

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS GUARAPUAVA
CURSO DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS PARA INTERNET

THIAGO FERREIRA DE ALMEIDA

**DIOXIDUINO: UMA PLATAFORMA PARA O MONITORAMENTO
DA EMISSÃO DE CO₂ EM AMBIENTES INTERNOS**

PROJETO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GUARAPUAVA

2015

THIAGO FERREIRA DE ALMEIDA

**DIOXIDUINO: UMA PLATAFORMA PARA O MONITORAMENTO
DA EMISSÃO DE CO₂ EM AMBIENTES INTERNOS**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas para Internet - TSI - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Câmpus Guarapuava, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas para Internet.

Orientador: Prof. Me. Paulo Henrique Soares

GUARAPUAVA

2015

Ata de Defesa

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – TCC

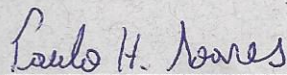
No dia 1 de dezembro de 2015, às 17:00 horas, nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Guarapuava, ocorreu a banca de defesa de Trabalho de Conclusão de Curso intitulada: **“Plataforma de Monitoramento de Emissão de CO2 em Ambientes Internos Fechados”** da acadêmico **Thiago Ferreira De Almeida** sob orientação do professor Me. Paulo Henrique Soares do Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet.

A banca foi composta pelos professores:

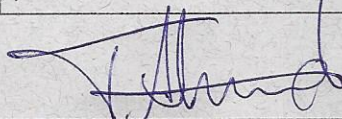
Membros	Nome
Orientador	Prof. Me. Paulo Henrique Soares
Avaliador 1	Prof. Dr. Luciano Ogiboski
Avaliador 2	Prof. Esp. Maurício Barfknecht

Situação do Trabalho

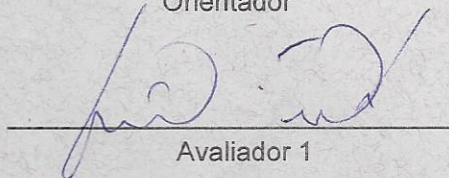
Situação	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Aprovado com ressalvas <input type="checkbox"/> Reprovado <input type="checkbox"/> Não Compareceu
Encaminhamento do trabalho para biblioteca	<input checked="" type="checkbox"/> Pode ser encaminhado para biblioteca. <input type="checkbox"/> Manter sigilo para publicação ou geração de patente.



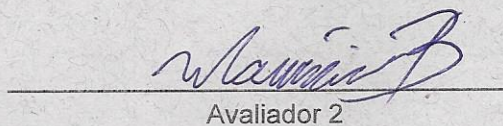
Orientador



Orientando



Avaliador 1



Avaliador 2

Guarapuava, 1 de dezembro de 2015.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sua Graça e Misericórdia sobre minha vida.

Ao meu orientador Professor Paulo Soares, e a todos os professores que contribuíram para que esse projeto fosse escrito, sem eles nada disso seria possível.

Aos meus sempre fieis amigos Ricardo Werzel, Daniel Kin, Gustavo Duarte e Hermano Pereira, por todo apoio e ajuda que me deram.

A minha família por ser tão compreensiva e entender a minha ausência durante a escrita desse projeto. Amo vocês demais!

E por fim, a todos aqueles que fizeram parte da minha vida acadêmica. Muito obrigado!

RESUMO

ALMEIDA, Thiago. DIOXIDUINO: Uma Plataforma para o Monitoramento da Emissão de CO₂ em Ambientes Internos. 45 f. Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2015.

Com o desenvolvimento social e a urbanização, o ser humano passou a ficar mais tempo em locais fechados. Muitas vezes esses ambientes não são lugares adequados para ficar por um longo de tempo. Por conta disto, o projeto tem como foco o desenvolvimento de uma plataforma para monitoramento da qualidade do ar (ambiente interno), através dos dados de CO₂, temperatura e umidade obtidos no ambiente. Para a coleta dos dados foi utilizado uma plataforma de prototipagem eletrônica chamada Arduino, juntamente com um sensor MG811, o qual mede o nível de CO₂ ao seu redor. Após a coleta dos dados foi avaliado como a relação do CO₂ presente no ambiente pode afetar a saúde do ser humano.

Palavras-chave: Arduino, Qualidade do Ar, Dióxido de Carbono, Código Aberto

ABSTRACT

ALMEIDA, Thiago. DIOXIDUINO: An Platform for Monitoring CO2 Emission in Internal Environments. 45 f. Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2015.

With the social development and urbanization, human being has began to spend more time indoors. These environment are not suitable places to stay for a long period of time. Because of this, the project focuses on developing a platform for monitoring air quality (indoor environment), through CO2, temperature and humidity data obtained in the environment. To collect the data it was used an electronic prototyping platform called Arduino, along with MG811 sensor, which is used to collect CO2 data. After collecting data it was evaluated how CO2 levels in the environment may affect human health.

Keywords: Arduino, Air Quality, Carbon Dioxide, Open Source

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Poluentes Atmosféricos	12
Figura 2	– Concentração de CO2 na Atmosfera	13
Figura 3	– Efeitos de diversos níveis de CO2	13
Figura 4	– Placa Arduino Uno Rev3	15
Figura 5	– Ethernet Shield W5100	16
Figura 6	– Sensor de CO2 MG-811	17
Figura 7	– Sensor de Temperatura e Umidade DHT11	17
Figura 8	– Fritzing	18
Figura 9	– Arduino Software (IDE)	19
Figura 10	– Ranking das linguagem de programação Junho/2015	20
Figura 11	– Ranking dos SGBDs Junho/2015	21
Figura 12	– Mobile Sensing Box	22
Figura 13	– Personal Sensing Device	22
Figura 14	– Diagrama de sistema de fluxo de dados	23
Figura 15	– Distribuição de CO2 conforme localização	24
Figura 16	– Autopilot Desktop CO2 Monitor	26
Figura 17	– cSense CO2 + RH/T Monitor	27
Figura 18	– Mini CO2 Monitor	27
Figura 19	– Esquema Fritzing display LCD	28
Figura 20	– Esquema Fritzing DHT11	29
Figura 21	– Esquema Fritzing MG-811	30
Figura 22	– Esquema Fritzing completo da plataforma	30
Figura 23	– Fluxo de dados da plataforma	31
Figura 24	– Inclusão e definição iniciais do algoritmo	32
Figura 25	– Declaração do método setup()	33
Figura 26	– Declaração da primeira parte do método loop()	34
Figura 27	– Declaração da segunda parte do método loop()	35
Figura 28	– Declaração da terceira parte do método loop()	36
Figura 29	– Escrita dos dados no display	36
Figura 30	– Página php responsável pelo armazenamento dos dados no banco	37
Figura 31	– Temperatura no ambiente	39
Figura 32	– Umidade no ambiente	39
Figura 33	– CO2 no ambiente	40

LISTA DE SIGLAS

PPM	Parte por milhão
WMO	World Meteorological Organization
PWD	Pulse Width Modulation
ICSP	In-Circuit Serial Programming
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
IDE	Integrated Development Environment
PHP	Hypertext Preprocessor
SQL	Structured Query Language
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
CONIC	Congresso Nacional de Iniciação Científica
SEMESP	Sindicato das Mantenedoras de Ensino Superior
MSB	Mobile Sensing Box
PSD	Personal Sensing Device
CO ₂	Dióxido de Carbono
USB	Universal Serial Bus
LCD	Liquid Crystal Display
MAC	Media Access Control
IP	Internet Protocol
URL	Uniform Resource Locator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS	10
1.1.1	Objetivo Geral	10
1.1.2	Objetivos Específicos	10
2	REFERENCIAL LITERÁRIO	11
2.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1.1	Poluição do Ar	11
2.1.1.1	Dióxido de Carbono	12
2.1.1.2	Umidade	14
2.1.2	Arduino	15
2.1.2.1	Arduino Uno Rev3	15
2.1.2.2	Ethernet Shield W5100	16
2.1.2.3	Sensor de Dióxido de Carbono MG-811	16
2.1.2.4	Sensor de Temperatura e Umidade DHT11	17
2.1.3	Tecnologias Empregadas	18
2.1.3.1	Fritzing	18
2.1.3.2	Arduino Software	19
2.1.3.3	PHP	19
2.1.3.4	MySQL	20
2.2	ESTADO DA ARTE	21
3	METODOLOGIA	25
4	DESENVOLVIMENTO	26
4.1	DIFERENCIAL TECNOLÓGICO	26
4.2	ESQUEMA FRITZING	28
4.2.1	Display LCD	28
4.2.2	DHT11	29
4.2.3	MG-811	30
4.2.4	Esquema Final	30
4.3	Fluxo de Dados	31
4.4	ALGORITMOS	31
4.4.1	Algoritmo de Captura para a Placa Arduino	32
4.4.2	Lado Servidor	36
5	RESULTADOS	38
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
6.0.3	Contribuições do Trabalho	41
6.0.4	Dificuldades Encontradas	41
6.0.5	Trabalho Futuro	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O homem busca abrigo, proteção e segurança nos ambientes artificiais onde vive. As características atuais das sociedades desenvolvidas e em desenvolvimento fazem com que um elevado número de indivíduos passe a maior parte do seu dia em ambientes fechados. Com o desenvolvimento social e a urbanização, as formas de trabalho sedentárias tomam o lugar do trabalho ao ar livre nas cidades urbanizadas, podendo-se afirmar que passamos a maior parte do tempo em ambientes fechados (QUADROS; AMBIENTAL, 2008).

Numerosos estudos durante o passar dos anos, continuam sugerindo que a maioria das populações estudadas acreditam que os riscos impostos pela inexistência da qualidade do ar em ambientes externos são superiores aos riscos de uma má qualidade do ar interna (JONES, 1999). Porém se levamos esta questão mais a fundo, podemos perceber que essa opinião não leva em consideração o tempo em que se passa em cada um dos ambientes.

O debate sobre qualidade do ar interno não é algo novo, existem publicações do século XIV que já discutiam o assunto e até sugeriam algumas soluções (HAINES; WILSON, 1998), segundo essas publicações a solução para o problema é a ventilação adequada desses ambientes. Anos mais tarde surgiam os sistemas de ar condicionado, porém com o passar do tempo, observou-se que trabalhadores de ambientes internos estariam reclamando da qualidade do ar desses ambientes, com isso estudos revelaram que as concentrações de poluentes nesses ambientes poderiam ser de até 5 vezes maiores que as de ambientes externos (ZHANG, 2004).

