

BLOCO: DUTOS, TERMINAIS E NAVAL

CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO PARA A IDENTIFICAÇÃO DE FLUIDOS COMBUSTÍVEIS UTILIZANDO O MICROCONTROLADOR ARDUINO

Data de aceite: 02/06/2023

Fernando Ramos Noronha

Joemes de Lima Simas

ABSTRACT : Contamination of fuel tanks due to human error at the time of filling is a common problem in the oil industry, causing risks and major losses. For this reason, the project consists of building a prototype that includes tanks containing different fuels, such as petrol and ethyl alcohol anhydrous fuel, and tanks intended for the storage of each of them, as well as pipes connecting the tanks, various sensors, valves and the Arduino, arranged and programmed in such a way as to prevent an unwanted liquid from contaminating the liquids contained in the tanks.

PALAVRAS-CHAVE: Fuel Fluids, Arduino, Automation, Conductivity.

1. INTRODUÇÃO

A indústria do Petróleo é um dos setores da economia que mais movimentam dinheiro em todo o planeta, e dentro dessa indústria temos diversas atividades que integram a cadeia produtiva.

A indústria de Óleo e Gás é dividida entre 3 áreas de atuação: *Upstream*, *Midstream* e *Downstream*. O *Upstream* concentra as atividades de exploração e produção de óleo e gás, enquanto o *Midstream* e o *Downstream* concentram as atividades de refino, transporte e distribuição e comercialização dos produtos derivados de óleo e gás até o consumidor final (RBNA Consult, 2017).

É na atividade de refino onde o petróleo é processado em plantas industriais (refinarias) tendo como objetivo produzir produtos (gasolina, diesel, óleo combustível, entre outros) que possam ser vendidos aos consumidores finais tanto no atacado quanto no varejo em estações de serviço (postos de gasolina). Existem também as atividades de transporte, tais como o escoamento do petróleo dos campos de produção para as refinarias e dos produtos refinados da refinaria para os pontos de venda final (que podem se realizar via oleodutos/gasodutos, navios/barcaças e pelos modais ferroviário e rodoviário).

Tanto no *midstream*, em maior escala, quanto no *downstream*, em menor escala, ocorre o transporte de fluidos combustíveis para tanques de armazenamento, sendo uma das atividades mais importantes e que requer mais atenção em todo o processo. Porém, por muitas vezes se tratar de um trabalho humano, erros podem acontecer durante o abastecimento, e a troca de combustível é um dos mais recorrentes deles. Quando o caminhão tanque que abastece os combustíveis em um posto de gasolina faz o descarregamento do combustível no tanque de forma incorreta, podem ocorrer diversas consequências negativas, tanto para o posto quanto para os clientes. Em primeiro lugar, pode haver a contaminação do combustível. Caso o combustível seja descarregado no tanque de armazenamento de um tipo de combustível diferente, isso pode comprometer a qualidade do produto e fazer com que ele não atenda às especificações técnicas exigidas pela legislação. Isso pode provocar problemas mecânicos no veículo, reduzir a eficiência do motor e até mesmo danificar componentes do sistema de combustão. Outra consequência é a questão financeira, caso o tanque do caminhão despeje o combustível errado em um dos tanques de armazenamento do posto todo o conteúdo do tanque deve ser descartado e o processo de limpeza e descontaminação do tanque deve ser realizado. Esses processos podem ser muito caros e demorados, gerando prejuízos permanentes para o proprietário do posto (Brasil Postos, 2023).

As possíveis causas para este problema são: Falta de atenção e treinamento dos operadores, falta de sinalização e erros na comunicação. Isso posto, fica clara a necessidade de desenvolver uma forma de evitar esse problema de forma prática, e para isso podem ser utilizados os recursos de controle e automação de processos. A automação de processos é o uso da tecnologia e da integração de dados e sistemas para automatizar tarefas que antes eram desempenhadas manualmente, de forma a aumentar a produtividade e evitar erros.

O mercado de automação de petróleo e gás foi avaliado em US\$ 17,05 bilhões em 2020 e deve atingir US\$ 24,9 bilhões até 2026 e crescer a um CAGR (Taxa de crescimento anual composta) de 6,47% durante o período de previsão (2021 - 2026). A indústria de petróleo e gás iniciou o movimento em direção à digitalização com mais sensores acumulando dados de plataformas em todo o mundo. A adoção de tecnologias digitais pode melhorar a comunicação interna e simplificar os planos, permitindo que as equipes de engenharia trabalhem com mais eficiência com as empresas de petróleo e gás para gerenciar melhor os dados e os requisitos do projeto. A automação na indústria de petróleo e gás pode melhorar a eficiência e reduzir os custos (Mordor intelligence, 2022).

