

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

GIBRAN ERLO

ROBÓTICA EDUCACIONAL: RECICLAGEM DE RESÍDUOS

**CAXIAS DO SUL
2019**

GIBRAN ERLO

ROBÓTICA EDUCACIONAL: RECICLAGEM DE RESÍDUOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação, pela Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Prof^a. Ma. Andréa Cantarelli Morales

CAXIAS DO SUL

2019

GIBRAN ERLO

ROBÓTICA EDUCACIONAL: RECICLAGEM DE RESÍDUOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação, pela Universidade de Caxias do Sul.

Aprovado em: 04/12/2019

Banca Examinadora

Prof^a. Ma. Andréa Cantarelli Morales
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof^a. Ma. Patricia Giacomelli
Universidade de Caxias do Sul - UCS

Prof. Me. Felipe Augusto Tondo
Universidade de Caxias do Sul - UCS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e à minha família, por terem me ajudado a chegar a este momento tão importante da minha vida.

Agradeço aos meus amigos e colegas, companheiros desta longa jornada.

Agradeço aos professores pelo trabalho e paciência, em especial à minha professora orientadora Andréa.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo associar o conceito de Robótica Educacional com a reciclagem de resíduos, desenvolvendo um dispositivo robótico capaz de identificar, coletar e descartar resíduos no local correto, a fim de ser aplicado em atividades com estudantes do Ensino Fundamental. O protótipo consiste em um carrinho de duas rodas controlado por microcontrolador da plataforma Arduino. Este protótipo é controlado por *smartphone* via *Bluetooth*. Ele possui sensores para identificação de metais, vidro e plástico. Neste trabalho foi realizado um estudo com relação ao conceito de Robótica Educacional, como esta auxilia no desenvolvimento do raciocínio lógico e estimula as ciências nas crianças. Como ela possibilita a interatividade com a tecnologia e como auxilia na construção do conhecimento de forma empírica. Este trabalho contém a análise de alguns trabalhos desenvolvidos recentemente nesta área, utilizando componentes da eletrônica e da robótica, relacionados com a área educacional. Também inclui um estudo sobre os elementos necessários para a construção do dispositivo robótico, como microcontroladores, sensores capacitivos, sensores indutivos e sensores de cores. Para a identificação do coletor de descarte com relação à cor, é utilizado um sensor de cores. A legislação no Brasil prevê um código de cores a ser adotado nos coletores para cada tipo de material. O objetivo do *hardware* desenvolvido é identificar o tipo de material do resíduo, coletá-lo, deslocar-se até o coletor e, através dos sensores, identificar se é o coletor correto e realizar o descarte. Caso não estiver no coletor correto, será emitido um sinal de aviso. O protótipo atendeu aos objetivos iniciais, sendo capaz de locomover-se através de controle remoto, e identificar corretamente os materiais e as cores através dos seus sensores. Em seguida, o *hardware* foi aplicado em uma escola de Ensino Fundamental para uma turma de estudantes pertencentes ao sétimo, oitavo e nono ano que fazem parte de uma oficina de robótica. Os estudantes puderam aplicar e reforçar seus conceitos relacionados à reciclagem de resíduos e ficaram muito entusiasmados com a robótica, demonstrando muito interesse pelo protótipo.

Palavras-chave: Robótica Educacional, Robótica, Reciclagem de Resíduos.

ABSTRACT

This work aims to associate the concept Educational Robotics with Waste Recycling developing a robotic device capable of identifying, collecting and discarding waste in the correct place, in order to be applied in activities with Elementary School students. The prototype consists a two-wheeled cart controlled by the Arduino platform microcontroller. This prototype is controlled by smartphone by Bluetooth. It has sensors for identification of metals, glass and plastics. In this work, study was done in relation to the concept of Educational Robotics, as this helps in the development of logical reasoning and stimulates the sciences in children. How it enables interactivity with technology and how it aids in the construction of knowledge empirically. This work contains the analysis of some works developed recently in this area, using components of electronics and robotics, related to the educational area. It also includes research on the elements required for the construction of the robotic device, such as microcontrollers, capacitive sensors, inductive sensors and color sensors. For the identification of the disposal collector in relation to color, a color sensor is used. The legislation in Brazil provides for a color code to be adopted in the collectors for each type of material. The purpose of the hardware developed is to identify the type of waste material, collect it, move to the collector and, through the sensors, identify if it is the correct collector and do the disposal. If it is not in the correct collector, a warning signal will be issued. The prototype attended the beginning aims, it being capable to locomote through remote control and identify correctly the materials and the colors through its sensors. Following, the hardware was applied at an Elementary School to a class of seventh, eighth and ninth graders in a robotics workshop. Students were able to apply and reinforce their concepts related to waste recycling and were very enthusiastic about robotics, showing great interest in the prototype.

Key words: Educational Robotics, Robotics, Waste Recycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Chassi do carrinho com rodas e motores.....	15
Figura 2 – Esquema elétrico da ponte H.....	16
Figura 3 – Hardware concluído na primeira etapa.....	17
Figura 4 – Interface do aplicativo.....	18
Figura 5 – Diagrama de um sensor indutivo.....	21
Figura 6 – Diagrama de um sensor capacitivo.....	23
Figura 7– Matriz de fotodiodos e fotodiodo verde.....	24
Figura 8 – Coletores de resíduo.....	25
Figura 9 – Interface do Arduino RC.....	31
Figura 10 – Ponte H com PWM.....	32
Figura 11 – Fluxograma da movimentação do carrinho atual.....	33
Figura 12 – Esquema elétrico do sensor indutivo.....	37
Figura 13 – Esquema elétrico dos sensores capacitivos.....	38
Figura 14 – Carrinho com sensores fixados no suporte.....	39
Figura 15 – Fluxograma da programação dos sensores.....	42
Figura 16 – Organização da atividade.....	45
Figura 17 – Execução da atividade.....	46
Figura 18 – Carrinho executando a tarefa.....	47
Figura 19 – Outros tipos de resíduo.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Constante dielétrica de alguns materiais.....	23
Tabela 2 – Código de cores dos materiais recicláveis.....	26
Tabela 3 – Comparativo dos trabalhos realizados.....	30
Tabela 4 – Dados técnicos do sensor indutivo.....	36
Tabela 5 – Dados técnicos dos sensores capacitivos.....	38
Tabela 6 – Distância de detecção dos sensores.....	40
Tabela 7 – Lógica de identificação das cores.....	41

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
DC	<i>Direct Current</i>
IES	Instituição de Ensino Superior
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
mls.	Mililitros
NIED	Núcleo de Informática Aplicada à Educação
PET	Polietileno Tereftalato
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RGB	<i>Red Green Blue</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	JUSTIFICATIVA.....	13
1.2	OBJETIVOS.....	14
1.2.1	Objetivo geral.....	14
1.2.2	Objetivos específicos.....	14
1.3	LIMITAÇÕES.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	A PRIMEIRA ETAPA DO PROJETO.....	15
2.2	ARDUÍNO.....	19
2.3	SENSOR INDUTIVO.....	21
2.4	SENSORES CAPACITIVOS.....	22
2.5	SENSORES ÓPTICOS DE CORES.....	24
2.6	RECICLAGEM DE RESÍDUOS NO BRASIL.....	25
2.7	A ROBÓTICA PEDAGÓGICA.....	26
2.7.1	Trabalhos relacionados.....	28
3	PROJETO.....	31
3.1	AJUSTES DA MOVIMENTAÇÃO.....	31
3.2	SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO.....	34
3.3	SENSOR INDUTIVO	35
3.4	SENSORES CAPACITIVOS.....	37
3.5	SENSOR DE COR.....	40
3.6	PROGRAMAÇÃO.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
5.1	PROJETOS FUTUROS.....	50
5.2	CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO.....	51
	REFERÊNCIAS.....	53

APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DA PROGRAMAÇÃO NA PRIMEIRA ETAPA.....	56
APÊNDICE B – PROGRAMAÇÃO DO ARDUÍNO.....	57
APÊNDICE C – ESQUEMA ELÉTRICO GERAL.....	64

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia está cada vez mais inserida no cotidiano das pessoas, tanto no trabalho, como em casa, na rua e na escola. Não somente em computadores, mas agora também nos celulares e na automação de coisas práticas do dia a dia. Segundo Soares e Valentini (2013), as práticas pedagógicas contemporâneas devem incluir as tecnologias digitais e não ficar somente no discurso do professor. Educadores e estudantes precisam utilizar as novas tecnologias e suas linguagens em seu material didático.

De acordo com Alves (2013), algumas disciplinas ainda mantêm conteúdos fora da realidade no que diz respeito aos equipamentos tecnológicos atuais. A tecnologia evolui muito rapidamente e está sempre oferecendo novos meios para facilitar as tarefas do dia a dia. Um bom exemplo disso são os *smartphones*, que conseguem incluir todos os aplicativos que antes só tínhamos acesso em um computador pessoal.

A robótica educacional é um ambiente de trabalho que possibilita às crianças montarem e programarem seu próprio robô, assim elas entram em um processo autodidático, construindo também seus conhecimentos. De acordo com Silva (2009), as pesquisas acerca de robótica na educação começaram nos anos 60, com Seymour Papert, pesquisador do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts). Ele viu no computador uma forma de atrair as crianças e facilitar a aprendizagem. Criou a linguagem LOGO, que consistia em uma tartaruga que andava no chão, e depois passou a fazer parte da interface gráfica no monitor do computador. Da união com os brinquedos LEGO, nasceu o sistema de robótica educacional LEGO-LOGO.

A didática da robótica educacional aliada com a necessidade de conscientizar as futuras gerações quanto à reciclagem de lixo, torna-se uma proposta interessante para ser abordada em escolas de nível fundamental. A coleta seletiva é prevista pela Lei 12.305/10 (BRASIL, 2010), sendo definida como a coleta de resíduos sólidos previamente separados conforme sua constituição e composição. Ela deve ser implantada pelo serviço público de limpeza urbana, (FRAGA, 2014). Foi regulamentado, por meio da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 275, de 24 de abril de 2005, o código de cores para a identificação de coletores e transportadores, para facilitar a coleta e separação dos resíduos.

1.1 JUSTIFICATIVA

A robótica educacional é uma ótima ferramenta didática para criança e alunos do Ensino Fundamental. Ela auxilia no desenvolvimento da coordenação motora e na habilidade de controle. A robótica educacional desperta o interesse e a curiosidade dos jovens pela tecnologia e pelas ciências envolvidas, como o projeto, a construção e a automação de robôs. Ela leva o estudante a desenvolver a inteligência na área da lógica, programação, matemática e física, principalmente. A interação com a tecnologia é necessária em um mundo cada vez mais dependente dela. A robótica educacional cria um ambiente no qual o estudante cria e constrói o próprio conhecimento continuamente, através da prática e interação com os dispositivos robóticos.

