

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DE BAIXO CUSTO PARA ENSAIOS EM UMA BANCADA DIDÁTICA DE MOTOGERADOR A GASOLINA UTILIZANDO ARDUINO

Lucas Antonio Silva Costa, lucas.costa@ananindeua.ufpa.br¹

Ana Paula Mattos, anapmattos@ufpa.br²

¹Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará-UFPA

Resumo: A utilização do microcontrolador Arduino nos setores de ensino vem crescendo ao redor do mundo, em especial no Brasil, onde há um uso intenso nas pesquisas em cursos multidisciplinares em universidades do país. Portanto, é de suma importância que inovações tecnológicas no setor sejam sempre motivadas. Mediante o contexto exposto, o objetivo deste artigo é apresentar um projeto de uma bancada didática para ensaios no Gerador GM GT 8000E (pertencente aos grupos motogeradores a gasolina e etanol), a fim de estabelecer o Arduino como um novo método de aquisição e interpretação de dados de temperatura, umidade, pressão e gases de combustão com menor custo e com a mesma eficiência quando comparados com outros softwares, como CONTEMP a202 e o DAQfactorios, os quais apresentam um custo de licença elevado, e já foram empregados em estudos similares. A instrumentação com os sensores DHT22, termopar tipo K e módulo MAX6675, MPX5100DP e MQ-9 (os quais servirão para medir umidade, temperatura, pressão e gases de combustão, respectivamente) utilizando Arduino servirá para realizar comparações de desempenho do motogerador. Desenvolveram-se códigos computacionais na linguagem c/c++ para o Arduino e para um banco de dados para a aquisição desses parâmetros. Também foi empregado o software FritzingR para a visualização da configuração das conexões de entrada e saída dos microcontroladores em relação aos sensores anteriormente citados. A bancada será utilizada para aulas práticas e em atividades de pesquisa ligadas a Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) na Universidade Federal do Pará (UFPA). A instrumentação por meio de Arduínos torna a manutenção mais simples e com menor custo, ao mesmo tempo que possibilita aos estudantes compreenderem o funcionamento do motogerador bem como sua aquisição de dados. O Arduino representa uma das melhores opções de métodos de aquisição de dados e conclui-se que microcontroladores podem substituir equipamentos mais complexos que atualmente são encontrados na indústria.

Palavras-chave: bancada didática, motogerador, instrumentação, Arduino

1. INTRODUÇÃO

Na evolução crescente das tecnologias em máquinas e equipamentos, houve a necessidade de métodos mais precisos para o monitoramento de dados, os quais são encontrados no mercado internacional com licenças de custo elevado para o uso convencional e pouco intuitivas para um determinado grupo de pessoas praticantes de divulgação científica (Pinto and Degasperi, 2015). Entretanto, uma alternativa mais acessível e ao público geral, em termo de custo e facilidade de aprendizagem, é o microcontrolador Arduino. De acordo com Renna *et al.* (2021), o equipamento é utilizado para projetos eletrônicos, como simulação, automação e aquisições de informações.

Ao longo do tempo, percebeu-se que várias áreas de pesquisa no mundo vêm se dispondo da evolução tecnológica para agregar valor às investigações. Muitos procedimentos experimentais são acompanhados com o auxílio computacional, devido à confiabilidade dos resultados gerados e ao armazenamento dos dados adquiridos em equipamentos eletrônicos. Logo, há uma tendência mundial em se conduzir experimentos apoiados por *softwares* e componentes eletrônicos.

Observa-se também a necessidade das instituições de ensino públicas de fomentar o desenvolvimento de projetos nas áreas de pesquisa e oferecer novos conhecimentos às pessoas envolvidas. No entanto, é notável a dificuldade de estimular a Iniciação Científica entre os discentes nos centros de educação, devido aos elevados valores atribuídos aos *softwares* e equipamentos de aquisição de dados encontrados no atual cenário de mercado, muitas vezes não atendendo à demanda das instituições (Pinto and Degasperi, 2015). Logo, faz-se necessário o desenvolvimento de alternativas de baixo custo para se alcançar o propósito anteriormente citado.

Dessa forma, o presente trabalho apresenta um projeto que será implementado na Universidade Federal do Pará (UFPA), com objetivo de criar um novo método de instrumentação em uma bancada didática de motogerador movida à gasolina e etanol, por meio do microcontrolador e de seus componentes, para a aquisição de dados de umidade, tempe-

ratura, pressão e gases de combustão gerados durante os experimentos. Além disso, pretende-se mostrar o funcionamento adequado do Arduino aplicado à bancada didática a discentes vinculados à Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) da UFPA, além de demonstrar que o equipamento alternativo e de baixo custo é uma opção economicamente viável e com um alto grau de confiabilidade dos dados coletados, além de um menor custo quando comparado às ferramentas tradicionais disponíveis no mercado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Realizou-se um levantamento bibliográfico acerca das definições de bancadas didáticas de motogerador para o entendimento do funcionamento pleno do equipamento. Também fez-se investigação com relação a sensores industriais de Arduino utilizados em bancadas experimentais, com o intuito de encontrar componentes para coletar dados dos gases gerados por meio dos processos dessas máquinas. Durante os estudos preliminares foram abordados três sistemas com diferentes sensores embarcados no microcontrolador, dos quais os sistemas dedicados são responsáveis pela aquisição de dados voltados para uma determinada função, esses dados são enviados ao dispositivo conectado ao microcontrolador e, finalmente, são visualizados os índices registrados na bancada.

