



## Plataforma Meteorológica em Arduino para o Monitoramento de Dióxido de Carbono e Monóxido de Carbono Assistidos de Parâmetros Meteorológicos

*Eduardo Dourado Argôlo<sup>1</sup>, Bruno Junior Neves<sup>2</sup>, Yuri Santiago da Silva Romano<sup>3</sup>,  
Gabriel Neres da Silva<sup>4</sup>, Vitor Augusto Silva<sup>5</sup>, Marcelo Wegener Possamai<sup>6</sup>*

### RESUMO

O emprego de tecnologias para monitoramento da qualidade do ar tem se tornado uma necessidade frente aos diversos malefícios ao equilíbrio da atmosfera, bem como das pessoas que vivem em suas comunidades. As plataformas de monitoramento são importantes devido a aquisição de dados em tempo real e a possibilidade do armazenamento e manipulação das informações recebidas, a utilização dos sistemas Arduino é justificável pelas suas diversas qualidades de adaptação de hardware e software. Os gases de Dióxido de Carbono, Dióxido de Enxofre e monóxido de Carbono são parâmetros importantes na verificação de vários fatores de desequilíbrio na atmosfera. Equipamentos confiáveis de monitoramento se faz necessário para que se adquira dados para controle. A utilização de uma Estação Meteorológica em conjunto com uma plataforma de sistemas Arduino é o intuito deste projeto na comparação dos dados dos sensores, devido as aplicações científicas concernentes a atmosfera e a qualidade do ar que a população respira e aos fatores ecológicos que esses gases promovem, bem como analisou a possibilidade de funcionamento com painel fotovoltaico e a mesma ser sustentável no quesito energia. O projeto teve objetivo principal a construção de uma plataforma viável para monitoramento de concentração dos gases citados e que fosse autônoma e capaz de guardar os dados para geração de análises posteriores.

Palavras-Chave: arduino; monitoramento; Atmosfera; Gases, Dióxido de carbono; monóxido de carbono.

### ABSTRACT

The use of technologies to monitor air quality has become a necessity in view of the various harms to the balance of the atmosphere, as well as the people living in their communities. Monitoring platforms are important due to real time data acquisition and the possibility of storing and manipulating the information received, the use of Arduino systems is justified by their various qualities of hardware and software adaptation. Carbon dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide gases are important parameters in the verification of various imbalance factors in the atmosphere.

<sup>1</sup> Universidade Evangélica de Goiás. E-mail: eduardoxargolo@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: bruno.labmol@gmail.com

<sup>3</sup> E-mail: Universidade Federal de Goiás, UFG, Brasil. E-mail: yuri-sromano@outlook.com

<sup>4</sup> E-mail: gabrielneres-12@hotmail.com

<sup>5</sup> E-mail: marcelo.wegener@gmail.com

<sup>6</sup> E-mail: v.augustosilva@gmail.com



Reliable monitoring equipment is required to acquire data for control. The use of a weather station in conjunction with an Arduino system platform is the purpose of this project in the comparison of sensor data, due to scientific applications concerning the atmosphere and air quality that the population breathes and the ecological factors that these gases promote, as well as analyzed the possibility of operation with photovoltaic panel and to be sustainable in the energy matter. The project's main objective was the construction of a viable platform for monitoring the concentration of the mentioned gases, which was autonomous and capable of storing the data for further analysis. Keywords: Arduino; Monitoring; Atmosphere; Gases; Carbon dioxide; Carbon monoxide.

## INTRODUÇÃO

O monitoramento do clima através de sondas e sensores tem se tornado uma necessidade em termos de previsão do tempo, como do controle de poluição atmosférica, em especial pelos alarmantes níveis de concentração de Carbono na atmosfera nos últimos anos (Hsu, 2013). O aumento da temperatura da terra tem se tornado um alerta global na questão do aquecimento global, estudos que monitoram de maneira satisfatória e com fidedignidade é de suma importância para as comunidades e também no aspecto global. A queima de combustíveis fósseis, instalação de indústrias sem o devido controle da emissão de gases são as causas mais determinantes para este cenário.