De acordo com Pereira (2016), a robótica é também uma ferramenta que pode consolidar o conhecimento teórico com a construção no mundo prático. Através da abstração empírica, o estudante interage com o objeto na prática e abstrai as propriedades físicas deste objeto.

O tema da reciclagem é cada vez mais recorrente devido à necessidade de reaproveitamento dos materiais como forma de economia para a sociedade e também a questão ambiental. É uma forma de educar os jovens quanto à coleta seletiva e a separação dos resíduos de acordo com sua composição. Saber identificar e associar cada material com a respectiva cor do seu coletor. O mau descarte dos resíduos leva a poluição, causando tragédias ambientais nos mares e nos rios. Uma das consequências do mau descarte de resíduos é a ocorrência de enchentes nas grandes cidades.

A finalidade deste trabalho é levar aos alunos do Ensino Fundamental a robótica educacional como ferramenta de auxílio e, ao mesmo tempo, trabalhar na educação quanto à coleta seletiva de lixo.

Este trabalho dará continuidade ao projeto já iniciado no semestre anterior em um estágio do curso de Automação Industrial. Trata-se de um carrinho controlado remotamente pelo *smartphone* com o uso do microcontrolador Arduíno e sensores indutivo e capacitivo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Associar os conceitos de robótica educacional com a reciclagem de resíduos, construindo um *hardware* composto por um carrinho controlado remotamente com sensores capazes de identificar materiais como plástico, vidro e metal. O *hardware* será aplicado em escolas de Ensino Fundamental como ferramenta de robótica pedagógica na educação do correto descarte de resíduos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Pesquisar componentes (sensores para identificação de metal, vidro e plástico e sensor para identificação de cores).
- Testar o funcionamento individual destes componentes.
- Montar componentes no hardware, fixando-os no local e ligando no circuito eletrônico da forma apropriada.
- Desenvolver a programação para a plataforma Arduino.
- Utilizar o sensor de cor para identificar o coletor correspondente.
- Realizar ajustes quanto a movimentação do carrinho.
- Testar o hardware e fazer os ajustes necessários.
- Aplicação do hardware com estudantes do Ensino Fundamental.

1.3 LIMITAÇÕES

O hardware será utilizado em ambiente escolar de Ensino Fundamental, sendo controlado por um aluno sob a supervisão de um adulto. O carrinho deve se deslocar no chão, em uma superfície plana, sem aclives ou declives. O ambiente deve ser seco, protegido da chuva. Os sensores disponíveis permitem fazer somente a identificação de metal, plástico e vidro. Não serão identificados outros materiais como papel e madeira.

No momento, ainda não será feita a coleta do resíduo de forma automatizada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo foram realizados estudos com relação aos conceitos de robótica educacional e a reciclagem de resíduos no Brasil. Foram estudados os componentes eletrônicos envolvidos no protótipo, como microcontroladores e sensores, consultando fontes na literatura referentes a estes dispositivos. Primeiramente, foi necessário analisar a construção do *hardware* na primeira etapa do projeto. Alguns trabalhos realizados recentemente na área de robótica educacional foram revisados.

2.1 A PRIMEIRA ETAPA DO PROJETO

Este projeto teve início no estágio de Tecnologia em Automação Industrial de Felipe Longoni Veloso, cujo tema é *Robótica na escola: desenvolvimento de um protótipo para detecção de tipos de materiais*. Trata-se de um carrinho composto por duas rodas acionadas por motores DC (corrente contínua) e uma roda giratória. Estes, juntamente com o chassi do carrinho, fazem parte do conjunto que foi comprado pela internet. Segue abaixo na Figura 1.

Figura 1 – Chassi do carrinho com rodas e motores



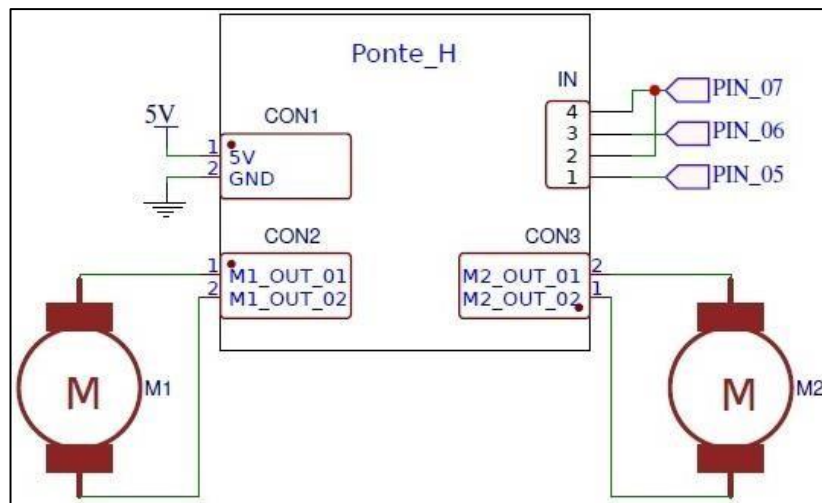
Fonte: ABC Robótica (2019)

Segundo Veloso (2018), os motores DC geralmente possuem tensão de alimentação de 6 volts, com torque máximo de 5 kgf/cm². Para o carrinho convergir para

a direita é acionado o motor da esquerda e vice-versa. Para andar para frente e para trás, os dois motores são acionados simultaneamente.

Para acionamento dos motores foi utilizado uma ponte H. Trata-se de um circuito de eletrônica de potência que controla através da polaridade da tensão elétrica o sentido de giro de um motor de corrente contínua. Na Figura 2, está ilustrada a ponte H para Arduino. A ponte H é alimentada com tensão de 5 volts. A plataforma Arduino Uno utilizada no circuito faz o controle da ponte H. Na Figura 2 está representado o esquema de ligação elétrica. Nas entradas IN estão ligados os pinos digitais 5, 6 e 7 do Arduino. Os motores são ligados nas saídas M1 e M2. Conforme o comando dado pelo Arduino, as saídas M1 e M2 são acionadas e, de acordo com a polaridade que pode ser invertida, os motores giram em um sentido ou no outro.

Figura 2 – Esquema elétrico da ponte H



Fonte: Veloso (2018)

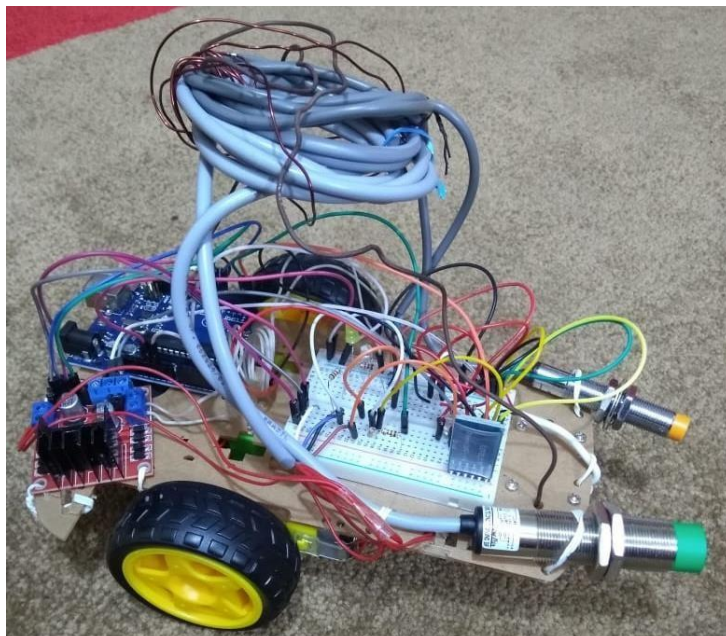
Para a identificação dos materiais foram utilizados um sensor indutivo e um sensor capacitivo. O sensor indutivo trabalha com tensão de operação de 6 a 36 volts em tensão contínua, sendo escolhida a tensão de 11 volts. De acordo com os testes realizados com latas de alumínio, o sensor indutivo é acionado quando o objeto está a 4 milímetros de distância. E o seu desligamento se dá a 4,5 milímetros. Este sensor só é acionado por materiais metálicos.

O sensor capacitivo trabalha na tensão de operação de 10 a 30 volts e foi alimentado com 11 volts. Ele possui uma regulagem que aumenta ou diminui a sua sensibilidade. Ele foi regulado para fazer somente a identificação de vidro.

O Arduino foi programado para que quando o sensor indutivo detectar algo, um *led* (diodo emissor de luz) de cor azul seja aceso e, quando o sensor capacitivo detectar algo, um *led* de cor verde é aceso. A alimentação do hardware é feita com um *Powerbank* de 5 volts em série com um conjunto de pilhas. São quatro pilhas de 1,5 volts, totalizando 11 volts. Esta tensão é utilizada para alimentar os sensores. O microcontrolador Arduino, o módulo *Bluetooth* e a ponte H são alimentados com 5 volts fornecidos pelo *Powerbank*.

Na Figura 3, o *hardware* montado na primeira etapa do projeto. Para a montagem do circuito foi utilizada uma mini *protoboard*. Nela estão ligados os terminais dos sensores, o módulo *Bluetooth*, a chave de liga/desliga do circuito e um MOC 3021, que é um optoacoplador utilizado para ligar a alimentação dos sensores. O optoacoplador é acionado quando a chave de liga/desliga do circuito é ligada. Os terminais dos sensores e o módulo *Bluetooth* estão ligados com as respectivas portas de entrada digitais da plataforma Arduino.

Figura 3 – *Hardware* concluído na primeira etapa

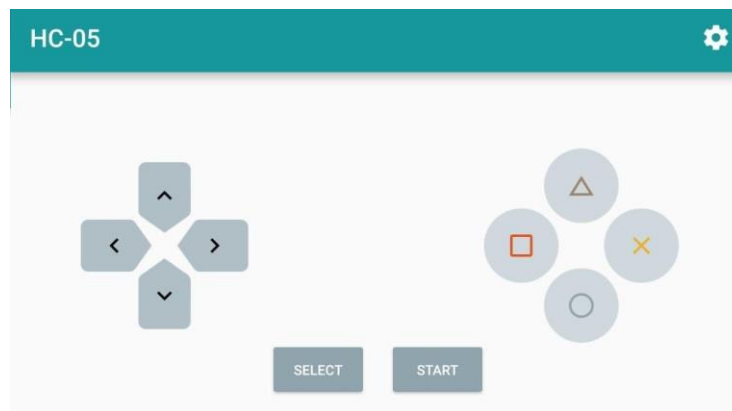


Fonte: Veloso (2018)

O controle do carrinho é feito através de um aplicativo no *smartphone* denominado *Arduíno Bluetooth Controller*. Ele tem a interface semelhante a um controle de videogame. Para fazer a comunicação entre o *smartphone* e o Arduíno foi utilizado o módulo *Bluetooth* RS232 HC-05. Na Figura 4 está ilustrada a interface do aplicativo *Arduíno Bluetooth Controller*.