2.1 Definição de Bancadas Didáticas

Conforme Molin *et al.* (2013), as bancadas didáticas são ferramentas que auxiliam na realização de experimentos e possibilitam ao operador configurar diversos sistemas variando seus parâmetros, à medida que se familiariza com os componentes, além de verificar na prática a teoria ensinada em sala de aula.

Portanto, por meio da flexibilidade da interligação dos componentes em forma modular, este tipo de atividade promove a aprendizagem prática planejada, colocando o estudante em situação que demanda interação entre os colegas e com o docente para relacionar a teoria com aplicações práticas (Molin *et al.*, 2013).

2.2 Definição e Operação de Funcionamento do Motogerador

Segundo Valente (2007), o motogerador é uma denominação genérica atribuída a um conjunto formado por um motor de combustão interna (MCI) e um gerador de energia elétrica. O MCI transforma a energia química do combustível, como a gasolina e o etanol, em energia mecânica por meio dos mecanismos constituído por pistão, biela e virabrequim. O movimento alternativo do pistão dentro do cilindro é transformado em movimento rotativo pela biela e do virabrequim. O gerador acoplado mecanicamente ao motor converte a energia mecânica em elétrica.

O pleno funcionamento do motogerador, está relacionado à rotação deste, a qual é tida como requisito essencial para o desempenho das funções básicas do equipamento. O motor se manifesta em forma de onda senoidal com frequência constante, para isso, a energia elétrica deve ser gerada a partir da energia mecânica fornecida ao equipamento. Assim, o motor térmico deve funcionar com rotação constante, já que há uma relação direta entre a rotação e a frequência.

2.3 Microcontrolador Arduino

Segundo Renna *et al.* (2021), o Arduino surgiu na Itália em 2005 com o propósito de facilitar o ensino e aprendizagem em projetos de programação e eletrônica para determinado público-alvo. Trata-se de uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre microcontrolado de computação, composto por sistemas digitais ligados a sensores e atuadores, o que permite a construção de sistemas que detectam fenômenos e respondam com ações físicas. O arduino é composto por uma placa microcontrolada com acesso às entradas e saídas, e com sintaxes parecidas com as das linguagens C e C++, sendo prático na criação de bibliotecas com funções para sua programação.

2.4 Aquisição e Análise de Dados

Cada vez mais os equipamentos tecnológicos são trazidos ao grande público como multitarefas, um grande exemplo são os computadores, os quais são frequentemente utilizados para agilizar os processos por meio da gravação e recuperação de dados de forma rápida e confiável. Nos campos Acadêmico e de Pesquisa, a utilização desses equipamentos é intenso e indispensável devido à praticidade de armazenar grandes quantidades de dados referentes a descobertas diárias em diferentes áreas do conhecimento (Pinto and Degasperi, 2015).

Segundo Bolton (2010), o termo constantemente usado para sistemas nos quais as entradas de sensores são convertidas do formato analógico para o formato digital para processamento é chamado aquisição de dados, que também apresenta análises e resultados por meio de algum equipamento conectado.

Portanto, o microcontrolador pode ser analisado como uma unidade de aquisição de dados, cujo processamento é capaz de mensurar variáveis do ambiente externo, transformando-as em um sinal elétrico correspondente, através de sensores ligados aos seus terminais de entrada. Em posse desse sinal, ele o processa computacionalmente, podendo ainda atuar no controle, supervisão ou mesmo acionamento de algum outro componente eletroeletrônico conectado na saída (Renna *et al.*, 2021). A figura 1 apresenta um diagrama que representa a cadeia de processamento com o uso do Arduino.

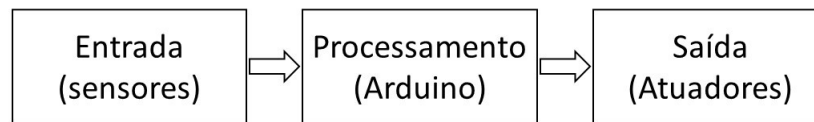


Figura 1: **Diagrama de blocos de uma cadeia de processamento utilizando o Arduino (Renna *et al.*, 2021)**

2.5 Ambiente de programação

Segundo McRoberts (2011), Os ambientes de programação, também chamados de *prossing*, são *softwares* livres para criar imagens, animações e interações. Inicialmente desenvolvidos para servir como um *sketchbook* (caderno de desenho) e para ensinar fundamentos de programação de computadores em um contexto visual, essas ferramentas evoluíram para uso profissional.