A possibilidade de inserir em sua central de controle sondas diversas de monitoramento, permite a versatilidade e aquisição de dados em tempo real. A ideia de se conjugar o uso da estação com a intenção de validação dos dados de sensores Arduino, vem de encontro de se viabilizar o uso do Arduino como uma estação compacta e a possibilidade de enviar para outros locais e ter comparações úteis para indicadores de concentração de gases e clima em tempo real.

O projeto Arduino engloba software e hardware e um dos objetivos principais é fornecer uma plataforma interativa e facilitada, utilizando um microcontrolador. A ideia central do projeto é fornecer uma plataforma de computação física facilitada: uma área em que o software interage diretamente com o hardware, com a possibilidade de integração fácil com sensores, motor e outros dispositivos eletrônicos. O hardware do projeto, uma placa de no máximo 12 centímetros, é um computador como qualquer outro: possui microprocessador, memória RAM, memória flash, temporizadores, contadores e outras funcionalidades (Justem, 2010).

Os processos de urbanização nas cidades aumentaram em muito o uso de veículos automotores nas vias, conseqüentemente a liberação de gases pelos motores, sendo em grande parte por motores a gasolina e diesel. Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2015), cerca de 97% das concentrações de Monóxido de Carbono (CO) são emitidas por veículos. O CO é um gás incolor, sem cheiro ou sabor, inflamável e perigoso devido à sua grande toxicidade e por ser um asfixiante químico. Os processos de combustão incompleta, queima de biomassa e a oxidação de hidrocarbonetos são os principais mecanismos de formação do CO (Perraud et al., 2012).

Em termos da liberação de gases para atmosfera, houve um aumento considerável nos últimos 200 anos no planeta terra. As concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera passaram de 272 ppm na era pré-industrial para 346 ppm em 1986 (Oliveira, 2007), segundo medições da NOAA as concentrações de Dióxido de Carbono superaram o valor de 375 ppm em meados de 2015, ocasionando um aumento considerável na temperatura média do planeta terra, o acréscimo na atmosfera. O dióxido de Carbono interage com a radiação infravermelha, absorvendo entre as faixas inferiores do espectro, o fator de aumento de temperatura na atmosfera. (Moura, 2004).

A criação de equipamentos de baixo custo para verificação e armazenagem de dados de concentração de poluentes se torna uma necessidade para estudos e controle de saúde pública.



Quando da construção de vias ou equipamentos públicos de onde se terá um aumento de carros é notável que o aumento de monóxido de carbono seja evidenciado. Logo assumir equipamentos que esteja de maneira facilitada atendendo a população é importante para se analisar e tomar precauções em caso de ultrapassagem dos limites de qualidade do ar. (Vieira, 2015).

Este artigo estuda a construção de uma plataforma Arduino para aquisição de dados de gases e outros dados meteorológicos, levando em conta a instalação em local que já existe uma estação meteorológica instalada, para comparação dos dados. Utilizando uma plataforma de sensores de baixo custo Arduino e os limites de sua aplicabilidade a partir dos dados coletados.

Construir um projeto em Arduino de sensores meteorológicos na Estação Meteorológica Datalogger da UniEvangelica, para aplicação de monitoramento de Poluição Atmosférica e microclima local, utilizando Arduino e sensores correlatos. Verificar a aquisição de dados através de metodologias de transmissão: Transmissão sem fio, transmissão via cartão de memória, transmissão via cabo. Verificar performance dos sensores Arduino disponíveis no mercado, no que tange a acurácia dos dados com a estação Meteorológica local

## METODOLOGIA

O sistema Arduino foi acondicionado em um estojo que foi projetado e construído em material policarbonato, na Estação Meteorológica UniEvangélica (Universidade Evangélica de Goiás), Latitude: 16°19'36"S, Longitude: 48°57'10"W e Altitude: 1030m. A aquisição dos dados foi em arquivo texto e posteriormente tabulado em planilha Excel para geração de gráficos das variáveis em função do tempo.