No aplicativo são configurados os comandos associados a cada botão. O botão localizado no canto superior direito dá acesso às configurações do controle. Nas setas de direção são inseridas as letras referentes ao movimento, “F” para frente, “E” para direita, “D” para esquerda (neste caso o acionamento deve ser invertido) e “R” para ré. A letra “P” referente ao “Pare” é inserida no botão “X”. Os valores representados pelas letras são enviados para o módulo *Bluetooth* e do módulo para a entrada serial do Arduíno. A entrada serial para recepção de dados (RX) está no pino digital 0 do Arduíno, enquanto a saída serial para transmissão de dados (TX) está no pino digital 1.

Figura 4 – Interface do aplicativo *Arduíno Bluetooth Controller*



Fonte: Veloso (2018)

O microcontrolador recebe como dados de entrada os sinais recebidos pela entrada serial e os sinais recebidos pelas entradas digitais ligadas aos sensores. Nas portas digitais configuradas como saídas estão ligados os atuadores, neste caso a ponte H que aciona os motores e os *leds*. Para o tratamento dos dados recebidos pelas entradas e para o acionamento dos atuadores, é realizada a programação do Arduíno,

que segue a lógica desenvolvida através do algoritmo de programação. No Apêndice A ao final deste trabalho está representado o fluxograma do algoritmo.

2.2 ARDUÍNO

Os microcontroladores são amplamente utilizados na automação nos dias atuais, em equipamentos portáteis de menor custo principalmente. Na realidade, um microcontrolador são todas as unidades básicas de um microcomputador (microprocessador, memória volátil e não volátil, entradas e saídas) integradas em um único circuito integrado (GIMENEZ, 2002). Os primeiros microprocessadores ou CPU (*Central Processing Unit*) foram criados pela Intel e eram de apenas 4 bits. Depois, com o passar do tempo, foram evoluindo para 8, 16, 32 e 64 bits. Graças a pesquisa e desenvolvimento da microeletrônica, foi possível aumentar potencialmente o número de componentes integrados por unidade de área. E assim foi possível integrar um microcomputador em uma mesma pastilha de silício. A partir daí surgiram os microcontroladores.

Os microcontroladores mais populares da atualidade são os microcontroladores PIC, ARM e a plataforma Arduíno. A maioria deles conta com a linguagem C para a programação, segundo Pereira (2007). A linguagem C é a linguagem de alto nível mais eficiente no que diz respeito à sua compilação, ou seja, na forma como o código é traduzido para a linguagem de máquina. Este código deve ser o menor possível. A linguagem C é uma linguagem mais viável para o programador do que a linguagem *Assembly*, que é uma linguagem de baixo nível.

Os microcontroladores PIC são fabricados pela *Microchip Technology*, a origem do seu nome é "*Programmable Interface Controller*", traduzindo Controlador de Interface Programável. Eles trabalham com dados do tamanho de 8, 16 e 32 bits. Uma das famílias do PIC são os PIC18F, que contam com pinagem de 28, 40 ou 44 pinos, memória flash de 24 a 32 kilobytes e são fabricados com tecnologia de nanowatts, de acordo com Gimenez (2015). Os microcontroladores ARM (*Advanced RISC Machine*) processam dados do tamanho de 32 bits. RISC significa *Reduced Instruction Set Computer*, ou seja, Computador com Conjunto Reduzido de Instruções. Algumas das vantagens deste tipo de microcontrolador é a alta velocidade, o baixo custo (eles

competem com o valor igual ao dos microcontroladores de 8 e 16 bits), altas demandas de aplicação e a facilidade de migração, pois este microcontrolador também utiliza a linguagem C.

O Arduíno surgiu em 2005. É uma plataforma de software e hardware *open source* voltada para a área educacional. Ele é equipado com microprocessador Atmel AVR. Tem ambiente de programação próprio baseado em linguagem C e algumas extensões da C++, (OLIVEIRA; ZANETTI, 2015).

O código fonte do Arduíno é chamado de *sketch*. A interface gráfica foi desenvolvida em linguagem Java baseada no projeto *Processing*, que é uma linguagem de programação de código aberto direcionado para aplicações gráficas e artes eletrônicas. *Wiring* é uma plataforma para prototipagem eletrônica de hardware livre. Faz parte dela um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE). Foi criada para que desde os usuários avançados até os intermediários e iniciantes pudessem compartilhar ideias e experiências pelo mundo todo. *Wiring* serve para controlar diversos aparelhos ligados a ele criando um ambiente interativo. O Arduíno é baseado em Computação Física que se trata de uma área da computação em que o software comunica-se de maneira direta com o hardware, ideal para a interação com ambientes reais que incluem sensores e atuadores.

A placa Arduíno é composta por um microcontrolador, memória RAM, memória Flash e clock. Um dos modelos mais básicos do Arduíno e indicado para os principiantes, é o Arduíno Uno.

Neste projeto foi utilizado o Arduíno Uno. Ele possui 14 portas digitais que podem ser configuradas como entrada ou saída. Destas portas, os pinos 3,5,6,9,10 e 11, podem ser configurados como geradores de PWM (*Pulse Width Modulation*) que significa Modulação por Comprimento de Pulso. O PWM gera um conjunto de valores inteiros entre 0 e 1023. O Arduíno Uno possui também 6 entradas analógicas (pinos A0 até A5). Os pinos 3.3V, 5V e GND (*ground*) fazem a alimentação dos componentes eletrônicos ligados ao Arduíno. A memória RAM é de 2 kilobytes, a memória flash é de 32 kilobytes e velocidade de clock de 16MHz.

A escolha pelo Arduino deu-se pela simplicidade da linguagem de programação e pelo grande número de entradas e saídas, e também por ser uma plataforma voltada justamente para a área educacional.

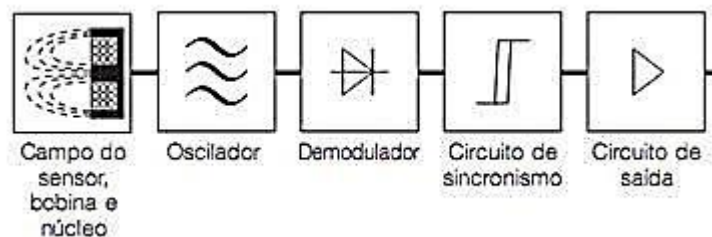
2.3 SENSOR INDUTIVO

O sensor indutivo é um sensor de proximidade industrial geralmente utilizado para a identificação de objetos metálicos, pois ele reage na presença de um objeto de composição metálica.

Ele é composto por um circuito oscilador indutivo-capacitivo, um comparador de sinal (*trigger*) e um amplificador, de acordo com Thomazini e Albuquerque (2011). A bobina gera um campo eletromagnético de alta frequência direcionada para a frente do sensor. Na presença de um objeto metálico, correntes de Foucault (também conhecidas como correntes parasitas) são induzidas dentro do material condutor do circuito. Isto causa uma perda de energia no circuito oscilador, fazendo as oscilações parar. O comparador de sinal gera um sinal contínuo que é amplificado pelo amplificador. Na saída deste amplificador é ligado um transistor que pode ser PNP ou NPN.

Abaixo, na Figura 5, está representado o diagrama de funcionamento de um sensor indutivo. No primeiro quadrado está representada a bobina introduzida no núcleo. Pela bobina circula corrente elétrica gerando um campo eletromagnético. No segundo quadrado, está o circuito oscilador indutivo-capacitivo. No terceiro quadrado, há um comparador de sinal que, juntamente com o circuito de sincronismo representado no quarto quadrado, faz a conversão do sinal para que este fique bem definido e contínuo. Por último, no quinto quadrado, é feita a amplificação do sinal pelo amplificador.

Figura 5 – Diagrama de um sensor indutivo



Fonte: Catálogo Balluff (2016)

2.4 SENSORES CAPACITIVOS

Os sensores capacitivos assim como os sensores indutivos, são sensores de proximidade de uso industrial. Eles geram um campo eletrostático em sua face de detecção. Quando o alvo se aproxima, é detectada a variação deste campo, segundo Thomazini e Albuquerque (2011). O seu circuito interno é composto de um capacitor, um circuito oscilador, um circuito retificador de sinal e um transistor operando como chave na saída.

O oscilador permanece normalmente inativo. Na presença de um objeto ou alvo, a capacitância do circuito aumenta até ativar o oscilador. O objeto detectado na face do sensor funciona como uma espécie de placa paralela de um capacitor, sendo a outra placa o próprio sensor. Isto faz com que haja circulação de corrente devido ao aumento de capacitância do circuito. O transistor de saída é chaveado então para o estado “aberto” ou “fechado”, dependendo da configuração do sensor, se é normalmente aberto ou normalmente fechado. Na Figura 6, está o diagrama de funcionamento de um sensor capacitivo. No primeiro quadrado está representado o circuito oscilador que é ligado ao capacitor da face de detecção. No segundo quadrado, está o detector composto de um diodo que juntamente com o *trigger* ilustrado no terceiro quadrado faz a retificação do sinal. O transistor representado no quarto quadrado faz a comutação, passando o sinal de saída para nível lógico baixo ou alto.

A capacitância do circuito depende da área do alvo, da sua distância até a face do sensor e da constante dielétrica, de acordo com a equação:

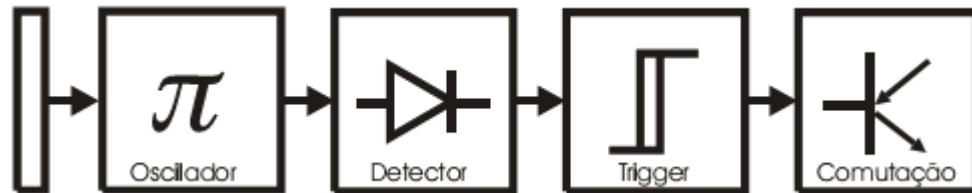
$$C = \varepsilon \times \frac{A}{D} \quad (1)$$

Onde:

- C = capacitância (farads);
- ε = constante dielétrica (sem unidade);
- A= área do alvo (m²);

- D = distância do alvo até o sensor (m).
Ou seja, a capacitância é diretamente proporcional à constante dielétrica e à área do alvo e inversamente proporcional à distância do alvo até a face do sensor.

