

## ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR A BAIXO CUSTO

Gerônimo Barbosa Alexandre – [geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br](mailto:geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br)  
Instituto Federal de Pernambuco – *Campus Garanhuns*  
Rua Padre Agobar Valença, s/n  
55299-390 – Garanhuns – Pernambuco

Ariosvaldo Zacarias de Barros Filho – [azbf@discente.ifpe.edu.br](mailto:azbf@discente.ifpe.edu.br)  
Instituto Federal de Pernambuco – *Campus Garanhuns*  
Rua Padre Agobar Valença, s/n  
55299-390 – Garanhuns – Pernambuco

Jackson Alves de Araújo – [vbs@discente.ifpe.edu.br](mailto:vbs@discente.ifpe.edu.br)  
Instituto Federal de Pernambuco – *Campus Garanhuns*  
Rua Padre Agobar Valença, s/n  
55299-390 – Garanhuns – Pernambuco

**Resumo:** *A experiência prática é um componente fundamental do processo educacional. Além disso, é muito enriquecedora para a formação de um profissional da área de elétrica a exposição ao maior número possível de cenários industriais. Neste contexto o objetivo do trabalho é apresentar a montagem de uma estação de monitoramento da qualidade do ar a baixo custo projetado e montado por alunos dos 8º período do Bacharelado em Engenharia Elétrica. A metodologia utilizada consiste nas etapas: (A) definição do projeto, (B) elaboração da lista de material, (C) compra do material, (D) simulação e montagem do produto (protótipo), (E) testes de avaliação. A arquitetura de hardware e software foi montada no Laboratório de Automação e Controle do IFPE – Campus Garanhuns e os testes foram feitos na medição da qualidade do ar no Campus localizado na Cidade de Garanhuns-PE. Os resultados experimentais demonstram a eficiência da Versão 01 do protótipo, demandando melhorias para a Versão 02, com por exemplo a incorporação do maior número de sensores, todavia cumpriu com os requisitos de despertar o aluno para o envolvimento com pesquisas e desenvolvimento de produtos durante o Curso Superior.*

**Palavras-chave:** *Qualidade do ar. Baixo custo. Supervisão local. Instrumentação.*

### 1 INTRODUÇÃO

Os processos industriais e de geração de energia, os veículos automotores e as queimadas são, dentre as atividades antrópicas, as maiores causas da introdução de substâncias poluentes à atmosfera, muitas delas tóxicas à saúde humana e responsáveis por danos à flora e aos materiais (LIMA, *et al*, 2015). A poluição atmosférica pode ser definida como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e à qualidade de vida da sociedade (QUINTANILHA, 2009).

Contudo, os estudos epidemiológicos tem demonstrado, correlações entre a exposição aos poluentes atmosféricos e os efeitos de morbidade e mortalidade, causadas por problemas

respiratórios (asma, bronquite, enfisema pulmonar e câncer de pulmão) e cardiovasculares, mesmo quando as concentrações dos poluentes na atmosfera não ultrapassam os padrões de qualidade do ar vigentes. As populações mais vulneráveis são as crianças, os idosos e as pessoas que já apresentam doenças respiratórias (SANTOS, *et al*, 2016).

O objetivo do Trabalho é desenvolvimento de uma sonda de medição dos parâmetros associados a poluição atmosférica em tempo real (temperatura, umidade, altitude, pressão, radiação ultravioleta, presença de gás). A partir dos dados de medição e disponibilização em um canal na *internet* e no aplicativo para Android, onde o usuário poderá acompanhar as informações a respeito da qualidade do ar nos bairros da Cidade de Garanhuns. Uma das características inovadoras em relação ao protótipo, consiste no seu baixo custo de instalação, além de oferecer supervisão local dos dados medidos.

Como características inovadoras deste projeto pode-se ressaltar o baixo custo, enfoque na produção do tipo faça-você-mesmo ao utilizar dispositivos disponíveis facilmente no mercado e o desenho que permite a realização de uma exposição permanente. Entendemos que o desenvolvimento deste projeto auxiliará no incentivo aos estudantes de engenharia do IFPE a se dedicarem mais a capacitação profissional no desenvolvimento de projetos inovadores. O protótipo de medição remota é de propriedade intelectual do IFPE.