De acordo com McRoberts (2011), para programar as funções desejadas pelo usuário no Arduino é utilizado o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE - Integrated Development Environment), o qual permite que sejam escritos códigos de programas que são transmitidos ao Arduino que, por sua vez, executa as instruções, os referidos códigos são escritos em uma linguagem de programação.

2.6 Sensor de Medição de Temperatura: Termopar

A temperatura é constantemente enfatizada no cotidiano, muitas vezes em questão de sensação e conforto térmicos. Na engenharia, esse conceito é uma variável mais comumente utilizada e medida. A temperatura é uma grandeza física escalar que mede estatisticamente o nível de agitação de átomos e moléculas, e está relacionada com a variação da energia cinética das partículas (Correia, 2017).

O termopar é um equipamento que mede a quantidade de calor no ambiente em que este é inserido. Conforme o Balbinot and Brusamarello (2007), o instrumento é frequentemente empregado como um sensor de temperatura de baixo custo. Apresentando um fácil manuseio pelo operador e uma maior confiabilidade na captação dos dados, os termopares têm certa preferência nas áreas de pesquisa. A figura 2 apresenta o termopar utilizado na bancada sera o tipo K, no qual sua configuração consta com faixa de temperatura -270 a 1260°C, ranger de -20 a 85°C, exatidão na coleta 0 a 700°C com calibração estabelecida pela fabricante.



Figura 2: **Termopar tipo K (Filipeflop, 2022a)**

Os termopares como os da figura 2 são constituídos basicamente de dois filamentos metálicos distintos que, unidos por sua extremidade, formam um circuito fechado, e, por meio do chamado efeito Seebeck, produzem uma Força Eletromotriz (FEM). O experimento do efeito Seebeck foi observado mediante a uma corrente elétrica percorrendo um circuito fechado composto por dois metais diferentes, quando as junções foram expostas a temperaturas diferentes, conforme fig.3. Neste circuito fechado, surge uma FEM que depende apenas dos tipos de metais e da temperatura nas junções do termopar.

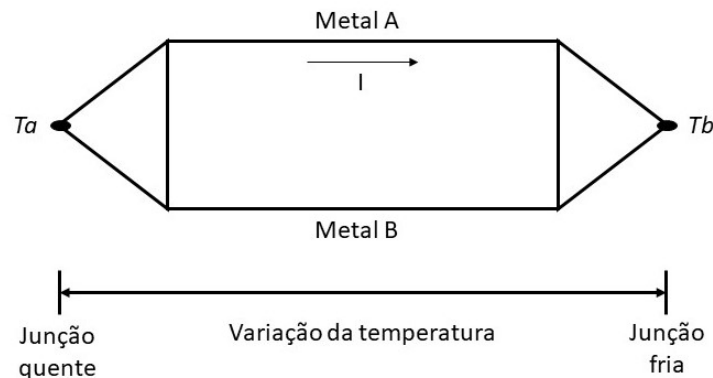


Figura 3: Representação do efeito Seebeck (Balbinot and Brusamarello, 2007)

2.6.1 Módulo MAX6675

É um conversor digital de baixo custo com compensação de junta fria para termopares do tipo K. O componente tem a capacidade de trabalhar em conjunto com o microcontrolador em processos de controle e aplicações de monitoramento.

Este componente conta com um *hardware* de condicionamento de sinal que é responsável por converter o sinal proveniente do termopar em uma voltagem compatível com seu sistema. Antes de realizar a conversão de tensão proveniente do termopar em temperatura, o dispositivo efetua um cálculo para compensação de junta fria, fornecendo assim o valor da temperatura corrigida.

Existem duas principais características do módulo em questão, a primeira é a sua capacidade de leitura da temperatura, que está na faixa de 0° a 1024°C com 0,25° C de resolução, e a comunicação via serial com o equipamento. A figura 4 apresenta o módulo MAX6675.



Figura 4: Módulo MAX6675 (Filipeflop, 2022a)

2.7 Sensor de Medição de Umidade: DHT22

Segundo o de Souza (2008), na engenharia, a umidade relacionada com patologias tem o significado de: “qualidade ou estado úmido ou ligeiramente molhado”. Logo, para a captura de dados relacionados à umidade, utiliza-se o sensor DHT22. Esse sensor tem a capacidade de realizar leituras de temperatura e umidade relativa do ar no meio, e retorná-las ao Arduino em formato digital para que sejam lidas e registradas pelo código programado. Este sensor vem calibrado de fábrica e não necessita de hardware adicional para funcionar. A figura 5 ilustra o componente. As especificações do sensor são apresentadas na tabela 2