Figura 6 – Diagrama de um sensor capacitivo



Fonte: Catálogo Balluff (2016)

Para cada tipo de material existe uma constante dielétrica. Não existe unidade específica para ela, pois é a razão entre a capacitância de um determinado capacitor e a capacitância deste mesmo capacitor com o seu dielétrico sendo o vácuo. Sendo uma razão entre capacitâncias a unidade é anulada. Na Tabela 1 seguem alguns exemplos.

Tabela 1 – Constante dielétrica de alguns materiais

Material	Constante dielétrica
Água	80
Álcool	25,8
Ar	1
Madeira seca	2-7
Madeira úmida	10-30
Náilon	4-5
Petróleo	2,0-2,2
Papel	1,6-2,6
Poliamida	5
Polietileno	2,3
Polipropileno	2,0-2,3
Porcelana	4,4-7
Vidro	3,7-10

Fonte: adaptado de Thomazini e Albuquerque (2011)

Os sensores capacitivos podem ser utilizados para detectar objetos metálicos e não-metálicos.

2.5 SENSORES ÓPTICOS DE CORES

Os sensores ópticos são compostos por uma matriz de fotodiodos. Os fotodiodos são diodos que, ao serem atingidos pelas partículas de luz, no caso os fótons, absorvem a energia destas partículas e liberam elétrons dos seus átomos, produzindo assim corrente elétrica. Na matriz de fotodiodos são distribuídos fotodiodos com filtros vermelho, verde, azul e claro (sem filtro). Os filtros permitem que apenas as ondas de determinada frequência passem. Estas frequências do espectro de luz eletromagnético correspondem às cores vermelho, verde e azul.

Conversores analógicos digitais fazem a medição destes fotodiodos, obtendo um valor binário, e guardam a informação nos registradores internos, que possuem *buffer* duplo, para garantir a precisão dos dados. Uma máquina de estados controla a energia, o estado do sensor e todas as demais funcionalidades. Assim o sensor faz a medição e retorna através de um valor decimal a intensidade de cada cor, no caso as cores primárias vermelho, verde e azul, e a claridade. Através destes valores é possível determinar qual a cor detectada pelo sensor, segundo Stevan Jr. e Silva (2015).

Figura 7 – Matriz de fotodiodos e fotodiodo verde



Fonte: Silva (2010)

Na Figura 7 está um exemplo de matriz de fotodiodos e como ocorre a filtragem de respectiva cor. Cada quadradinho na matriz da Figura 7 (a) corresponde a um fotodiodo. Existem quatro fotodiodos para cada cor, no caso, vermelho, verde e azul.

Eles são distribuídos de forma equilibrada pela matriz. Na Figura 7 (b) está a representação de um fotodiodo verde. O filtro verde localizado na parte superior permite que somente os fótons representados pelas bolinhas de cor verde passem, ou seja, aqueles fótons que correspondem às ondas de frequência do espectro eletromagnético da cor verde. Os fótons das demais cores não passam.

2.6 RECICLAGEM DE RESÍDUOS NO BRASIL

Em 2010 foi sancionada a Lei 12.305/10 (BRASIL,2010) que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ela faz a definição do que é um resíduo sólido e um rejeito sólido. Resíduo sólido é um material reciclável e rejeito sólido é um material que não é mais possível ser reaproveitado ou reciclado.

A lei prevê a responsabilidade da sociedade e dos consumidores quanto à devida destinação dos resíduos e rejeitos, de acordo com Fraga (2014). Aqui também são salientados os 3 Rs da sustentabilidade: reduzir, reutilizar e reciclar. Reduzir consiste em evitar o máximo o desperdício e assim gerar a menor quantidade de resíduos possível. Reutilizar é aproveitar ao máximo o objeto evitando descartá-lo. Reciclar é a última opção, sendo que o material vai voltar ao ciclo de vida sendo utilizado na fabricação de outro produto. Na Figura 8, alguns coletores.

Figura 8 – Coletores de resíduo



Fonte: A Global Distribuidora (2019)

Para haver uma reciclagem eficiente é fundamental a coleta seletiva. A coleta seletiva deve ser iniciada pelos consumidores, fazendo a segregação entre o material úmido (lixo orgânico) e seco (lixo seletivo) e, em seguida, de acordo com o tipo de material. O serviço público municipal é responsável pela coleta do lixo. Para a melhor separação do material seletivo foi regulamentado um código de cores pela Conama, Resolução número 275 de 2001 (CONAMA, 2001). Estas cores devem ser usadas nos respectivos coletores.

Contudo, é necessária a conscientização da população em relação à coleta seletiva e ao saber separar cada material em sua respectiva cor. Esta conscientização pode começar através da educação nas escolas de Ensino Fundamental. A robótica é uma boa ferramenta para isso, pois ela chama muito a atenção dos mais jovens.

Abaixo a Tabela 2 com as cores e o tipo de material correspondente.

Tabela 2 – Código de cores dos materiais recicláveis

Cor	Material
Azul	Papel/papelão
Vermelho	Plástico
Verde	Vidro
Amarelo	Metal
Preto	Madeira
Laranja	Resíduos perigosos
Branco	Resíduos ambulatoriais e de serviço de saúde
Roxo	Resíduos radioativos
Marrom	Resíduos orgânicos
Cinza	Resíduo geral não reciclável ou misturado

Fonte: Adaptado de Fraga (2014)

2.7 A ROBÓTICA PEDAGÓGICA

Segundo D'Abreu (2014), a Robótica Pedagógica teve início na década de 80 nos Estados Unidos. No Brasil, ela foi primeiramente estudada nas universidades

federais. A Robótica Pedagógica procura ensinar ciências e tecnologia aos alunos despertando a curiosidade e o interesse destes para esta área. O estudo desta área envolve o projeto de criação e construção de robôs, a montagem e o controle através da automação. Ela promove o desenvolvimento de diversas áreas do conhecimento como a Lógica, a Matemática, a Linguística e a Espacial. Assim, ela ajuda o aluno a compreender a realidade e as tecnologias do cotidiano.

No Brasil, a principal ferramenta da Robótica Pedagógica foi o computador. O uso do computador na educação iniciou a muito tempo atrás, na década de 60, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, segundo alguns relatos. Nos anos 70, ele foi usado também na Universidade de São Carlos. Mas foi em 1987, no Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED) da Universidade Federal de Campinas (UNICAMP), que começaram as pesquisas no Brasil sobre Robótica Pedagógica. No ano de 1987 foram realizados os primeiros projetos para utilizar o computador no controle de dispositivos robóticos. Nos anos 90, o NIED desenvolveu uma interface gráfica para computadores, além de atividades no ambiente LEGO-LOGO. Foram formados pesquisadores e professores para atuarem nesta área.

Na década de 2000, foi organizada a Olimpíada Brasileira de Robótica, com a intenção de divulgar a robótica e criar uma cultura com relação ao tema. Também iniciou o WRE: Workshop de Robótica Educacional, com o objetivo de capacitar professores na área, divulgar pesquisas e discutir aspectos técnicos da área da robótica educacional.

Alguns projetos da atualidade são o URA e o *Art & Bots*. O URA (Um Robô por Aluno) partiu da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e tem a meta de atrair o interesse por tecnologia em todos os níveis educacionais do Brasil, sendo levado a todas as escolas do país. O projeto *Art & Bots* é da Carnegie Mellon University, e tem por finalidade inserir a tecnologia nos níveis fundamentais de ensino, criando projetos robóticos para uso da sociedade.

A Robótica Pedagógica trata de um novo paradigma de ensino, e tem ganhado espaço no Brasil e no mundo, graças ao trabalho de pesquisadores de universidades e de centros como o NIED. Dentro do contexto da Robótica Pedagógica o estudante pode criar protótipos de robô, como no ambiente LEGO-LOGO. Ele pode projetar e construir

a parte estrutural do robô e a automação. Junto com a automação é feita a programação. Os conceitos aprendidos neste ambiente valem para o mundo real, e podem valer de conhecimento para a área profissional posteriormente. Assim, a Robótica Pedagógica proporciona ao estudante adquirir conhecimento empiricamente. Ela estimula principalmente o raciocínio lógico, e o desenvolvimento da inteligência nas áreas da Matemática e da Física. O estudante interage com a tecnologia, deixando-o mais preparado para lidar com as inovações tecnológicas que estão a todo momento surgindo na sociedade.

Este trabalho envolve Robótica Pedagógica inserida no contexto de reciclagem de resíduos. Os dois temas são de grande valia para a sociedade e a educação.

2.7.1 Trabalhos relacionados

Nesta parte, serão revisados alguns trabalhos realizados até hoje na área de Robótica Educacional, em diferentes áreas de aplicação e metodologias. Não se tratam de projetos comerciais, são propostas voltadas para a área educacional.

No trabalho de Catusso (2018), foi analisada a importância da inserção da Robótica Educacional nas crianças em fase de aprendizagem fundamental, pois auxilia no desenvolvimento do raciocínio lógico. O raciocínio lógico foi visto como facilitador na realização das tarefas do dia a dia, como jogos, cálculos financeiros, entre outros. Além do desenvolvimento do raciocínio lógico, ele insere as crianças no contexto tecnológico, já que as inovações tecnológicas vem ganhando força e espaço na sociedade. A Robótica Educacional atrai o interesse dos mais jovens para áreas do conhecimento que envolvem a tecnologia, não só a programação e automação de robôs, também como as ciências. Neste trabalho, foi utilizada a Robótica Educacional voltada para a coleta e reciclagem de resíduos, o que atenta para a conscientização dos estudantes quanto ao tema. Foi desenvolvido um *hardware* para ser aplicado em ambiente escolar com crianças do Ensino Fundamental. O *hardware* consiste em um carrinho com caçamba para transporte de resíduo. Este resíduo que pode ser de papel, alumínio ou plástico é transportado pelo carrinho até o coletor de cor correspondente. O carrinho é movido por motores DC de 6 volts, acionados por ponte H, controlado pela plataforma

Arduino, que possui módulo de comunicação Bluetooth. A programação é feita em aplicativo no *smartphone* pelo aluno. Ele deve programar o percurso realizado pelo carrinho, desviando de obstáculos e conduzindo-o até o destino correto. Isto permite ao aluno interagir com o *hardware* criando sua própria lógica de programação.

Vazzi (2017) aplica o conceito de Robótica Educacional no ensino da Física para alunos do Ensino Médio. Segundo o autor, o ensino das ciências no Ensino Médio, no caso a Física, está muito voltado para preparar os estudantes para o vestibular, preocupando-se demasiadamente com a resolução de exercícios, focando somente na álgebra e na memorização, deixando de lado a Física experimental. Com o uso de kit robóticos, este trabalho permite ao estudante realizar uma experimentação prática da Física, abordando o conteúdo referente ao Movimento (variação e conservação) e Eletromagnetismo (aplicações). Foram realizadas atividades com os alunos utilizando a plataforma Arduino, sensores e atuadores para a construção de um carrinho. Os alunos realizaram a construção e programação do carrinho e, em seguida, participaram de uma espécie de *rallie*, sendo que haviam desafios relacionados com o conteúdo da Física estudado. Estas atividades auxiliaram muito e motivaram os alunos no processo de aprendizagem.