Sabendo que ambientes internos podem muitas vezes serem mais poluídos que ambientes externos, esse trabalho propõe o desenvolvimento de uma plataforma utilizando hardware livre para o monitoramento desses ambientes.

O "poluente" em foco do trabalho é o dióxido de carbono, que mesmo sendo essencial para a vida na Terra, pode causar sérios problemas à saúde humana. Por se tratar de um gás incolor e inodoro, torna-se de difícil detecção sem o uso de equipamentos adequados (ECYCLE, 2015).

O grande número de horas que as pessoas passam em ambientes internos e a difícil

detecção do dióxido de carbono, são uma justificativa social para a realização desse trabalho.

1.1 OBJETIVOS

Nesta seção estão descritos os objetivos para a realização desse projeto.

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse projeto consiste em desenvolver uma plataforma utilizando *open hardware*, para o monitoramento da emissão de CO₂ em um determinado ambiente interno.

1.1.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos desse trabalho:

- Fazer integração da plataforma Arduino com o sensor MG811 e DHT11;
- Desenvolver algoritmo para capturar a presença de CO₂ no ambiente;
- Realizar testes da plataforma em no mínimo dois locais distintos;
- Salvar dados em uma base de dados;
- Enviar dados para um servidor.

2 REFERENCIAL LITERÁRIO

Nesse capítulo são abordados a fundamentação teórica (Seção 2.1), onde é proposto conceitos fundamentais para a resolução do problema, juntamente com o estado da arte (Seção 2.2) onde é descrito o que já foi feito, dito e discutido a respeito do tema.

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nessa seção está detalhado o referencial teórico que toma por base a importância do estudo sobre a poluição (Seção 2.1.1), a plataforma Arduino e os componentes utilizados para a elaboração do projeto (Seção 2.1.2) e, por fim, as tecnologias empregadas para o funcionamento da plataforma (Seção 2.1.3).

2.1.1 Poluição do Ar

Com o desenvolvimento dos grandes centros urbanos e o consumo cada vez mais exagerado, os humanos são os grandes responsáveis por tornar o mundo cada dia mais poluído. O ar poluído pode causar sérios problemas tanto para o homem como para os demais seres vivos, respirar um ar poluído é impróprio e nocivo. Esta poluição pode ser definida como a presença de substâncias geradas por humanos ou pela própria natureza, essas substâncias podem colocar em risco a qualidade de vida de todos os seres vivos (SANTOS, 2011).

Desde a revolução industrial que aconteceu na Europa nos séculos XVIII e XIX (HISTÓRIA, 2012), a poluição começou a crescer, mas foi no começo do século XX que se intensificou com o crescimento de indústrias automobilísticas, porém como citado antes a poluição do ar pode ocorrer por causas naturais também, um exemplo disto seria os vulcões (SANTOS, 2011).

Através da Figura 1, podemos identificar os principais agentes poluidores do ar. Nesta figura é importante destacar a presença do Dióxido de Carbono (parte do objeto de estudo deste projeto) e do Monóxido de Carbono, que por meio de processos naturais do ambiente

POLUENTES ATMOSFÉRICOS		
Poluentes primários	Efeitos	Emissão
Material particulado – Poeira, fumaça.	Podem causar nos seres humanos dificuldades respiratórias, irritação, asma e bronquite.	Queima de combustíveis, tempestades de areia e chaminés de indústrias.
Monóxido de carbono (CO)	Apresenta grande toxicidade para os seres humanos, causando a redução da oxigenação do sangue e afetando o sistema nervoso.	Queima de combustíveis fósseis e incêndios.
Dióxido de carbono (CO ₂)	Acentua o efeito estufa.	Queima de combustíveis fósseis e respiração de seres vivos.
Dióxido de enxofre (SO ₂)	Provoca doenças cardiovasculares e respiratórias.	Queima de combustível que possui enxofre, como o óleo diesel e a gasolina.
Óxidos de nitrogênio (NO _x)	Provocam danos ao sistema respiratório.	Queima de combustíveis fósseis e liberação por vulcões e queimadas.

Figura 1: Poluentes Atmosféricos

Fonte: <http://www.mundoeducacao.com/biologia/agentes-poluidores-ar.htm>

é eventualmente oxidado para Dióxido de Carbono (WHITE et al., 1989), o que nos leva a próxima seção desse trabalho.

2.1.1.1 Dióxido de Carbono

O Dióxido de Carbono, também conhecido como gás carbônico, é um composto químico formado por dois átomos de oxigênio e um átomo de carbono, é representado pela fórmula química CO₂. Expelido naturalmente como subproduto da respiração humana, o CO₂ é um elemento incolor, inodoro e essencial para a vida na Terra. A concentração típica do CO₂ em um ambiente interno varia entre 700 a 2,000 PPM (GIODA, 2003).

A Organização Meteorológica Mundial (WMO), registrou que em 2012 e 2013, ocorreu o maior aumento entre os anos na concentração de CO₂ na atmosfera desde 1984, chegando a cerca de 399 ppm¹, mais de 6 ppm a mais que o ano anterior (WMO, 2014). Em maio de 2015 cientistas do governo dos Estados Unidos indicaram que a concentração de CO₂ na atmosfera já era superior a 400 partes por milhão (PRESSE, 2015), como podemos visualizar na Figura 2, um gráfico montado pelo site *CO2 Now* que mostra o avanço da concentração de CO₂ na atmosfera durante os anos.

O CO₂ é considerado um asfixiante, que atua no sistema respiratório. Entretanto, para que o gás atue de tal forma é necessária a exposição a concentrações extremamente altas, superi-

¹Neste contexto, significa que a cada 1 milhão de moléculas na atmosfera, 399 são de dióxido de carbono.

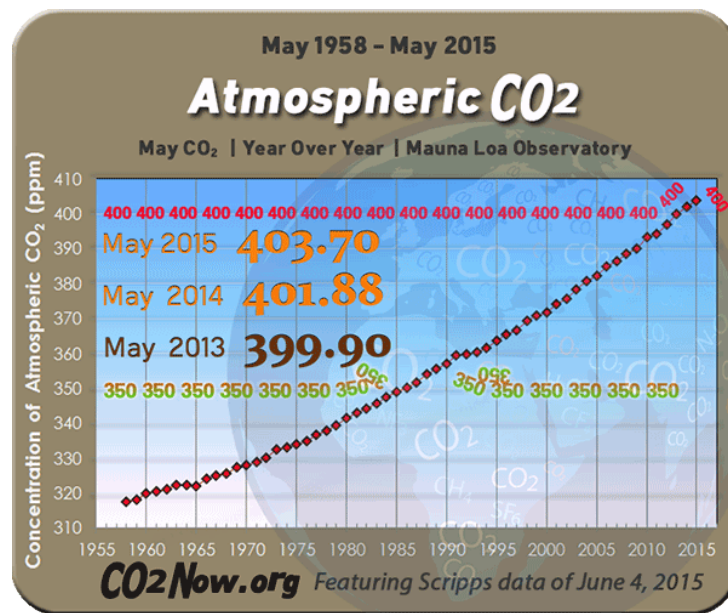


Figura 2: Concentração de CO₂ na Atmosfera

Fonte: <http://co2now.org>

ores a 30,000 ppm, para que possa causar danos significativos a saúde humana (JONES, 1999), podendo acarretar em vômitos, náuseas, irritações nas vias aéreas, tontura e até mesmo a morte (FUNHEN, 2015). Mesmo o CO₂ sendo mais perigoso se encontrado em altas concentrações, não significa que abaixo desses valores se torne inofensivo, em concentrações moderadas pode causar desconforto, como se o ambiente estivesse "abafado", redução no nível de concentração e sensação de cansaço (ONLINE, 2007). Na Figura 3, é possível identificar os efeitos dos diversos níveis de CO₂ na atmosfera de um ambiente interno.

Efeitos de diversos níveis de CO ₂	
CONCENTRAÇÃO	EFEITO
350 a 450 ppm	Concentração típica na atmosfera
600 a 800 ppm	Qualidade aceitável para o ar interno
1.000 ppm	Qualidade tolerável para o ar interno
5.000 ppm	Limite médio de exposição por período de 8 horas
6.000 ppm a 30.000 ppm	Preocupante, somente exposição rápida
3 a 8%	Aumento na taxa de respiração, dor de cabeça
> 10%	Náuseas, vômitos, inconsciência
> 20%	Inconsciência rápida, morte

Figura 3: Efeitos de diversos níveis de CO₂

Fonte: <http://www.vaisala.com/Vaisala>

2.1.1.2 Umidade

Em termos simplificados a umidade é a quantidade de água em forma de vapor que existe na atmosfera no momento, levando em consideração o total máximo que pode existir considerando a temperatura do ambiente (HAINES; WILSON, 1998).

A umidade do ar tende a ficar mais baixa principalmente no final do inverno e início da primavera, no período da tarde, entre 12 e 16 horas. A umidade pode aumentar devido a alguns fatores naturais, como por exemplo sempre que chove devido à evaporação que ocorre posteriormente e quanto a temperatura diminui (processo que gera o orvalho) (CEPAGRI, 2009).

Alguns cuidados precisam ser tomados com a umidade também, por isso esse projeto conta com um sensor específico para cuidar da captura do nível de umidade do ambiente. Na lista abaixo feita pelo CEPAGRI da Unicamp é possível identificar os níveis e os cuidados que precisam serem tomados quando a umidade está baixa.

Entre 20% e 30% - Estado de atenção

- Umidificar o ambiente através de vaporizadores, toalhas molhadas, recipientes com água, molhamento de jardins etc;
- Consumir água à vontade;
- Sempre que possível permanecer em locais protegidos do sol, em áreas vegetadas etc.

Entre 12% e 20% - Estado de alerta

- Evitar aglomerações em ambientes fechados;
- Observar as recomendações do estado de atenção;
- Usar soro fisiológico para olhos e narinas.

Abaixo de 12% - Estado de emergência

- Observar as recomendações para os estados de atenção e de alerta;
- Determinar a suspensão de atividades que exijam aglomerações de pessoas em recintos fechados como aulas, cinemas etc entre 10 e 16 horas;
- Durante as tardes, manter com umidade os ambientes internos, principalmente quarto de crianças, hospitais etc.

2.1.2 Arduino

A placa Arduino é um projeto italiano iniciado em 2005 por um grupo de desenvolvedores do finado *Interaction Design Institute Ivrea*, que tinha primeiramente propósito educacional, que reduzisse os custos dos alunos referente ao aprendizado de hardware. É utilizada como uma plataforma de prototipagem eletrônica *open source*, isso tornou o desenvolvimento robótico acessível a todos (CIRCUITSTODAY, 2015).

