

## PROTÓTIPO AUTOMATIZADO DE ESTEIRA SEPARADORA UTILIZANDO ARDINO UNO

Davi Rodrigo de Miranda <sup>1</sup>  
João Vinícius Bozoni <sup>1</sup>  
Ricardo Rall <sup>2</sup>

### Resumo

Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto que permite criar projetos interativos e controlar dispositivos eletrônicos. O Arduino tem sido utilizado em diversos campos, desde a educação até a indústria, para a criação de soluções inovadoras em automação, robótica, Internet das Coisas (IoT), arte e design, entre outros. O objetivo da esteira separadora é separar os materiais metálicos de outros resíduos. Ela consiste em uma superfície móvel com sensores e dispositivos de separação que classificam os materiais por tipo e os direcionam para os recipientes corretos. Para a construção da esteira foi utilizada uma base cortada em MDF, para seu funcionamento foi utilizado um motor, para a detecção dos metais um sensor indutivo e para a exibição das informações foi utilizado um Liquid Crystal Display (LCD), assim, quando acionada um servo motor é ativado fazendo a separação do material. A programação foi feita em C++ utilizando a própria IDE do Arduino. O protótipo da esteira separadora funcionou e foi possível comprovar a utilidade dela na separação dos materiais metálicos e não-metálicos.

**Palavras-chave:** Internet das Coisas (IoT). Automação. Sensores. Arduino. Esteira separadora.

### Abstract. Automated prototype of a separating conveyor belt using Uno Arduino.

Arduino is open-source electronics prototyping platform that allows you to create interactive projects and control electronic devices. Arduino has been used in various fields, from education to industry, to create innovative solutions in automation, robotics, Internet of Things (IoT), art and design, among others. The purpose of the separator belt is to separate metallic materials from other waste. It consists of a movable surface with sensors and separation devices that classify materials by type and direct them to the correct containers. To build the treadmill, a base cut from MDF was used, for its operation a motor was used, for the detection of metals an inductive sensor and to display the information a Liquid Crystal Display (LCD) was used, thus, when activated a servo motor is activated separating the material. Programming was done in C++ using the Arduino IDE itself. The prototype of the separating belt worked, and it was possible to prove its usefulness in separating metallic and non-metallic materials.

**Keywords:** Internet of Things (IoT). Automation. Sensors. Arduino. Separator belt.

---

<sup>1</sup> Egressos do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas da FATEC Botucatu (*E-mails*: davi.miranda01@fatec.sp.gov.br e joao.bozoni@fatec.sp.gov.br, respectivamente).

<sup>2</sup> Professor de Ensino Superior da FATEC Botucatu (*E-mail*: ricardo.rall@fatec.sp.gov.br).

## 1 Introdução

A esteira separadora é uma ferramenta importante dentro do processo de reciclagem. Ela permite a separação automática de materiais recicláveis em uma linha de produção, tornando o processo de reciclagem mais eficiente e rápido. A esteira de reciclagem consiste em uma superfície móvel que transporta os materiais até uma série de sensores e dispositivos de separação. Esses dispositivos classificam os materiais por tipo e os direcionam para os devidos recipientes de armazenamento. Alguns tipos de esteiras também podem remover impurezas e materiais não recicláveis, tais como metal, vidro e plástico (SOUZA, FONTES & SALOMÃO, 2018).

O Arduino é uma plataforma que inspira pessoas a transformarem suas ideias em realidade, incentivando a criatividade e a inovação (BANZI, 2015).

A separação dos metais recicláveis e demais materiais é de extrema importância no processo de reciclagem. Essa separação adequada permite a recuperação eficiente e a valorização dos materiais, evitando o desperdício e promovendo a sustentabilidade ambiental.