No trabalho realizado por Calegari (2015), é feita uma proposta de aprendizagem de forma lúdica para crianças entre cinco e oito anos de idade, utilizando um pequeno robô, construído com peças de Lego e controlado pela plataforma Arduino. As atividades foram aplicadas em uma Escola de Ensino Fundamental. Os alunos interagem com o robô, programando seus movimentos através de aplicativo no *tablet*. O aplicativo foi desenvolvido através do *App Inventor*, e consiste em criar um percurso para o carrinho se deslocar em linha reta, ou fazendo conversões para a direita ou esquerda. O robô possui duas rodas e deve ser programado para fazer o percurso no chão desviando de obstáculos. A atividade demonstrou ser um sucesso, pois despertou o interesse dos alunos que ficaram motivados. Este tipo de atividade propicia o desenvolvimento do raciocínio lógico nas crianças, permitindo realizar isto dentro de sua realidade, utilizando a criatividade e imaginação. Na Tabela 3, está um comparativo entre os componentes utilizados no *hardware* de cada trabalho. A plataforma Arduino é amplamente utilizado em projetos de Robótica Educacional, pois é justamente uma

plataforma desenvolvido para a área educacional. O Arduíno Uno é direcionado para projetos de média complexidade, pois possui uma pequena quantidade de portas digitais, por ser um dos modelos mais simples. Por este motivo, foi escolhido para este trabalho.

Os atuadores geralmente são motores DC de 6 volts, no caso de se utilizar carrinhos que realizam deslocamento no chão. O motor com *encoder* embutido permite realizar o controle do deslocamento em malha fechada, pois o *encoder* retorna como sinal o número de revoluções realizados pelo motor. No caso de querer controlar este deslocamento como motores não equipados com *encoder*, deve ser utilizado outros tipos de sensores, como sensores ultrassônicos ou sensores de proximidade.

Tabela 3 – Comparativo dos trabalhos realizados

	Cattusso (2018)	Vazzi (2017)	Calegari (2015)
Microcontrolador	Arduino Uno	Arduino	Arduino Uno
Atuadores	Motores DC 6 volts 210 RPM com encoder	Motores DC 6 volts	Motores de passo
Acionamento dos atuadores	Ponte H LN298N	Ponte H L298N	Motor shield
Comunicação	Módulo bluetooth HC-05	Módulo bluetooth	Módulo bluetooth
Sensores	Encoder embutido no motor	Sensor de cor, sensor de proximidade	-----

Fonte: Autor (2019)

Para o acionamento dos motores é utilizada a ponte H. Existem alguns modelos de ponte H para Arduíno. O *Motor shield* é uma placa acoplada sobre o Arduíno que possui *CI's* que fazem o chaveamento do circuito como uma ponte H.

O módulo *Bluetooth* é o mais comumente usado na comunicação entre o dispositivo *tablet* ou *smartphone* e o microcontrolador.

3 PROJETO

3.1 AJUSTES DA MOVIMENTAÇÃO

O primeiro passo nesta etapa do trabalho foi retirar o excesso de cabos que estavam enrolados na parte superior do carrinho. Os cabos pertenciam aos sensores capacitivo e indutivo e aumentavam o volume e o peso do carrinho, além de prejudicar a estética. Os cabos foram cortados para ter somente o comprimento necessário.

O carrinho apresentava dificuldades na movimentação, pois com um clique em uma das setas de direção ele se colocava em movimento e para parar era necessário clicar no botão de “pare”. Porém, havia um *delay* muito grande entre o clique no botão e a parada efetiva do carrinho. Isso era devido a forma como o programa do microcontrolador foi construído. O ideal seria que o carrinho se mantivesse em movimento enquanto uma das teclas de direção está sendo pressionada e, no momento que a tecla é solta, ele pára instantaneamente. Para funcionar desta forma, a lógica de programação sofreu modificações. A programação foi alterada para que se a entrada serial receber algum comando, ele liga os motores de acordo com a direção correspondente ao comando e, se a entrada serial não receber nenhum comando, os motores são desligados instantaneamente. Na Figura 9, a interface do aplicativo atual.

Figura 9 – Interface do *Arduino RC*



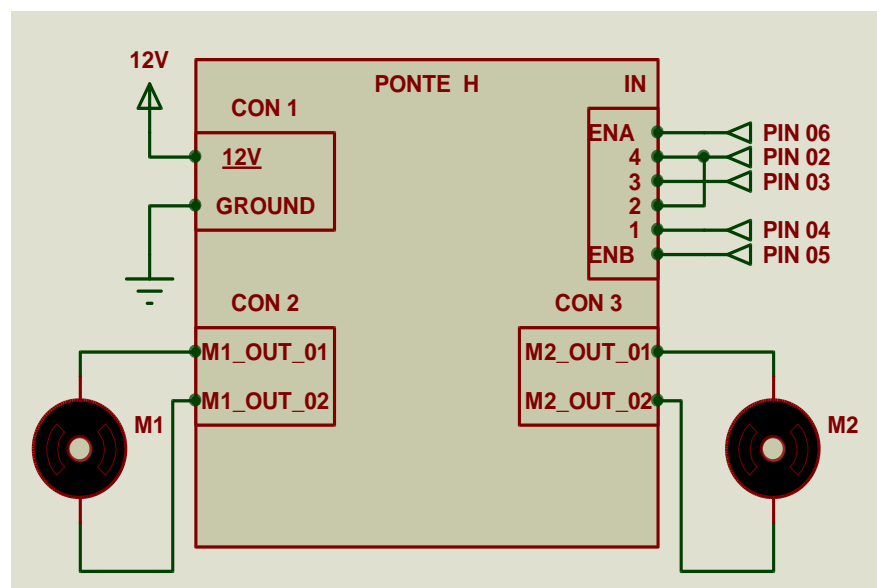
Fonte: Autor (2019)

Para esta lógica funcionar, é necessário que o aplicativo do *smartphone* envie uma sequência de comandos enquanto uma tecla for mantida pressionada. O aplicativo

Arduíno Bluetooth Controller não opera desta forma. Por isso, foi necessário substituir o aplicativo pelo *Arduíno RC*. Ambos aplicativos possuem a interface semelhante, contendo as mesmas teclas de direção e teclas de ação (triângulo, quadrado, círculo e xis), além das teclas “START” e “SELECT”. É necessário inserir comandos nestas teclas através do menu de configurações dos aplicativos. Os comandos devem ser na realidade letras que serão enviados via *Bluetooth*. O grande diferencial destes aplicativos que implica na implementação deste projeto está na forma como os comandos são enviados. O *Arduíno Bluetooth Controller* envia um único sinal no momento em que a tecla é pressionada, ao passo que o *Arduíno RC* permanece enviando uma série de sinais separados por um pequeno *delay* em torno de 100 milissegundos enquanto a tecla é pressionada.

A velocidade de deslocamento do carrinho foi reduzida para ter melhor controle e para ser possível aproximar-se de objetos em baixa velocidade e assim evitar colisão. Para isso, foi acrescentado o controle de *PWM* (*Pulse Width Modulation*), que significa “Modulação por Largura de Pulso”. Existem pinos digitais no Arduíno que geram um sinal em forma de onda quadrada em uma determinada frequência. Os pinos 5 e 6 do Arduíno Uno geram *PWM* na frequência de 980 Hz.

Figura 10 – Ponte H com *PWM*

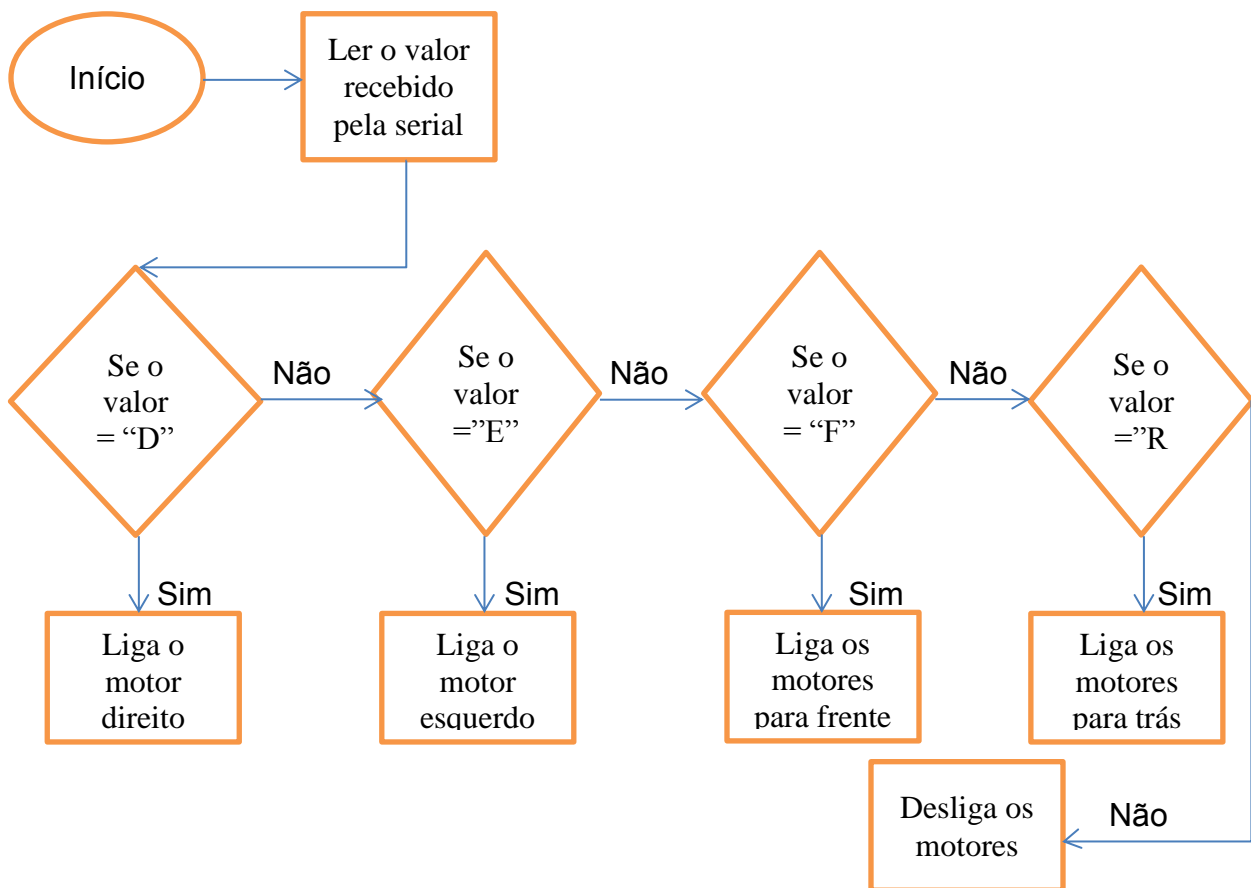


Fonte: Autor (2019)

O ciclo de trabalho ativo da *PWM* é chamado de *duty cycle* e corresponde ao tempo em percentual em que a onda permanece em nível lógico alto, ou seja, 5 volts. O valor de *duty cycle* é configurado através do comando *AnalogWrite*, e vai de 0 a 255, sendo que 0 corresponde a 0% e 255 corresponde a 100% de ciclo ativo. Para este caso, foram utilizados os pinos 5 e 6 com o *duty cycle* de 100, que corresponde a 39%. Na Figura 10, a ponte H configurada para o controle via *PWM*.