O sucesso da placa foi tão grande que vendeu mais de 50 milhões, em 2010 ganhou um documentário² produzido pela *LABoral Centro de Arte y Creación Industrial*, falando sobre como o projeto teve início (TECHTUDO, 2013).

Os componentes necessários para a realização do trabalho estão detalhando nas subseções a seguir.

2.1.2.1 Arduino Uno Rev3

O Arduino Uno Rev3 é uma placa de microcontrolador baseado no chip ATmega328, possui 14 pinos de entrada/saída digital, dentre estas 6 podem ser usadas como saídas PWD, 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16MHz, uma entrada de alimentação, uma conexão ICSP, uma conexão USB e um botão de reset. Para utilizá-lo basta conectar em um computador utilizando a entrada USB ou alimentá-lo com uma fonte (ARDUINO, 2015). Representado pela Figura 4.

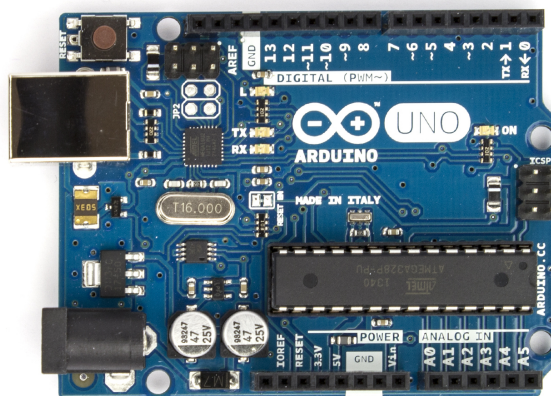


Figura 4: Placa Arduino Uno Rev3

Fonte: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

A escolha do Arduino Uno para o desenvolvimento do trabalho, se da por conta do

²Arduino The Documentary, hospedado em <https://vimeo.com/18539129>

baixo custo e disponibilidade no mercado, como se trata de uma plataforma *open source*, possui uma comunidade bastante grande e disposta a ajudar, tornando o desenvolvimento de aplicações utilizando a plataforma mais fácil.

2.1.2.2 Ethernet Shield W5100

A placa *Ethernet Shield* é um componente que permite que o arduino se conecte à uma rede local ou à internet, baseado no chip *WIZnet Ethernet W5100*, que fornece acesso a rede nos protocolos TCP e UDP, acompanha um slot micro-SD que pode servir para armazenar dados e suporta até quatro conexões. Para utilizá-la é preciso usar as bibliotecas *Ethernet Libray* e *SD Library* (ROBOKITS, 2015). Representado pela Figura 5.

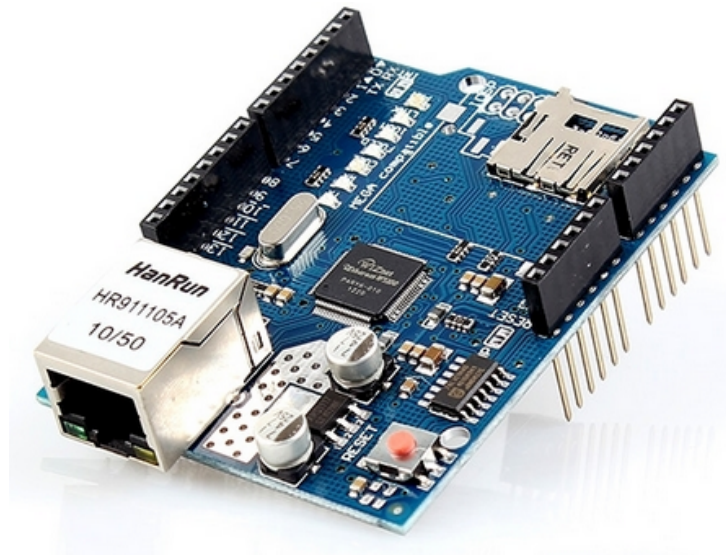


Figura 5: Ethernet Shield W5100

Fonte: <http://blog.filipeflop.com/arduino/tutorial-ethernet-shield-w5100.html>

A placa *Ethernet Shield* escolhida para o desenvolvimento do trabalho a W5100, não é de fabricação da própria Arduino, é foi escolhida principalmente pelo baixo custo, bastante significativo quando comparado a placa produzida pela Arduino, chegando a \$ 50 dólares de diferença.

2.1.2.3 Sensor de Dióxido de Carbono MG-811

O MG-811 é um sensor de CO₂ que consegue detectar de 0 a 10,000 ppm de CO₂, com um tempo de resposta de até 60 segundos. O sensor funciona através de uma reação química que ocorre quando o dióxido de carbono passa pelo sensor. Na primeira vez que o sensor é ligado ele começa a aquecer, isto leva em torno de 30 a 60 segundos, até que se estabilize. Uma vez

estabilizado, o sensor está pronto para detectar a presença do CO₂. Com a entrada de dados a tensão do sensor irá cair rapidamente, é através desta queda de tensão que se detecta a presença do CO₂ (PAPENMEIER, 2013).



Figura 6: Sensor de CO₂ MG-811

Fonte: <http://www.cutedigi.com/images/CO2-SEN-1.jpg>

Atualmente no mercado não existem muitos sensores de CO₂, também não são componentes muito fáceis de se encontrar. Dentre os poucos disponíveis o MG-811 é o que possui o mais baixo custo, uma vez que o produzido pela CO₂ Meter³ varia de \$ 85 a \$ 225 dólares.

2.1.2.4 Sensor de Temperatura e Umidade DHT11

O sensor DHT11 é um sensor de temperatura e umidade, que possibilita medir temperaturas de 0 a 50 graus Celsius e umidade na faixa de 20% a 90% (D-ROBOTICS, 2010), não é um sensor extremamente preciso, porém suficiente para o desenvolvimento do projeto. Possui uma precisão de 2 graus e 5% de umidade.

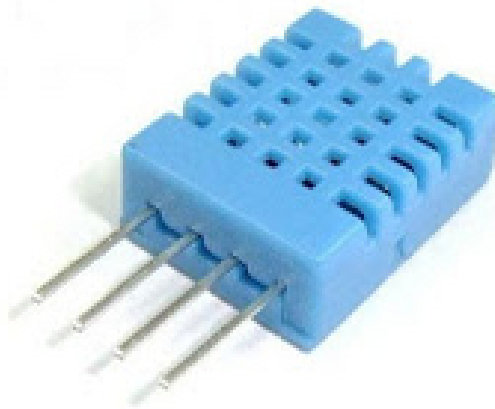


Figura 7: Sensor de Temperatura e Umidade DHT11

Fonte: <http://www.arduinoecia.com.br/2013/05/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11.html>

³Site oficial: www.co2meter.com

2.1.3 Tecnologias Empregadas

Essa seção está descrito as tecnologias necessárias para a interligação dos componentes referenciados na Subseção 2.1.2 e o desenvolvimento da plataforma para monitoramento da qualidade do ar Dioxiduino.

2.1.3.1 Fritzing

Fritzing é um *software* que serve para a criação de protótipos de circuitos elétricos, é uma plataforma gratuita, que apoia a iniciativa de *hardware* livre (FRITZING, 2015). A empresa desenvolvedora do *software* ainda fornece um site onde a comunidade pode interagir, compartilhando entre si projetos. Imagem do ambiente gráfico do *software* pode ser conferida na Figura 8.

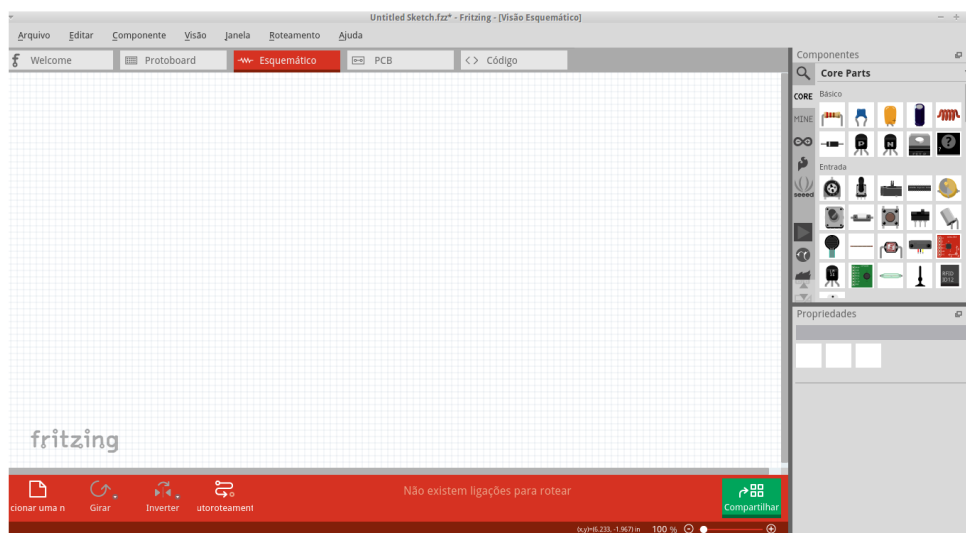


Figura 8: Fritzing

Fonte: O Autor

Embora o *software* pareça simples, funcionando no sistema de clicar e arrasta, ela exige um certo grau de conhecimento técnico para a composição dos itens de maneira correta. Atualmente o software está em versão Beta, tendo a ultima versão (0.9.2b) sendo liberada em abril de 2015. O software possui interface em português e roda nos sistemas Linux (32 bit e 64 bit), Microsoft Windows (32 bit e 64 bit) e Mac OS X 10.5 ou superior.

Com o software é possível visualizar o protótipo da plataforma desenvolvida nesse projeto, mais detalhes são encontrados no capítulo 4.

2.1.3.2 Arduino Software

O *Arduino Software* é uma IDE de código aberto, é baseado em processamento e outros *softwares* de código aberto, que pode ser utilizado em qualquer placa arduino (ARDUINO, 2015). Ela é escrita em Java, o que a torna possível de ser rodada em qualquer sistema operacional, desde que o Java esteja instalado. Ambiente gráfico mostrado na Figura 9.

