por Handschin e Spiegelman (2008) que afirmam que a prática regular de exercícios de intensidade leve a moderada contribui para reduzir ou retardar o surgimento de doenças crônicas em até 10 anos. Por outro lado, a prática reduzida ou nula de atividades físicas desencadeia diversos malefícios, tais como obesidade, baixa resistência à insulina, diabetes, infartos e piora nos quadros de asma (HANDSCHIN, SPIEGELMAN, 2008). O baixo nível de prática de atividades físicas é considerado um fator de risco de morte e foi associado a 1,26 milhão de óbitos em 2017 segundo (RUEGSEGGER e BOOTH, 2018).

Enquanto a prática de atividades físicas estimula a saúde e bem-estar dos indivíduos, o aumento da concentração de poluentes no ar traz diversos malefícios principalmente doenças

relacionadas ao sistema respiratório (CORIPIO, 2019). Assim, a redução do nível de qualidade do ar pode afetar negativamente a saúde de quem se exercita, principalmente em horários com maior fluxo veicular, quando a concentração de poluentes no ar é maior, provocando alterações na depuração mucociliar e consequentes afecções respiratórias (CORIPIO, 2019). O mesmo tema é abordado no estudo realizado em (SINHARAY et al, 2018) que compara uma caminhada realizada em uma via de tráfego intenso com uma caminhada praticada em uma via de trânsito livre. A conclusão é que "realizar exercícios físicos em ambientes com ar poluído pode trazer consequências para a saúde em populações suscetíveis, como crianças, idosos e indivíduos com doenças crônicas, além de piorar o desempenho físico em atletas" (SINHARAY et al, 2018).

Em indivíduos saudáveis, os efeitos respiratórios da poluição do ar parecem ser poucos expressivos. Um estudo realizado em Londres, Reino Unido, (MCCREANOR et al, 2007), comparou a evolução da função pulmonar e marcadores inflamatórios no escarro de adultos asmáticos durante caminhadas de 2 horas em um parque e em uma via de elevado tráfego de veículos. Os indivíduos com asma apresentaram um declínio significativo da função pulmonar e um aumento de marcadores inflamatórios quando caminharam em uma via de alto tráfego. Um estudo com o mesmo cenário que comparou indivíduos saudáveis, indivíduos com DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica) e indivíduos com doença coronariana estável revelou que todos os grupos apresentavam ganho na função pulmonar com a caminhada de 2 horas no parque, ganho que era perdido ou reduzido quando caminhavam na via pública com alto tráfego de veículos. Estudos em humanos e com uso de modelos matemáticos (SINHARAY et al, 2018) evidenciaram que, para indivíduos hígidos e mesmo para indivíduos com doenças crônicas, a realização de exercícios leves a moderados em ambientes poluídos, ainda que acima dos valores de referência preconizados pela OMS (Organização Mundial de Saúde), tem efeitos benéficos que se sobrepõem aos decorrentes da inalação de uma carga maior de poluentes. Portanto, o balanço dos estudos sugere ser mais benéfica a realização de exercícios físicos leves a moderados mesmo em locais poluídos (SANTOS et al, 2021).

Com o objetivo de estimular a prática de exercícios físicos em ambientes saudáveis e com condições seguras de concentração de poluentes, propõe-se a construção de uma ferramenta de IoT (Internet of Things em português Internet das Coisas), denominada J3M, que mede a quantidade de 12 gases no ambiente, temperatura e umidade relativa do ar. Os dados coletados, com o uso de sensores, são analisados gerando indicadores que exibem a qualidade do ar e sinalizam para o usuário a viabilidade ou não da prática de exercícios físicos ao ar livre, no momento da medição.

2. Qualidade do Ar versus Prática de Exercícios

As altas concentrações de gases no ambiente trazem risco aos praticantes de exercícios físicos. A concentração de fumaça e demais poluentes é um dos grandes causadores de óbitos e doenças no mundo. Em 2017 o tabagismo (ativo, somado ao ambiental e ao não fumado) foi classificado como terceira causa de morte e a poluição do ar como a quinta maior causa de morte (Tabela 1).

Visando auxiliar os praticantes de exercícios físicos, bem como os médicos especialistas na área respiratória, o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente), com a aprovação do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), apresentou as escalas de concentração de diferentes gases no ambiente e a classificação de cada uma destas escalas com relação a qualidade do ar e o quão prejudicial é para a saúde do indivíduo (Tabela 2).

FATORES DE RISCO	ÓBITOS × 1.000	DALY × 1.000	RANKING GLOBAL
Dieta (todas as causas)	10.900 (10.100 – 11.700)	255.000 (234.000 – 274.000)	1
Hipertensão arterial	10.400 (9.400 – 11.500)	218.000 (198.000 – 237.000)	2
Tabagismo (ativo + ambiental + não fumado)	8.100 (7.800-8420)	213.000 (201.000-227.000)	3
Glicemia de jejum elevada	6.530 (5.230 – 8.230)	171.000 (144.000 – 201.000)	4
Poluição do ar (total)	4.900 (4.400-5.400)	147.000 (132.000-162.000)	5
DALY <i>disability-adjusted life years</i> (soma dos anos de vida perdidos por óbitos e anos vividos com limitação/incapacidade).			
Nos óbitos e DALY relacionados à poluição, a soma dos impactos separados dos poluentes resulta ligeiramente maior do que quando se calcula o impacto conjunto)			

Tabela 1 - Adaptação da tabela de principais fatores de risco na mortalidade global em 2017. Fonte: GBD 2017, (STANAWAY et al 2018).

Para esse projeto apenas o valor de CO (Monóxido de Carbono) tem como referência a tabela acima porque os dados coletados pelos sensores da J3M registram os níveis de: álcool e etanol, metano, propano e butano, gás hidrogênio, monóxido de carbono, amônia, dióxido de carbono, benzeno, óxido nítrico e fumaça.

Qualidade do Ar	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2,5} (µg/m ³) 24h	O ₃ (µg/m ³) 8h	CO (ppm) 8h	NO ₂ (µg/m ³) 1h	SO ₂ (µg/m ³) 24h
N1 - Boa	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20
N2 - Moderada	41 - 80	>50 - 100	>25 - 50	>100 - 130	>9 - 11	>200 - 240	>20 - 40
N3 - Ruim	81 - 120	>100 - 150	>50 - 75	>130 - 160	>11 - 13	>240 - 320	>40 - 365
N4 - Muito Ruim	121 - 200	>150 - 250	>75 - 125	>160 - 200	>13 - 15	>320 - 1130	>365 - 800
N5 - Péssima	201 - 400	>250 - 600	>125 - 300	>200 - 800	>15 - 50	>1130 - 3750	>800 - 2620

Tabela 2: Estrutura do índice de qualidade do ar. Fonte: (VILELA et al, 2019).

