

SISTEMA DE QUANTIFICAÇÃO DE COMBUSTÍVEL PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES

Rodrigo Matos¹, Vinícius Santiago², Charles Soares³, Márcio Sousa⁴

¹Centro Universitário Jorge Amado, E-mail: rodrigo.matos17@hotmail.com;

²Centro Universitário Jorge Amado, E-mail: vinciussantiago91@gmail.com;

³Centro Universitário Jorge Amado, Faculdade de Tecnologia SENAI-CIMATEC, E-mail: charles.soares@unijorge.edu.br;

⁴Centro Universitário Jorge Amado, Faculdade de Tecnologia SENAI-CIMATEC, E-mail: marcio.soussa10@gmail.com.

RESUMO

Devido ao aumento nos casos de fraudes reportadas em postos de combustível, percebe-se um crescimento da desconfiança de donos de veículos automotores no momento do abastecimento dos seus veículos. Há uma incerteza quanto ao real volume de combustível abastecido. Portanto, no intuito de tentar mitigar esse problema, este trabalho tem como objetivo propor um sistema de medição que utiliza um modelo computacional capaz de mensurar o volume de combustível inserido em um compartimento e informar ao condutor do veículo, através do uso de um conjunto de equipamentos eletrônicos integrados, como sensores e microcontroladores. Espera-se com isso, evitar ou reduzir prejuízos financeiros para os condutores de veículos e melhorar a sensação de segurança no momento do abastecimento. Os testes realizados com o protótipo criado e o algoritmo proposto apresentaram taxas de erro inferiores a 5,8%.

Palavras-Chaves: *Arduino; Sensor; Abastecimento.*

ABSTRACT

Due to the increase in cases of fraud reported at the time of supply in gas stations, it is noticed an increase in distrust of vehicle owners. There is an uncertainty about the real volume of supplied fuel. Therefore, in order to try to mitigate this problem, this project aims to propose a measurement system that uses a computational model capable of measuring the real volume of fuel inserted into a fuel compartment and informing it to the driver, through the use of a set of integrated electronic equipments such as sensors and microcontrollers. It is expected to avoid or reduce financial losses for the drivers and improve the sense of security at the time of supply. Tests realized with the created prototype and proposed algorithms presented error rate below 5.8%.

Keywords: Arduino; Sensor; Supply.

1. INTRODUÇÃO

Quando um veículo automotor é abastecido em um posto de combustível, a única maneira de o condutor saber o volume de combustível abastecido é através dos *displays* das bombas de combustível, que se estiverem desreguladas ou adulteradas, poderão apresentar valores distorcidos e gerar prejuízo financeiro para o usuário.

Azevedo e Faustini [1] apresentam um mecanismo que alguns postos de combustíveis utilizam para adulterar o volume de combustível inserido nos automóveis. Eles informam que a estratégia consiste na substituição da placa original instalada das bombas de combustível, que é um circuito eletrônico, por outra, adulterada, que desvia parte do combustível, de volta para o tanque do estabelecimento. Conseqüentemente, é apresentado no *display* da bomba de combustível, um volume maior do que o realmente abastecido, chegando, em alguns casos, a superar 12% do volume real. Essas placas são ativadas e desativadas através de controle remoto, dificultando as chances de serem identificados por parte dos consumidores, ou mesmo, por fiscais.

Com os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas, a capacidade de desenvolvimento de dispositivos e sistemas eficientes e baixo custo foram ampliados, principalmente por conta da evolução da microeletrônica, que tornou possível o desenvolvimento de peças eletrônicas de tamanhos reduzidos e com baixo custo.

Portanto, esse trabalho tem como objetivo principal propor um sistema de medição que utiliza composto por um conjunto integrado de sensores e microcontrolador, que permita mensurar o volume de líquido que é inserido em um recipiente controlado e informar esse volume em um *display*. Espera-se com isso, propor uma alternativa para garantir uma maior confiabilidade aos donos de veículos, no momento do abastecimento nos postos de combustível.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Microcontrolador

Segundo Tanenbaum [2], um microcontrolador é um dispositivo eletrônico composto por processador, memória e unidades de entrada e saída (E/S). Estas habitualmente são utilizadas para detectar os botões e interruptores do aparelho e controlar suas luzes. Na maioria dos casos, o software está incorporado no chip, na forma de uma

memória somente de leitura, e funciona em tempo real, ou seja, quando recebe o estímulo deve responder instantaneamente.