Estes pinos foram ligados aos pinos ENA e ENB da ponte H, que são os pinos de controle de *PWM*. Comumente, estes pinos ficam ligados com *jumpers*, fazendo com que seja mantida sobre eles uma tensão fixa de 5 volts, o que corresponderia a 100% de ciclo ativo. Para o controle ser modulado, é necessário retirar os *jumpers* e ligá-los aos pinos geradores da *PWM*. Com isto, a dirigibilidade do carrinho foi melhorada, aproximando-o do funcionamento dos carrinhos de controle remoto conhecidos. Na Figura 11, está o fluxograma da movimentação do carrinho atual.

Figura 11 – Fluxograma da movimentação do carrinho atual



3.2 SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

O sistema de alimentação inicialmente consistia em um *Powerbank* de 5 volts em série com um conjunto de 4 pilhas de 1,5 volts cada, totalizando 6 volts. O conjunto todo fornecia 11 volts, que eram utilizados para alimentar os sensores. Os 5 volts fornecidos pelo *Powerbank* eram usados na alimentação do Arduíno e da ponte H. Um dos problemas constatados neste sistema de alimentação foi que com o consumo de energia, a tensão baixava, não permanecendo constante. Esta falta de estabilidade no valor da tensão afetava a regulagem dos sensores, que ficavam mais sensíveis com uma tensão maior e perdiam sensibilidade com a queda de tensão. O outro problema relacionado era o fato de que os 5 volts ligados na alimentação da ponte H eram insuficientes, pois existe uma queda de tensão interna na própria ponte, fazendo com que a tensão que efetivamente chegava aos motores fosse inferior a 3 volts. Como a tensão de operação dos motores está na faixa de 3 a 6 volts, a alimentação de entrada necessitava ser maior. Após ter sido feita a otimização da movimentação e o controle de velocidade através da *PWM*, começaram a ocorrer falhas na partida dos motores. Estes não conseguiam girar, apenas emitiam um ruído, indicando que estava chegando tensão a eles, porém não estava sendo fornecida a potência necessária para eles entrarem em movimento. A solução encontrada foi aumentar a tensão de alimentação da ponte H para 12 volts.

Para aumentar a tensão de alimentação dos sensores e da ponte H, foi inserido mais uma bateria de 9 volts em série com as pilhas e o *Powerbank*, o que totalizava uma tensão de 20 volts. Para manter a tensão constante foi adotado o uso de um regulador de tensão 7812. Este regulador mantém uma tensão de saída constante de 12 volts, que seria ligada para alimentar os sensores e a ponte H, resolvendo assim o problema da falta de estabilidade dos sensores e do acionamento dos motores. Também foi acrescentado um regulador de tensão 7805, que recebe a mesma tensão de entrada de 20 volts e produz uma tensão de saída de 5 volts, para a alimentação do Arduíno.

O regulador de tensão 7812 necessita de uma tensão de entrada de 14,5 a 30 volts DC (tensão contínua) com uma corrente de saída máxima de 1 ampere. Para

verificar se a demanda de corrente é suportada pelo regulador deve ser levada em conta a corrente dos sensores e dos motores. Cada sensor consome 25 miliamperes quando não acionados e 30 miliamperes quando acionados, totalizando uma corrente máxima de 90 miliamperes já que são 3 sensores. Os motores consomem uma corrente máxima de 200 miliamperes cada um, totalizando 400 miliamperes. A demanda de corrente máxima é de 490 miliamperes, o que está dentro da corrente de saída do regulador. O regulador 7805 necessita de uma tensão de entrada na faixa de 7,5 a 20 volts DC com corrente máxima de saída de 1 ampere. Este está ligado ao Arduíno e ao módulo *Bluetooth*. A corrente máxima do Arduíno não supera os 200 miliamperes e o módulo *Bluetooth* demanda uma corrente de 35 miliamperes quando pareado e 8 miliamperes quando conectado. Ou seja, a corrente de saída do regulador é bem inferior a 1 ampere.

Por fim, concluiu-se que seria mais viável substituir todo este conjunto que consistia de um *Powerbank*, um conjunto de pilhas e a bateria, por somente duas baterias de 9 volts ligadas em série, o que fornece uma tensão total de 18 volts. Desta forma o carrinho fica com um sistema de alimentação mais simples e mais leve, sendo também possível utilizar baterias recarregáveis. Assim foi eliminada a necessidade de recarga do *Powerbank* e a troca das pilhas.

3.3 SENSOR INDUTIVO

O sensor indutivo foi utilizado na detecção de metal. Ele gera um campo eletromagnético em sua face e, na presença de um material metálico, este campo sofre variações que são percebidas pelo circuito do sensor e a sua saída tem seu nível lógico alterado. O sensor utilizado apresenta chaveamento PNP, o que significa que o transistor de saída do sensor é do tipo PNP. O tipo de acionamento é normalmente fechado (N.F.), isto é, a saída do sensor normalmente encontra-se em nível lógico alto. Quando um objeto metálico é identificado, ela entra em nível lógico baixo, ou seja, 0 volts.

A distância de acionamento é de aproximadamente 4 milímetros. Através de testes realizados com um tubo de desodorante metálico, foi constatado que quando o

objeto está a 4 milímetros de distância da face sensora, o *led* localizado na parte traseira do sensor acende, indicando a detecção. Foi utilizada uma régua para estimar esta medida. Na Tabela 4, estão listados os dados técnicos do sensor.

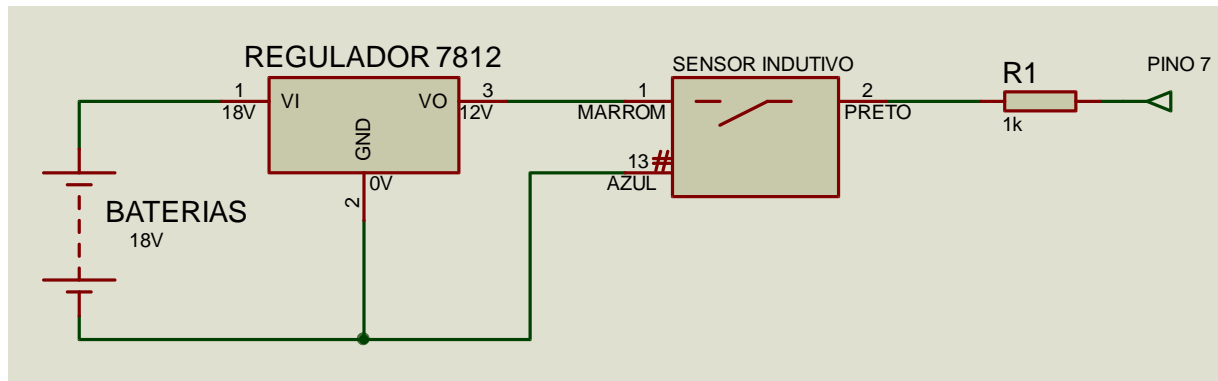
Tabela 4 – Dados técnicos do sensor indutivo

Categoria	Sensor de proximidade indutivo
Aparência	Cilíndrico
Tipo	Tubular longo
Diâmetro	10 mm
Saída	PNP N.F. (normalmente fechado)
Distância de detecção standard	5 mm
Histerese	10% da distância de detecção
Tensão de alimentação	6 a 36 volts
Consumo de corrente	Máximo 10 miliamperes
Frequência	350 Hz
Corrente de saída	Máximo 200 miliamperes
Temperatura ambiente	-25 a 70°C
Umidade relativa do ar	35 a 95%

Fonte: Autor (2019)

Na Figura 12, está o esquema elétrico de ligação do sensor indutivo. As baterias ligadas em série somam 18 volts, o terminal positivo é ligado ao terminal 1 de entrada de tensão (VI) do regulador de tensão 7812. O terminal negativo é ligado ao terminal 2 (GND) que corresponde ao *ground* do regulador. A saída de tensão (VO) do regulador fornece uma tensão de 12 volts e é ligada ao fio marrom do sensor indutivo (entrada de tensão positiva do indutor). O *ground* do regulador é ligado ao fio azul do indutor (terminal negativo do sensor). O fio preto corresponde à saída do sinal do sensor e é ligado a um resistor de 1 kilo-ohms, a fim de limitar a corrente de saída. Este é ligado ao pino 7 do Arduino, que faz a leitura do nível lógico do sensor. A tensão de saída do indutor é 12 volts, pois é a mesma que a tensão de alimentação. O pino digital do Arduino trabalha com a tensão de 5 volts, por isso o resistor também serve para delimitar esta tensão.

Figura 12 – Esquema elétrico do sensor indutivo



Fonte: Autor (2019)

3.4 SENSORES CAPACITIVOS

Os sensores capacitivos de proximidade detectam a presença de objetos constituídos de várias espécies de materiais como papel, madeira, vidro, borracha, plástico entre outros. A distância de detecção alterna para cada tipo de material, de acordo com sua constante dielétrica. Para este projeto foram utilizados dois sensores capacitivos, um para detectar plástico e outro para detectar vidro, que são dois materiais tipicamente encontrados na fabricação de embalagens para as mercadorias de consumo mais comuns. Estes sensores possuem, na sua parte traseira, um parafuso de regulagem de sensibilidade. A regulagem no sentido anti-horário diminui a sensibilidade, fazendo com que materiais que tem uma constante dielétrica menor não sejam identificados. A regulagem no sentido horário aumenta a sensibilidade. Através de testes realizados foram medidas as distâncias de detecção para diferentes regulagens. Como o objetivo aqui é diferenciar o material plástico do vidro, um dos sensores (definido como sensor capacitivo 1) foi regulado com mais sensibilidade para identificar plástico. O outro sensor (definido como sensor capacitivo 2) foi regulado com menos sensibilidade para identificar vidro. Porém, como o sensor 1 está com uma sensibilidade maior, ele também é acionado na presença de vidro. Devido a isso, a lógica de programação foi feita baseando-se que quando os dois sensores estão acionados, o material identificado é o vidro. Quando somente o sensor 1 é acionado, o material identificado é o plástico. Na Tabela 5, estão os dados técnicos dos sensores capacitivos.