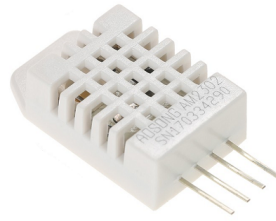


Figura 5: DHT22 (Filipeflop, 2022b)

Tabela 1: Especificações do DHT22 (Yari, 2014)

Especificação	Valor	Unidade
Tensão de operação	3 a 5.5	V
Faixa de Umidade	0 a 100	RH
Faixa de Temperatura	- 40 a 80	°C
Precisão de Umidade	+/- 2	RH
Precisão de Temperatura	+/- 0,5	°C
Range	+/- 5	%
Exatidão	+/-2(Max+/-5)	%
Dimensões	22 x 28 x 5	mm

2.8 Sensor de Medição de Pressão: MPX5100DP

A pressão é uma grandeza física escalar definida como a razão entre a força e a área sobre a qual a referida força é aplicada perpendicularmente (da Rocha and Guadagnini, 2014). Portanto, o sensor a ser utilizado para calcular essa grandeza é um da linha Motorola, bastante conhecido no mercado internacional, o chamado MPX5100DP. Esse componente de pressão diferencial é um tipo de sensor que quantifica a diferença de pressão entre dois pontos. O sensor tem orifícios que, em contato com diferentes meios, é capaz de medir a diferença de pressão entre eles. O dispositivo retorna um sinal elétrico com determinada tensão proporcional à pressão diferencial lida com calibração realizado no fabricante. A figura 6 ilustra o MPX5100DP e a Tabela 2 apresenta as especificações do sensor.



Figura 6: MPX5100DP (Usinainfo, 2022)

Tabela 2: Especificações do MPX5100DP (MPXV5100, 2022)

Especificação	Valor	Unidade
Tensão de operação	5	V
Faixa de pressão	0 a 100	kPa
Faixa de Temperatura operacional	- 40 a 125	°C
Range	0 a 85	°C
Exatidão	2,5	%
Dimensões	29 x 37 x 10	mm

2.9 Sensor de Medição de Monóxido de carbono (CO): MQ-9

Segundo Soares (2018), o Monóxido de carbono (CO) é um gás produzido por meio da combustão incompleta dos insumos. Aproximadamente 60% do CO vem de materiais carbonárias orgânicas, como gasolina, óleo, carbono, entre outros. É considerado um dos principais poluentes atmosféricos, agravando o efeito estufa no planeta (Soares, 2018). Diante do exposto, um sensor hábil para detectar CO e também gases de combustíveis presente é o MQ-9. Comporta uma faixa de 10 até 1000 parte por milhão (PPM) para aquisição do CO e 100 até 10000 PPM em gases de combustíveis. Entretanto, para o componente identificar o CO é necessário que a alimentação seja acoplada no 1,5V e para os gases de combustíveis, é introduzida no 5V. No contexto dos detectores de gás, caso um gás seja mensurado em 9,5 ppm, mas o valor aceito seja de 10 ppm, há uma diferença de 0,5 ppm, a diferença de 0,5 ppm é uma inexatidão ou um valor de 10% A figura 7 ilustra o MQ-9.



Figura 7: MQ-9 (Filipefflop, 2022c)

3. METODOLOGIA

Realizou-se o processo de montagem desses componentes no *software* Fritzing®, visando os requisitos primordiais para conexão com o microcontrolador. Um exemplo disso são as questões de conectividade de entrada e saída de ambos os aparelhos para o funcionamento correto dos aquisitores. E a montagem dos sensores na bancada didática de motogerador para a aquisição dos dados.

3.1 Gerador GM GT 8000E

Neste estudo realizara a instrumentação do gerador CSM, por ser compacto, e possui baixo custo de manutenção e operacional. São muito utilizados em setores de construção civil, estabelecimentos comerciais e industriais. Possui diversas capacidade, é indicado para acionar equipamentos como ferramentas elétricas em geral, motores elétricos de diversas aplicações, lâmpadas, além de ser um aliado contra queda de energia elétrica. Realizara-se teste com gasolina comercial e posteriormente com etanol no intuito de analisar o consumo de combustível, relação ar combustível e a potência elétrica produzida. A Tabela 3. lapresenta as especificações do gerador.

Tabela 3: especificações do Motor GM GT 8000E (CSM, 2015)

Motor	Valor	Unidade
Deslocamento	420	Cm ³
Potência Máxima	3600	Rpm
Tanque de Combustível	25	Litros
Capacitor Carte	1,1	Litros
Sistema de Partida	Eletrico	-

3.2 Esquema de ligação do Termopar tipo K e o módulo MAX6675

A primeira ligação será a do termopar tipo K ao módulo Max6675, o qual apresenta duas entradas, uma com sinal positivo e o outra com negativo, em que são conectados os fios vermelho e o azul do termopar, respectivamente. O módulo também conta com outros cinco pinos destinados ao microcontrolador, um é o terra, representado por GND, voltagem (VCC), que é utilizado para a alimentação, CS, SO e SCK usados para adquirir os dados, são conectados com o auxílio do cabos macho/fêmea mutuamente no microcontrolador nos pinos GND, 5V, 8, 9 e 10. A figura 8 mostra o esquema completo de conexão dos componentes.