De acordo com Batista [3], os microcontroladores são utilizados quando é necessário que um circuito realize operações e procedimentos que variam conforme estímulos externos ou condições de ambiente. Abreu [4] afirma que os microcontroladores são dispositivos capazes de efetuar o controle de equipamentos eletrônicos ou mesmo máquinas de pequeno porte, através de programação realizada em diferentes tipos de linguagem.

Na atualidade é encontrada no mercado uma variedade de placas de prototipagem que possuem um ou mais microcontroladores embutidos, como é o caso do Arduino, *Beaglesboard*, *Cubieboard*, *Raspberry Pi*, dentre outros. Neste projeto optou-se pelo uso do Arduino pela familiaridade dos autores, por ser mais acessível, tanto no que diz respeito à aquisição do equipamento, quanto à quantidade de referências bibliográficas, além de apresentar baixo custo, ser *open-source* e compatível com vários tipos de sensores.

2.2. Arduino

O Arduino é uma plataforma de hardware *open source* de fácil utilização, ideal para a criação de dispositivos que permitam interação com o ambiente, dispositivos estes que utilizem como entrada sensores de temperatura, luz, som etc., e como saída *leds*, motores, *displays*, alto-falantes etc [5].

Evans [6] afirma que até o momento todas as series dos Arduino foram baseadas em microprocessadores de 8 *bits* ATMEL AVR, sendo esses baseados na arquitetura RISC. De acordo com Antônio [7], o Arduino possui uma versão, denominada Arduino Uno, que é uma placa microcontroladora baseada no microprocessador ATmega328, composto por 14 pinos digitais de entrada e saída, 6 entradas analógicas, *clock* de 16 MHz, uma conexão USB, conector ICSP e um botão de *reset*, conforme pode ser visto na Figura 1.

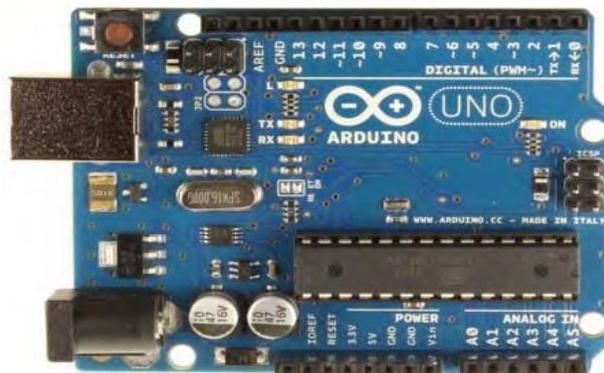


Figura 1. Placa Arduino Uno. Fonte: <http://s.glbimg.com/po/tt/f/original/2013/10/03/arduino.jpg>

2.3. Sensor

Thomazini [8] afirma que sensor é um termo empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente, que pode ser luminosa, térmica, cinética e que está relacionada com informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição e etc. Essas grandezas são chamadas de variáveis e para Wendling [9], servem para transmitir informações de um evento que ocorre externamente e sobre o qual o sensor atua ou no qual deve executar uma determinada ação.

Na atualidade, há uma grande variedade de sensores disponíveis e dentre eles, o sensor ultrassônico foi escolhido para ser utilizado neste projeto, porque além de possuir a capacidade de medir uma distância até um determinado objeto, possui baixo custo.