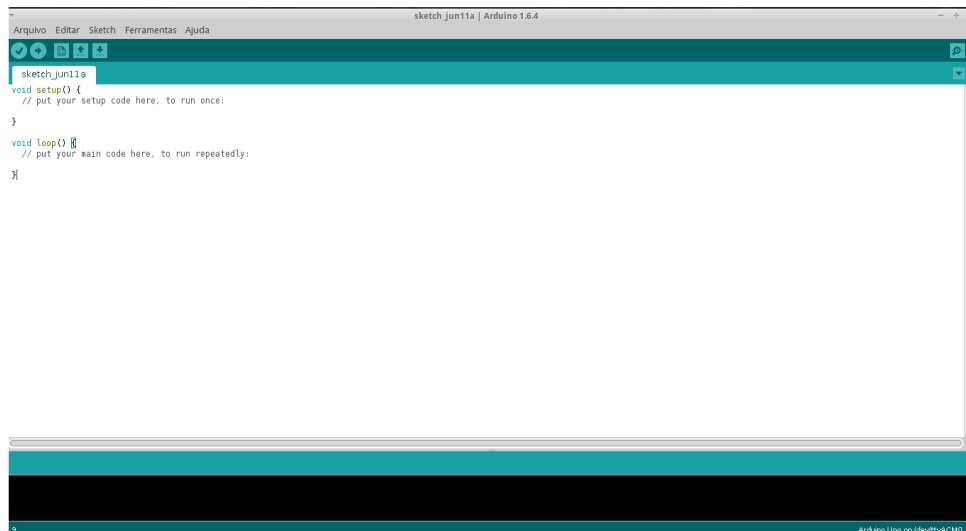


Figura 9: Arduino Software (IDE)

Fonte: O Autor

A linguagem de programação utilizada pelo Arduino é uma implementação do *Wiring*, uma plataforma computacional física semelhante, que é baseada no ambiente multimídia de programação Processing (MELLO, 2010). A IDE permite a criação de *sketches*, e quando pressionado o botão de *upload*, o código escrito é traduzido para a linguagem C, que então é transmitido para o compilador que traduz para uma linguagem a qual pode ser compreendida pelo microcontrolador (SOUZA, 2013). Feito o *upload* a placa arduino não precisa mais do computador para executar o código escrito, desde que seja ligado a uma fonte de energia.

2.1.3.3 PHP

O PHP, é uma linguagem de programação interpretada, criada por Ramus Lerdorf em 1995. Foi originalmente desenvolvida para deixar a navegação de páginas mais dinâmica, é uma linguagem que trabalha do lado servidor. O PHP é uma linguagem *open-source*, mantida pela organização chamada The PHP Group (PHP, 2015).

Segundo pesquisas feitas nos principais fóruns e repositórios de código, o PHP atualmente é a 8ª linguagem de programação mais utilizada no mundo, sendo a 5ª em desenvolvimento web (TIOBE, 2015). Na da Figura 10 está o *ranking* das 10 primeiras.

Jun 2015	Jun 2014	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	2	▲	Java	17.822%	+1.71%
2	1	▼	C	16.788%	+0.60%
3	4	▲	C++	7.756%	+1.33%
4	5	▲	C#	5.056%	+1.11%
5	3	▼	Objective-C	4.339%	-6.60%
6	8	▲	Python	3.999%	+1.29%
7	10	▲	Visual Basic .NET	3.168%	+1.25%
8	7	▼	PHP	2.868%	+0.02%
9	9		JavaScript	2.295%	+0.30%
10	17	▲▲	Delphi/Object Pascal	1.869%	+1.04%

Figura 10: Ranking das linguagem de programação Junho/2015

Fonte: <http://www.tiobe.com/index.php/content/paperinfo/tpci/index.html>

A escolha do PHP, como linguagem para a salvar os dados no banco e respectivamente enviar os mesmos para a nuvem. Essa escolha se da por conta da facilidade de uso, a velocidade e a enorme comunidade por trás da linguagem, por outro lado o PHP sofre tendo uma documentação incompleta de muito de seus recursos e a compatibilidade de versões pode se tornar um problema pela falta de padronização entre as versões, fazendo com que algumas funcionalidades precisem ser refeitas (FUCTURA, 2013).

2.1.3.4 MySQL

O *MySQL* é um sistema gerenciador de banco de dados relacional, open source que utiliza a linguagem SQL, criada por David Axmark, Allan Larsson e Michael Widenius e em 2008 foi comprado pela *Sun Microsystems*, por cerca de \$ 1 bilhão de dólares, logo no ano seguinte a *Sun* foi comprada pela *Oracle* e o *MySQL* se tornou propriedade da empresa (ORACLE, 2009).

O *MySQL* se tornou um dos maiores SGBD, devido a fácil integração com a linguagem PHP, hoje em dia é difícil encontrar um site de hospedagem que não disponibilize o uso do gerenciador.

Atualmente o *MySQL* é o 2º SGBD mais utilizado no mundo ficando atrás somente do *Oracle*, que por vez detém os direitos do *MySQL* também, conforme a Figura 11 (DBENGINES, 2015).

Entre as principais vantagens do *MySQL*, pode se destacar a estabilidade e excelente desempenho, facilidade de uso, portabilidade, além da vasta compatibilidade com as linguagens de programação. Por ser considerado um gerenciador tão completo, conquistou usuários como:

Rank			DBMS	Database Model	Score		
Jun 2015	May 2015	Jun 2014			Jun 2015	May 2015	Jun 2014
1.	1.	1.	Oracle	Relational DBMS	1466.36	+24.26	-34.56
2.	2.	2.	MySQL	Relational DBMS	1278.36	-15.91	-31.20
3.	3.	3.	Microsoft SQL Server	Relational DBMS	1118.05	-12.98	-105.74
4.	↑ 5.	4.	PostgreSQL	Relational DBMS	280.90	+7.39	+40.92
5.	↓ 4.	5.	MongoDB 📦	Document store	279.05	+1.73	+47.61
6.	6.	6.	DB2	Relational DBMS	198.70	-2.35	+0.67
7.	7.	7.	Microsoft Access	Relational DBMS	146.49	+0.91	+4.13
8.	8.	↑ 9.	Cassandra 📦	Wide column store	108.91	+2.36	+27.06
9.	9.	↓ 8.	SQLite	Relational DBMS	107.97	+2.81	+18.79
10.	10.	↑ 12.	Redis	Key-value store	95.49	+0.76	+30.36

Figura 11: Ranking dos SGBDs Junho/2015

Fonte: <http://db-engines.com/en/ranking>

NASA, HP, Cisco Systems, Dataprev, entre outras (MYSQL, 2015).

Por se tratar de um gerenciador de banco de dados tão poderoso, de fácil uso e livre foi o escolhido para armazenar os dados capturados pelos sensores.

2.2 ESTADO DA ARTE

Desde que a plataforma arduino foi lançada, várias coisas se tornaram possíveis serem construídas, uma dessas coisas são as plataformas para monitoramento da qualidade do ar. Nessa seção serão descritos alguns trabalhos acadêmicos semelhantes ao proposto nesse documento.

Durante o XIV Congresso de iniciação científica, o CONIC-SEMESP, o autor Jaison dos Reis Alves, propõe a construção de uma ferramenta para o monitoramento da qualidade do ar de uma instituição de ensino superior da cidade de Araxá, uma das cidades da mesorregião do Estado de Minas Gerais, através de dados de CO₂, temperatura e umidade. A metodologia empregada pelo autor foi a de coleta dos dados dentro de uma sala de aula, durante todo o dia, com a plataforma arduino sendo movimentada para diversos lugares do ambiente. Os resultados obtidos pelo autor durante o projeto, comprovam um certo grau de poluição atmosférica, e em grande excesso prejudica a saúde dos seres humanos expostos diariamente a ele (ALVES, 2014). A plataforma construída pelo autor conseguiu obter dados bastantes precisos segundo as estatísticas ao final do trabalho, onde o autor afirma que os respectivos dados foram validados com o centro de meteorologia do Uniaraxá, o qual afirmou que a curva de CO₂ está muito parecida com a medida pelo equipamento.

No artigo escrito (DEVARAKONDA et al., 2013) por um grupo de estudantes da Universidade de Rutgers, *Piscataway, New Jersey* são desenvolvidos duas ferramentas, a primeira

uma caixa de sensoriamento móvel, chamada pelos autores de MSB (Figura 12), para controlar a qualidade do ar no interior de um automóvel, a caixa é constituída por um sensor MQ-7 de monóxido de carbono, um de poeira, um GPS e um modem de celular e tudo isso passa a ser alimentado pela bateria do veículo. Foi utilizado um Arduino Mega128 como protótipo de implementação, juntamente com o sensor MQ-7 para captura do monóxido de carbono. O custo da plataforma chegou a cerca de U\$ 700 dólares mais o valor do plano de dados pré-pago de 1,5 gigabytes do modem do celular para a transmissão dos dados. Podemos perceber que o valor do projeto ficou em torno de U\$ 725 dólares.

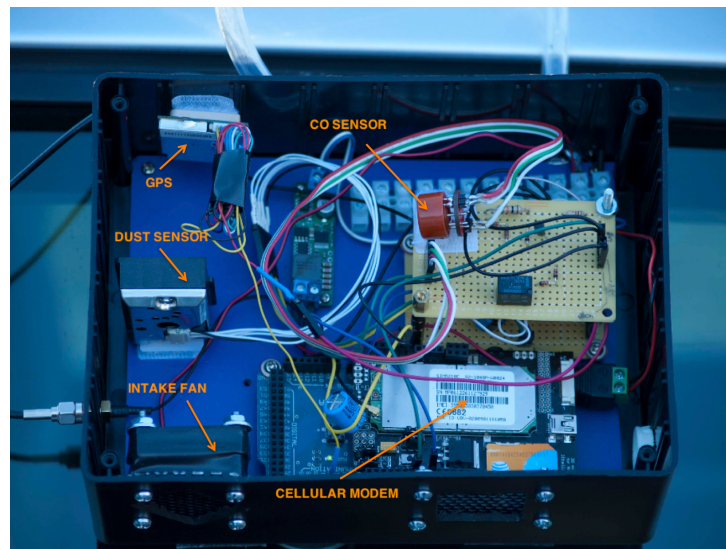


Figura 12: Mobile Sensing Box

Fonte: <http://doi.acm.org/10.1145/2505821.2505834>

A segunda ferramenta implementada pelo grupo é um sensor pessoal, chamado de PSD (Figura 13), é composto por um sensor móvel de qualidade do ar e um *smartphone* usado como repositório central, o custo para desenvolvimento foi de U\$ 400 dólares.