A umidade relativa do ar tem os parâmetros de recomendação classificados segundo Farah (2018): "quanto mais baixa a umidade do ar, maior a dificuldade em respirar, devido ao ressecamento das vias aéreas, dor de cabeça, cansaço prematuro e taquicardia. A umidade ideal para se exercitar fica entre 40% e 70%".

Os índices indicados na Tabela 2, são referentes à quantidade de gases no ambiente em µg/m³ (microgramas por metro cúbico) ou ppm (partes por milhão), onde quanto maior a quantidade de poluentes pior a qualidade do ar. E maior os efeitos ruins ao sistema respiratório

como mostrado na Tabela 3, que relaciona a qualidade do ar, conforme classificação apresentada na Tabela 2, com os efeitos na saúde respiratória, de acordo com os padrões determinados pelo CONAMA.

Índice	Efeitos
0 - 40	-
41 - 80	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população em geral não é afetada.
81 - 120	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
121 - 200	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
> 200	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Tabela 3: Relação entre valor do IQAr (Índice de Qualidade do Ar) e possíveis efeitos à saúde. Fonte: (VILELA et al, 2019).

A Tabela 3 mostra os possíveis efeitos no sistema respiratório de uma pessoa exposta ao ar para cada índice de qualidade, como para a qualidade boa, de 0 a 40 não existem efeitos, para a moderada, de 41 a 80 os efeitos são maiores em pessoas sensíveis, como idosos e crianças ou pessoas com doenças respiratórias e cardíacas, e a partir da qualidade do ar ruim, de 81 a 120 e toda a população é afetada, podendo sofrer de tosse seca cansaço, ardor no nariz e garganta. Logo o que foi estipulado como aceitável para a prática de exercícios físicos ao ar livre é somente nos níveis bons e moderados, pois em níveis piores o atleta irá se desgastar muito mais para realizar um mesmo exercício, além de colocar em risco a saúde.

3. J3M

O J3M é uma ferramenta desenvolvida para realizar a coleta da concentração de 12 gases no ambiente, temperatura e umidade relativa do ar. Todos os dados coletados são enviados para uma API (*Application Programming Interface*) via HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) onde são analisados e correlacionados gerando como resultado a indicação favorável ou não à prática de exercícios físicos ao ar livre de acordo com a qualidade do ar.

A Figura 1 apresenta a arquitetura do sistema J3M.

A Figura 1 apresenta toda a arquitetura do sistema que é dividido em 3 grandes eixos, sendo eles:

- Sensores, representados na Figura 1(A), que envia os dados coletados, Figura 1(B);
- Software para recebimento e tratamento dos dados, representado pela Figura 1(C), 1(F), 1(E) e 1(D);
- Dashboard para exibição dos resultados coletados, Figura 1(G).

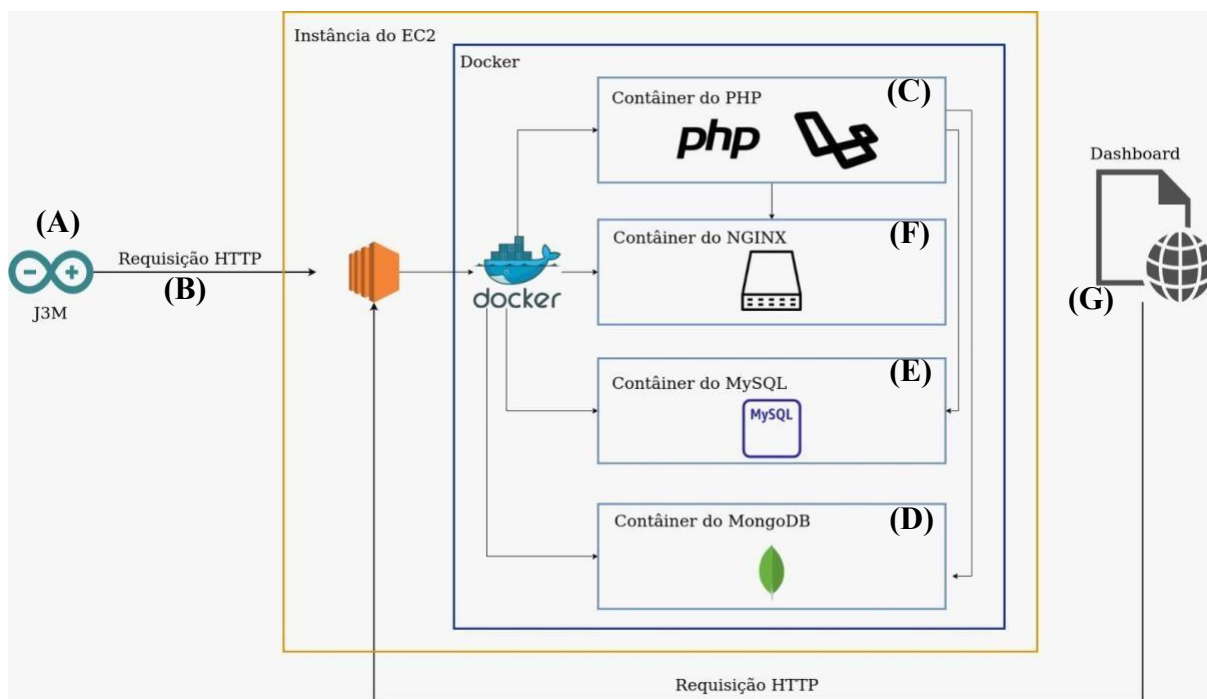


Figura 1. Diagrama de Arquitetura J3M. Fonte: Autores.

Os dados são coletados pelos sensores, Figura 1(A), organizados e enviados pelo Arduino (Figura 1(A)) para a aplicação (Figura 1(C)) desenvolvida em PHP (*Hypertext Preprocessor*) via HTTP (Figura 1(B)).