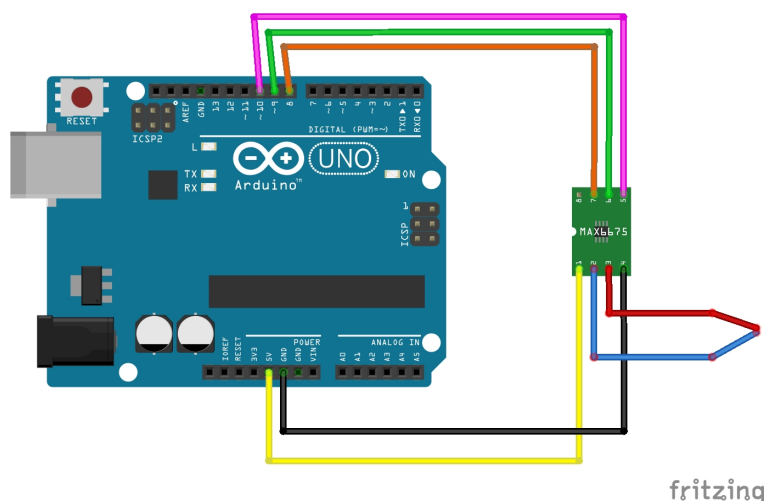


Figura 8: Esquema de ligação do termopar tipo K e o módulo MAX6675 ao Arduino (Autores, 2022)

3.3 Esquema de ligação do DHT22

O DHT22 possui quatro pinos, contados da direita para esquerda, o pino 1 é utilizado para alimentação (VCC), o pino 2 tem empregado para os dados (data), o pino 3 não é utilizado e o pino 4 usado como terra (GND). A interligação com o Arduino, utilizou-se uma *protoboard* com cabos machos/machos. Logo, ligou-se os pinos 1 e 2 no resistor de 220 ou 330 ohms à alimentação de energia de 5 V do Arduino, os fios vermelhos, ligando-se ainda ao pino 2 na entrada digital 2, o fio verde à placa, e por último, o terra ligando-se ao GND do microcontrolador, representado pelo fio preto. A figura 9 mostra o esquema completo de conexão do sensor com arduino.

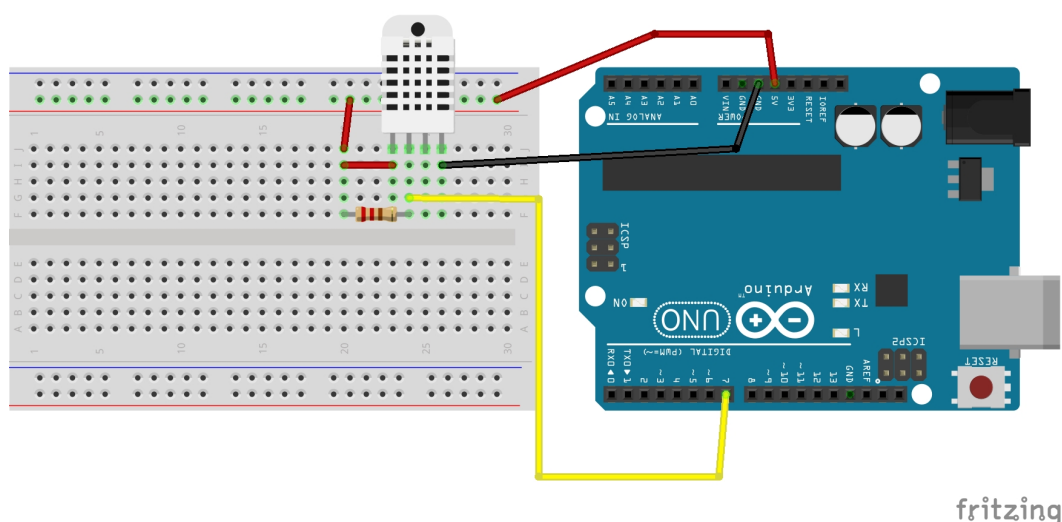


Figura 9: Esquema de ligação do DHT22 ao Arduino (Autores, 2022)

3.4 Esquema de ligação do MPX5100DP

O MPX5100DP tem seis pinos, porém, apenas três têm funções na conectividade no Arduino. Da direita para esquerda, o primeiro é o pino tensão de saída, o segundo é o terra (GND) e o terceiro é de alimentação (VCC). Utilizou-se uma *protoboard* e cabos macho/macho para conectar o microcontrolador ao sensor, o pino 1 é ligado ao Analógico 2, o pino 2 ao GND e por último, pino 3 no 5V. A figura 10 mostra o esquema completo do MPX5100DP com o Arduino.