Figura 13: Personal Sensing Device

Fonte: <http://doi.acm.org/10.1145/2505821.2505834>

Ao final dos experimentos realizados pelos estudantes é concluído que as duas aplicações

são viáveis, mostrando ainda que o dispositivo chamado PSD pode ser utilizado convenientemente no interior de um carro e ainda assim produzir dados significativos.

Em 2009 (NARIYA et al., 2009) por um grupo de estudantes da Universidade de Tokio, tendo como principal objetivo aumentar a consciência das pessoas em relação aos perigos do CO₂. O sistema desenvolvido pelos estudantes é composto por um dispositivo de detecção e de um software de navegação. O sistema é portátil e inclui um Arduino, um sensor de CO₂ e um computador portátil (Figura 14). O sensor de CO₂ é embalado em uma caixa de plástico com furos, para detectar a localização de onde o usuário do sistema está, foi utilizada uma tecnologia de núcleo que através de sinal *Wi-Fi*, permite determinar a localização atual, chamada *PlaceEngine*. Carregando esse sistema o usuário pode gravar simultaneamente a concentração de CO₂, levando em consideração o tempo e localização.

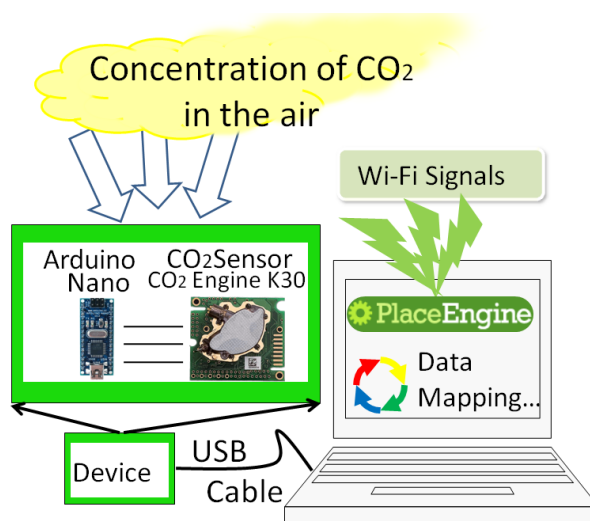


Figura 14: Diagrama de sistema de fluxo de dados

Fonte: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1599396>

Por último foi implementado um software para a visualização dos dados obtidos conforme o tempo e localização. Esse software traça os dados em formato de círculos coloridos no mapa (Figura 15), esses círculos variam de cor indo do azul ao vermelho, sendo a cor azul a valores menores de CO₂ e vermelho a valores mais altos.

Como resultado obtido pelos autores, puderam notar que a concentração de CO₂ nos ambientes testados difere conforme o meio ambiente presente, em ambientes onde a um número de árvores elevado, se obteve baixos níveis de CO₂, já em áreas centrais foram registradas altas concentrações de CO₂. Relatos de alguns dos usuários que testaram o sistema, afirma que o mesmo pode ser utilizado como uma ferramenta que proporciona uma percepção intuitiva da concentração de CO₂ nos ambientes circundantes.

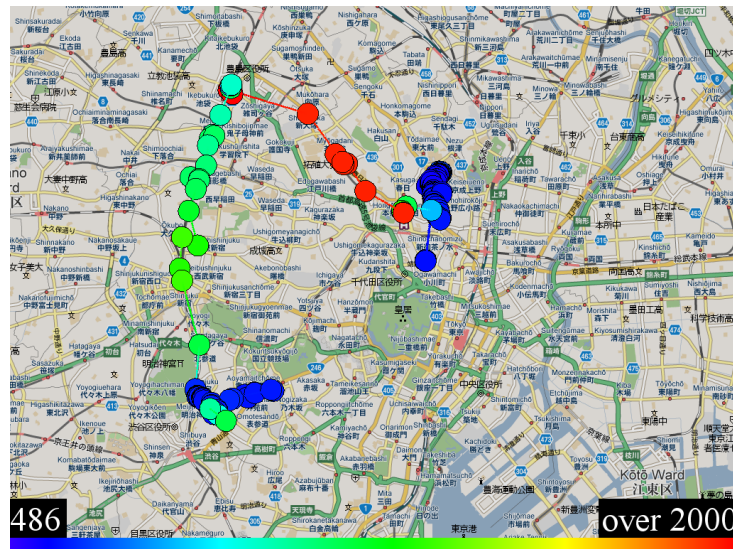


Figura 15: Distribuição de CO2 conforme localização

Fonte: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1599396>

Os três trabalhos descritos nessa seção mostram que o desenvolvimento da plataforma não é apenas possível, como viável e importante para o conscientização a respeito do CO2.

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve os passos no desenvolvimento da plataforma arduino para monitoramento da qualidade do ar. Os passos metodológicos a seguir descritos sugerem como o projeto foi elaborado.

- Estudo das tecnologias: Nessa etapa foi estudado as tecnologias empregadas para a execução e construção do projeto proposto, para isso será preciso compreender o funcionamento da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino em comunicação com o módulo *Ethernet Shield*, do sensor de captura de CO₂ o MG811 e do sensor auxiliar DHT11 de temperatura e umidade, juntamente com a integração da linguagem PHP com o arduino.
- Interligar componentes: Nesta etapa foi interligado a placa arduino com o módulo *Ethernet Shield*, sensores, display LCD e a *protoboard*, conforme esquema detalhado no capítulo 4.
- Desenvolvimento do algoritmo: Juntamente com a interligação dos componentes, através do *software* Arduino IDE foi implementado o algoritmo para captura do nível de CO₂, temperatura e umidade e a exibição dos dados obtidos no display.
- Testes: Em paralelo com o desenvolvimento do algoritmo foi efetuado primeiramente testes básicos, para verificar se os componentes estavam interligados corretamente e em perfeito funcionamento. Os testes foram executados durante vinte e quatro horas nos dias iniciais para verificar a taxa de variação dos dados. Após a conclusão dos testes foi analisado a possibilidade de testes em ambientes reais.
- Preparação dos ambientes: Com a etapa de implementação do algoritmo terminada e os testes iniciais concluídos, foi preciso preparar os ambiente de teste reais para a plataforma, esses serão um apartamento na região central da cidade de Guarapuava e a biblioteca da UTFPR Câmpus Guarapuava.

4 DESENVOLVIMENTO

Nesse capítulo será apresentando o diferencial tecnológico e o desenvolvimento inicial da plataforma de monitoramento da emissão de CO₂ em ambientes internos.

4.1 DIFERENCIAL TECNOLÓGICO

Nessa seção será referenciado o diferencial proposto por esse trabalho em relação a ferramentas já existentes para o monitoramento do CO₂.

Atualmente é possível encontrar no mercado diversas ferramentas que se propõem a monitorar a emissão de CO₂, entre elas estão o *Autopilot Desktop CO2 Monitor* (Figura 16), produzido pela *Hydrofarm*, focado especialmente para o monitoramento em casa de vegetação, sala de hidroponia, e outros lugares onde as plantas precisam de ajuda para crescer bem (HYDROFARM, 2015), o *cSense CO2 + RH/T Monitor* (Figura 17), produzido pela *CO2 Meter*, ferramenta focada em ambientes internos, outro monitor desenvolvido pela *CO2 Meter*¹, porém esse sendo portátil, sendo possível carregar através da USB de um computador ou uma fonte 12VAC, chamado de *Mini CO2 Monitor* (Figura 18).



Figura 16: Autopilot Desktop CO2 Monitor

Fonte: <https://www.hydrofarm.com/p/APCEM>

Conhecendo algumas das ferramentas de monitoramento da emissão de CO₂ disponíveis no mercado, é possível entender melhor a plataforma proposta nesse trabalho. Para a realização desse trabalho será utilizado os seguintes componentes, seguido de seus respectivos valores de

¹ Site oficial: <http://www.co2meter.com>



Figura 17: cSense CO2 + RH/T Monitor

Fonte: <http://www.co2meter.com/products/csense-wallmount-co2-temp-rh-monitor-with-relay>



RAD-0301

Figura 18: Mini CO2 Monitor

Fonte:

<http://www.co2meter.com/collections/data-loggers/products/co2mini-co2-indoor-air-quality-monitor>

aquisição:

- Plataforma de Prototipagem Eletrônica *Arduino Uno Rev 3* - \$ 27,99 dólares;
- Módulo *Ethernet Shield W5100* - \$ 9,18 dólares;
- Sensor de dióxido de carbono MG811 - \$ 46,99 dólares;
- Sensor de temperatura e umidade DHT11 - \$ 3,11 dólares;
- *Protoboard 840* - \$ 3,36 dólares;
- Fios jumper - \$ 2,14 dólares;
- Display LCD do tipo JHD 162A de 16x2 - \$ 3,50 dólares;
- Servidor de internet.

Os recursos para construção da plataforma foram todos de responsabilidade do autor do projeto, tendo um custo total de \$ 96,27 dólares. Sabendo-se como a plataforma é composta,

Tabela 1: Comparação entre plataformas

Plataforma	CO2 Lim.	Temp. Lim.	Umid. Lim.	Preço
Autopilot Desktop CO2 Monitor	0 - 3,000 ppm	0 C - 50 C	20% - 90%	\$ 134
cSense CO2 + RH/T Monitor	0 - 9,999 ppm	-10 C - 60 C	0.1% - 99.9%	\$ 249
Mini CO2 Monitor	0 - 3,000 ppm	0 C - 50 C -	não registra	\$ 109
Plataforma proposta	0 a 10,000 ppm	0 C - 50 C	20% - 90%	\$ 96

através da Tabela 1 é apresentado um comparativo entre as características das ferramentas já existentes e da desenvolvida nesse trabalho.

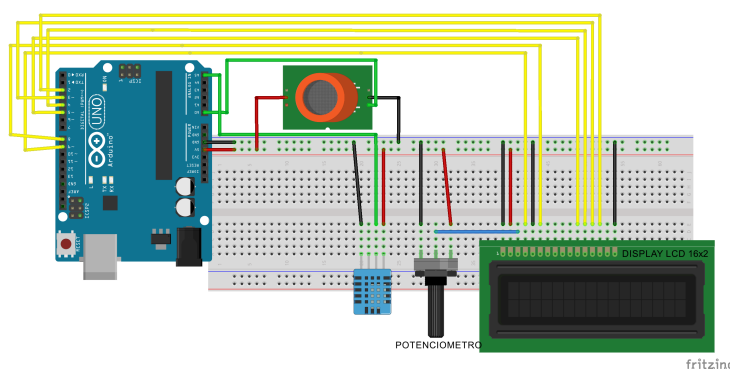
Conforme apresentado na Tabela 1, é possível identificar as vantagens da plataforma proposta em relação as existentes no mercado, tendo o maior diferencial em salvar os dados em nuvem, deixando assim esses dados visíveis a qualquer interessado em saber a qualidade do ar do ambiente onde a plataforma se encontra.