## 2 A UTILIZAÇÃO DO PROTÓTIPO NO ENSINO

Por se tratar de uma área inerentemente multidisciplinar, a instrumentação eletrônica envolve conceitos e problemas de diversas áreas. Assim, a sonda de medição da qualidade do ar pode ser usada como ferramenta de ensino para várias disciplinas de alguns cursos de engenharia.

Na engenharia elétrica, o medidor multiparâmetros didático pode ser usada no ensino de disciplinas que abordem temas como programação de microcontroladores, medição de grandezas físico-químicas, instrumentação inteligente, supervisão de dados, entre outros.

Nesta seção, aborda-se o uso do medidor didático como ferramenta de ensino no contexto da disciplina Sistemas Supervisórios e IHM, a qual se trata de uma disciplina eletiva (opcional) oferecida para alunos a partir da 8º Semestre do curso de graduação em engenharia elétrica do Instituto Federal de Pernambuco Campus Garanhuns.

### 2.1 Metodologia Empregada na Disciplina

No ensino baseado em projetos o aluno passa ser agente ativo do processo e o professor atua como um consultor, orientando o aluno nas etapas propostas, auxiliando na melhor solução e no *feedback* de informações técnicas, na gestão de tempo e na gestão dos materiais.

No início do semestre, os alunos são apresentados aos temas propostos para o projeto e a montagem dos medidores didáticos com supervisão local ou remota de dados, sendo estimulados a discutirem sobre o funcionamento de cada medidor. Em seguida a Turma é dividida em Grupos e por meio de sorteio, o medidor didático a ser confeccionado é escolhido.

A partir das aulas teóricas sobre criação de aplicações de sistemas supervisórios é solicitado aos grupos o projeto do medidor escolhido (desenhos 2D e 3D, lista de materiais, orçamento e diagramas elétricos).

Ainda na Unidade I é solicitado os testes individuais de cada componente usado e a montagem física do protótipo. Já na Unidade II é solicitado os testes do medidor didático construído e a validação da supervisão local / remota dos dados mensurados.

Há semestre letivo onde poderá haver apenas uma proposta de medidor didático, como há semestre letivo que haverá várias propostas. No Semestre letivo 2019.1 foi proposto a

construção e a validação de um medidor multiparâmetros capaz de informar as pessoas em tempo real a qualidade do ar na cidade a qual elas moram.

A turma foi dividida em 05 (cinco) grupos que confeccionaram quatro protótipos, dois grupos optaram pelo uso da tecnologia Bluetooth para supervisão dos dados, um grupo optou pelo uso da plataforma de internet das coisas (ThingSpeak), um grupo optou pela criação de um servidor Web, um grupo optou pela supervisão local usando o software Elipse SCADA DEMO.

Neste Trabalho será apresentado a sonda de medição com supervisão local dos dados mesurados usando o software Elipse SCADA versão DEMO desenvolvido pelo Grupo 5.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O sistema é composto de duas partes: o hardware e o software. Na parte de hardware temos os sensores, que são os responsáveis por converter a variação de temperatura, umidade, pressão, altitude, radiação, em sinais analógicos e digitais, e o microcontrolador que recebe esses dados e envia para o computador. Na parte de software temos a IDE Arduino, responsável pela programação da plataforma de prototipagem eletrônica, assim temos o controle do circuito e verificação dos dados obtidos na tela do computador através do "monitor serial".

Usando a linguagem C, adaptou-se os códigos conseguidos na Web, para que seja feita a comunicação Modbus RTU entre o microcontrolador e o Elipse SCADA, este último é um programa pago, no caso foi usada a versão Demonstrativa, cuja limitação é de 25 TAG's. Esta ferramenta é capaz de fazer uma supervisão local, bastando adicionar a biblioteca Modbus, na IDE Arduino e depois a configuração do supervisório. Assim as leituras dos sensores são enviadas para tela no monitor serial na IDE Arduino e em seguida na tela do supervisório SCADA.