A tecnologia utilizada nesse trabalho será o Arduino, placa microcontroladora de baixo custo, que nos permite realizar projetos de automação e controle de processos de forma simples, juntamente com sensores, como os de vazão, temperatura, pressão e outros diversos disponíveis para essa plataforma. A linguagem de programação utilizada no Arduino é a linguagem C++ (com pequenas modificações), que é uma linguagem muito

tradicional e utilizada em conjunto com softwares e placas de controle. O presente artigo tem a finalidade de aplicar os conceitos de automação na distribuição de combustíveis e desenvolver a programação de um sensor *flex fuel*, utilizando a placa microcontroladora Arduino, para a analisar o funcionamento do sensor com o objetivo de diferenciar propriedades presentes na gasolina e no etanol.

2 . OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Desenvolver um protótipo que identifique fluidos combustíveis, etanol ou gasolina, utilizando sensores, a modo de evitar a contaminação de tanques de armazenamento de combustíveis.

2.2 Objetivos Específicos:

- Realizar a pesquisa bibliográfica.
- Pesquisar sobre as propriedades dos fluidos combustíveis.
- Pesquisar sobre o microcontrolador Arduino para o controle e automação de processos.
- Pesquisar e entender a parte elétrica envolvida no projeto.
- Pesquisar e analisar possíveis sensores que possam ser utilizados para identificação de fluidos.
- Realizar a pesquisa sobre materiais seguros para a utilização em conjunto com fluidos combustíveis.
- Realizar testes e calibração dos sensores.
- Analisar os resultados para cada fluido utilizado.
- Determinar padrões para a gasolina.
- Programar os processos para controle na plataforma Arduino.

3 . MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do artigo baseou-se em métodos quantitativos para coleta e análise de dados.

O primeiro passo consistiu em realizar pesquisas de arquivos acadêmicos sobre os assuntos abordados.

O segundo passo foi realizar pesquisas sobre as propriedades dos fluidos combustíveis, como a gasolina, o etanol e o diesel. Nessa etapa foi possível determinar

as propriedades, como a viscosidade, calor latente, constantes elétricas e outras diversas, que foram utilizadas para diferenciar os fluidos.

O terceiro passo consistiu em pesquisar sobre a plataforma Arduino, entendendo como funciona a sua parte elétrica, seus componentes, sua linguagem de programação e como pode ser usada para o controle de processos.

O quarto passo foi procurar e analisar possíveis sensores que trabalham juntamente com a plataforma Arduino e que operam com fluidos combustíveis.

O quinto passo consistiu em realizar pesquisas sobre a segurança envolvida no projeto. Foi necessária uma análise dos riscos envolvidos para a realização de um projeto completamente seguro.

O sexto passo foi realizar a construção do protótipo parcial. O protótipo parcial é composto pelo sensor e suas ligações para o perfeito funcionamento.

A tabela abaixo mostra toda a lista de materiais utilizados para a construção do protótipo parcial.

Tabela 1: Materiais utilizados para construção do protótipo.

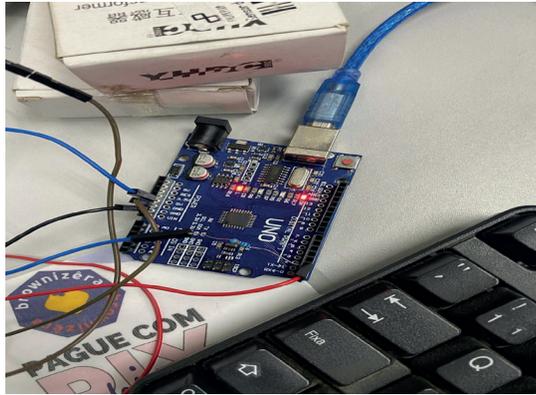
Ordem	Nome	Quantidade
1	Arduino Uno R3	1
2	Sensor <i>Flex Fuel</i> 06k907811b	1
3	Resistor 3K3	1
4	Fonte 12V	2
5	Display LCD	1
6	<i>Jumpers</i>	6

Fonte: Autores, 2024.