## Materiais:

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram empregados os seguintes recursos materiais; Sensores Arduino: MQ-2 sensor de Gases (Metano, butano, propano e Monóxido de Carbono), DH-11 sensor de umidade e temperatura, MQ135 sensor de dióxido de Carbono, Sensor Arduino pressão atmosférica.

Estação Meteorológica: Modelo Metrológico: Mini radar meteorológico (detecção de pluviosidade, pressão atmosférica, temperatura, umidade relativa e anemômetro. Interfaces: Placa microcontrolador Arduino Mega 2560, Módulo de Rádio Frequência Wireless RF24L01, Módulo de cartão SD para Arduino.

Softwares: Arduino 1.0.3 - ambiente de desenvolvimento para Arduino em linguagem C. e Microsoft Excel.

## Equipamentos

Para viabilizar a realização dos experimentos em campo foi realizado a construção dos protótipos dos módulos de coleta de dados empregando os sensores de contaminação atmosférica MQ-2 e de temperatura e umidade DHT-11, pressão atmosférica e MQ135 para dióxido de Carbono e placa Arduino na área da estação meteorológica da UniEvangélica. A etapa eletrônica com o enlace rádio empregando a interface modem RF24L01 será testada e validada para envio de dados. Vide figuras abaixo (figura 1 e 2):

### Figura 1. Placa controladora Arduino.



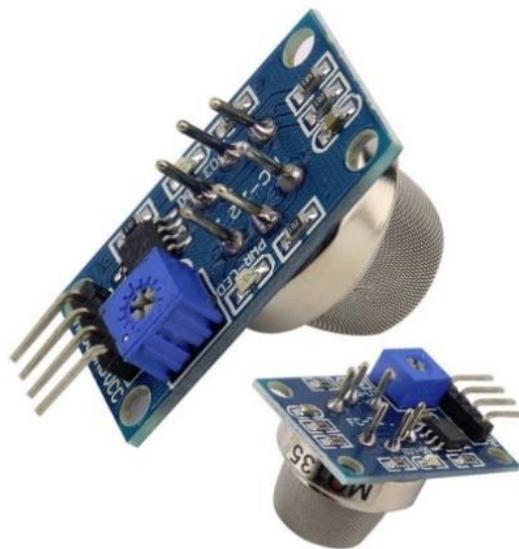
# ETIS

Journal of Engineering,  
Technology, Innovation  
and Sustainability



Fonte: Próprios autores (2018)

**Figura 2. Placa controladora Arduino.**



Fonte: Próprios autores (2018)

A proposta foi criar uma rede de sensores para monitoramento de gases de dióxido e monóxido de carbono na atmosférica e utilizando como base a Estação Meteorológica Uni Evangélica como validação, correção de dados e transmissão de dados via satélite, vide figura 3 abaixo.



**Figura 3. Vista Geral Estação Meteorológica Unievangélica. Local: Campus Unievangélica.**



Fonte: Próprios autores (2017)

## **Aquisições dos dados**

O sistema deve possuir os componentes necessários para realizar conexão remota. Neste caso foi utilizado o *Ethernet Shield* com Arduino para tal funcionalidade, ela será empregada quando da necessidade do envio de dados, a princípio será utilizado o cartão de memória SD.

Obter dados dos sensores especificados e processá-los de forma que sejam consumidos pela API (mecanismo usado para trocar dados com o Arduino), além de utilizar um sensor de corrente para saber quando o sistema não estiver com alimentação externa e então acionar o uso da bateria até a fonte externa estar disponível novamente.

Enviar os dados periodicamente a um servidor especificado com base em um intervalo de tempo padronizado o sistema deve enviar todos os dados coletados pelo sensor para um servidor específico definido no código fonte que irá embarcar o hardware.