Todos os dados disponibilizados no SCADA são processados na forma de relatórios (gráficos e tabelas) e enviados ao final de 24 horas para o banco de dados local.

O ambiente real onde os sensores foram testados, trata-se de um ambiente não controlado, onde há a variação física e climática, as medições instantâneas das variáveis de decisão são mostradas em tempo real nas telas do supervisório desenvolvido em formato de tabelas e/ ou gráficos dinâmicos. Os sensores utilizados no protótipo foram: o DHT22 (temperatura e umidade do ar), o BMP180 (pressão atmosférica), DSM501A (detector de poeira e fumaça), SENSOR LDR (luminosidade), UVM-30A (radiação ultravioleta incidente). Após montado o protótipo foi feita a calibração dos sensores usando o banco de dados do INMET como dados de referência, após a calibração a estação de baixo custo ficou coletando dados diariamente, com envio de dados por e-mail ao final do dia.

#### 3.1 Sensor LDR

O LDR (do inglês, *Light Dependent Resistor*) é um componente cuja resistência varia de acordo com a intensidade da luz. Quanto mais luz incidir sobre o componente, menor a resistência. Não há nenhuma unidade de medida que o sensor LDR fornece, apenas números que variam de 0 a 1023.

#### 3.2 Sensor de Raio Ultravioleta UV UVM-30A

O Sensor UV UVM-30A trabalha alterando a tensão de sua saída analógica de acordo com a quantidade de luz UV detectada. Esta pequena placa é muito útil em projetos para se definir o índice de UV dos raios solares, prevenção de queimaduras por exposição ao sol e estações meteorológicas (INSTITUTO DIGITAL, 2018).

### 3.3 Sensor BMP180

O Sensor BMP 180, é um dispositivo capaz de fornecer dados relativos sobre a altitude, pressão e temperatura, onde a altitude é fornecida em metros, pressão em pascal e a temperatura em graus celsius.

### 3.4 Sensor DHT22

O DHT22 é um sensor de temperatura e umidade que permite fazer leituras de temperaturas entre -40 a +80 graus Celsius e umidade entre 0 a 100%, com programação simples, o sensor pode ser usado com diversas tecnologias de IoT (*Internet of Things*) como, Raspberry, Arduino, BeagleBone Black e outros Microcontroladores, possuindo apenas 1 pino com saída digital.

### 3.5 Sensor DSM501A

O DSM501A trata-se de um pequeno e eficiente Sensor Detector de Poeira e Fumaça para Arduino, responsável por identificar partículas de tamanho compacto, em geral, detecta poeiras finas em partículas tão pequenas quanto 1 $\mu$ m (micrômetro) e partículas que flutuam em um espaço de até 30m<sup>3</sup>. O sensor detector de poeira e fumaça, por meio da entrada forçada de ar recolhido do ambiente, mede a dispersão refletida nas partículas de luzes, sendo esta medição convertida em sinal na saída PWM (USINAINFO, 2016).

### 3.6 Elipse SCADA Versão DEMO

O *software* Elipse SCADA é uma ferramenta para desenvolvimento de aplicações de supervisão local e remota de dados em processos industriais, além do monitoramento é possível fazer o comando remoto de ações na planta industrial. Trata-se de um *software* profissional completo pago, neste Trabalho foi usado a versão gratuita voltada para estudantes, sendo limitada a 25 TAGs de variáveis do processo.

O Elipse SCADA proporciona um ambiente totalmente configurável, permitindo ao usuário monitorar variáveis em tempo real através de elementos gráficos, bem como realizar acionamentos através do envio de informações aos dispositivos existentes.