3.1 Arduino

Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica muito versátil e amplamente utilizada por estudantes, *hobbistas* e profissionais das mais diversas áreas. O objetivo principal do Arduino é tornar o acesso à prototipagem eletrônica mais fácil, mais barata e flexível. As versões mais simples da placa utilizam um microcontrolador da família Atmel AVR e uma linguagem de programação baseada em C/C++. Com ele é possível criar projetos variados em eletrônica, desde os mais simples até aplicações intermediárias como Internet das Coisas (IoT), Robôs, Sistemas de Automação Residencial ou Industrial, Alarmes e outros (Embarcados, 2013). No presente projeto, o Arduino e sua plataforma própria foram utilizados para realizar o controle do sensor.

Figura 1 - Arduino Uno R3.

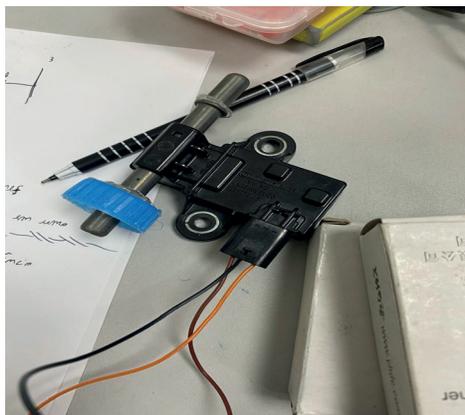


Fonte: Autores, 2024.

3.2 Sensor combustível *Flex Fuel* - 06k907811b

O sensor será o *Flex Fuel*, também conhecido como sensor de combustível flexível ou sensor de conteúdo de álcool, dispositivo utilizado em veículos movidos a álcool ou gasolina para determinar o tipo de combustível presente no tanque, permitindo que o veículo ajuste automaticamente a mistura ar/combustível para funcionar de forma otimizada. O sensor *Flex Fuel* normalmente monitora a condutividade elétrica do combustível, já que o etanol é mais condutivo do que a gasolina, e informa o percentual de etanol com base na frequência, sendo 50Hz igual a 0% e 150Hz igual a 100% (Horizonte autopeças, 2023).

Figura 2 - Sensor Flex Fuel 06k907811b.



Fonte: Autores, 2024.

4 . RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das pesquisas bibliográficas realizadas foi possível identificar os sensores e dispositivos utilizados para fluidos combustíveis o início da montagem do protótipo além de ser possível determinar as propriedades, que podem ser analisadas pelos sensores. Com a plataforma Arduino, observou-se o seu funcionamento com o sensor adquirido conforme a Figura 3 e utilizando a linguagem de programação da própria plataforma.

Figura 3 - Interface do Arduino com o código de programação.

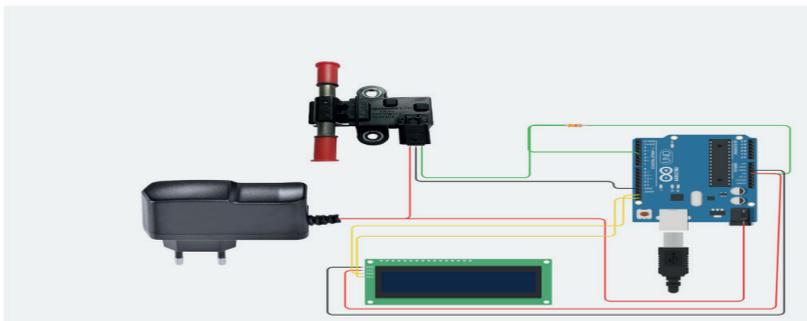
```
sketch_feb26a.ino
1  int analyzer = 0 , comb1 = 0;
2  volatile int state = LOW;
3  volatile int state1 = LOW;
4
5  void analy() {
6  | analyzer++;
7  }
8
9  void setup() {
10 | Serial.begin(9600);
11 | attachInterrupt(0, analy, FALLING);
12
13 | noInterrupts();
14 TCCR1A = 0;
15 TCCR1B = 0;
16 TCNT1 = 0;
17
18 OCR1A = 31250;
19 TCCR1B |= (1<< WGM12);
20 TCCR1B |= (1<< CS12);
21 TIMSK1 |= (1<< OCIE1A);
22 interrupts();
23 }
24 ISR(TIMER1_COMPA_vect) {
25 | comb1 = analyzer * 2 - 50;
26 | analyzer = 0;
27 }
28
29 void loop () {
30 | Serial.println("ANALISADOR DE COMBUSTIVEL");
31 | Serial.print("ETANOL = ");
32
33 | if (comb1 > 2) {
34 | | Serial.print(comb1);
35 | | Serial.println("%");
36 | } else {
37 | | Serial.println("SEM COMBUSTIVEL");
38 | }
39
40 | if (comb1 > 100) {
41 | | Serial.println("ERRO");
42 | }
43
44 | delay(1000);
45
46 }
```