Conectar a uma fonte de energia externa:

Possuir meios para se conectar a uma fonte de energia constante para que se mantenha em funcionamento interrupto.

O sistema deve ter uma fonte de energia alternativa:

Como alternativa em casos de queda da energia externa o sistema deve possuir alimentação alternativa de energia que utiliza uma bateria.

## **Desenvolvimentos do Software**



Os sistemas mantem os dados referentes aos sensores: Deve manter os dados de temperatura, pressão, umidade. Permitindo o sensor salvar, atualizar, excluir, consultar as informações fornecidas pelos sensores por meio de uma API.

Gera gráficos com base nos valores persistidos: O sistema deve gerar gráficos com base nos valores persistidos. O sistema deve consumir os dados persistidos para gerar gráficos estatísticos referente a temperatura, umidade, pressão e dados de concentração (ppm) dos sensores de gases.

Exibi informações em tempo real com os últimos valores obtidos: O sistema deve exibir informações em tempo real com os últimos valores obtidos O sistema deve consumir os dados persistidos para gerar gráficos estatísticos referente a temperatura, umidade, pressão, em intervalo de datas.

Fornece gráficos conforme os filtros informados pelo usuário: O sistema deve permitir o usuário filtrar os dados meteorológicos para otimizar a exibição. Sendo possível filtrar por intervalo de data, umidade, pressão, temperatura e dados de concentração de gases.

Informa valores máximos e mínimos de cada sensor conforme filtro informado pelos usuários: O sistema deve listar os valores máximos e mínimos referente as informações fornecidas pelos sensores, com proposito de exibir informações estatísticas para consulta ao usuário.

Identifica sensores com defeitos na plataforma de hardware: O sistema deve monitorar os hardwares, permitindo identificar sensores com defeitos e reportar um relatório informando o ocorrido para que seja feito manutenção.

## **Construção do equipamento**

A montagem do equipamento em um “case” de estrutura estável, que não retenha calor e que seja estanque a água foi um dos objetivos alcançados. O material escolhido foi o policarbonato, que recebeu pintura branca para refletir os raios solares e aporte de silicone industrial para estanqueidade. A temperatura interna teve aumento de 3oC em relação a temperatura externa em testes feitos no local da estação, em comparação com os valores da sonda principal da estação. Será feita a inclusão de material isolante (tetra-pak, isopor ou manta PET) para melhorar a temperatura interna, conforme figura 4 abaixo.



**Figura 4. Case para abrigo do sistema.**



Fonte: Próprio autores (2018)

## Montagem do Hardware

Shield Ethernet: Contém um leitor para cartão de memória e uma entrada para cabo RJ-45 de internet. Essa placa deve ser acoplada à placa Arduino Uno R3. Após essa junção, todas as conexões dos demais sensores deverão ser feitas na própria placa Shield Ethernet. O Arduino já com a Shield acoplada pode ser visto na Figura 5.