## 4 O PROTÓTIPO CONFECIONADO

O protótipo foi desenvolvido no Laboratório de Automação e Controle de Processos do IFPE *campus* Garanhuns, inicialmente foi utilizado apenas o sensor LDR, para auxiliar nos testes com a plataforma do Elipse SCADA, e depois foi acrescentado os outros 4 sensores (Sensor UV, Sensor BMP180, Sensor DHT22 e Sensor DSM501A), para que houvesse uma maior quantidade de dados gerados.

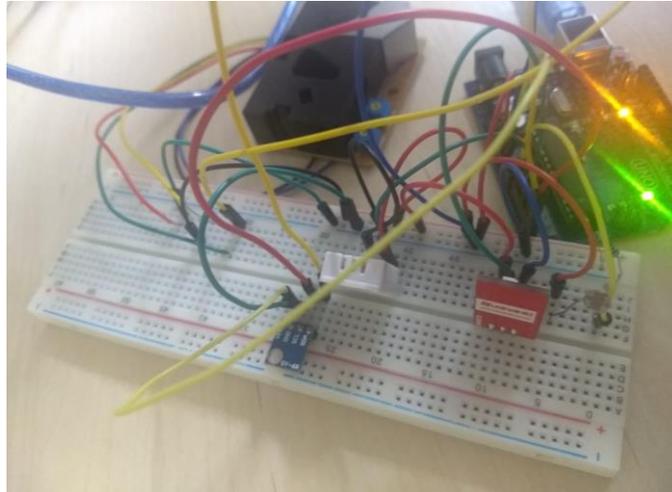
Os códigos em linguagem C para cada sensor foram adquiridos na internet de maneira isolada, restando ao programador a junção dos cinco códigos referentes aos cinco sensores. Após a programação da IDE Arduino para aquisição dos dados medidos em campo foi configurada a biblioteca Modbus para estabelecer a comunicação RS485 com o Elipse Scada Demo, nesta configuração de rede de comunicação o Scada é o mestre e Arduino é o escravo da rede de comunicação.

Foi criado um supervisório local para as medições dos sensores presentes na estação de monitoramento da qualidade do ar, o supervisório é composto de telas de gráficos, controle de acesso de usuários, exportação de dados no formato de tabelas e gráficos, alarmes e cadastro de novos medidores.

Na Figura 1 é ilustrado a estação didática montado em *proto-board*, na versão 2.0 será confeccionada a placa de circuito impresso.

Os materiais utilizados para a montagem do protótipo somam um valor total de R\$ 140,00, o que confirma a possibilidade da criação de uma estação de monitoramento da qualidade do ar a baixo custo.

Figura 1– Protótipo montado em *protoboard*.



Fonte: Autores, 2019.

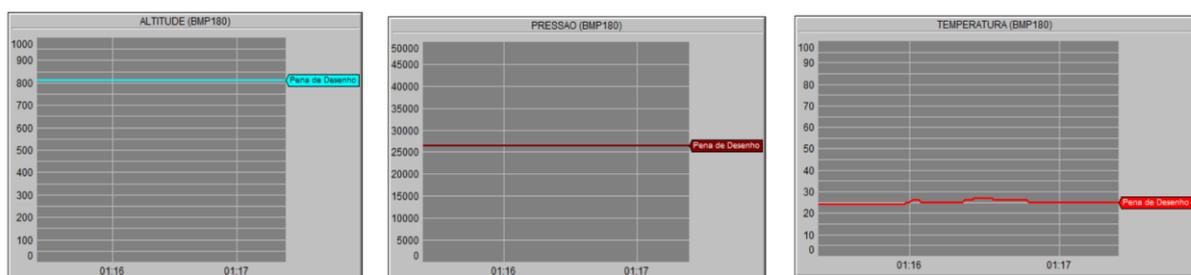
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram confeccionadas três telas de monitoramento em tempo real dos dados mensurados em campo, desta maneira a estação conta com o supervisório local em computador e o aplicativo Bluetooth.