Cardozo [10] informa que o sensor ultrassônico opera baseado no tempo decorrido entre a emissão e recepção de ondas acústicas ultrassônicas entre o sensor e algum objeto, o transmissor ultrassônico é acionado por um curto tempo e as ondas produzidas ficam entre 30 – 300 kHz faixas inaudíveis para o ser humano. Com base no tempo desse retorno, obtém a distância. A Fórmula a seguir apresenta o cálculo da distância (s), que é obtida através da multiplicação do tempo (t) que o sinal leva para ir até o objeto e retornar, pela velocidade do som (v), que é de aproximadamente 340 m/s [11].

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \equiv v = \frac{2 \cdot s}{t} \equiv s = \frac{v \cdot t}{2} \equiv s = 170 \cdot t \quad (1)$$

O modelo de sensor ultrassônico utilizado no projeto foi o HC_SR04, conforme pode ser visto na Figura 2. Conforme os dados técnicos, possui um alcance que varia de 2 cm a 4 m, uma angulação que varia de 15° a 30° e uma taxa de erro de 3 mm. A sua saída é digital e possui 4 pinos: VCC, que é a entrada de energia (positivo); TRIG, que envia o pulso; ECHO, que obtém o retorno do pulso e GND, que a densidade neutra (negativo).



Figura 2. Sensor ultrassônico. Fonte: http://seriallink.com.br/loja/images/prod_sensor_ultrassonico_gde.png

3. METODOLOGIA

3.1. Introdução

Para construir o protótipo foram analisados três diferentes tipos de sensores. Na proposta inicial, planejou-se utilizar sensores infravermelhos, mas como eles geram calor e o combustível é inflamável, então essa solução foi descartada. Posteriormente, foi construído um protótipo utilizando um sensor de fluxo, mas os testes realizados apresentaram taxas de erro maiores que 50%; e por fim, o protótipo final foi concebido utilizando sensores ultrassônicos, pelo fato de não gerarem calor e apresentarem taxas de erro menores.

3.2. Modelo Proposto

O modelo proposto é composto por um recipiente trapezoidal que simula um tanque de combustível; quatro sensores ultrassônicos, modelo HC_SR04, instalados nas extremidades da parte superior do recipiente e conectados a uma placa Arduino Uno. Vale a pena salientar que a escolha do formato trapezoidal se deu pelo fato de que grande parte dos veículos produzidos no Brasil apresenta esse formato.

Cada sensor ultrassônico tem como função calcular a distância do topo do recipiente até o combustível para permitir que o sistema calcule o volume de combustível existente no recipiente. É importante salientar que são usados quatro sensores, por conta de possíveis inclinações no recipiente. Percebe-se que o modelo se propõe a mensurar o volume de combustível no tanque através do cálculo de distância, diferentemente dos sistemas dos veículos atuais que utilizam boias para identificar o nível do combustível.

Para o seu correto funcionamento, o modelo possui dois botões. O primeiro, denominado “Modo Abastecimento”, deve ser pressionado antes do início do abastecimento, com o intuito de obter a distância entre cada um dos quatro sensores e o combustível. Com base nessas distâncias, em milímetros, e nas dimensões do tanque, o sistema calcula o volume (V) de combustível existente no tanque, armazena em uma variável denominada “ V_0 ” (em mililitros) e apresenta no *display*.

Em seguida, pode-se iniciar o abastecimento e ao seu término, deve-se pressionar o segundo botão, para que seja realizado um novo cálculo do volume de combustível presente no tanque, V . Em seguida, subtrai-se V de V_0 e exibe-se, no *display*, o resultado, que representa o volume abastecido e a taxa de erro.

A Fórmula 2 apresenta o cálculo do volume do recipiente [12].

$$V = ((b1 + b2) \cdot a \cdot 0.5 \cdot l) \cdot 0.0010000 \quad (2)$$

Onde $b1$ representa a base menor, $b2$, a base maior, a , a altura do recipiente e l , a largura do recipiente. A multiplicação pelo valor 0.0010000 objetiva converter o valor de milímetros cúbicos para mililitros. Os dados do cálculo podem variar de acordo com a posição do sensor, tamanho e espessura do recipiente.