**Figura 5. Shield Arduino instalado.**



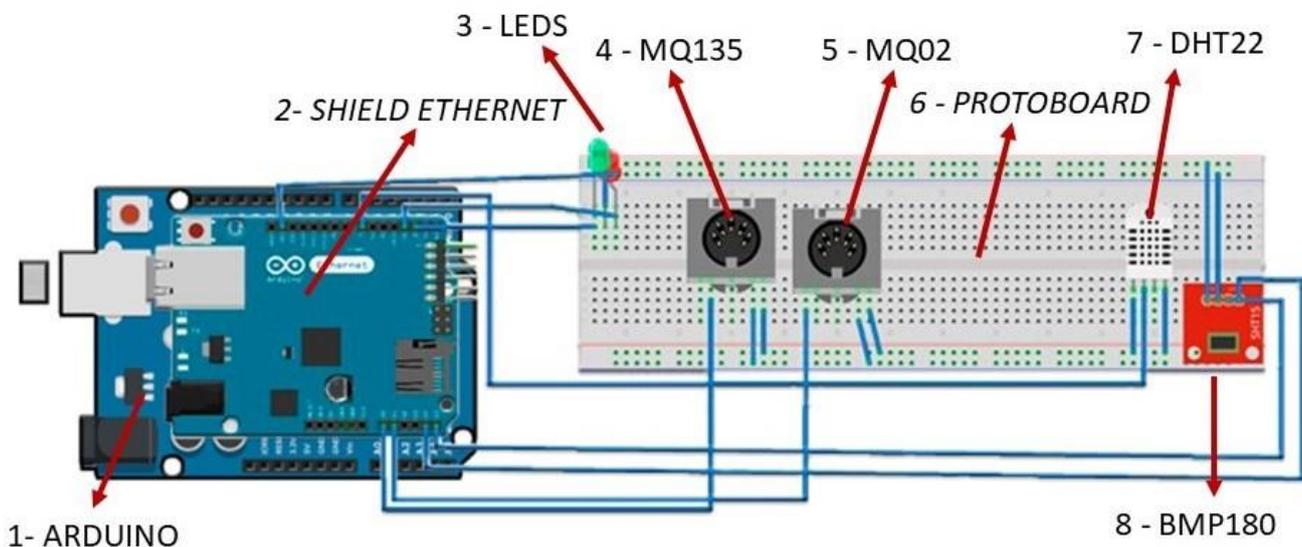
Fonte: Próprios autores (2018)



Protoboard: Após o acoplamento da Shield pode ser realizada a conexão das fontes de energia na Protoboard. As saídas de energia do Arduino, tanto a de 3v quanto a de 0v e de 5v devem ser ligadas em fileiras distintas da Protoboard. A tensão de 3v foi utilizada para alimentar o módulo de pressão atmosférica bmp 180, os demais sensores foram conectados na tensão de 5v. Todos os sensores devem, também, ser conectados na tensão de 0v (GND - Graduated Neutral Fensity filter). A Protoboard pode ser vista na Figura 6, índice 6.

Foram utilizados dois sensores de gases, eles possuem a mesma estrutura tendo como única diferença a conexão do último pino do sensor MQ02 na porta A0, e o do MQ135 é ligado na porta A1. Os dois primeiros pinos são ligados respectivamente nas portas de 5v e 0v. O MQ135 e o MQ02 podem ser vistos na Figura 6, índice 4 e 5, respectivamente.

**Figura 6. Ilustração arduino com as ligações a protoboard e sensores.**



Fonte: Próprios autores (2018)

O sensor DHT22, foi conectado na Protoboard, o sensor possui 4 terminais: VCC, DADOS e GND, o primeiro pino, é conectado em uma fonte de 5v, o segundo pino é conectado na porta digital 7 do Arduino, o terceiro pino não é utilizado, e o último pino é conectado em uma tensão de 0 volts, localizado na placa pela sigla GND. O DHT22 pode ser visto na Figura 6, índice 7.

No caso do módulo BMP180, foi necessário utilizar os 4 pinos, o primeiro pino é referente ao de 3 volts, vale ressaltar que esse módulo não suporta 5 volts, caso o sensor seja ligado na voltagem errada, poderá danificar o equipamento. O segundo pino é ligado no GND, o terceiro pino é ligado na porta analógica A5, e o último pino, é ligado na porta analógica A4. O BMP180 pode ser visto na Figura 6.



**Figura 7. Detalhe do sistema montado no local.**



Fonte: Próprios autores (2018)

## RESULTADOS

### Desenvolvimentos do Software

O código foi dividido em duas funções, nomeadas de setup e loop. A função setup será executada apenas uma vez sempre que o Arduino for iniciado, pois serve para inicializar as configurações pré-definidas. Já a função loop será executada continuamente enquanto o Arduino permanecer ligado, ela possui sub-rotinas responsáveis por gerenciar os sensores e armazenar, no cartão de memória, as informações coletadas.