Os dados que chegam na aplicação são armazenados no banco de dados MongoDB (Figura 1(D)). Os dados de identificação de cada kit de coleta, em diferentes instâncias do J3M, são salvos no MySQL (Figura 1(E)). São usados dois bancos de dados para deixar o MongoDB dedicado para as métricas e o MySQL dedicado para a parte de dispositivos, assim o gerenciamento de dispositivos não atrapalha a performance das métricas.

O dashboard (Figura 1(G)) é uma página web criada em HTML 5 (*Hypertext Markup Language*), CSS 3 (*Cascading Style Sheets*) e Javascript, que faz uma requisição para a API. A API retorna um JSON (*JavaScript Object Notation*) contendo os valores das métricas e os apresenta no dashboard. NGINX (Figura 1(F)) é o servidor Web utilizado pela API.

Optou-se por utilizar HTTP para o envio de dados para a API ao invés de MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), pois HTTP tem bom desempenho para projetos menores que não serão escalados. Ele ainda é muito usado em dispositivos IoT e em projetos onde a quantidade de dados a ser transferido é muito grande.

3.1 Hardware

A ferramenta J3M tem como objetivo realizar a captura dos gases, temperatura e umidade, enviar os dados capturados para o software que faz o tratamento de acordo com as métricas e índices recomendados, e exibir se o momento está adequado ou não para a prática de exercícios físicos ao ar livre.

Para efetuar a coleta de dados são utilizados alguns sensores, que são controlados por um Arduino, programado utilizando a linguagem C++, conforme indicado na Figura 2. Para capturar a concentração de gases no ambiente foram usados os sensores do tipo MQ e um do

tipo DHT22. Os MQs capturam a concentração de gases em ppm (partes por milhão) sendo os gases: álcool e etanol, metano, propano e butano, hidrogênio, monóxido de carbono, amônia, dióxido de carbono, benzeno, óxido nítrico e fumaça. O DHT22 mede a umidade relativa do ar em porcentagem e a temperatura em graus Celsius.

O Arduino pode ser configurado para capturar e enviar os dados dos sensores em intervalos de no mínimo 1 minuto e no máximo 1 hora.

A placa SIM800L, Figura 2 (Q), é utilizada para enviar os dados para a API via requisição HTTP usando uma conexão GPRS (*General Packet Radio Services*, ou Serviços Gerais de Pacote por Rádio).

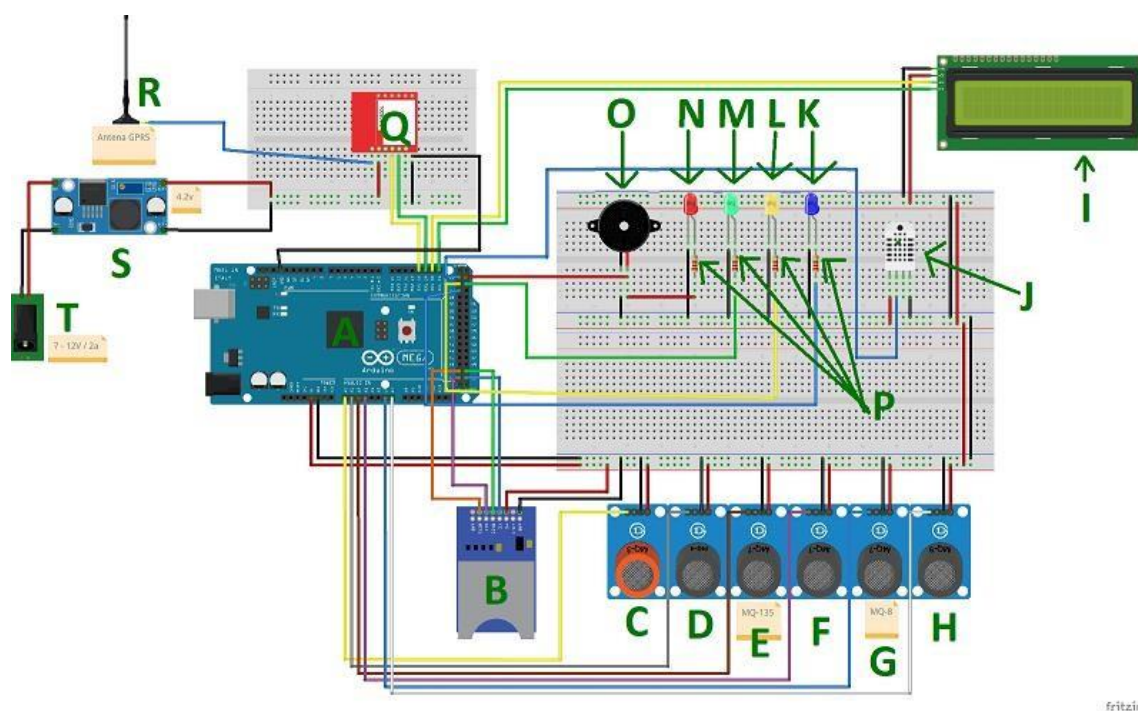


Figura 2 - Arduino com componentes conectados. Fonte: Autores.

Os dispositivos utilizados (Figura 2) são:

- Arduino Mega 2560
 - Figura 2(A)
 - O Arduino é um dispositivo que possibilita o desenvolvimento de projetos eletrônicos utilizando a linguagem C++, integrando sensores, LEDs e demais componentes. Ele recebe os dados dos sensores e os prepara para serem enviados à API. Os sensores estão diretamente conectados às portas do Arduino. Os dados coletados são enviados para a API utilizando o módulo SIM800L por meio de GPRS que envia os dados via HTTP.
- Micro SD Card Adapter
 - Figura 2(B)
 - Leitor de Cartão Micro SD, também conhecido como leitor de cartão de memória, onde fica o arquivo em formato JSON, contendo as configurações de ID do dispositivo, URL (*Uniform Resource Locator*) base da API e Intervalo entre as

coletas (tempo em milissegundos). O arquivo de configuração é lido e indica a configuração a ser incluída nas informações que serão encaminhadas à API que identificam o Arduino tais como IP (*Internet Protocol*), URL base da API e ID do dispositivo.