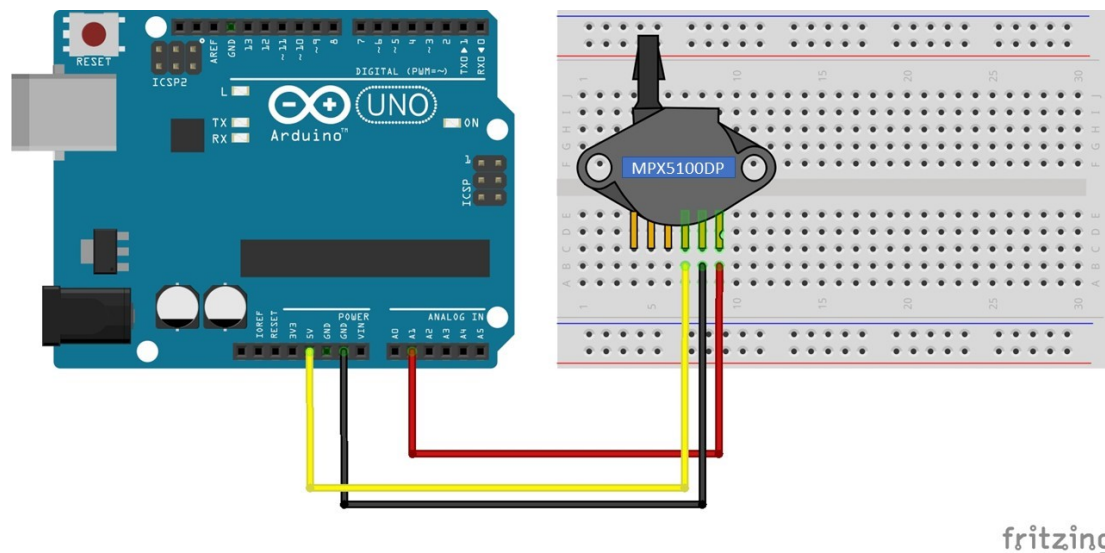


Figura 10: Esquema de ligação do MPX5100DP ao Arduino (Autores, 2022)

3.5 Esquema de ligação do MQ-9

O MQ-9 tem quatro pinos, da direita para esquerda, o primeiro é o de alimentação (VCC), o segundo é o Terra (GND), o terceiro é a saída digital (DO) e o último é a saída analógica (AO). Utilizou-se apenas cabos machos/fêmeas para conectividade do sensor ao Arduino. O VCC do componente é ligado ao 3V do microcontrolador, GND é associado ao GND da placa e os DO e AO são acoplados respectivamente na entrada digital 7 (D7) e o analógico 1 (A1). A figura 11 mostra o esquema completo do MQ-9 com o Arduino.

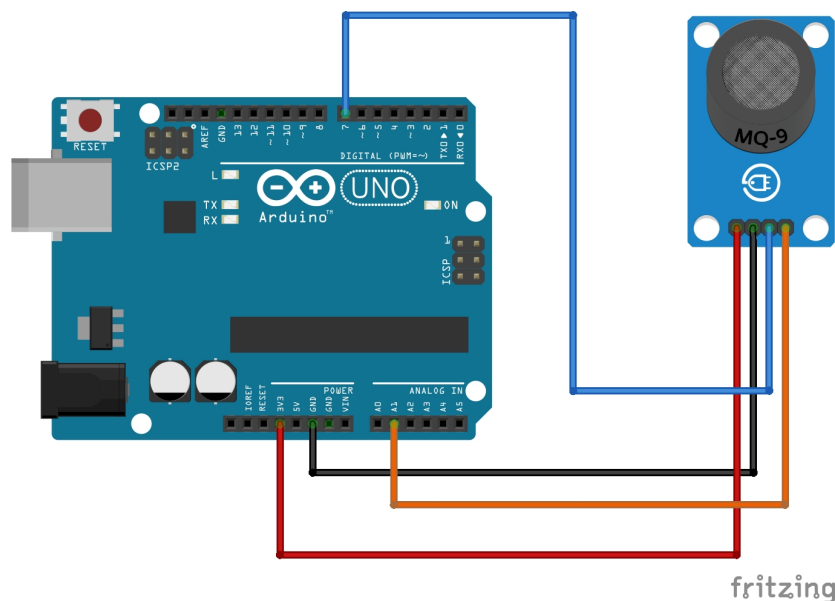


Figura 11: Esquema de ligação do MQ-9 ao Arduino (Autores, 2022)

3.5.1 Orçamentação e Comparativo

No mercado de aquisição de dados, dois equipamento são bastante buscados para o uso em pesquisas, o sensor CON-TEMP a202 e o *softwares* DAQfactorios, os valores de ambos no total são em torno de R\$ 3000,00. Logo, orçamentou-se os instrumentos necessário para realizar o projeto, visualizado o mercado nacional e internacional de eletrônica voltados para microcontrolador, o custo total de R\$ 519,10, no qual realizou-se o levantamento dos sensores e peças adicionais em lojas diferentes, visando o melhor custo possível. Na Tabela 4 apresenta as quantidades de equipamentos e os seus valores.