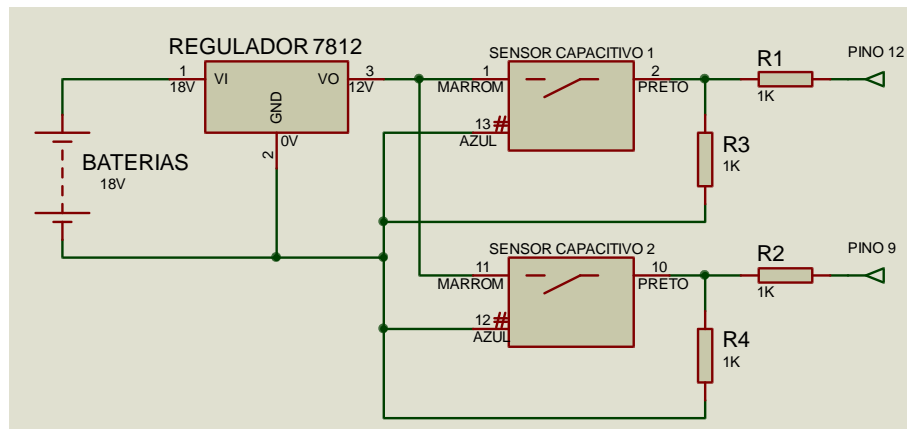
Tabela 5 – Dados técnicos dos sensores capacitivos

Categoria	Sensor capacitivo ajustável
Aparência	Cilíndrico
Tipo	Tubular longo
Diâmetro	18 mm
Saída	NPN N.A. (normalmente aberto)
Distância de detecção standard	6 mm
Histerese	10% da distância de detecção
Tensão de alimentação	10 a 30 volts
Consumo de corrente	Máximo 10 miliamperes
Frequência	350 Hz
Corrente de saída	Máximo 400 miliamperes
Temperatura ambiente	-25 a 70°C
Umidade relativa do ar	35 a 95%

Fonte: Autor (2019)

O esquema elétrico dos sensores capacitivos está ilustrado na Figura 13. Da mesma forma que o sensor indutivo, estes sensores são alimentados através do regulador de tensão 7812. O terminal positivo é ligado aos fios marrons e o *ground* é ligado aos fios azuis. A saída correspondente ao fio preto é ligada a um resistor de 1 kilo-ohms ligado ao *ground* e a um resistor de mesma resistência ligado aos respectivos pinos do Arduino. O sensor 1 está ligado ao pino digital 12 e o sensor 2 está ligado ao pino digital 9.

Figura 13 – Esquema elétrico dos sensores capacitivos

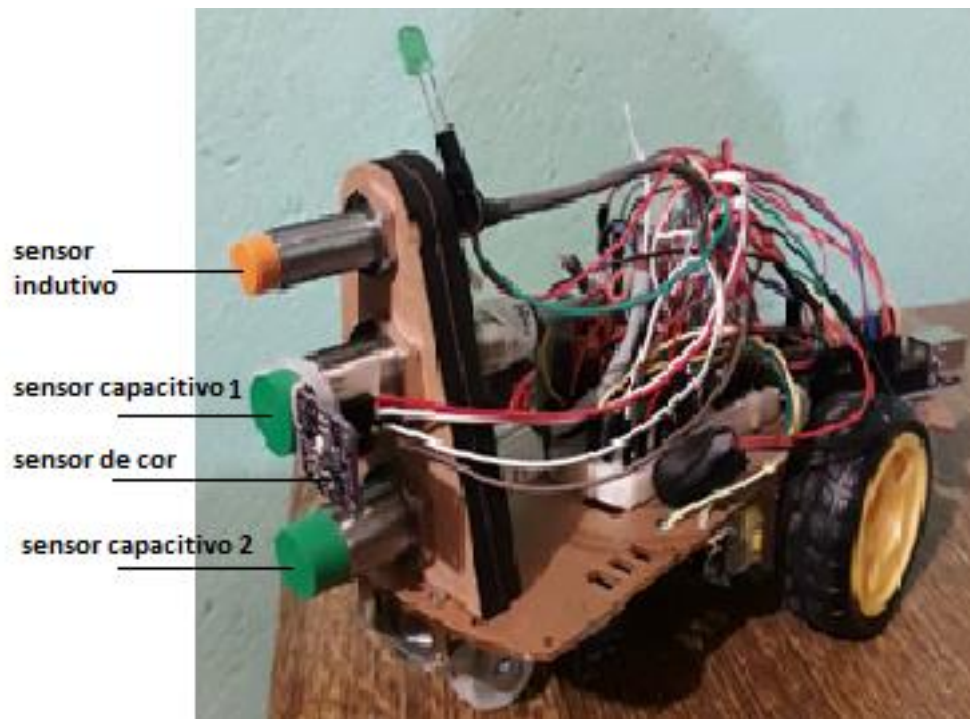


Fonte: Autor (2019)

Com base em testes realizados, foi verificado que os sensores capacitivos podem interferir um no outro se estiverem muito próximos. Isto é devido ao fato que o campo eletrostático gerado em sua face se propaga no entorno do sensor. Qualquer objeto que entre neste campo vai fazer com que os sensores sejam acionados. A distância determinada para que não haja interferência foi de 15 milímetros.

Inclusive esta distância deve ser respeitada pelo sensor indutivo. Baseado nestas informações foi construído um suporte para a fixação dos sensores, construído em madeira MDF através de corte a laser. Na Figura 14, o carrinho com o suporte e os sensores instalados.

Figura 14 – Carrinho com sensores fixados no suporte



Fonte: Autor (2019)

Os sensores foram dispostos de forma que ficaram alinhados verticalmente, para que haja aproximação simultânea com o objeto a ser detectado. O sensor de cores foi fixado juntamente a um dos sensores capacitivos para também ficar próximo do objeto, no caso o coletor, e fazer a identificação da cor.

Quanto à distância de acionamento dos sensores, foram realizados testes para constatar este item. Foram utilizados um tubo de desodorante metálico, uma garrafa plástica e uma garrafa de vidro. Foram registrados os valores em cerca de 10

aproximações, ao final foi calculada uma média para cada distância. Na Tabela 6, está a distância de acionamento para cada sensor com relação a cada material.

Tabela 6 – Distância de detecção dos sensores

Sensor	Metal	Plástico	Vidro
Indutivo	4 mm	Não detecta	Não detecta
Capacitivo 1	15 mm	5 mm	11 mm
Capacitivo 2	6 mm	Não detecta	2 mm

Fonte: Autor (2019)

Os sensores capacitivos variam sua sensibilidade de acordo com a temperatura ambiente. Em dias de temperatura mais elevada, a sua sensibilidade aumenta. Se ocorrer uma variação de cerca de 10° na temperatura, é necessário realizar um ajuste através do parafuso de regulagem de sensibilidade. Este ajuste foi realizado algumas vezes no sensor capacitivo 2, que necessitava um ajuste mais fino para detectar somente vidro e não o plástico.

3.5 SENSOR DE COR

Para fazer a identificação das cores dos coletores foi utilizado o sensor de cor digital TCS34725, próprio para Arduíno que utiliza o protocolo de comunicação I2C. Este protocolo utiliza apenas dois pinos para comunicação, o SDA (*Serial Data*) e o SCL (*Serial Clock*). Estes pinos são ligados às portas de entrada analógica do Arduíno. O SDA é responsável pela troca de dados enquanto o SCL é responsável pelo clock, ou seja, mantém a sincronização dos dispositivos. Eles trabalham no método *master-slave* (mestre-escravo), sendo o microcontrolador o mestre e o sensor o escravo. O mestre é quem coordena a comunicação, enviando e requisitando dados ao escravo.

O sensor TCS34725 faz a leitura das cores fornecendo valores em RGB (*Red, Green, Blue*), isto é, vermelho, verde e azul, além do *Clear* (medição total não filtrada). Ele possui um *led* de luz neutra que pode ser controlado através do Arduíno. Este sensor é composto por uma matriz de fotodiodos 3x4, ligados a 4 conversores

analógico-digitais de 16 bits que realizam a leitura. Os valores lidos são passados para os registradores internos de *buffer* duplo do sensor. Estas funções e todas as demais são controladas por uma máquina de estados.

O drive utilizado é da Adafruit. Através das bibliotecas deste drive é possível obter os dados em valor numérico referente às cores e também à quantidade de luz, temperatura de cor e claridade. Para os níveis de cor vermelha, o valor é gravado na variável “r” (*red*). Para a cor verde é utilizada a variável “g” (*green*) e para cor azul, a variável “b” (*blue*). No caso dos coletores aplicados neste projeto, foi necessário identificar a cor verde, amarelo e vermelho. Com base em testes realizados, foi possível definir os níveis RGB para cada cor e assim diferenciá-las. No caso do verde, por exemplo, a quantidade de cor verde medida deve ser maior que a de cor azul e esta deve ser maior que a de cor vermelha. E assim foi fixado um patamar para cada cor e a lógica de programação foi construída baseada nestas informações. A quantidade de luz definida foi o valor decimal de 1000, que é o valor atingido pelo sensor quando este está próximo do objeto, devido a luz que é emitida pelo *led* de cor neutra. Na Tabela 7 está a lógica utilizada para a identificação das cores.

Tabela 7 – Lógica de identificação das cores

Cor	Variáveis r g b
Vermelho	$r > b > g$
Verde	$g > b > r$
Amarelo	$r > g > b$

Fonte: Autor (2019)

A cor amarela é vista pelo sensor como sendo uma cor secundária, formada por uma mistura das cores vermelho, verde e azul. Estas três cores são cores primárias do ponto de vista do sensor, sendo elas as formadoras de todas as outras cores. A cor amarela apresenta um índice de cor vermelha maior que a cor verde e esta, por sua vez, apresenta um índice maior que a cor azul.