- MQ3
 - Figura 2(C)
 - Sensor responsável por medir a concentração de álcool, benzeno e hexano no ambiente.
- MQ4
 - Figura 2(D)
 - Sensor responsável por medir a concentração de metano e fumaça no ambiente.
- MQ135
 - Figura 2(E)
 - Sensor responsável por medir a concentração dos gases, dióxido de carbono, tolueno, amônia e acetona no ambiente.
- MQ7
 - Figura 2(F)
 - Sensor responsável por medir a concentração de monóxido de carbono no ambiente.
- MQ8
 - Figura 2 (G)
 - Sensor responsável por medir a concentração de hidrogênio no ambiente.
- MQ9
 - Figura 2(H)
 - Sensor responsável por medir a concentração de gases inflamáveis no ambiente.
- Display LCD 1602A com adaptador I2C
 - Figura 2(I)
 - O display exibe mensagens que informam o que o sensor está processando, sendo um complemento para os LEDs.
- DHT22
 - Figura 2(J)
 - Sensor responsável por medir a temperatura e a umidade do ambiente.
- LED azul
 - Figura 2(K)
 - Indica que está enviando uma requisição HTTP para a API e permanece ligado durante todo o envio da requisição.
- LED amarelo
 - Figura 2(L)
 - Indica que os sensores MQ estão em processo de calibragem.
- LED verde
 - Figura 2(M)
 - Indica se a métrica foi efetuada e enviada à API (somente 1 piscada de 1 segundo).
- LED vermelho
 - Figura 2(N)
 - Indica se houve algum erro no cartão SD (piscada a cada 1 segundo - erro ao ler o conteúdo do arquivo de configurações; piscada a cada 2 segundos - erro ao inicializar o cartão SD; piscada a cada 3 segundos - erro ao abrir o arquivo de configurações).

- Buzzer
 - Figura 2(O)
 - Responsável por emitir avisos sonoros através de bips, caso haja algum erro no cartão SD (o erro pode ser por leitura do arquivo ou por problemas no cartão SD)
- Resistores
 - Figura 2(P)
 - Resistores de 220 Ohms utilizados para diminuir a alimentação enviada aos LEDs e evitar danificar os mesmos.
- SIM800L
 - Figura 2(Q)
 - Módulo de cartão SIM que faz o envio dos dados obtidos pelo Arduino para a API utilizando conexão GPRS.
- Antena GPRS
 - Figura 2(R)
 - Responsável pela captação de sinal de GPRS (2G) para a operação do módulo SIM800L.
- Fonte Step-Down LM2596
 - Figura 2(S)
 - Tem a função de alimentar o módulo SIM800L porque o módulo só pode operar com tensão entre 3.4v e 4.4v. Essa fonte foi regulada para 4.2v para uso neste projeto.
- Fonte de 7V a 12V
 - Figura 2(T)
 - Fonte para alimentar o módulo SIM800L através do LM2596 que deve conter de 7v a 12v e corrente de 2A, pois o módulo necessita dessa corrente para pleno funcionamento. Para esse projeto, a fonte foi configurada com 9v e 2A.

3.2 Software

Os dados coletados em cada kit de sensores, são enviados para um servidor através de uma API criada usando PHP, Laravel e Docker. A API é necessária para receber os dados coletados e disponibilizar os mesmos para consulta.

Utilizou-se PHP e Laravel porque um dos integrantes tem familiaridade com a tecnologia e pela rapidez na criação do projeto para uma aplicação WEB. PHP foi necessário para utilizar o framework Laravel (framework web para agilizar o desenvolvimento).

Quando a API recebe os dados, eles são armazenados no banco de dados MongoDB para posterior análise. Para que possam ser apresentados para o usuário de forma organizada, também foi desenvolvido um Dashboard, utilizando Bootstrap, HTML5, CSS3, JavaScript e jQuery que mostra as métricas (quantidades dos gases em ppm, temperatura e umidade para o período selecionado) e se é recomendável ou não a prática de exercícios físicos.

Para documentar a API, para novos usuários ou novos projetos baseados no J3M, foi criada a documentação no Swagger (ferramenta para documentação de APIs), publicado no endereço: <http://18.214.175.44:8001/>. Conforme a Figura 3.



Figura 3. Imagem do Swagger. Fonte: Autores.

A Figura 3, é uma imagem do Swagger da API contendo os métodos:

- GET para o endpoint /api/dispositivos/ com a finalidade de exibir os dados vindos do J3M.
- POST para o endpoint /api/dispositivos/ para inserir oriundos do J3M. - GET no endpoint /api/users/arduinos exibe os J3M cadastrados.

Sendo GET e POST verbos HTTP, ação de requisição, GET para consultas e POST para inserções. Endpoint é o caminho (URL) onde o serviço é acessado.

A ferramenta usada na validação do funcionamento da API, e teste dos métodos, foi o Postman, que auxilia desenvolvedores a criar, compartilhar, testar e documentar APIs (Figura 4). Figura 4, contém um exemplo do método de inserção de dados lidos pelo J3M.

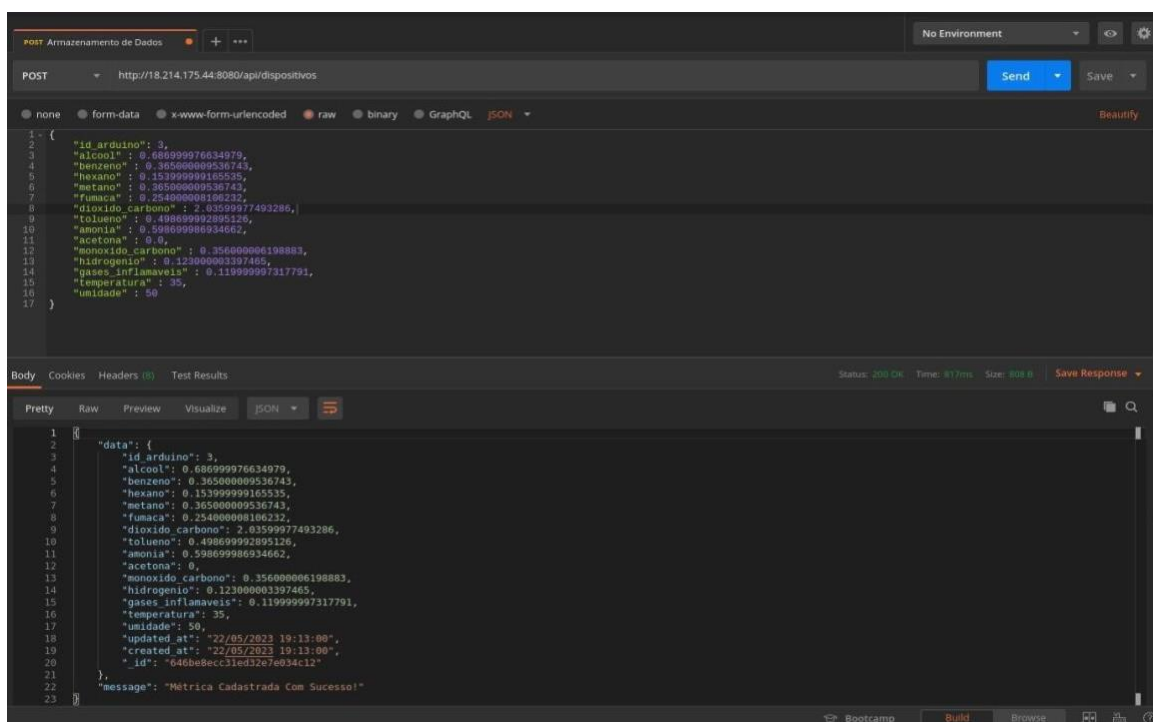


Figura 4. Postman. Fonte: Autores.