3.3 Protótipo

A Figura 3 apresenta o protótipo construído com o objetivo de testar o modelo proposto. Nela é possível visualizar os quatro sensores ultrassônicos, instalados nos cantos da parte superior do recipiente e integrados a uma placa arduino, também instalada na parte superior central do recipiente.

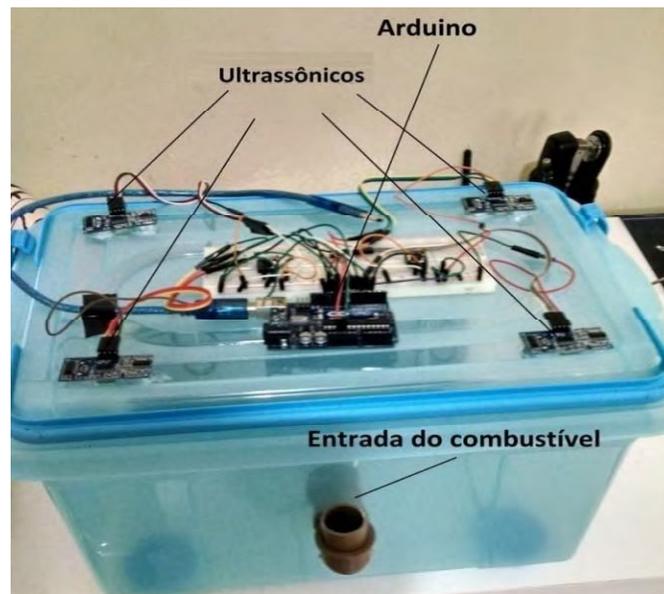


Figura 3. Protótipo.
Fonte: Autoria Própria

O recipiente utilizado possui as seguintes dimensões: base menor $b1 = 320 \text{ mm}$, base maior $b2 = 340 \text{ mm}$, largura $l = 222 \text{ mm}$ e a altura $a = 220 \text{ mm}$, porém, varia de acordo com a quantidade de combustível no tanque.

Vale a pena chamar a atenção que, por questões de segurança, não foram feitos testes com líquidos inflamáveis. Os testes foram feitos com água e ocorreram da seguinte forma: o sistema era iniciado com o volume do recipiente vazio, e em seguida, era introduzido 1 litro de água e posteriormente verificado o volume de água, apresentado no *display* e as taxas de erro registradas.

A primeira versão do algoritmo desenvolvida calculava o volume inicial (recipiente vazio), o final (recipiente com 1 litro de água) e apresentava a diferença entre os valores, simulando a quantidade abastecida. Contudo, nos primeiros testes realizados, foram identificadas taxas de erro de até 15,4%, para mais ou para menos.

Portanto, foi desenvolvido um segundo algoritmo com o objetivo de reduzir a taxa de erro e ele funciona da seguinte forma: durante um intervalo de tempo configurável, os sensores ultrassônicos obtêm a maior quantidade de distâncias possíveis entre eles e o líquido e posteriormente calcula a média aritmética dessas variações e o resultado encontrado representará a altura (a), neste caso uma altura média, no cálculo de volume. As etapas seguintes são as mesmas do primeiro algoritmo. Com essa mudança, a taxa de erro foi reduzida para até 5,8%.

A título ilustrativo, segue um exemplo do funcionamento dessa etapa do algoritmo: supondo que a distância real entre os sensores e o líquido seja de 200 mm e sabendo-se que taxa de erro é de 3mm, então qualquer distância calculada estará no intervalo de 197 a 203 mm. Se durante 5 segundos o algoritmo obtiver as seguintes distâncias: 197, 198, 201 e 202 mm, então o somatório totalizará 798 mm e após a divisão por 4 (4 medições), o valor da distância será de 199,5 mm. Este valor será o utilizado na fórmula de cálculo de volume, como a altura.

Após o desenvolvimento do algoritmo, alguns testes foram realizados, utilizando um tempo de espera de 5 segundos e os resultados estão apresentados na próxima seção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta os resultados dos testes realizados com o protótipo. A taxa de erro foi calculada com base na variação entre o volume real e a maior diferença entre as medidas encontradas.