Tabela 4: Lista de material com valores necessário para a montagem da instrumentação e o orçamento

Componente	Quantidade	Valor
Microcontrolador	4	R\$ 216,00
Protoboards	2	R\$ 30,00
Kit Cabo jumper M/M	20	R\$ 8,50
Kit Cabo jumper M/F	20	R\$ 8,50
Termopar tipo K + MAX6675	1	R\$ 42,74
DHT22	1	R\$ 31,90
MPX5100DP	1	R\$ 175,55
MQ-9	1	R\$ 5,91

4. RESULTADOS

Existe dois componentes importantes compondo o motogerador, os quais serão inseridos os sensores para realizar as aquisições de dados. O primeiro é o escapamento, o qual é um condutor que possibilita encaminhar os gases do resultado da combustão para fora do ambiente do motor e o segundo é o duto de admissão, tem a função de guiar o ar previamente filtrado até a válvula borboleta, que por sua vez tem a função de restringir a passagem de ar. Portanto o sensor de gás, como MQ-9, será alocados no escapamento do motor, devido a sua capacidade de suporta altas temperaturas dos gases, os termopar tipo K, MPX5100dp e DHT22 serão fixados no duto de admissão. A figura 12 apresenta um esquema do sistema com os aquisitores do arduino conectados na bancada didática de Motogerador.

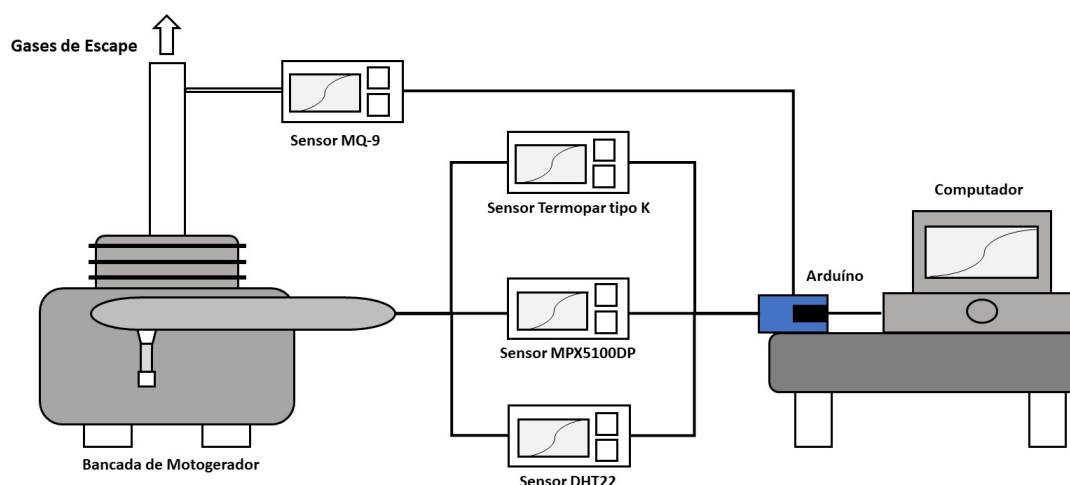


Figura 12: Desenho esquemático do sistema de aquisição na bancada (Autores, 2022)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim deste estudo, apresentou-se conceitos e funcionamentos do Arduino e sensores úteis à aquisição de dados de temperatura, umidade, monóxido de carbono e pressão em uma bancada didática. A grande oferta dos sensores mencionados e o atual cenário de mercado, além de seu relativo baixo custo, seu uso pode estimular o desenvolvimento de pesquisas nos laboratórios de instituições de ensino público superior.

A utilização de microcontroladores para a aquisição de dados em bancadas didáticas ou científicas é uma tendência, pois é baseada em recursos mais acessíveis e ao mesmo tempo são precisos e confiáveis. As características dos sensores apresentados podem ser aproveitadas com a finalidade de inovar e melhorar práticas de laboratório, tqçb2ç auxilia na compreensão em aulas práticas sobre a operação de aquisições de dados em bancadas didáticas e incentivar alunos a trabalhar em projetos interdisciplinares. Logo, ao trabalhar em projetos similares, o estudante pode agregar conhecimento sobre sensores eletrônicos e sua programação computacional.