Para simplificar o processo de criação de arquivos de configuração do J3M, foi desenvolvida uma página web para essa finalidade. Publicada em <http://18.214.175.44:8000/>. Conforme Figura 5.



Figura 5. Sistema de montagem de cartão SD. Fonte: Autores.

Na página demonstrada na Figura 5, o sistema gera um arquivo de configurações como demonstrado na Figura 6.

```
{
  "id": 1, // ID do J3M
  "host": "http://18.214.175.44:8080", // Base URL da API
  "interval": 3600000 // Intervalo de 1h convertido em milissegundos
}
```

Figura 6. Exemplo de conteúdo do arquivo de configuração do J3M. Fonte: Autores.

A Figura 6 demonstra o arquivo de configuração que contém o id do dispositivo, a URL base do servidor, e o intervalo em milissegundos.

A organização das branches (versões paralelas de repositórios, que podem ser alteradas e depois mescladas com o repositório principal) e versionamento de código foi usado o git e github. A API está em https://github.com/tcc-ii-mackenzie/tcc_ii_api_php e o projeto em https://github.com/tcc-ii-mackenzie/tcc_ii-sensor_gases.

Devido a alta disponibilidade, melhor performance e possibilidade de escalabilidade, a infraestrutura (do servidor que recebe e trata os dados dos sensores, e hospeda as páginas WEB do sistema) foi colocada na AWS (*Amazon Web Services*) usando EC2 (Elastic Compute Cloud) e executa uma versão do Sistema Operacional do tipo Amazon Linux versão 2, onde foram instalados os pacotes:

- Docker - ferramenta que facilita a criação e administração de ambientes isolados dentro de container
 - Docker-Compose - ferramenta para gerenciar múltiplos contêineres
 - Git – sistema de controle de versões distribuído
- htop - comando para listar os processos e aplicações em execução, com o uso de recursos de hardware, como memória, processador e uso de disco.

Para gerenciar as conexões de entrada na instância da EC2, foi criado e configurado um *Security Group* (grupo de segurança) da Amazon, com as portas que são liberadas e para quais protocolos (Figura 7).

ID da regra do grup... ▾	Versão do IP ▾	Tipo ▾	Protocolo ▾	Intervalo de portas ▾
sgr-0bcb22c18401fa309	IPv4	HTTP	TCP	80
sgr-0ed8125a55f6cb0f4	IPv4	Todos os ICMPs - IPv4	ICMP	Tudo
sgr-0f2e6fb24a03e041e	IPv4	TCP personalizado	TCP	27017
sgr-03e6d098043fb00...	IPv4	SSH	TCP	22
sgr-0f7ad23050022dbe9	IPv4	TCP personalizado	TCP	8000
sgr-0ac234a62a67ecd72	IPv4	TCP personalizado	TCP	8080
sgr-0e07a675b06b84...	IPv4	TCP personalizado	TCP	8001
sgr-054c5fca6c47fac05	IPv4	MYSQL/Aurora	TCP	3306

Figura 7: Grupos de segurança com tipo, protocolo e portas. Fonte: Autores. Na

Figura 7 são apresentadas as seguintes nomenclaturas:

- **ICMP - Internet Control Message Protocol**
Tem a funcionalidade de liberar a execução do comando ping para verificar se o servidor está ligado e conectado à internet.
- **TCP - Transmission Control Protocol)**
Protocolo utilizado para envio de pacotes, com confirmação de recebimento e reenvio em caso de erro.
- **SSH - Secure Socket Shell**
Usado para permitir o acesso ao servidor.
- **IPv4 - Internet Protocol versão 4**
Como exemplo "127.0.0.1".
- **Id da regra do grupo de segurança**
É um ID de gerenciamento interno da AWS.

Na instância foi adicionado um "Elastic IP" para alocar IP fixo que mantém o endereço IP, caso a máquina seja reiniciada ou desligada.

Para armazenamento dos dados em disco (sistema operacional, arquivos de logs das aplicações, imagens e dados dos contêineres, arquivos do banco de dados) foi utilizado o EBS (*Elastic Block Store*) que gerencia o armazenamento da instância.

O Dashboard foi criado em duas versões sendo a inicial utilizando o Looker Studio em conjunto com o serviço de importação de JSON da Windsor.ai. Na ferramenta os valores eram importados a partir do ID do J3M, contendo todos os JSONs disponíveis da API de dispositivos, e poderiam ser filtrados por data e ID. A partir dos dados de métricas recebidos foram criados filtros para alterar a cor das métricas (CO, umidade, temperatura, CO2 e fumaça) e da mensagem (de acordo com a qualidade do ar), e informar ao usuário se o ambiente está propício à prática de exercícios ou não. Para valores aceitáveis, qualidade do ar boa, os campos ficam verdes, valores de atenção qualidade do ar regular, em amarelo e para valores de alerta, qualidade do ar ruim, em vermelho.

Devido a uma limitação da ferramenta Looker Studio, que não possibilita a integração de dois ou mais campos no filtro, foi criado um software para exibição do dashboard e métricas vindas da API. Utilizando as tecnologias HTML5, CSS3, Bootstrap e Javascript com a biblioteca do jQuery, onde o jQuery faz requisição para a API via AJAX (Asynchronous Javascript and XML) e foi publicado em <http://18.214.175.44/>. Métricas utilizadas:

- Temperatura

Para a prática de atividade física ao ar livre, as métricas de temperatura são em uma média de 20 graus Celsius, são considerados seguros, valores acima de 10 e abaixo de 30 graus Celsius, e são apresentados em verde. Valores de temperatura abaixo de 10 graus Celsius ou acima de 30 graus Celsius são classificados como ruins e com maior chance de trazerem riscos a saúde, indicados em vermelho.