A automação é o processo de utilizar sistemas ou dispositivos para realizar tarefas de forma autônoma, reduzindo ou eliminando a necessidade de intervenção humana. Os sensores são componentes fundamentais na automação e no funcionamento do Arduino. Eles são responsáveis por coletar informações do ambiente ou de dispositivos externos e transmitir esses dados ao microcontrolador.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um protótipo utilizando uma estrutura em MDF para a construção de uma esteira, com a implementação de alguns sensores - o principal é o indutivo que permite fazer a separação dos materiais metálicos, para realizar a leitura e separação junto com a esteira funcional. O objetivo foi simular processos reais de reciclagem.

## 2 Material e métodos

Foi utilizado um microcomputador com as seguintes configurações: Sistema Operacional Windows 10; Processador Intel® Core™ i5; Memória RAM 16 GB (GigaByte) de capacidade e 1 TB (TeraByte) de capacidade de armazenamento de disco rígido.

Diversas ferramentas podem ser utilizadas para o desenvolvimento de um produto e diferentes tecnologias podem alcançar o mesmo objetivo, entretanto, alguns recursos são fundamentais para a estruturação do sistema, bem como do local de trabalho, das ferramentas e dos recursos. Este protótipo foi desenvolvido utilizando materiais renováveis para sua parte física e estrutural. Sendo sua parte funcional (inteligente), composta pelo Arduino Uno, além de alguns sensores e atuadores. O código foi desenvolvido em C++, utilizando a própria IDE (Interface de Desenvolvimento) do Arduino.

O modelo de Arduino utilizado foi o Arduino Uno R3 (Figura 1), utilizado para desenvolver a programação envolvendo seus sensores e atuadores. Este tipo é baseado em um microcontrolador ATmega328P e possui uma arquitetura de 8 bits. Ele oferece 14 pinos digitais de entrada/saída, dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM (Modulação por Largura de Pulso). Além disso, possui 6 entradas analógicas, uma porta USB para conexão com o computador e uma porta de alimentação.

Figura 1. Arduino Uno R3.



Fonte: RoboCore (2023).

Outro sensor fundamental para esse projeto foi o sensor indutivo M12 Npn Na 4mm (Figura 2), utilizado para identificar materiais metálicos. O sensor indutivo metálico funciona com base no princípio da indução eletromagnética. Ele gera um campo magnético de alta frequência em torno de si e, quando um objeto metálico se aproxima, esse campo é perturbado, causando uma mudança na impedância do sensor. Essa mudança é então detectada fazendo com que um led vermelho seja aceso em sua superfície e processada pelo Arduino.

Figura 2. Sensor Indutivo.



Fonte: RoboCore (2023).

Para a ação de separação da esteira foi utilizado um servo motor 9g SG90 (Figura 3) que movimenta uma haste. O servo motor possui três fios de conexão: alimentação (VCC), terra (GND) e sinal de controle (*signal*). O sinal de controle é usado para enviar pulsos de largura de pulso modulada (PWM) do Arduino para o servo motor. Esses pulsos determinam a posição desejada do servo motor.

Figura 3. Servo Motor.



Fonte: RoboCore (2023).

Um dos sensores presentes também foi o ultrassônico HC-SR04 (Figura 4) de distância, responsável pela contagem dos objetos que correm pela esteira. O sensor ultrassônico consiste em um emissor e um receptor. O emissor emite pulsos ultrassônicos e o receptor detecta os ecos desses pulsos quando retornam após refletirem em um objeto. Com base no tempo que leva para o pulso ser emitido e voltar ao sensor, é possível calcular a distância entre o sensor e o objeto.

Figura 4. Sensor Ultrassônico.



Fonte: RoboCore (2023).

Para o funcionamento da esteira foi necessário o uso de um motor DC 3-6V 80RPM com Caixa de Redução (Figura 5).

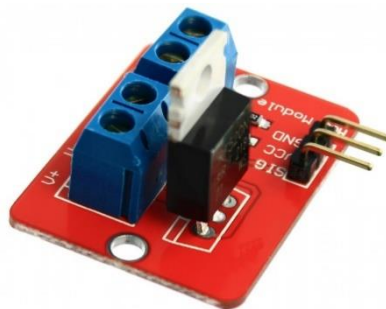
Figura 5. Motor DC.