Fonte: Autores, 2024.

A pesquisa sobre os riscos operacionais foi realizada em conjunto com minicurso NR20 e Controle de qualidade de combustíveis, ministrado pelo Engenheiro Químico e Doutorando Everaldo Lima. Neste passo foi analisado a melhor forma de se trabalhar com fluidos inflamáveis e circuitos elétricos, isolando toda a parte elétrica, evitando uma possível fonte de ignição.

Dessa forma o circuito inicial deverá conter os materiais e ligações necessárias para o funcionamento do sensor *flex fuel*, conforme Figura 4 abaixo.

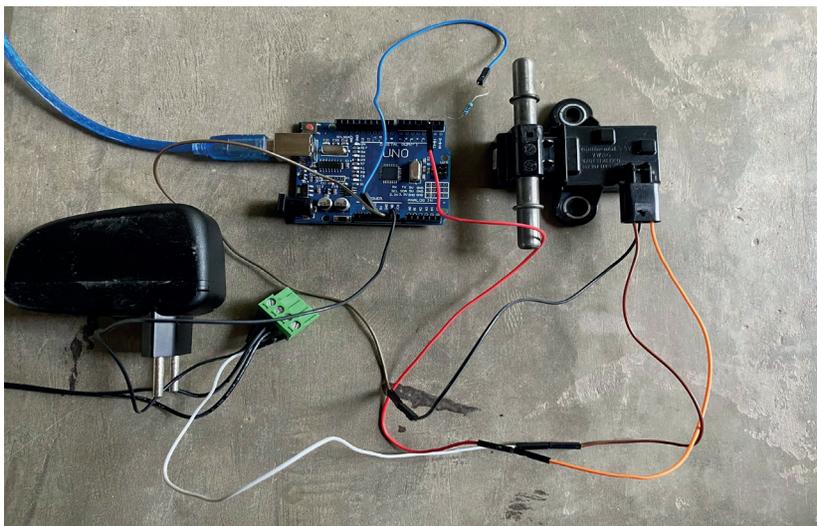
Figura 4 - Circuito inicial do protótipo parcial.



Fonte: Autores, 2024.

Abaixo, na Figura 5, segue a representação do sistema montado para a realização dos testes.

Figura 5 - Protótipo parcial em funcionamento.



Fonte: Autores, 2024.

Foram realizados testes utilizando o circuito acima onde o sensor apresentou pleno funcionamento, sendo utilizado inicialmente sem fluido. Quando operado sem fluido, não houve transmissão de sinal para o Arduino, mostrando assim a mensagem “Sem Combustível”, conforme Figura 6.