- Umidade

De acordo com Farah (2018). Valores bons, seguros para uma prática de exercícios físicos devem estar entre 40% e 70% e são mostrados na cor verde. Valores registrados abaixo de 40% ou acima de 70% são considerados como atenção, qualidade do ar regular, e exibidos em amarelo. Para valores de umidade abaixo de 20% considera-se estado de alerta, ar ruim, e são indicados em vermelho.

- Dióxido de carbono

De acordo com USDA (United States Department of Agriculture) e ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), os valores menores que 1000 ppm são considerados como seguros para a prática de exercícios físicos e indicados no dashboard em verde. Valores de concentração acima de 1000 ppm e abaixo de 5000 ppm indicam atenção e são apresentados em amarelo. Quando a concentração de dióxido de carbono é maior que 5000 ppm é considerada perigosa e a qualidade do ar em estado de alerta (indicado na cor vermelha).

- Monóxido de carbono

Referência calculada a partir dos dados do CONAMA (VILELA et al, 2019). Valores de concentração monóxido de carbono no ambiente menores que 900 ppm são considerados aceitáveis e indicados em verde no dashboard. Valores de concentração entre 900 ppm e 1100 ppm indicam atenção para o indivíduo na prática de exercício físico e são representados em amarelo na interface. Em vermelho são mostrados os valores que são considerados dentro da faixa de alerta para a prática esportiva e que devem ser maiores que 1100 ppm.

- Fumaça

É uma métrica auxiliar, de acordo com a Resolução 491/2018 do CONAMA. "As Partículas Totais em Suspensão - PTS e o material particulado em suspensão na forma de fumaça - FMC são parâmetros auxiliares, a serem utilizados em situações específicas, a critério do órgão ambiental competente." A concentração de fumaça serve para demonstrar o nível de fumaça no ambiente, mas não é levada em consideração, visto que não é possível identificar de qual elemento químico a fumaça é composta. Durante a coleta de dados foi constatado que quanto mais alto o índice de fumaça, maior era o índice de dióxido de carbono.

A Figura 8 representa o Dashboard criado, com valores reais coletados.

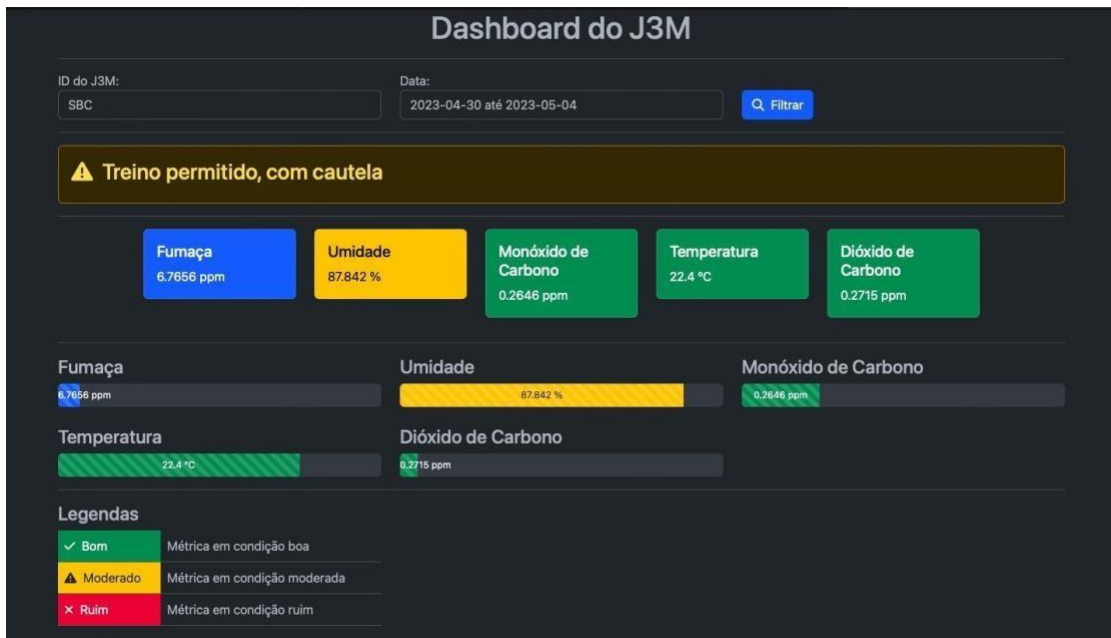


Figura 8. Dashboard para qualidade do ar moderada. Fontes: Autores.

Conforme apresentado na Figura 8, os valores de cada uma das métricas são apresentados após seleção do ID dos sensores, ou seja, do local de uma miniestação de coleta específica, e período de datas de coletas.

Para o cenário explicitado na Figura 8, os dados foram coletados em um local na cidade de São Bernardo do Campo. Neste local, a concentração de monóxido de carbono, a temperatura e a concentração de dióxido de carbono estão em níveis bons, e a umidade do ambiente estava elevada. Consequentemente, a ferramenta chega à conclusão que o ambiente não é o ideal para a prática de exercícios físicos, porém é aceitável. Desta forma, a mensagem mostrada para o usuário é “Treino permitido, com cautela”.

Abaixo a Figura 9 que representa o Dashboard para valores de qualidade do ar ruim.