### Montagens estação

Para a instalação do equipamento no local definido, inicialmente foi proposta a utilização de energia fotovoltaica. Com essa proposta surgiu a necessidade de se realizar o cálculo para obter



o conhecimento sobre o consumo de energia da placa Arduino e seus componentes, possibilitando a escolha de uma bateria e placa solar adequada para o projeto.

O regulador solar para carga CMP12, que foi importado para o desenvolvimento deste projeto, ter sido entregue já queimado, e não haver tempo hábil para sua substituição, foi necessário repensar a forma como a energia seria ligada à estação meteorológica de Arduino, os valores medidos foram demonstrados na figura 8 abaixo.

**Figura 8. Consumo de energia da Estação com Arduino em V (Volt).**

<b>Consumo do Manual</b>		
<b>Aparelho</b>	<b>Consumo (mA)</b>	<b>Alimentação (v)</b>
DHT22	2,5	5
MQ135	150	5
BMP180	0,003	3,3
Arduino	50	5
Ethernet Shield	50	5
<b>Fonte externa</b>		
<b>Aparelho</b>	<b>Capacidade (mAh)</b>	<b>Output</b>
Bateria	36000	5
	<b>Total (mA * 60)</b>	<b>(h)</b>
Cálculo	15150,18	2,376209392
<b>Total mAh * 2h37m</b>	36.000,00	
<b>Registro</b>		
18:34:00	21:18:00	02:44:00
<b>Cap. Bateria (mAh)</b>	<b>(h)</b>	<b>(mAh)</b>
36000	2,3	15.652

Fonte: Próprios Autores



**Figura 9. Regulador solar e de tensão, bateria e placa solar.**



Fonte: Próprios Autores

Como o sistema fotovoltaico não foi suficiente (figura 9) para manter o equipamento ligado 24 horas diárias, foi necessário buscar uma nova solução. Foi, então, decidido utilizar energia elétrica. Porém, como não havia qualquer ponto de energia próximo à estação meteorológica da UniEvangélica (o ponto mais próximo estava há 40m do local), foi necessário solicitar junto a faculdade a instalação de um ponto, o que demandou alguns dias de espera. Após a disponibilização de um ponto de energia na Estação Meteorológica da UniEvangélica, foram necessários ajustes nesta instalação, como, por exemplo, realização do aterramento na fiação subterrânea a fim de evitar problemas com raios ou alterações de energias no local.

Com a rede aterrada, foi instalada na base da torre da estação uma caixa para receber as tomadas, um disjuntor de 20 Amperes e um eliminador de surtos para melhorar a segurança no caso de instabilidades atmosféricas na rede. Foram feitos testes na rede, porém, ainda assim, a tensão ficou abaixo do esperado. Ao ligar a Estação meteorológica de Arduino, notou-se que havia algum problema com a instalação, visto que houve a queima do Arduino e da fonte que estava sendo utilizada. Após este incidente foi realizada a manutenção e troca do equipamento, e novos testes foram executados, permitindo verificar que a voltagem estava estabilizada entre 210 volts e 230 volts.

### **Aquisições de Dados sondas MQ02 e MQ135**

Foram realizadas leituras em dias de julho de 2018, destacando a prioridade da calibragem da sonda de CO<sub>2</sub>. O comportamento e estabilidade do equipamento foram comprovados, isto é, permaneceu ligado e operando por vários dias. Sendo que a estanqueidade a água também foi justificada, devido a ocorrência de chuva em alguns dias e não prejudicando o equipamento.

Utilizando trabalho realizado por (Souza, Matias, André, Paulo, & Matias, 2016) em que se calibrou o sensor para o CO<sub>2</sub>, a decisão foi tomada por não termos equipamentos para validação. Se determinou o  $R_s/R_o$ , no circuito fornecido pelo datasheet do fabricante indica um divisor de tensão que possui a relação de  $R_s/R_o$ , sendo  $R_s$  a resistência do material eletroquímico e  $R_o$  a resistência de carga do circuito.