No primeiro cenário, isto é, antes dos ajustes feitos para o segundo algoritmo (aqui denominado 1º Algoritmo), a maior diferença encontrada foi entre 1000 ml (volume real) e 856 ml (menor volume medido), representando uma taxa de erro de 15,4%, enquanto no 2º cenário, isto é, após utilizando o segundo algoritmo (2º Algoritmo), a maior diferença encontrada foi entre 1000 ml e 1057 ml, com uma taxa de erro de 5,8%.

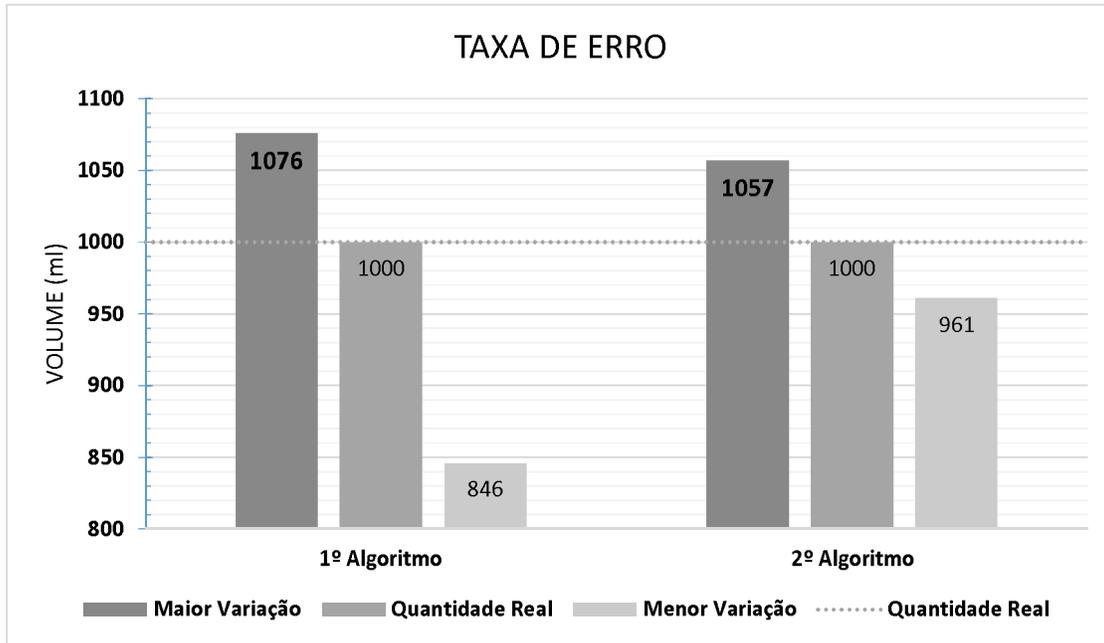


Figura 4. Medidas encontradas nos testes realizados.

Fonte: Autoria Própria

Os resultados apontam uma melhoria em torno de 38% na taxa de erro, após os ajustes do algoritmo. Portanto, percebe-se que a taxa de erro diminuiu por conta da média das distâncias calculadas. Isto traz uma perspectiva de que aumentando o número de medidas de distância encontradas pelos sensores, espera-se obter volumes mais precisos, contudo, maior deverá ser o tempo necessário para obter esses resultados.

Os testes também foram realizados com o recipiente levemente inclinado e os resultados obtidos foram os mesmos quando sem a inclinação. Contudo, nos testes onde o líquido esteja em movimento, valores incoerentes foram encontrados.

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou a concepção e a prototipação de um sistema de medição que utiliza um modelo computacional para abastecimento de combustíveis líquidos, cujo objetivo é mensurar o volume abastecido em postos de combustíveis, deixando o consumidor ciente do real ou mais próximo do volume abastecido, possuindo, contudo, uma determinada taxa de erro, que pode variar de acordo com as configurações do modelo.