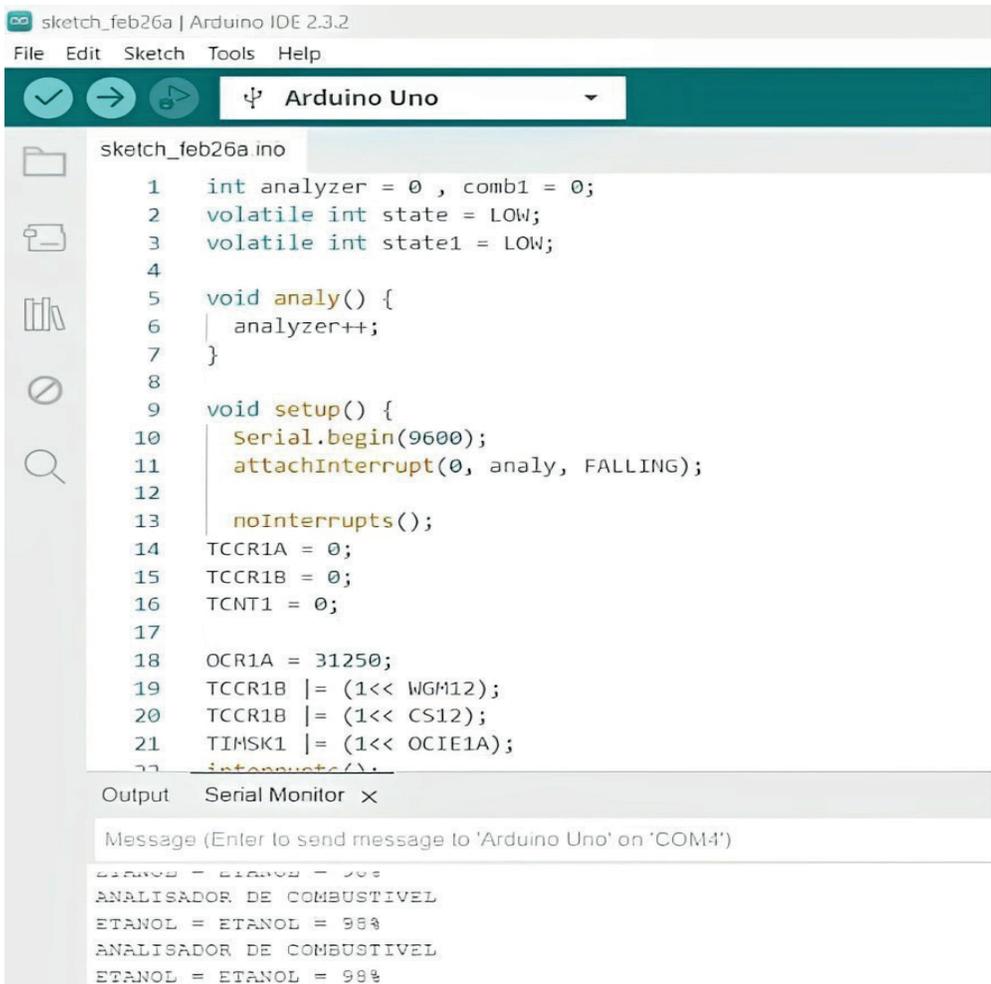
Figura 6 - Serial monitor do Arduino sem fluidos.

```
sketch_feb26a.ino
1  int analyzer = 0 , comb1 = 0;
2  volatile int state = LOW;
3  volatile int state1 = LOW;
4
5  void analy() {
6    analyzer++;
7  }
8
9  void setup() {
10   Serial.begin(9600);
11   attachInterrupt(0, analy, FALLING);
12
13   noInterrupts();
14   TCCR1A = 0;
15   TCCR1B = 0;
16   TCNT1 = 0;
17
18   OCR1A = 31250;
19   TCCR1B |= (1<< WGM12);
20   TCCR1B |= (1<< CS12);
21   TIMSK1 |= (1<< OCIE1A);
22   interrupts();
23
Output Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM4')
ETANOL = SEM COMBUSTIVEL
ANALISADOR DE COMBUSTIVEL
ETANOL = SEM COMBUSTIVEL
```

Fonte: Autores, 2024.

Após isso, foi utilizado o etanol combustível, fazendo com que o sensor transmitisse uma frequência próxima aos 150Hz, indicando ao monitor serial uma porcentagem de etanol de cerca de 98%, conforme Figura 7.

Figura 7 - Interface do programa com fluido etanol.