### **Quadro 1 : Relação $R_s/R_o$ nos testes realizados**



Concentração em ppm	RS/R0
300	20
600	9,35
900	4,62

Fonte: (Souza et al., 2016)

Para a utilização no código foi utilizada a seguinte biblioteca, o MQ135.h, que se utiliza a seguinte lógica de programação para se ajustar a curva: Utilizando a tabela do quadro 1 do datasheet no mapa MQ135.h, Temos a função  $y = a \cdot x^b$  e então para se ter concentração em ppm =  $a \cdot (Rs/R0)^b$

A partir deste código que foi feito a partir do experimento de calibragem, foram realizados testes de CO<sub>2</sub> ao ar livre na Estação meteorológica e se verificou que ficava dentro de valores usuais. A variação de CO<sub>2</sub> em curto espaço de tempo se deve a estabilidade da sonda em relação ao tempo de uso, ela adquire estabilidade após 24 horas de uso.

Não houve calibração para o sensor de CO, o mesmo dá uma leitura direta a partir da porta analógica A0. Foi utilizado o seguinte código para receber os dados do sensor: `int mq02 = A0.`

Para fins de análise foi utilizado gráficos para a demonstração dos resultados, visto que o equipamento foi preparado para coletar os dados a cada 7 segundos.

Os dados gerados nos sensores foram organizados conforme a tabela 1, resumo de coleta no dia 18 de junho de 2018, são parte dos dados gerados e gravados no cartão SD acoplado na placa.

**Tabela 01 – Parâmetros coletados pelo sistema Arduino**

Hora	temp. (oC)	Umidade (%)	CO <sub>2</sub> (p.p.m)	CO (p.p.m)
15:08	28,1	36,9	427	8,13
15:08	28,1	36,8	425	8,13
15:08	28,1	36,7	423	8,03
15:08	28,1	36,8	421	7,84
15:08	28,1	36,9	420	7,75
15:08	28,1	36,7	419	7,56
15:08	28,1	36,7	418	7,38
15:08	28,1	36,7	417	7,2
15:08	28,1	36,6	416	7,11



---

15:09	28,1	36,6	415	7,02
15:09	28,1	36,6	414	6,59
15:09	28,1	36,6	413	6,59
15:09	28,1	36,6	412	6,17
15:09	28	36,6	412	5,86
15:09	28	36,5	411	5,93

---

**Tabela 02 – Parâmetros coletados pela estação Meteorologica UniEvangélica (18 de junho 2018).**

	<b>Umidade (%)</b>	<b>Temp. °C</b>
<b>15:00</b>	39.0	27.9
<b>15:10</b>	-	-
<b>15:20</b>	-	-
<b>15:30</b>	-	-
<b>15:40</b>	-	-
<b>15:50</b>	-	-
<b>16:00</b>	40.0	27.6

Fonte: [http://www.simehgo.sectec.go.gov.br/cgi-bin/rede\\_obs/consulta\\_dados\\_dia.pl?cpcd=1300&dd=18&mm=6&aa=2019](http://www.simehgo.sectec.go.gov.br/cgi-bin/rede_obs/consulta_dados_dia.pl?cpcd=1300&dd=18&mm=6&aa=2019)



Os dados de umidade e temperatura foram comparados com a estação meteorológica no mesmo dia e horários e se mostraram condizentes com os valores dos sensores. Os valores de dióxido e monóxido são valores próximos aos de atmosfera medida em outras bibliografias. Não foi objetivo desta fase de projeto se aprofundar nas validações dos valores nas sondas de gases, sendo objeto de um próximo trabalho na plataforma.

## CONCLUSÕES

A plataforma se mostrou eficaz na captação e guarda no cartão SD dos dados em um padrão programado, tendo se estendido durante 25 dias de funcionamento ininterruptos, se mostrando confiável nesse quesito, haja visto que o sensor Arduino é de pequeno custo e a diferença pode ser diminuída por inferência em um segundo trabalho, o estojo também pode causar a diferença. Com a calibração do sensor de CO<sub>2</sub> a partir de um outro experimento citado, os dados coletados se mantiveram dentro da faixa de teor apresentados na atmosfera, levando a hipótese dos dados estarem corretos. Deve-se salientar a necessidade de se validar com outro equipamento de medida de CO<sub>2</sub> e CO.