Percebeu-se que o uso desta abordagem trouxe resultados satisfatórios, sobretudo pelo fato dos testes realizados terem apresentado taxas de erro inferiores a 5,8% e uma perspectiva de redução ainda maior, caso haja um aumento no tempo máximo de espera. O modelo apresenta algumas desvantagens, como a inicialização manual, um tempo de espera maior e imprecisão no cálculo do volume do combustível, quando o líquido está em movimento.

Uma questão importante a ser abordada é quanto à sensibilidade do modelo ao posicionamento e robustez dos sensores ultrassônicos utilizados. Nos testes realizados, em alguns poucos casos, houve a necessidade de calibrar o sistema, alterando dados para a realização do cálculo. Ao investigar os experimentos, percebeu-se que a falha pode ter ocorrido devido à posição do sensor ultrassônico ter sido alterada, implicando em valores incoerentes. Para sanar esse problema, sugere-se fixar os sensores ultrassônicos de modo que a sua posição não possa ser alterada e nem sua angulação inclinada, ficando o sensor posicionado paralelo ao fundo do recipiente, podendo o recipiente inclinar juntamente com ele.

Quanto a sua utilização em um tanque real, faz-se necessário realizar uma série de testes de resistência para saber se o tipo de sensor utilizado no protótipo suportaria as condições internas de um tanque. O formato do tanque também é uma questão a ser avaliada, pois o modelo foi concebido apenas para tanques trapezoidais e mesmo para tanques com esse formato, é preciso avaliar o posicionamento adequado dos sensores.

Espera-se que esse trabalho possa fomentar discussões e um estudo para a proposição de sistemas alternativos de controle de abastecimento de combustível, que possam mitigar possíveis fraudes no momento do abastecimento dos veículos, auxiliando os donos e condutores de veículos.

6. REFERÊNCIAS

¹Azevedo, A. L.; Faustini E., Postos fraudam bombas de combustível com controle remoto. Disponível em: <<http://g1.globo.com/fantastico/noticia/2012/01/postos-fraudam-bombas-de-combustivel-com-controle-remoto.html>>. Acesso em: 5 de maio de 2014.

²Tanenbaum, A. S.; *Organização Estruturada de Computador*, 5a. ed., Pearson education-Br, 2006.

³Batista, S. L.; *Método Complementar para Avaliação de um Microcontrolador de Código Aberto*, Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <http://files.dirppg.ct.utfpr.edu.br/cpgei/Ano_2009/dissertacoes/Dissertacao_494_2009.pdf>. Acesso em 13 de julho de 2014.

⁴Abreu, A. D. S.; *Arduino – Plataforma Eletrônica Microcontrolada*, Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2012. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfxPIAH/antonio-diego-monografia-arduino>>. Acesso em: 17 de julho de 2014.

⁵Souza, A. R.; Paixão, A. C.; Uzêda, D. D.; Dias, M. A.; Duarte, S.; Amorim H. S. A Placa Arduino: Uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, 2011.

⁶Evans, M.; Noble, J.; Hochenbaum, J.; *Arduino em ação*. Novatec, 2013.

⁷Antônio, L. T.; Brandão, E. L. G.; Uma solução com Arduino para controlar e monitorar processos industriais, instituto nacional de telecomunicações, Minas Gerais, 2013.

⁸Thomazini, D.; Albuquerque, P. U. B.; *Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações*, 4a. ed., Érica, 2011.

⁹Wendling, M.; *Sensores*. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>. Acesso em: Acesso em 08 de agosto de 2015.

¹⁰Cardozo, R. F.; *Apostila de Automação Industrial*, Universidade federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2005. Disponível: em <http://w3.ufsm.br/fuentes/index_arquivos/CA03.pdf>. Acesso em: 08 de agosto de 2015.

¹¹Loneiton, F. S.; Scherer, D. Praxedes/; Protótipo de um Kit Educacional de Robótica Baseado na Plataforma Arduino, Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufgd.edu.br/index.php/ead/article/viewFile/2654/1492>>. Acesso em: 08 de agosto de 2015

¹²Paiva, M.; *Matemática 1a. ed.*, Moderna, 1999, cap.10.