Fonte: RoboCore (2023).

Para o controle do motor, foi necessário um *driver* controlador IRF520 para motor DC (Figura 6). O *driver* controlador para Arduino é um dispositivo utilizado para controlar e gerenciar a potência e o movimento de motores elétricos em projetos eletrônicos. Ele atua como uma ponte entre o Arduino e o motor, fornecendo a corrente e a tensão adequada para o funcionamento do motor.

Figura 6. Driver Controlador.



Fonte: RoboCore (2023).

Também foi utilizado um LCD (Figura 7) para se obter as informações sobre o que ocorre na esteira. O display LCD 16x2 I2C para Arduino é um componente popular usado para exibir informações alfanuméricas de maneira clara e legível. É composto por um painel de LCD (Liquid Crystal Display) com capacidade para exibir 16 colunas por 2 linhas de caracteres.

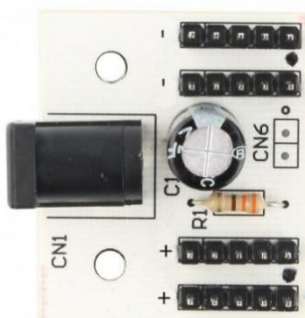
Figura 7. LCD 16x2 I2C com Fundo Verde.



Fonte: RoboCore (2023).

Para a parte das ligações elétricas e de organização do sistema foi utilizado um extensor de portas 0 a 6V 10 saídas com Jack P4 – EPX10 (Figura 8). Um extensor de portas é um dispositivo utilizado para expandir o número de portas disponíveis no Arduino, permitindo conectar um maior número de dispositivos ou componentes eletrônicos. O Arduino Uno, por exemplo, possui um número limitado de portas digitais e analógicas. No entanto, em muitos projetos pode ser necessário conectar uma quantidade maior de sensores, atuadores ou outros dispositivos que requerem portas adicionais para funcionar corretamente.

Figura 8. Extensor de Portas 0 a 6V.



Fonte: RoboCore (2023).

Para o funcionamento dos componentes e para a alimentação dos dispositivos foi utilizada uma fonte de Alimentação 5VDC (Figura 9). Uma fonte de alimentação chaveada converte a energia elétrica da rede elétrica ou de uma fonte de energia externa em uma saída de corrente contínua (DC) de tensão estável. Essas fontes de alimentação usam um circuito eletrônico chamado de chaveamento (*switching*) para regular a tensão e a corrente.

Figura 9. Fonte de Alimentação Chaveada 5VDC 1A Plug P4 (5.5x2.1mm).



Fonte: RoboCore (2023).

Para as ligações entre os dispositivos e o Arduino foram utilizados Jumper Macho-Fêmea e Jumper Fêmea-Fêmea (Figura 10). Os jumpers são utilizados para estabelecer conexões rápidas e temporárias, permitindo a interligação de componentes sem a necessidade de soldagem ou de fios permanentes. Eles são particularmente úteis ao trabalhar com prototipagem eletrônica, pois proporcionam flexibilidade na montagem e desmontagem de circuitos.

Figura 10. Jumper Macho-Fêmea e Jumper Fêmea-Fêmea.



Fonte: RoboCore (2023).

A estrutura utilizada para a base do protótipo foi feita em MDF (Figura 11) cortado a *laser*. Também foi utilizado uma cinta elástica para a esteira e um par de rolamentos. O MDF é um material amplamente utilizado na construção de protótipos devido às suas características favoráveis como resistência, durabilidade, facilidade de corte e montagem. Ele é composto por fibras de madeira prensadas com resina, resultando em uma superfície lisa e homogênea. As peças foram unidas por meio de parafusos, colas e encaixes. Possui um sistema de engrenagens e rolamentos que acoplados ao motor fornecem o movimento da esteira.