Em relação aos níveis de concentração de Monóxido de Carbono e dióxido de carbono, a necessidade de se verificar o fluxo e velocidade dos ventos na região para também se analisar as concentrações e possíveis efeitos sobre a comunidade local (Rozante,2017). Seria sugestão a continuidade do trabalho se levando em conta esse fator, já que a estação tem radar meteorológico e indica a predominância da direção e força dos ventos.

O objetivo é extrair os dados de um período maior de coleta e fazer comparações entre as variáveis meteorológicas e dos valores dos sensores, sendo o próximo passo a ser realizado nesta plataforma. Com estas medidas será possível verificar correlações com outros trabalhos e verificar a possibilidade de validação científica dos valores da plataforma e conseqüentemente um aumento da importância dela. Vale ressaltar que o trabalho foi desenvolvido como parte de Programa de Iniciação Científica da UniEvangelica (ROMANO,2018) e a plataforma continuará funcionando e gerando dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandre, P., Vieira, M., Alexandre, P., & Vieira, M. (2015). **Utilização de sensores de baixo custo na medição de monóxido de carbono no ar ambiente Utilização de sensores de baixo custo na medição de monóxido de carbono no ar ambiente.**
- Hsu, K., Ashouri, H., Braithwaite, D., & Sorooshian, S. (2013). **Climate Data Record (CDR) Program, 1–55.**
- Justem, A. (2010). **Curso de Arduino - Apostila do Aluno**, 36. Retrieved from <http://www.cursodearduino.com.br/apostila>
- Mcelroy, B. (1990). HO., NO, and ClO.,,: **Their Role in Atmospheric Photochemistry.**
- Moura, L., Meixner, F. X., Kormann, R., Salustiano, R., Antˆ, M., Fernando, R., & Ferreira, M. (2005). **Do Co 2 Atmosf E ´ Rico Em Área**, 22(2004), 259–270.



- Oliveira, V. F. De. (2007). **Efeito da atmosfera enriquecida em CO<sub>2</sub> no crescimento, na alocação de biomassa e no metabolismo de frutanos em Vernonia herbacea** (Vell.) Rusby, 90.
- Perraud, V., Bruns, E. A., Ezell, M. J., Johnson, S. N., Yu, Y., Alexander, M. L., Zelenyuk, A., et al. (2012). **Nonequilibrium atmospheric secondary organic aerosol formation and growth**. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(8), 2836–2841. Retrieved from <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1119909109>
- Philippopoulos, K., & Deligiorgi, D. (2012). **Application of artificial neural networks for the spatial estimation of wind speed in a coastal region with complex topography**. *Renewable Energy*, 38(1), 75–82. Pergamon. Retrieved March 19, 2018, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148111003892?via%3Dihub>
- Rozante, J. R. (2017). **Metropolitanas de São Paulo e campinas: estudo observacional cidade de campinas: estudo observacional E ( PIBIC / CNPq / INPE )** Vinícius Rozante ( UNICAMP , Bolsista PIBIC / CNPq ), (July).
- ROMANO, YSS; DIAS, RP. **Desenvolvimento de Estação Meteorológica Utilizando Arduino. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Computação)**. Centro Universitário de Anápolis, UniEVANGÉLICA, 2018.
- Souza, C. P., Matias, J., André, S., Paulo, S., & Matias, J. (2016). **FATEC SANTO ANDRÉ Tecnologia em Eletrônica Automotiva Sistema de Segurança Para Crianças Utilizando Sensores de CO e CO 2** FATEC SANTO ANDRÉ Tecnologia em Eletrônica Automotiva Sistema de Segurança Para Crianças Utilizando Sensores de CO e CO 2.