4.2 ESQUEMA FRITZING

Nessa seção é detalhado um esquema montado através do software Fritzing, de como os componentes serão ligados a placa arduino. Dois componentes foram substituídos, o Módulo *Ethernet Shield* por um *Arduino Uno Rev3* e o sensor MG-811 por um sensor de gás MQ-3, pois ambos os componentes ainda não estão disponíveis para prototipagem no software.

4.2.1 Display LCD

Primeiramente está detalhado como será ligado o display LCD a placa arduino. A relação de itens vai da esquerda para a direita (Figura 19).

**Figura 19: Esquema Fritzing display LCD**

Fonte: <http://www.comofazerascosas.com.br/projeto-arduino-com-display-lcd.html>

- Pino 1 do LCD ligado ao GND do arduino;
- Pino 2 do LCD ligado ao 5V do arduino;
- Pino 3 do LCD ligado ao pino central do potenciômetro;
- Pino 4 do LCD ligado ao pino digital 9 do arduino;
- Pino 5 do LCD ligado ao GND do arduino;
- Pino 6 do LCD ligado ao pino digital 8 do arduino;
- Pino 11 do LCD ligado ao pino digital 5 do arduino;
- Pino 12 do LCD ligado ao pino digital 4 do arduino;
- Pino 13 do LCD ligado ao pino digital 3 do arduino;
- Pino 14 do LCD ligado ao pino digital 2 do arduino;
- Pino 16 do LCD ligado ao GND do arduino.

4.2.2 DHT11

Ligação do sensor de temperatura e umidade DHT11 a placa arduino, da esquerda para a direita (Figura 20).

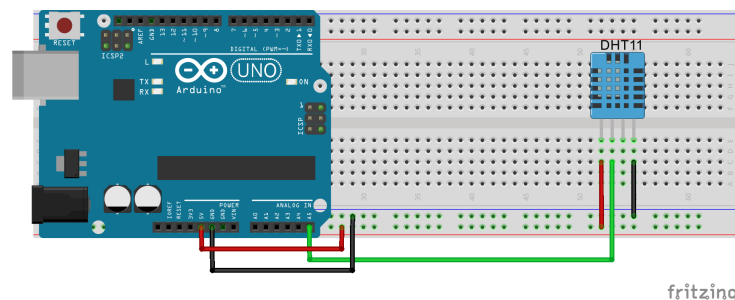


Figura 20: Esquema Fritzing DHT11

Fonte:

<http://blog.filipeflop.com/sensores/monitorando-temperatura-e-umidade-com-o-sensor-dht11.html>

- Pino 1 do DHT11 ligado ao 5V do arduino;
- Pino 2 do DHT11 ligado a entrada analogia A5 do arduino;
- Pino 4 do DHT11 ligado ao GND do arduino;

4.2.3 MG-811

Ligação do sensor de dióxido de carbono MG-811 a placa arduino, da esquerda para a direita de baixo para cima (Figura 21).

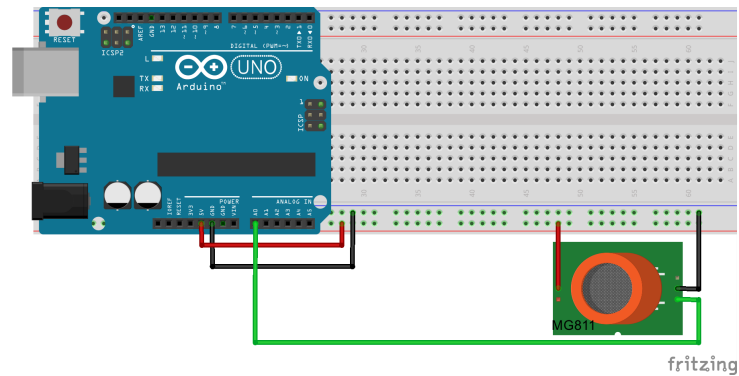


Figura 21: Esquema Fritzing MG-811

Fonte: http://www.veetech.org.uk/Prototype_CO2_Monitor.htm

- Pino 1 do MG-811 ligado ao 5V do arduino;
- Pino 2 do MG-811 ligado a entrada analógica A0 do arduino;
- Pino 3 do MG-811 ligado ao GND do arduino;

4.2.4 Esquema Final

Ao final de todas as ligações o circuito ficou conforme a ilustração abaixo (Figura 22).

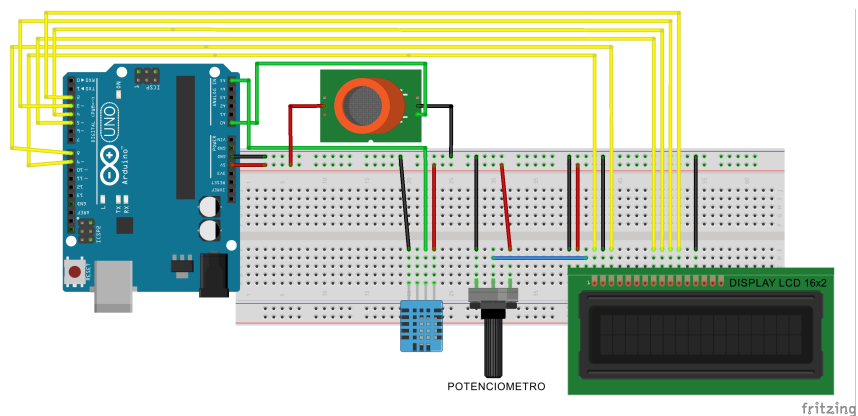


Figura 22: Esquema Fritzing completo da plataforma

Fonte: O Autor

4.3 Fluxo de Dados

A plataforma para monitoramento da emissão de CO₂, após finalizado o algoritmo de captura de dados, deverá ter um fluxo semelhante ao da Figura 23.

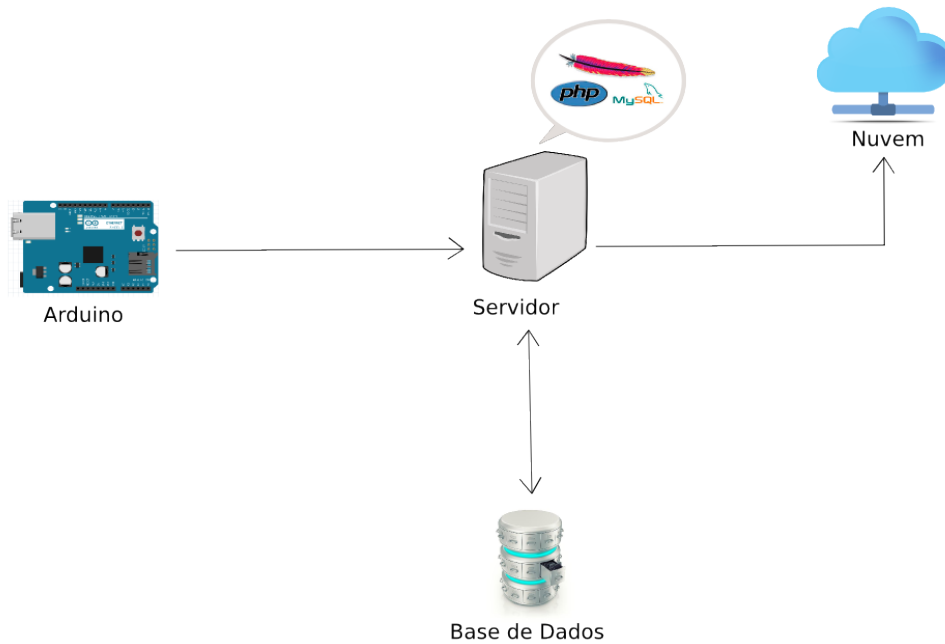


Figura 23: Fluxo de dados da plataforma

Fonte: O Autor

A plataforma arduino deverá capturar dados com seus sensores, para então enviá-los para o servidor, o qual através da linguagem de programação PHP irá salvar os dados recebidos em uma base de dados, essa controlada pelo SGBD *MySQL*. Uma vez salvo esses dados, o servidor estará apto a consultá-los e enviá-los para um servidor.

Dessa forma, a plataforma consegue atingir seus objetivos, proporcionando um monitoramento da emissão de CO₂ no ambiente e garantindo um meio virtual de acompanhar a qualidade do ar através de um servidor.

4.4 ALGORITMOS

Nessa seção será detalhado o algoritmo desenvolvido para a capturar dos dados de temperatura, umidade e dióxido de carbono e o algoritmo responsável pelo lado servidor.

4.4.1 Algoritmo de Captura para a Placa Arduino

Um algoritmo desenvolvido para a plataforma arduino consiste em 2 métodos principais, sendo eles o *setup* e o *loop*. O método *setup()* é executado ao ligar a placa arduino e é nele onde deve ser colocadas as inicializações e configurações iniciais do programa, esse método é chamado automaticamente. Quando compilamos um algoritmo na plataforma, ele chama a função *setup()* uma vez e depois chama a função *loop()* repetidamente até que o arduino seja desligado ou reiniciado.

Na Figura 24 abaixo podemos ver a inclusão de bibliotecas, definição de constantes e variáveis.

```
#include <Ethernet.h>
#include <SPI.h>
#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal.h>

#define DHTPIN A5
#define DHTTYPE DHT11
#define MG811PIN 0

byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
IPAddress server(192,168,1,3);
EthernetClient client;
LiquidCrystal lcd(9, 8, 5, 4, 3, 2);

bool connected = false;

//Array simbolo grau
byte grau[8] = { B00001100,
                B00010010,
                B00010010,
                B00001100,
                B00000000,
                B00000000,
                B00000000,
                B00000000,};
```

Figura 24: Inclusão e definição iniciais do algoritmo

Fonte: O Autor

Neste trecho de código foram importados as bibliotecas necessárias para o funcionamento do *Ethernet Shield*, do sensor DHT11 e do display LCD, definido as constantes DHTPIN como A5 (porta analógica 5 da placa), DHTTYPE o tipo de sensor, uma vez que a biblioteca é projetada para vários tipos de sensores DHT e a MG811PIN setada com o valor 0.