O protótipo desenvolvido recebe as medições de campo processa as informações e envia para o supervisório SCADA. Todo o monitoramento do processo é realizado localmente, que possibilita o monitoramento em tempo real dos dados (atualização de 1 em 1 minutos), o envio diário dos dados medidos e a exportação dos dados em formato de tabelas. Sendo assim, o microcontrolador Arduino UNO R3 comportou-se com um hardware de alto desempenho, contribuindo para o sucesso do protótipo confeccionado, apresentando baixo custo e customização a critério do usuário.

A Figura 2 ilustra os dados fornecidos pelo sensor BMP180 no supervisório confeccionado usando o *software* Elipse SCADA DEMO.

Figura 2– Medições de altitude, pressão atmosférica e temperatura disponibilizada no supervisório Scada.

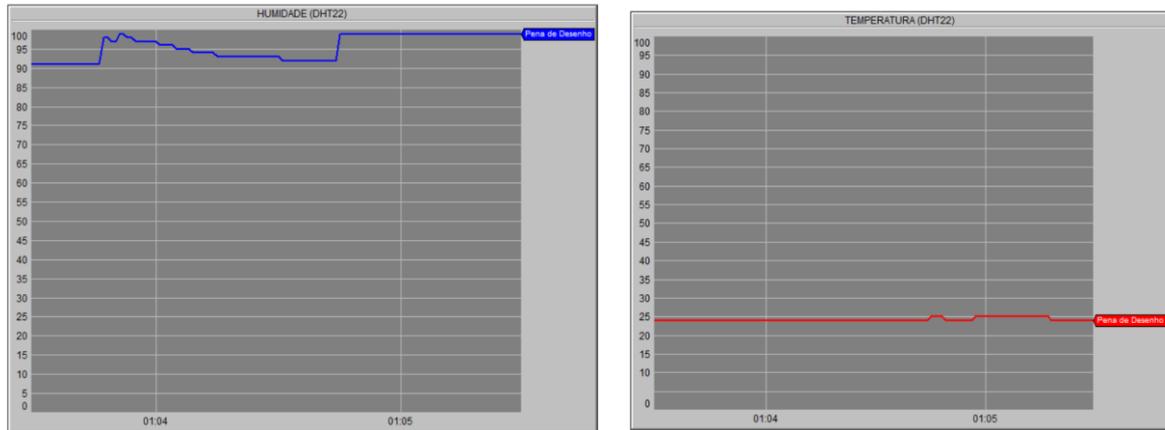


Fonte: Autores, 2019.

Os testes com o sensor DHT22, foram verificados para a coleta da humidade do ar e a temperatura no local onde está instalado a estação. Os testes para verificar das grandezas, foram semelhantes aos testes com o sensor BMP180. A Figura 3 ilustra os dados fornecidos pelo sensor

DHT22 no supervisório confeccionado usando o *software* Elipse SCADA DEMO. Fazendo uma comparação com os dados medidos pelo sensor BMP180 houve pequena diferença na medição da temperatura, em torno de menos 2%.

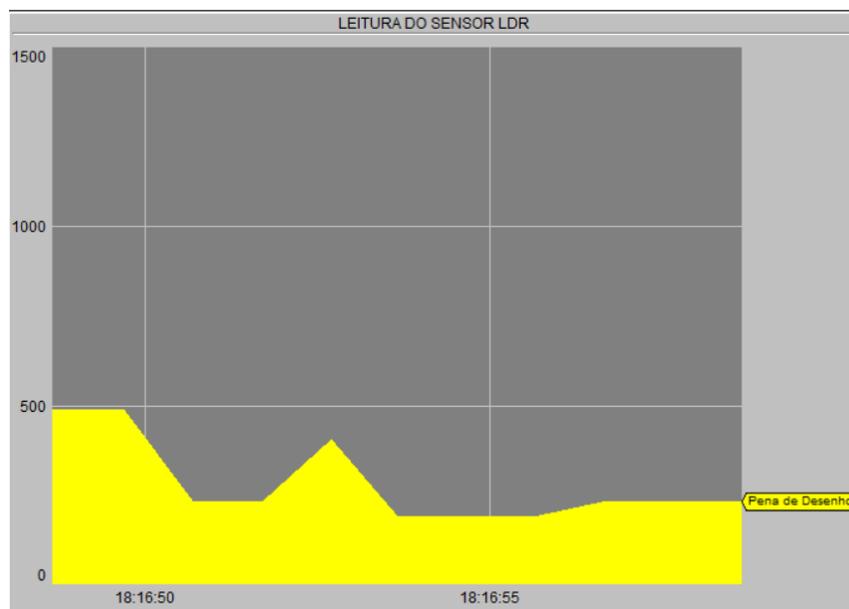
Figura 3– Medições de umidade relativa do ar e temperatura (DHT22) disponibilizada no supervisório Scada.