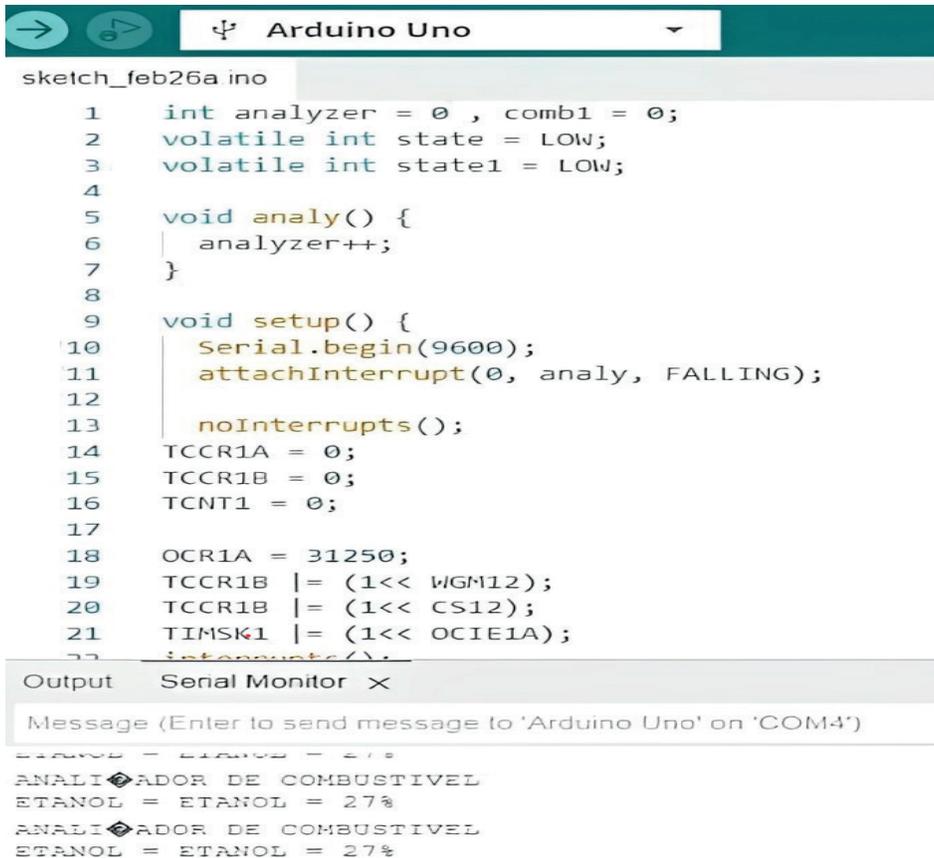


```
sketch_feb26a | Arduino IDE 2.3.2
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
sketch_feb26a.ino
1 int analyzer = 0 , comb1 = 0;
2 volatile int state = LOW;
3 volatile int state1 = LOW;
4
5 void analy() {
6   analyzer++;
7 }
8
9 void setup() {
10  Serial.begin(9600);
11  attachInterrupt(0, analy, FALLING);
12
13  noInterrupts();
14  TCCR1A = 0;
15  TCCR1B = 0;
16  TCNT1 = 0;
17
18  OCR1A = 31250;
19  TCCR1B |= (1<< WGM12);
20  TCCR1B |= (1<< CS12);
21  TIMSK1 |= (1<< OCIE1A);
22  interrupts();
23
Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM4')
ETANOL = ETANOL = 98%
ANALISADOR DE COMBUSTIVEL
ETANOL = ETANOL = 98%
ANALISADOR DE COMBUSTIVEL
ETANOL = ETANOL = 98%
```

Fonte: Autores, 2024.

Para os testes com gasolina, devemos considerar que o etanol anidro é misturado em toda a gasolina comercializada no território nacional na proporção de 27% em volume. Nos termos da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, este teor deve ser estabelecido pelo Poder Executivo entre 18% e 27,5%. A Figura 8 mostra que o valor apresentado pelo sensor é bem próximo dos indicados pelas normas.

Figura 8 – Interface do programa com fluido gasolina.



```
sketch_feb26a.ino
1  int analyzer = 0 , comb1 = 0;
2  volatile int state = LOW;
3  volatile int state1 = LOW;
4
5  void analy() {
6  | analyzer++;
7  }
8
9  void setup() {
10 | Serial.begin(9600);
11 | attachInterrupt(0, analy, FALLING);
12
13 | noInterrupts();
14 | TCCR1A = 0;
15 | TCCR1B = 0;
16 | TCNT1 = 0;
17
18 | OCR1A = 31250;
19 | TCCR1B |= (1<< WGM12);
20 | TCCR1B |= (1<< CS12);
21 | TIMSK1 |= (1<< OCIE1A);
22 | interrupts();