Para que a plataforma seja identificada na rede ela precisa de um endereço físico, também conhecido como endereço MAC, como as placas não vem com nenhum endereço já atribuído, é necessário a declaração de um, que pode ser qualquer endereço válido que não esteja em uso na rede onde será conectado a plataforma.

As variáveis dht, lcd e server, são inicializadas contendo respectivamente a porta em que está conectada na placa e o tipo de sensor, as portas digitais em que o display está conectado e o endereço IP do servidor e por fim uma *array* de *bits* criada para mostrar o símbolo de grau no display.

No próximo trecho de código temos a declaração do método *setup()*. Nele é inicializado a porta serial, responsável por receber dados pela porta USB, o valor 9600 indica que a conexão serial será de 9600 bits por segundo. Assim como o sensor DHT o display também precisa ser inicializado conforme seu tipo, o primeiro parâmetro são o número de linhas e o segundo o de colunas. Ainda no *setup* é preciso indicar que o pino anteriormente declarado como 0 será um pino de entrada de dados. Por fim é feita uma verificação se foi possível conectar a rede utilizando o endereço MAC setado. O trecho do algoritmo é mostrado na Figura 25.

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  
  lcd.begin(16, 2);  
  lcd.createChar(0, grau);  
  
  pinMode(MG811PIN, INPUT);  
  
  if (Ethernet.begin(mac) == 0) {  
    Serial.println("Failed to configure Ethernet using DHCP");  
  }  
}
```

Figura 25: Declaração do método setup()

Fonte: O Autor

Na Figura 26 é declarado o segundo método principal da placa o método *loop()*. No primeiro trecho do método são criadas variáveis para receberem os dados capturados pelos sen-

sores através das respectivas funções, uma vez armazenados esses dados nas variáveis é possível exibir os mesmos no display.

```
void loop() {  
    int val = analogRead(MG811PIN);  
    int c = val * 3.7;  
  
    int h = dht.readHumidity();  
    int t = dht.readTemperature();  
  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("T: ");  
    lcd.print(" ");  
    lcd.setCursor(3,0);  
    lcd.print(t,1);  
    lcd.setCursor(6,0);  
    lcd.write((byte)0);  
    //lcd.print((char)223);  
  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("U: ");  
    lcd.print(" ");  
    lcd.setCursor(3,1);  
    lcd.print(h,1);  
    lcd.setCursor(6,1);  
    lcd.print("%");  
  
    lcd.setCursor(10,0);  
    lcd.print("CO2 ");  
    lcd.print(" ");  
    lcd.setCursor(8,1);  
    lcd.print(c,1);  
    lcd.setCursor(12,1);  
    lcd.print("ppm");  
}
```

Figura 26: Declaração da primeira parte do método loop()

Fonte: O Autor

Após a captura e exibição de dados no display, ainda no método *loop()* é feita a verificação se a plataforma está conectada ao servidor, caso a resposta seja negativa essa conexão é feita através da porta 80 do servidor. Uma vez conectado é possível enviar os dados

para o servidor através do método *GET*, como a plataforma arduino é limitada e não possui implementado nenhum método mais sofisticado de envio, é necessário escrever passo a passo cada parâmetro na URL, conforme vemos na figura 27.

```
if (!connected) {
    Serial.println("Not connected");

    if (client.connect(server, 80)) {
        Serial.println("Connected");
        connected = true;

        client.print("GET /arduino/mysql3.php?");
        Serial.print("GET /arduino/mysql3.php?");

        client.print("t=");
        Serial.print("t=");
        client.print(t);
        Serial.print(t);
        client.print("&");
        Serial.print("&");
        client.print("h=");
        Serial.print("h=");
        client.print(h);
        Serial.print(h);
        client.print("&");
        Serial.print("&");
        client.print("c=");
        Serial.print("c=");
        client.print(c);
        Serial.print(c);

        client.println(" HTTP/1.0");
        Serial.println(" HTTP/1.0");

        client.println();
    } else {
        Serial.println("Cannot connect to server");
    }
}
```

Figura 27: Declaração da segunda parte do método loop()

Fonte: O Autor

No último trecho do método *loop()* é escrito através da porta serial detalhes da requisição feita ao servidor, interrompido a conexão até que o próximo *loop* seja iniciado e setado um valor de esperar entre cada laço de iteração do método, nesse caso foram setados 5 segundos, como pode ser visualizado na figura 28.

Na Figura 29 é possível ver a escrita dos dados no display físico a cada iteração do laço.


```

    } else {
        delay(500);

        while (client.connected() && client.available()) {
            char ch = client.read();
            Serial.print(ch);
        }

        Serial.println();

        client.stop();
        connected = false;
    }

    delay(5000);
}

```

Figura 28: Declaração da terceira parte do método loop()

Fonte: O Autor

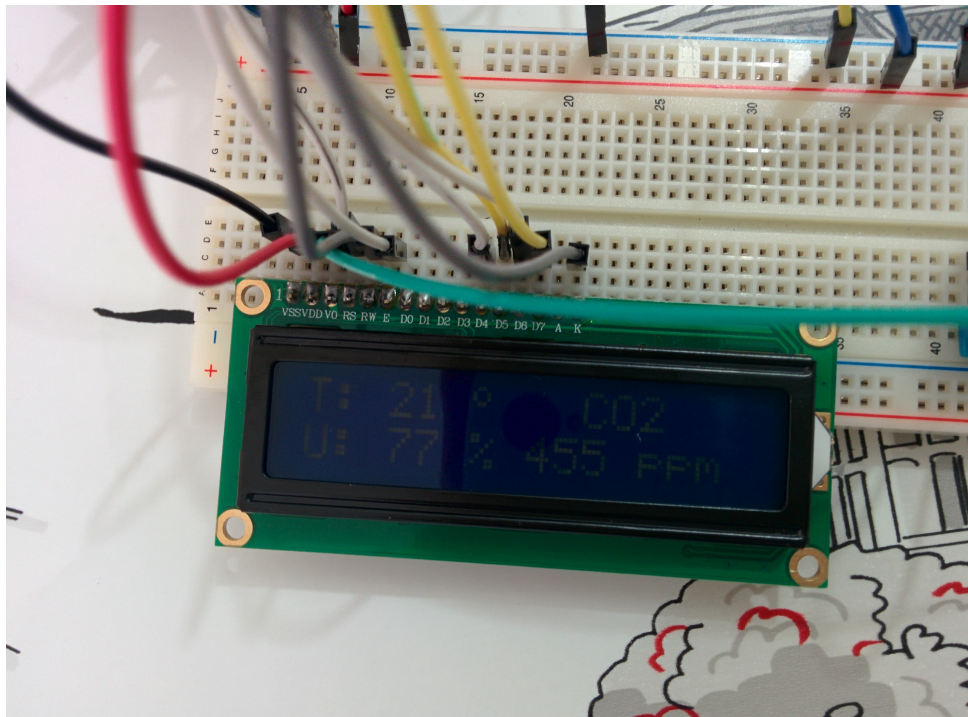


Figura 29: Escrita dos dados no display

Fonte: O Autor

4.4.2 Lado Servidor

Para o recebimento dos dados no lado servidor, não é preciso muita coisa, uma simples página *php* já é o suficiente. Nessa página que podemos ver na Figura 30, foi criado uma

conexão com a base de dados gerenciada pelo *mysql*, e executado uma *query* de inserção com os dados recebidos pelo método *GET*.

```
<?php
$conn = mysql_connect("localhost", "root", "novasenha") or die(mysql_error());
mysql_select_db("arduino", $conn) or die(mysql_error());

mysql_query("INSERT INTO `dioxiduinos`(`temperature`, `humidity`, `co2`)
VALUES ('" . $_GET['t'] . "', '" . $_GET['h'] . "', '" . $_GET['c'] . "')", $conn)
or die(mysql_error());

echo "Conexao ok";