6. REFERÊNCIAS

- Balbinot, A. and Brusamarello, V.J., 2007. *Instrumentação e Fundamentos de Medidas*. LTC editora, Rio de Janeiro, 2nd edition.
- Bolton, W., 2010. *Mecatrônica: Uma Abordagem Multidisciplinar*. Porto Alegre, 4th edition.
- Correia, J.J., 2017. "Definições de Temperatura em Fontes Didáticas". *Revista Binacional Brasil Argentina*, Vol. 6, pp. 201–220.

- CSM, 2015. *Manual de operação e manutenção Gerador 8000 E*.
- da Rocha, F.S. and Guadagnini, P.H., 2014. "Projeto de um sensor de pressão manométrica para ensino de física em tempo real". *Caderno brasileiro de ensino de física*, Vol. 31, pp. 124–148.
- de Souza, M.F., 2008. *Patologias Ocasionadas Pela Umidade nas Edificações*. Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Filipeflop, 2022a. "Site oficial do Filipeflop". URL <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-max6675-com-termopar/>.
- Filipeflop, 2022b. "Site oficial do Filipeflop". URL <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-am2302-dht22/>.
- Filipeflop, 2022c. "Site oficial do Filipeflop". URL <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-gas-mq-9-monoxido-de-carbono/>.
- McRoberts, M., 2011. *Arduino Básico*. Novatec Editora Ltda, São Paulo.
- Molin, A.D., Zorzan, F.B. and Daronch, J., 2013. "Desenvolvimento De Uma Bancada Didática De Hidráulica". In *3ª Semana Internacional das Engenharias da FAHOR*. Horizontina-RS, p. 9.
- MPXV5100, 2022. "MPX5100, 0 to 100 kPa Differential, Gauge, and Absolute Integrated Pressure Sensors". URL <https://tinyurl.com/y2rcfk8h>.
- Pinto, C.S. and Degasperi, F.T., 2015. "Desenvolvimento de uma interface para aquisição de dados experimentais utilizando o microcontrolador Arduino UNO". *X Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza*, pp. 313–322.
- Renna, R.B.D., Brasil, R.D.R., Cunha, T.E.B., Beppu, M.M. and da Fonseca, E.G.P., 2021. "Introdução ao kit de desenvolvimento Arduino".
- Soares, C.A.J., 2018. *A Exposição ao Monóxido de Carbono no Trabalho de Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares*. Monografia, Universidade de Taubaté.
- Usinainfo, 2022. "Site oficial do Usinainfo". URL <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-pressao-arduino/sensor-de-pressao-diferencial-mpx5100dp-0kpa-a-100kpa-5999.html>.
- Valente, O.S., 2007. *Desempenho e Emissões de Um Motor-Gerador de Energia Elétrica Operando com Biosiesel*. Dissertação, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
- Yari, J., 2014. *Desenvolvimento de miniplataforma de coleta de dados meteorológicos para pequenos produtores rurais utilizando as tecnologias livres Arduino e Android*. Mestrado, Universidade Anhanguera.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

PROPOSAL OF A LOW-COST DATA ACQUISITION SYSTEM FOR TESTS ON A DIDACTIC BENCH FOR GASOLINE-POWERED MOTOGENERATOR USING ARDUINO

Lucas Antonio Silva Costa, lucas.costa@ananindeua.ufpa.br¹
Ana Paula Mattos, anapmattos@ufpa.br²

¹Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará-UFPA

Abstract: The use of the Arduino microcontroller in the teaching sectors has been growing around the world, especially in Brazil, where there is intense use in research in multidisciplinary courses in universities in the country. Therefore, it is of utmost importance that technological innovations in the sector are always motivated. Given this context, the objective of this article is to present a project of a didactic bench for testing the GM GT 8000E Generator (belonging to the gasoline and ethanol powered motogenerator groups), in order to establish the Arduino as a new method of acquisition and interpretation of temperature, humidity, pressure and combustion gas data at a lower cost and with the same efficiency when compared to other software, such as CONTEMP a202 and DAQfactorios, which have a high license cost, and have already been used in similar studies. The instrumentation with the DHT22 sensors, K-type thermocouple, and the MAX6675, MPX5100DP, and MQ-9 modules (which will be used to measure humidity, temperature, pressure, and combustion gases, respectively) using Arduino will be used to make performance comparisons of the motor-generator. Computer codes in c/c++ were developed for the Arduino and for a database for the acquisition of these parameters. Fritzing® software was also used to visualize the configuration of the input and output connections of the microcontrollers in relation to the sensors mentioned above. The bench will be used for practical classes and research activities linked to the Mechanical Engineering Faculty (FEM) at the Federal University of Pará (UFPA). The instrumentation by means of Arduínos makes the maintenance simpler and less expensive, while also allowing students to understand the operation of the motogenerator as well as its data acquisition. The Arduino represents one of the best options for data acquisition methods and it is concluded that microcontrollers can replace more complex equipment that is currently found in the industry.

Keywords: Didactic bench, motogenerator, instrumentation, Arduino