Figura 11. Estrutura da esteira em MDF montada.



Fonte: autores (2023).

Para o desenvolvimento do projeto foram utilizadas algumas referências de esteiras utilizadas em diversos setores. A esteira é iniciada junto ao sistema e faz com que leve os materiais em uma linha contínua. Esta função se dá ao uso do motor que está alocado em um sistema de engrenagens e de rolamentos que tensionam a esteira e as fazem girar.

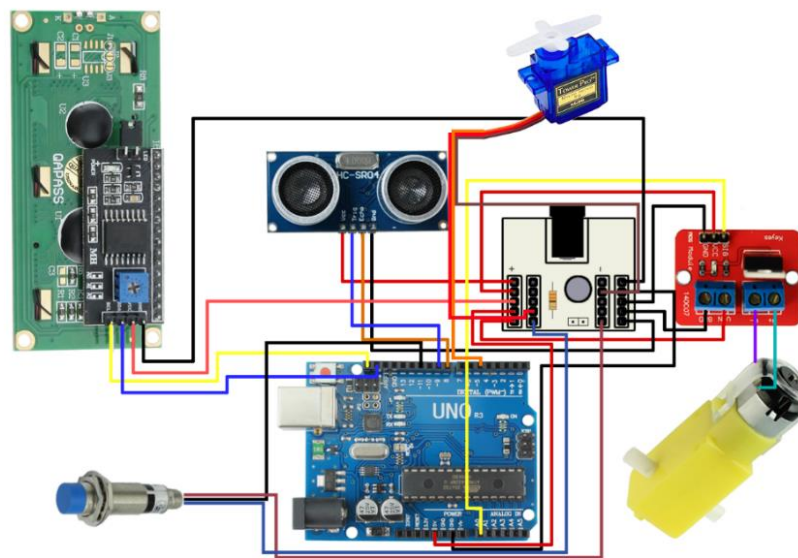
Junto à estrutura de MDF estão acoplados o sensor ultrassônico para contagem dos objetos que foram direcionados na esteira, a tela de LCD e o sensor indutivo que identifica materiais metálicos presente nos objetos e um segundo motor é ativado, fazendo com que a rota do objeto seja alterada, executando assim a função de separação.

### 3 Resultados e discussão

O resultado obtido no decorrer desse projeto foi a criação de uma esteira separadora de materiais metálicos, utilizando a plataforma do Arduino Uno.

Antes da construção do projeto foi desenvolvido o esquema elétrico dos componentes e a programação. E a partir do *software* de edição de imagens Photoshop foram feitas simulações visando os testes de funcionamento (Figura 12).

Figura 12. Esquema de ligação da esteira através do Arduino com Driver controlador.



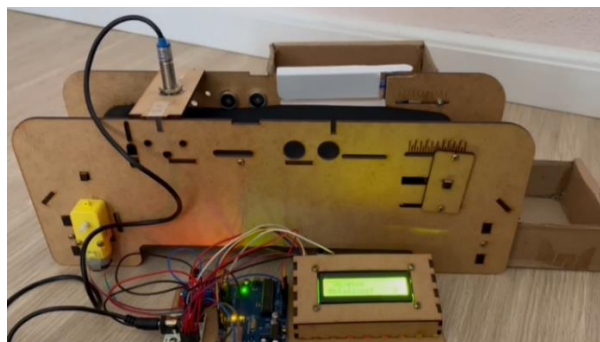
Fonte: autores (2023).

A esteira separadora (Figura 13) consiste em uma superfície móvel que transporta os materiais. Nela são instalados sensores e dispositivos de separação.

Um dos componentes-chave é o sensor indutivo utilizado para detectar a presença de materiais metálicos na esteira. Esse sensor emite um campo eletromagnético e, quando um material metálico é detectado, o sensor envia um sinal ao Arduino Uno que, ao receber o sinal do sensor indutivo indicando a presença de um material metálico, aciona um atuador (servo motor) para realizar a separação. O servo motor é responsável por mover uma estrutura de metal (braço) que direciona o material metálico para um recipiente separado, enquanto os outros materiais continuam na esteira.