mysql_close($conn);
?>
```

Figura 30: Página php responsável pelo armazenamento dos dados no banco

Fonte: O Autor

5 RESULTADOS

Nesse capítulo serão detalhado os resultados dos teste feitos com a plataforma Dioduino.

Com a plataforma implementada foram executados testes da qualidade do ar na área central da cidade de Guarapuava, no Estado do Paraná. O local escolhido foi um apartamento que possuiu janelas para a rua, onde existe um grande fluxo de automoveis e pessoas. O objetivo de executar os teste neste local foram os de analisar como a qualidade do ar interna é influenciada pelo ambiente externo e pelas condições climáticas no horário da coleta.

O primeiro teste foi executado no dia 20, das 13 horas às 17 horas, e novamente executado no dia 23 às 10 horas. Pode-se identificar que durante o período da manhã, onde é mais comum a umidade estar elevada o nível de CO₂ é afetado e mantém uma concentração típica na atmosfera de entre 400 a 500 ppm, conforme o passar do tempo e a umidade caindo, que pela manhã está a mais de 70%, a tarde chega a cair 20% fazendo com que a concentração de CO₂ aumente, não o suficiente para prejudicar a saúde de quem está no local, manteve a qualidade do ar interno tolerável, em torno de 600 ppm à 800 ppm. O gráfico dos dados obtidos podem ser visualizados nas figuras à seguir (31, 32, 33).

Com os resultados obtidos foi possível identificar que a plataforma desenvolvida é capaz de fornecer informações que indiquem qual o melhor horário para frequentar ou permanecer em determinado local sem ter a saúde prejudicada ou o próprio desempenho afetado.

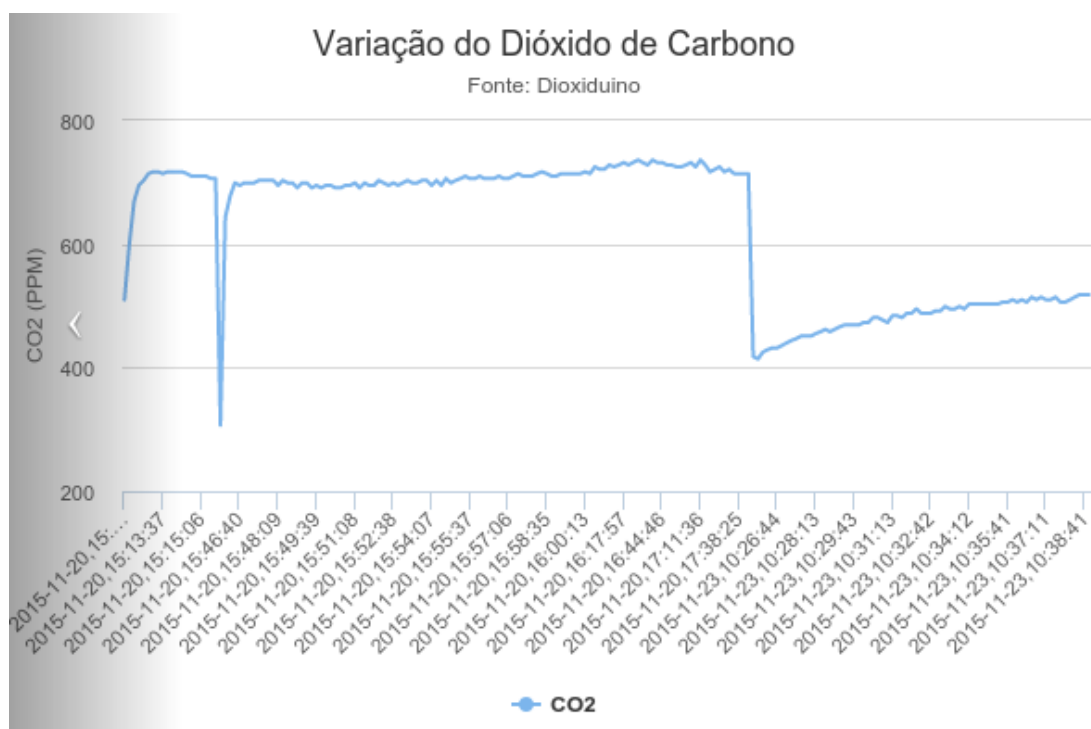


Figura 33: CO2 no ambiente

Fonte: O Autor

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo é destacado as considerações finais desse trabalho, tomando como base a contribuição do mesmo, as dificuldades encontradas e algumas das lições aprendidas.

6.0.3 Contribuições do Trabalho

Com a concretização desse projeto, é esperado que a atenção a respeito da qualidade do ar interno, seja maior, uma vez que já afirmado por *Yuanhui Zhang* no excelente *Indoor Air Quality Engineering*, que o ar de ambientes interno pode ser até 5 vezes mais poluído e ocasionalmente até 100 vezes mais, que o ar de ambientes externos. E reafirmado pela Universidade de Budapeste que realizou um experimento, onde seus acadêmicos tiveram que desenvolver testes de lógica em ambientes com três diferentes concentrações de dióxido de carbono: 600, 1000 e 2500 ppm, foram identificado que conforme a taxa de dióxido de carbono fosse aumentada o resultado dos testes era inferior (SATISH et al., 2012).

Como as pessoas tendem a passar mais tempos em ambientes internos, isso torna o desenvolvimento da plataforma quase uma obrigação social, para alertar e possivelmente evitar que a saúde de pessoas sejam afetada por uma qualidade de ar ruim.

6.0.4 Dificuldades Encontradas

A principal dificuldade encontrada durante a escrita desse documento, foi encontrar referências claras e passível de confiança a respeito do sensor de dióxido de carbono, o MG-811.

Outro ponto onde foi encontrado dificuldade, foi a de falta de continuidade em alguma das referências, um exemplo disso é o artigo escrito pelo autor Jaison dos Reis Alves, no CONIC de 2014, porém mesmo incompleto teve grande importância durante a escrita desse documento.

6.0.5 Trabalho Futuro

Como trabalho futuro, espera-se uma evolução da plataforma, tornando-a mais móvel, podendo substituir o *Ethernet Shield* por um módulo *Wireless*.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. R. Acompanhamento da qualidade do ar dentro de uma instituição de ensino superior da cidade de araxá-mg, através dos dados de co2, temperatura e umidade. **Congresso Nacional de Iniciação Científica**, v. 14, 2014. Disponível em: <<http://conic-semesp.org.br/anais/files/2014/trabalho-1000018561.pdf>>.

ARDUINO. **Arduino Uno**. 2015. Acesso em: 05 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>.

CEPAGRI. **Escala Psicrométrica UNICAMP para Indicação de níveis de Umidade Relativa do Ar**. 2009. Acesso em: 28 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/artigos-especiais/umidade-do-ar-saude-no-inverno.html>>.

CIRCUITSTODAY. **Story and History of Development of Arduino**. 2015. Acesso em: 05 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.circuitstoday.com/story-and-history-of-development-of-arduino>>.

D-ROBOTICS, U. **DHT11 Humidity & Temperature Sensor**. 2010. Acesso em: 06 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>>.

DBENGINES. **DB-Engines Ranking**. 2015. Acesso em: 07 de junho de 2015. Disponível em: <<http://db-engines.com/en/ranking>>.

DEVARAKONDA, S. et al. Real-time air quality monitoring through mobile sensing in metropolitan areas. In: **Proceedings of the 2Nd ACM SIGKDD International Workshop on Urban Computing**. New York, NY, USA: [s.n.], 2013. Acesso em: 20 de mar. de 2015. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2505821.2505834>>.

ECYCLE. **Dióxido de Carbono: essencial por um lado, prejudicial por outro**. 2015. Acesso em: 04 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/63-meio-ambiente/2375-dioxido-de-carbono-co2-essencial-prejudicial-composto-gasoso-fotossintese-respiracao-noturno-fontes-usos-industria-decomposicao-erupcoes-atividade-humana-efeito-estufa-excesso-poluicao-sumidores-sequestradores-doencas-aquecimento-global-alternativas.html>>.

FRITZING. **FRITZING Eletronic Made Easy**. 2015. Acesso em: 06 de junho de 2015. Disponível em: <<http://fritzing.org/home/>>.

FUCTURA. **Vantagens e desvantagens do PHP**. 2013. Acesso em: 07 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.fuctura.com.br/2013/01/vantagens-e-desvantagens-do-php/>>.

FUNHEN. **Quais são os perigos de CO2 do gás?** 2015. Acesso em: 20 de março de 2015. Disponível em: <<http://www.funhen.com/quais-sao-os-perigos-de-co2-do-gas/>>.

GIODA, A. **Poluição atmosférica e de interiores: influência mútua e seus reflexos na saúde**. 212 f. Tese (Doutorado) — Tese (Doutorado Química Orgânica–Instituto de Química)–Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Acesso em: 3 de junho de 2015. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/6406666/controle-da-poluicao-atmosferica-capitulo-9-ar-interno/12>>.

HAINES, R.; WILSON, C. **HVAC Systems Design Handbook**. McGraw-Hill, 1998. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=pM5SAAAAMAAJ>>.

HISTORIA, S. **Revolução Industrial**. 2012. Acesso em: 3 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.sohistoria.com.br/resumos/revolucaoindustrial.php>>.

HYDROFARM. **APCEMCO2 Monitor Operating Instructions**. 2015. Acesso em: 4 de junho de 2015. Disponível em: <<https://www.hydrofarm.com/p/APCEM>>.

JONES, A. Indoor air quality and health. **Atmospheric Environment**, v. 33, n. 28, 1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231099002721>>.

MELLO, H. **O que é Arduino?** 2010. Acesso em 06 de junho de 2015. Disponível em: <<https://projeto39.wordpress.com/o-arduino/>>.

MYSQL. **Why MySQL?** 2015. Acesso em: 07 de junho de 2015. Disponível em: <<https://www.mysql.com/why-mysql/>>.

NARIYA, T. et al. Spatio-temporal sensing and visualizing of co 2. In: ACM. **SIGGRAPH'09: Posters**. 2009. p. 95. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1599396>>.

ONLINE, J. **CO2 pode deixar trabalhadores doentes e reduzir a concentração**. 2007. Acesso em: 4 de junho de 2015. Disponível em: <<http://quest1.jb.com.br/extra/2007/11/16/e161125733.html>>.

ORACLE. **About Oracle**. 2009. Acesso em: 07 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.oracle.com/br/corporate/index.html>>.

PAPENMEIER, A. **Beestatistics on behalf of the “SPULLENMANNEN”**. <http://andrea.taheri-create.com/pics/gallery/projects/b/breport.pdf>: University of Twente, 2013. Acesso em: 06 de junho de 2015.

PHP. **PHP**. 2015. Acesso em: 06 de junho de 2015. Disponível em: <<http://php.net>>.

PRESSE, F. **Concentração de CO2 na atmosfera bate recorde e preocupa, diz agência**. 2015. Acesso em: 05 de junho de 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/05/concentracao-de-co2-na-atmosfera-bate-recorde-e-preocupa-diz-agencia.html>>.

QUADROS, M.; AMBIENTAL, U. F. de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em E. **Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos**. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental., 2008. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=MDGBkgEACAAJ>>.

ROBOKITS. **Ethernet Shield W5100 For Arduino**. 2015. Acesso em: 05 de junho de 2015. Disponível em: <<http://robokits.co.in/arduino/ethernet-shield-w5100-for-arduino>>.

SANTOS, V. S. **Poluição do ar**. 2011. Acesso em: 8 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/biologia/poluicao-ar.htm>>.

SATISH, U. et al. Is co₂ an indoor pollutant? direct effects of low-to-moderate co₂ concentrations on human decision-making performance. **Department of Psychiatry and Behavioral Science, Upstate Medical University, State University of New York, Syracuse, New York, USA**, 2012. Acesso em: 20 de novembro de 2015. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3548274/>>.

SOUZA, F. **Arduino - Primeiros Passos**. 2013. Acesso em: 06 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/arduino-primeiros-passos/>>.

TECHTUDO. **O que é um Arduino e o que pode ser feito com ele?** 2013. Acesso em: 05 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/10/o-que-e-um-arduino-e-o-que-pode-ser-feito-com-ele.html>>.

TIOBE. **TIOBE Index for June 2015**. 2015. Acesso em: 06 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.tiobe.com/index.php/content/paperinfo/tpci/index.html>>.

WHITE, J. et al. **Global Climate Change Linkages: Acid Rain, Air Quality, and Stratospheric Ozone**. Springer, 1989. (Icss Study; 13). ISBN 9780444015150. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=gnaNHeU4rgQC>>.

WMO. **Record Greenhouse Gas Levels Impact Atmosphere and Oceans**. 2014. Acesso em: 05 de junho de 2015. Disponível em: <<https://www.wmo.int/pages/mediacentre/press-releases/pr-1002-en.html>>.

ZHANG, Y. **Indoor Air Quality Engineering**. CRC Press, 2004. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=mUjLBQAAQBAJ>>.