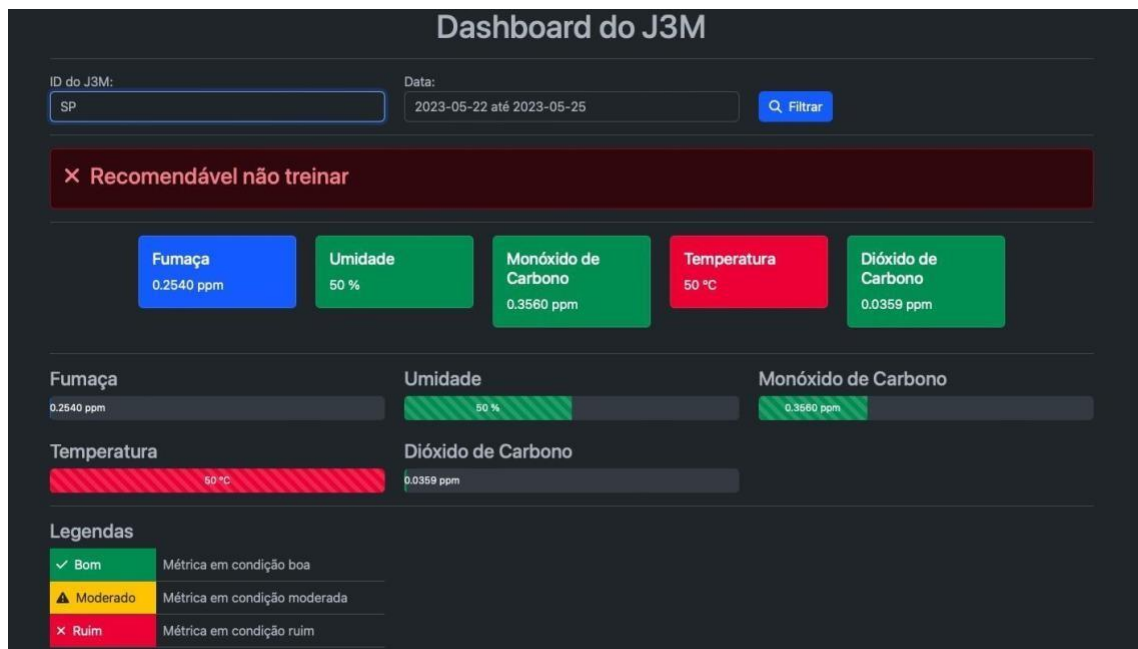


Figura 9. Dashboard para qualidade do ar ruim. Fonte: Autores.

A Figura 9, contém as métricas de coleta para a miniestação de teste, montada em São Paulo, na região central, onde os níveis de umidade, monóxido de carbono, e dióxido de carbono são bons, porém o valor de temperatura está em nível de alerta, por esse motivo a ferramenta calcula que não é recomendado treinar devido a qualidade do ar ruim e exibe a mensagem: "Recomendável não treinar".

4. Criação e funcionamento da ferramenta

O projeto inicial usava um Arduino Uno R3, ao perceber que esse modelo não atenderia devido ao pequeno número de portas analógicas o projeto foi alterado para o Arduino Nano com ESP01S, nesse segundo modelo o problema encontrado foi de estourar a memória, e o ESP01S não atendia pelo número de portas analógicas, então o projeto foi migrado para o Arduino Mega com um SIM800L, foi implementado um leitor de cartão SD, onde é salvo um arquivo txt (único formato que foi possível utilizar para leitura) de configurações, um display LCD para exibir textos, e por último foi feito um upgrade de antena GPRS para melhora do sinal.

Fonte de 9V 2A, foi usada conectada a uma fonte de Step-Down regulada para 4.2V e isso foi necessário pois o SIM800L utiliza uma corrente de 4.2V e 2A.

Quanto ao software o modelo inicial utilizava uma API em Java com Spring Boot, criada para receber os dados das métricas de gases, a API funcionou, mas não como era esperado, após algumas tentativas de correção, o grupo decidiu trocar o código para um novo em PHP 8.2 com o Framework Laravel 9.

Quanto a infraestrutura em nuvem foi criada uma máquina t2.micro, após um monitoramento de memória com htop, e identificação que estava com uso no limite, foi feito um upgrade de máquina de t2.micro para t3a.medium o que ajudou a melhorar performance da aplicação. O armazenamento da máquina é feito no EBS com SSD (Solid State Drive), a primeira versão utilizava 8GB de armazenamento, mas devido ao aumento do uso, começou a faltar espaço em disco, então foi trocado para um SSD de 16GB e é feito um acompanhamento diário do espaço em disco.

Para facilitar a criação de novos sensores para o J3M, foi criada uma página Web que monta o arquivo de configurações do cartão SD no formato que o IoT deve ler.

O protótipo:

O software recebe os dados dos gases coletados pelos sensores do IOT, e os mesmos são enviados para a api e armazenados em um banco de dados. Os dados são tratados na api, com as métricas correspondentes, e na consulta, são retornadas 3 possíveis mensagens:

- Bom, em verde com a mensagem: Treino permitido
- Moderado em amarelo, com a mensagem: Treino permitido com cautela
- Ruim em vermelho, com a mensagem: Recomendável não treinar.

Exemplo de JSON de envio de dados:


```

1 {
2   "id_arduino": 3,
3   "alcohol" : 0.686999976634979,
4   "benzeno" : 0.365000009536743,
5   "hexano" : 0.153999999165535,
6   "metano" : 0.365000009536743,
7   "fumaca" : 0.254000008106232,
8   "dioxido_carbono" : 5.03599977493286,
9   "tolueno" : 0.498699992895126,
10  "amonia" : 0.598699986934662,
11  "acetona" : 0.0,
12  "monoxido_carbono" : 0.356000006198883,
13  "hidrogenio" : 0.123000003397465,
14  "gases_inflamaveis" : 0.119999997317791,
15  "temperatura" : 35.0,
16  "umidade" : 100.0
17 }

```

Figura 10: JSON enviado a API. Fonte: Autores.

A Figura 10 contém um arquivo JSON que é enviado a API, contendo os dados lidos pelos sensores e o id do Arduino.

Exemplo de dados salvos no MongoDB:

```

/* 1 */
{
  "_id" : ObjectId("64310394e605d45aed060d74"),
  "id_arduino" : 1,
  "alcohol" : 0.000832,
  "benzeno" : 8.3e-05,
  "hexano" : 0.065057,
  "metano" : 16.23514,
  "fumaca" : 133.126,
  "dioxido_carbono" : 2.787504,
  "tolueno" : 0.535979,
  "amonia" : 4.252306,
  "acetona" : 0.455839,
  "monoxido_carbono" : 0.647012,
  "hidrogenio" : 52.39016,
  "gases_inflamaveis" : 7.04246,
  "temperatura" : 26.3,
  "umidade" : 66.5,
  "updated_at" : ISODate("2023-04-08T03:03:00.927-03:00"),
  "created_at" : ISODate("2023-04-08T03:03:00.927-03:00")
}

```

Figura 11: Resultados dos gases coletados e metrificados para mostrar a qualidade do ar no ambiente. Fonte: Autores.

Os dados são armazenados contendo: o id do J3M usado para coleta, a data e hora, a quantidade de gases, em partes por milhão, dos gases listados acima, o nível de umidade relativa do ar, e a temperatura em graus Celsius, no momento da coleta.