Além disso, foi utilizado um LCD para exibir informações relacionadas à quantidade de objetos metálicos.

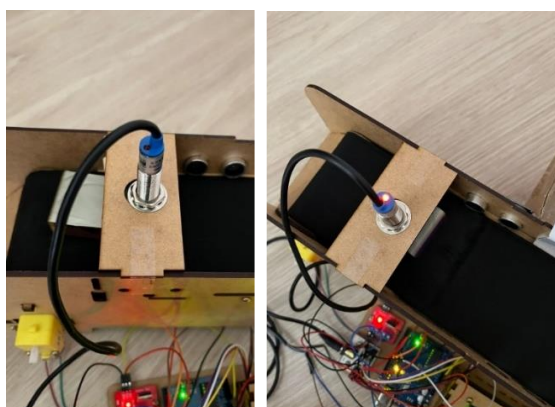
Figura 13. Estrutura do protótipo da esteira com os demais componentes eletrônicos.



Fonte: autores (2023).

A etapa inicial do funcionamento da esteira consiste na introdução de algum objeto ou material para ser feito a leitura pelo sensor indutivo metálico. Este sensor detecta a presença de objetos metálicos, sem a necessidade de contato físico, através da indução eletromagnética. Primeiramente a esteira foi ligada a uma fonte de energia externa. Na Figura 14 se demonstra um objeto metálico introduzido na esteira que passa pelo sensor indutivo que detecta a presença de material metálico, então um led vermelho é aceso indicando a presença de metal.

Figura 14. Sensor de metais do protótipo.



Fonte: autores (2023).

Nesta etapa do funcionamento (Figura 15), nota se que ao detectar a presença de metal no objeto, um sinal é enviado ao Arduino direcionando o acionamento do servo motor, que está acoplado a um braço metálico que se posiciona em um ângulo de 45°, e que altera o trajeto do objeto para separar em recipiente apropriado. O servo motor é composto por um motor de corrente contínua (DC) acoplado a um conjunto de engrenagens internas que amplificam a força e reduzem a velocidade de rotação. Ele possui um circuito de controle interno que recebe os sinais do Arduino para determinar a posição desejada do eixo.

Figura 15. Braço separador de objetos metálicos.



Fonte: autores (2023).

Após a separação do objeto metálico, a quantidade é exibida em um LCD logo abaixo da esteira (Figura 16). O Liquid Crystal Display de Arduino é um dispositivo de saída visual que permite a exibição de informações alfanuméricas. Ele é controlado por meio de uma biblioteca específica do Arduino e pode ser conectado aos pinos de I/O digital do Arduino.

Figura 16. LCD com informações dos objetos metálicos.



Fonte: autores (2023).

Observa-se nas linhas de programação (Figura 17) o funcionamento do sensor indutivo e do servo motor. Primeiramente ocorre a leitura do sensor com uma função condicional para verificar se algum objeto metálico foi detectado pelo sensor indutivo. Caso a condição for verdadeira, um comando Write (0) é utilizado para fazer a ativação do servo motor, sendo ativado em uma posição inicial de 0°. Uma mensagem é exibida no monitor serial ("Objeto metálico detectado!"). E feito também nesse trecho de linhas a contabilização dos objetos metálicos e a sua exibição no LCD. Caso a condição for falsa, ou seja, se nenhum objeto metálico for detectado, o servo motor volta a sua posição de 45° e após isto ocorre uma espera de 2 segundos.

Figura 17. Trecho do código em C++ (Arduino IDE) sensor indutivo.

```
void loop() {  
    metalObject = digitalRead(sensorPin);  
    if (metalObject == HIGH) {  
        myservo.write(0);  
        Serial.println("Objeto metálico detectado!");  
  
        if (counter != last_counter) {  
            last_counter = counter;  
  
            lcd.setCursor(14, 1);  
            lcd.print(counter);  
        }  
    } else {  
        myservo.write(45);  
        delay(2000);  
        counter++;  
    }  
}
```

Fonte: autor (2023).