Fonte: Autores, 2019.

Com o sensor LDR, fomos capazes de adquirir dados relacionados com a iluminação incidente, o sensor dar a medição em Lux, numa variação digital onde 0 é a luz mínima, e 1023 a luz máxima. A Figura 4 ilustra os dados fornecidos pelo sensor LDR no supervisório confeccionado usando o *software* Elipse Scada Demo.

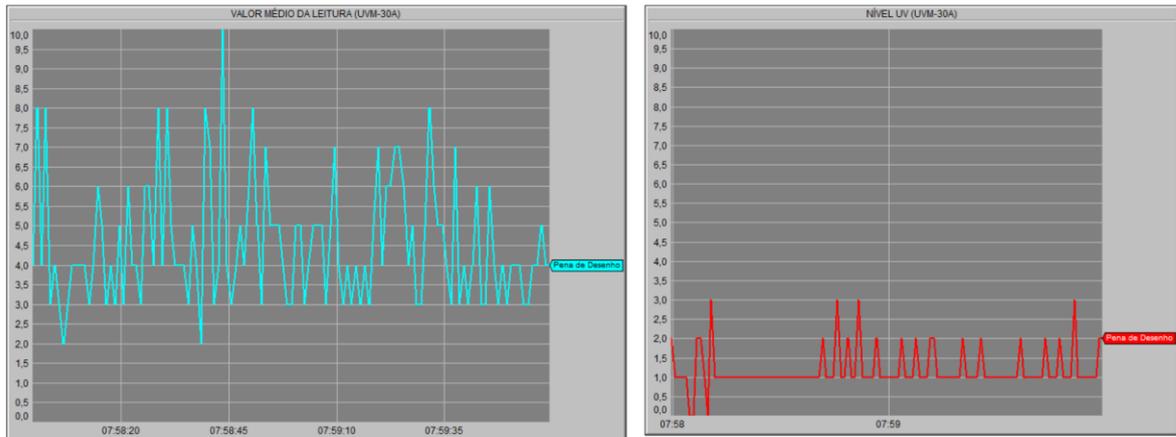
Figura 4– Medições de luminosidade no supervisório Scada.



Fonte: Autores, 2019.

Antes da instalação do sensor UV foi necessário fazer a calibração e o ajuste refinado para coleta de informações corretas, tornando o sensor mais sensível à captação dos raios ultravioletas. A Figura 5 ilustra os dados fornecidos pelo sensor de medição UV no supervisório confeccionado usando o *software* Elipse Scada Demo. As medições ilustradas foram coletadas em dias de baixa incidência solar (período do inverno na cidade de Garanhuns-PE).

Figura 5– Medições de radiação ultravioleta incidente no supervisório SCADA.



Fonte: Autores, 2019.

O sistema de monitoramento mostrou-se confiável e eficiente nas medições, vindo resolver a falta de dados sobre a qualidade do ar disponível para os pesquisadores da cidade de Garanhuns-PE. O *software* Elipse SCADA DEMO é uma versão gratuita e permite o monitoramento local e remoto, permitindo fazer estatísticas em tempo real e o acesso em qualquer lugar do mundo. O diferencial do sistema proposto está na baixo custo, na replicabilidade por outras instituições de ensino e na qualidade das medições.