```

Output Serial Monitor X

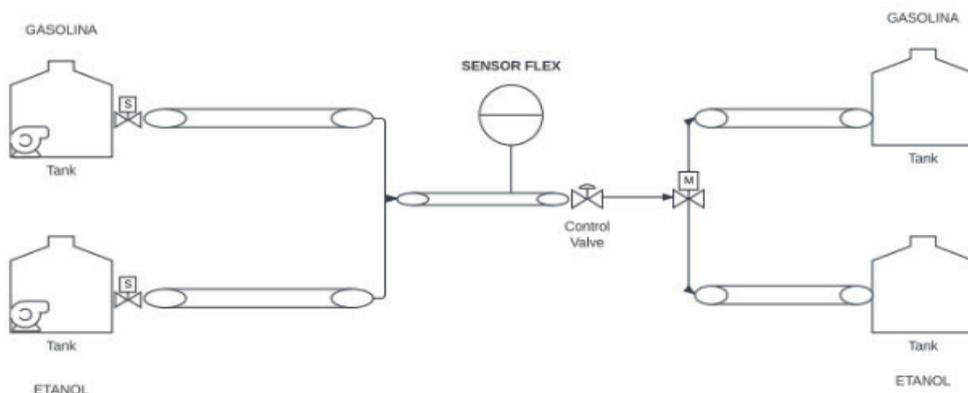
```
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM4')
ETANOL = ETANOL = 27%
ANALISADOR DE COMBUSTIVEL
ETANOL = ETANOL = 27%
ANALISADOR DE COMBUSTIVEL
ETANOL = ETANOL = 27%
```

Fonte: Autores, 2024.

5. CONCLUSÕES

Portanto, foi possível concluir que o Sensor Flex Fuel 06k907811b funcionou para distinguir as propriedades do etanol combustível e da gasolina, tendo sua eficácia comprovada através dos testes realizados com a placa microcontroladora Arduino Uno R3, sendo possível elaborar a implementação desde protótipo em uma planta piloto no futuro. Para a finalização do projeto, será realizada a construção do protótipo final conforme a imagem abaixo. Na Figura 9 podemos observar uma estrutura com tanques, tubulações, bombas e válvulas, que irão funcionar de acordo com o Sensor Flex Fuel 06k907811b.

Figura 9 – Desenho esquemático do protótipo final.



Fonte: Autores, 2024.

6 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASILPOSTOS. Tanques Trocados: Como Lidar Quando O Caminhão Tanque Descarrega No Lugar Errado. BrasilPostos, 2023. Disponível em: <https://www.brasilpostos.com.br/noticias/gerenciamento-do-posto/tanques-trocados-como-lidar-quando-o-caminhao-tanque-descarrega-no-lugar-errado>. Acesso em: 31 de agosto de 2023.

DPF eletrônica, CONSTRUA VOCÊ MESMO VERIFICADOR DE COMBUSTÍVEL. YOUTUBE, 16 de maio de 2021. Disponível em: https://youtu.be/6SMCAFeSb4?si=lwGmBrfkV_Xsfrh8

Embarcados, conheça o hardware da placa Arduino em detalhes. 2013. Disponível em: <https://embarcados.com.br/arduino-uno/>

Horizonte autopeças, Sensor De Composição De Combustível Volkswagen 1.0 Tsi Flex 06k907811b, 2023. Disponível em: <https://www.autopecashorizonte.com.br/motor/sensor-de-composicao-de-combustivel-volkswagen-1-0-e-1-4-tsi-flex-06k907811b>

MESQUITA, Daniel; Borges, Alex; SUGANO, Joel; Carlos, Antônio. O desenvolvimento de processos de inovação sob a ótica da teoria dos custos de transação: O caso da tecnologia Flex-Fuel. FEAUSP, 2013.

MORDOR INTELLIGENCE. Mercado de automação de petróleo e gás - crescimento, tendências, impacto do covid-19 e previsões (2023-2028). Mordor intelligence, 2022. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/oil-and-gas-automation-market>

RBNA CONSULT, Diferentes fases da indústria de e&p e a política de conteúdo local, 2017. Disponível em: <https://rbnaconsult.com/fases-da-industria-de-ep/>

SOUZA, Darlan Carvalho de. Capacitive sensor for monitoring of the level of anhydrous ethyl alcohol fuel (aeaf) in samples of commercial gasoline. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em QUÍMICA) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2013. Disponível em: <http://tedeuc.ufma.br:8080/jspui/handle/tede/977>

7. AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – PIBITI da UFAM, que possibilitou o desenvolvimento do projeto e à professora Dra. Joemes de Lima Simas que coordena o Laboratório de Petrofísica do curso de Engenharia de Petróleo onde a pesquisa foi realizada sob sua orientação.