O Dashboard faz a solicitação das métricas para a API, após filtrar por data e id do dispositivo de coleta, e retorna qualidade do ar para o dispositivo, data e hora da leitura, e se está seguro para realizar exercícios ao ar livre.

5. Conclusão

A prática de exercícios físicos traz diversos benefícios para a saúde dos indivíduos como melhorias nos sistemas respiratório, cardíaco, muscular e neurológico. Em contrapartida, a poluição do ar traz alguns malefícios, principalmente relacionados ao sistema

respiratório, o projeto foi criado para que o indivíduo obtenha a informação, referente à análise da qualidade do ar, através de um sistema e um conjunto de sensores, se os dados de poluentes no momento da coleta estão propícios à prática de exercícios físicos ao ar livre.

Na finalização do projeto, o sistema criado atingiu o objetivo de coletar dados de gases poluentes, temperatura e umidade, determinar se o clima se encontra favorável à prática de exercícios físicos ao ar livre ou não, e demonstrar as informações em um Dashboard.

O projeto foi inteiramente desenvolvido pelos integrantes do grupo, desde a programação dos sensores com Arduino, criação da API para recebimento e tratamento de dados, programação do Arduino para envio para API via GPRS. Criação e ajuste de toda a infraestrutura na AWS. Documentação da API no Swagger e Postman, ferramenta de criação de arquivo de configurações.

Os sensores utilizados capturam dados reais do ambiente e os índices para cálculo da qualidade utilizam valores de métricas reais disponibilizados pelos órgãos responsáveis pela qualidade do ar.

Para facilitar o entendimento foi criado um Dashboard, desenvolvido pelo grupo, com os dados recebidos do J3M, exibe na tela uma mensagem baseada nos níveis de poluentes, temperatura e umidade relativa do ar, para o filtro selecionado, informando se é seguro, ou não, para o sistema respiratório, a prática de atividade física ao ar livre. Essa ferramenta de consulta funcionou dentro do esperado, exibindo as mensagens e a quantidade de gases no ar, conforme as Figuras 8 e 9.

Projetos futuros podem ser criados a partir do J3M, podem ser criadas análises dos outros gases que já são capturados pelos sensores, e aplicados em outros ambientes e cenários como na leitura de gases inflamáveis, bem como a adaptação da API e Dashboard para outros valores.

6. Referencias

ANVISA. RESOLUÇÃO-RE No 09, DE 16 DE JANEIRO DE 2003. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_09_2003_.pdf/8ccafc911437-4695-8e3a-2a97deca4e10. Acesso em 03 abr. 2023.

BRANCHER, Emerson Antonio; Implicações Da Inalação De Fumaça Gerada Pela Queima De Combustível Fóssil Sobre Mediadores Inflamatórios E Parâmetros De Estresse Oxidativo Durante A Prática De Exercícios Físicos; CRICIÚMA 2018.

CORIPPIO, Iris Cristiana. Efeitos Da Poluição Atmosférica Em Marcadores Inflamatórias Pulmonares e Sistêmicos De Indivíduos Submetidos Ao Exercícios Físicos Em Ambientes Abertos e Fechados. UNESP, 2019

Cetesb <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/> .

FARAH, José Carlos. O impacto da umidade do ar nas atividades físicas: Ar seco causa dor de cabeça, cansaço prematuro e taquicardia. Jornal USP São Paulo, 2018. Disponível em <https://jornal.usp.br/atualidades/o-impacto-da-umidade-do-ar->

[nasatividadesfisicas/#:~:text=Quanto%20mais%20baixa%20a%20umidade,da%20coluna%20Sa%C3%BAde%20e%20Movimento. Acesso em: 21 mar. 2023.](#)

- FRADE, Jefferson R et al. Projeto de sensor de gases. Disponível em https://github.com/tcc-ii-mackenzie/tcc_ii-sensor_gases. Sao Paulo, 2023.
- FRADE, Jefferson R et al. Projeto de API para recebimento de dados do sensor de gases. Disponível em: https://github.com/tcc-ii-mackenzie/tcc_ii_api_php. São Paulo, 2023.
- FRADE, Jefferson R et al. Dashboard. Disponível em: <http://18.214.175.44>. São Paulo 2023.
- GILES, LV; KOEHLE, MS. The health effects of exercising in air pollution. *Sports Med.* 2014;44 (2):223-249. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0108-z>.
- HANDSCHIN C, SPIEGELMAN, BM. The role of exercise and PGC1alpha in inflammation and chronic disease. *Nature.* 2008;454 (7203):463-469. <https://doi.org/10.1038/nature07206>.
- MCCREANOR, J; CULLINAN, P et al. Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma. *N Engl J Med.* 2007;357(23):2348-2358. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa071535>.
- RUEGSEGGER, G.N; BOOTH, F.W. Health Benefits of Exercise - *Cold Spring Harb Perspect Med* 2018;8:a029694. Disponível em: <https://perspectivesinmedicine.cshlp.org/content/8/7/a029694.full.pdf>.
- SANTOS, Ubiratan de Paula et al. Poluição do ar ambiental: efeitos respiratórios. <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200267> . São Paulo, 2021.
- SINHARAY R; GONG J; BARRATT B et al. Respiratory and cardiovascular responses to walking down a traffic-polluted road compared with walking in a traffic-free area in participants aged 60 years and older with chronic lung or heart disease and age-matched healthy controls: a randomised, crossover study. *Londres* 2018. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32643-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32643-0) . Acesso em 10 mar. 2023.
- STANAWAY, Jeffrey D et al. GBD 2017 Risk Factor Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioral, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet.* 2018 Nov 10.
- STEFAN, Igor Alexandre; FERREIRA, Paulo Ixtânio Leite; Sousa, Aldeni Sudário. Protótipo de medidor de gases poluentes usando tecnologia de baixo custo. SIMPIF, 2020.
- TEMER, Michel. RESOLUÇÃO Nº 491, DE 19 DE NOVEMBRO DE 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603 . Brasília, 2018.
- USDA. Carbon Dioxide: Health Hazard Information Sheet. Disponível em: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-08/Carbon-Dioxide.pdf. Acesso em 03 abr. 2023.
- VILELA, Luiz Gustavo Gallo et al. Guia Técnico Para O Monitoramento E Avaliação Da Qualidade Do Ar. Brasília DF MMA, 2019.