Na Figura 18 se pode observar que um objeto de papelão foi introduzido na esteira. O sensor indutivo metálico não detecta a presença de metal e visualmente nota-se o led está apagado. O sensor ultrassônico detecta a presença do objeto fazendo com que dê continuidade ao funcionamento do motor para concluir o trajeto pela esteira. O sensor ultrassônico possui dois componentes principais: um transmissor e um receptor de ultrassom. O transmissor emite ondas sonoras de alta frequência, geralmente na faixa de ultrassom, que são direcionadas em direção ao objeto a ser medido. O receptor capta o eco do som refletido pelo objeto e o converte em um sinal elétrico. Como não houve a presença de material metálico o objeto percorre todo o trajeto da esteira até cair em um reservatório destinado a materiais não metálicos.

Figura 18. Detecção e separação de objetos não metálicos.



Fonte: autores (2023).

O projeto atendeu às demandas planejadas, o sistema de separação e contabilização de objetos metálicos e não metálicos funcionou conforme o esperado a partir da utilização da plataforma do Arduino Uno e dos demais componentes. A maior parte dos recursos previstos foram desenvolvidos e entregues no final da criação do projeto. Foi aventado também a possível continuação do projeto para aprovação no mercado real.

#### 4 Considerações finais

O atual projeto possui uma funcionalidade simples e, demonstra que processos industriais considerados complexos, por vezes podem ser desenvolvidos e replicados de forma descomplicada. Foi simulado o funcionamento de uma esteira com sensores de presença que apresenta uma resposta mecânica e de comutação a cada objeto verificado.

Além dos processos já instalados junto à esteira, muitos outros podem ser incluídos, tais como a possibilidade de parada total após a passagem de uma quantidade pré-estabelecida de objetos, a

velocidade da esteira variar de acordo com a quantidade de produtos verificados e o tempo disponível para sua separação e a instalação de sensores de segurança para a parada imediata da esteira, caso algum corpo estranho surja, entre outras funcionalidades.

## Referências

ARDUINO. 2023. **Libraries**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/>>. Acesso em: 15 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. 2023. **Reference**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/reference/pt/>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. 2023. **Functions**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/reference/en/#functions>>. Acesso em: 03 mar. 2023.

\_\_\_\_\_. 2023. **Arduino Glossary**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/glossary/>>. Acesso em: 03 mar. 2023.

BANZI, M. SHILOH, M. **Primeiros Passos com o Arduino: a plataforma de prototipagem eletrônica Open Source**. São Paulo: Novatec, 2015.

FRIZZARIN, F. B. **Arduino: Guia para colocar suas ideias em prática**. São Paulo: Casa do Código, 2016.

GEDDES, M. **Manual de projetos do Arduino**. São Paulo: Novatec, 2017.

MADEIRA, D. **Sensor indutivo Npn de proximidade com Arduino**. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-indutivo-npn-de-proximidade-com-arduino/>>. Acesso em: 02 mar. 2023.

McROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

MONK, S. **Programação com Arduino: Começando com Sketches**. Porto Alegre: Bookman, 2017.

ROBOCORE. **RoboCore**. Disponível em: <<https://www.robocore.net/>>. Acesso em: 2 abr. 2023.

SOUZA, R. L. S.; FONTES, A. R. M.; SALOMÃO, S. **A triagem de materiais recicláveis e as variabilidades inerentes ao processo**, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/2Fj%2Fcsc%2Fa%2FKKqhsV6qXh5RKFDXjvvjFjg%2F%3Fformat%3Dpdf&usg=AOvVaw0O-Bok3OJYckK0dLIEmZfx&opi=89978449>>. Acesso em: 2 abr. 2023.