Além do protótipo desenvolvido, foi confeccionado um guia descrevendo o passo-a-passo da programação e ligação dos sensores ao microcontrolador para uso por outros alunos e /ou Instituições de Ensino, o guia está disponível na página eletrônica do Orientador do Trabalho.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estação de monitoramento de parâmetros da qualidade do ar construída e validada apresentou baixo custo, dados confiáveis e precisão nas medições; sendo uma ferramenta didática de apoio às aulas de Instrumentação, bem como pode ser usado para auxiliar moradores de cidades com alta poluição atmosférica. O diferencial do produto está na supervisão local e remota dos dados medidos. Com o uso combinado dos sensores usados nos experimentos é possível fazer o monitoramento dos dados climáticos de forma satisfatória. O sistema apresentou um custo baixo em relação aos similares comerciais, apresentando boa precisão e robustez. O uso da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino se mostra versátil para o desenvolvimento de equipamentos para uso acadêmico e residencial com elevada resposta dos sensores e velocidade de processamento.

Como trabalhos futuros sugere-se: (a) Construção de um banco de dados MySQL para armazenamento de uma base de dados complexa; (b) Ampliação das variáveis medidas na estação de monitoramento; (c) Instalação de um datalogger localmente para armazenamento dos dados; (d) desenvolvimento de servidor Web para monitoramento remoto dos dados.

### *Agradecimentos*

Ao Instituto Federal do Pernambuco Campus Garanhuns.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### *Artigos de periódicos:*

QUINTANILHA, Lilian. O universo das emissões atmosféricas e a atuação do setor industrial. **Revista Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, volume 2, Agosto de 2009.

LIMA, Fernanda S.; ANTUNES JÚNIOR, Adalício U.; ARAÚJO, Maria I. do Bú; ANDRADE, M. R. A. Utilização do monóxido de carbono como indicador da qualidade do ar na Universidade Federal de Campina Grande. **Blucher Chemistry Proceedings**, nº1, volume 3, Novembro de 2015.

### *Trabalhos em eventos*

SANTOS, Maria C. G.; WILLERS, Camila D.; CYPRIANO, Jéssica A.; Albuquerque, Roberta R.; Aragão, Isabela S. Panorama sobre estudos realizados com a temática poluição atmosférica na base de dados SciELO. In: **5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente**, Bento Gonçalves, Brasil, 2016.

### *Internet:*

Arduino – **Download the Arduino IDE**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/main/software>. Acesso em: 05/05/2019.

Eclipse Scada DEMO – **Download the software Elipse Scada**. Disponível em: <https://www.elipse.com.br/downloads/?cat=69&key=&language=ptbr>. Acesso em: 08/05/2019.

INSTITUTODIGITAL. Sensor de Luz Ultravioleta UV ML8511. 2016. Disponível em: <http://www.institutodigital.com.br/pd-662676-sensor-de-luz-ultravioleta-uv-ml8511.html>. Acesso em: 07/05/2019.

USINAINFO. Sensor Detector de Poeira e Fumaça - DSM501A. 2016. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-detector-de-poeira-e-fumaca-dsm501a-3106.html>. Acesso em: 06/05/2019.

## AIR QUALITY MONITORING STATION LOW COST

**Abstract:** *Practical experience is a key component of the educational process. In addition, it is very enriching for the training of a professional in the electrical area to be exposed to as many industrial scenarios as possible. In this context, the objective of this work is to present the assembly of a low cost air quality monitoring station designed and assembled by students of the 3rd period of the Bachelor in Electrical Engineering. The methodology consists of the steps: (A) project definition, (B) drawing up the list of material (C) purchase of material, (D) simulation and assembly of the product (prototype), (E) evaluation tests. The hardware and software architecture was set up in the Automation and Control Laboratory of IFPE - Campus Garanhuns and the tests done in the measurement of the air quality in Campus located in the City of Garanhuns-PE. The experimental results demonstrate the efficiency of Version 01 of the prototype, demanding improvements to Version 02, with for example the incorporation of the larger number of sensors, however complied with the awakening the student requirements for involvement in research and development of products during the Degree.*

**Key words:** *Air quality. Low cost. Local supervision. Instrumentation.*