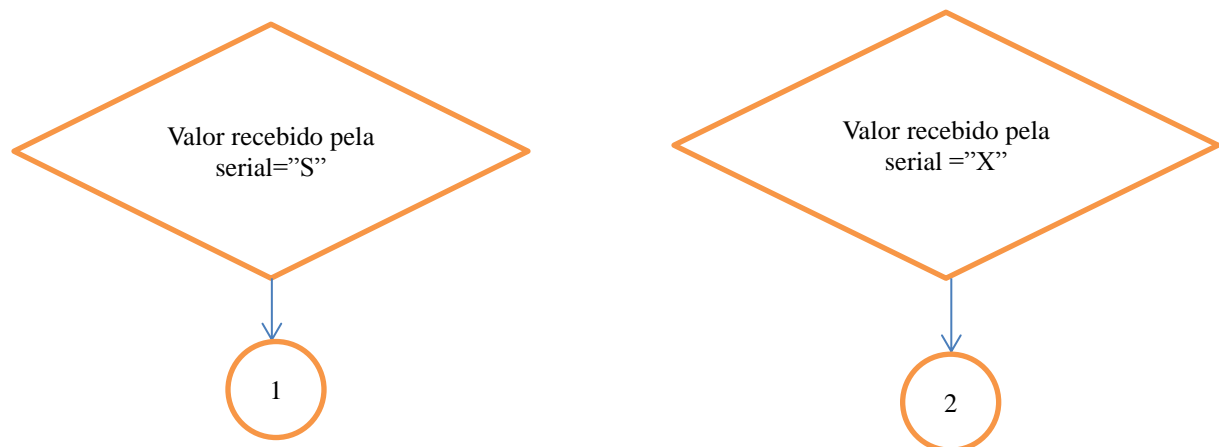
3.6 PROGRAMAÇÃO

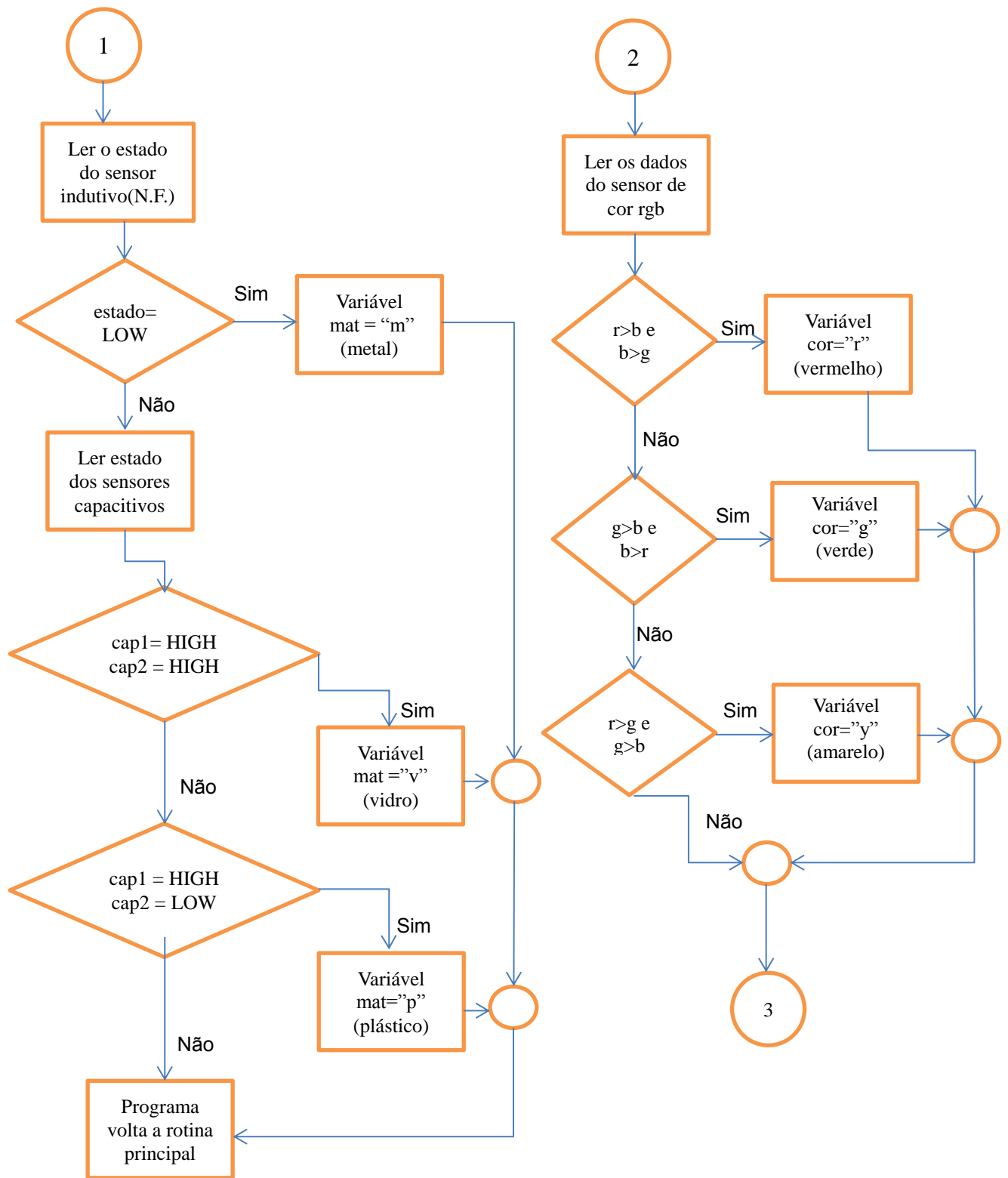
O programa para o Arduino encontra-se no Apêndice B ao final do trabalho. Ele foi desenvolvido com base no roteiro que o usuário executará com o protótipo. Serão

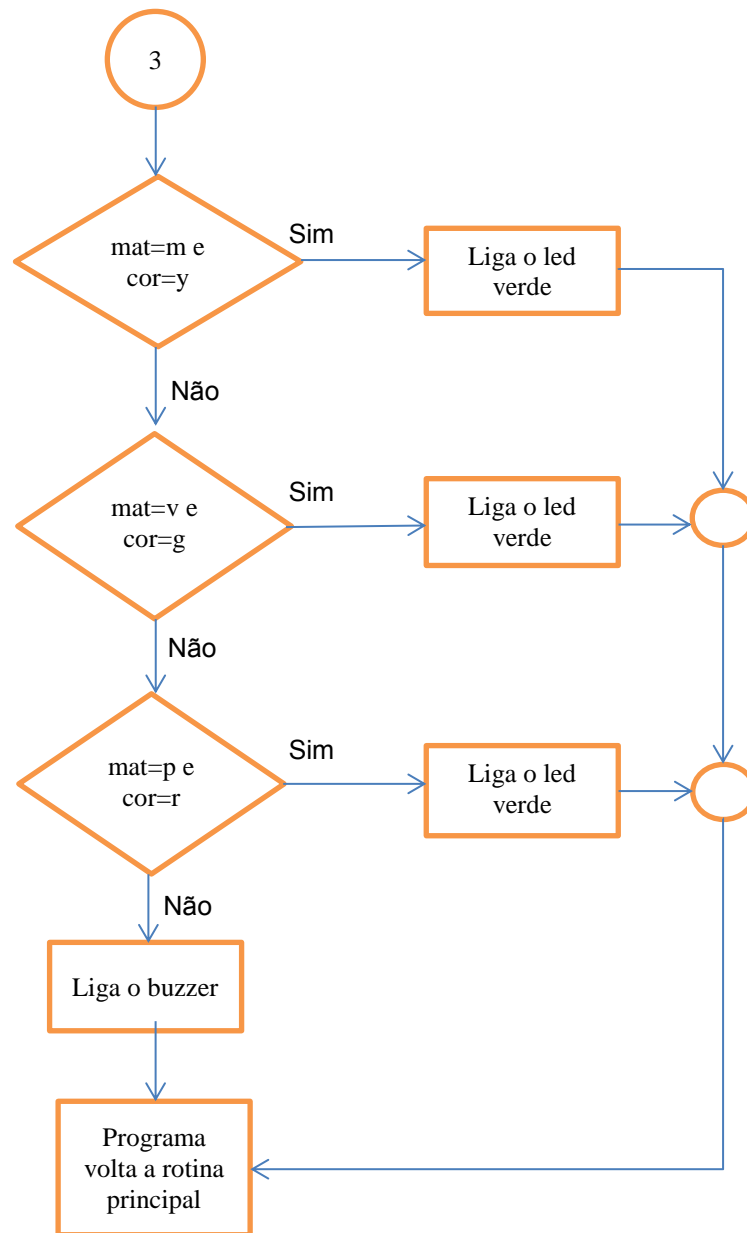
usados 3 objetos como exemplo: um tubo metálico, uma garrafa de vidro de 350 mls e uma garrafa pet (polietileno tereftalato) de 300 mls. Cada um deverá ser descartado no coletor de cor correspondente, no caso, o tubo de metal no coletor amarelo, a garrafa de vidro no coletor verde e a garrafa plástica no coletor vermelho. Primeiramente o usuário deverá aproximar o carrinho do objeto utilizando os controles. Quando os sensores estiverem a menos de 2 milímetros de distância do objeto, ele apertará a letra “X” para o hardware realizar a identificação do material, com base nos dados dos sensores. Logo após, ele se afastará do objeto e conduzirá o carrinho em direção aos coletores. Quando o sensor de cor estiver em torno de 10 milímetros de distância do coletor, o usuário apertará a tecla “SELECT” para realizar a leitura da cor. O Arduino imediatamente realizará a comparação do material selecionado com a cor identificada e, caso estiver correto, acenderá um *led* verde autorizando que seja feito o descarte naquele coletor. Caso esteja no coletor errado, um *buzzer* emitirá um sinal sonoro avisando que está no coletor errado. O *led* e o *buzzer* são desligados no momento em que o carrinho é posto em movimento, através de comandos nas funções de movimentação.

As montagens dos circuitos foram todas feitas em uma *protoboard*, utilizando *jumpers* para as ligações entre os componentes e com o Arduino e outros dispositivos. Ao final deste trabalho, no Apêndice C está o esquema elétrico Geraldo *hardware*. Na Figura 15 está o fluxograma referente à programação dos sensores.

Figura 15 – Fluxograma da programação dos sensores







Fonte : Autor (2019)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O *hardware* foi aplicado na Escola Municipal de Ensino Fundamental Tancredo de Almeida Neves, localizada na cidade de Flores da Cunha, no dia 21 de outubro de 2019. Participaram da atividade alunos do nono, oitavo e sétimo ano do Ensino Fundamental. Eram um total de 17 alunos que participam de um projeto de extensão oferecido por uma IES (Instituição de Ensino Superior), os quais participam, dentre as oficinas ofertadas, de uma Oficina de Robótica. As coordenadoras na escola são a professora Grazielle Dall'Acua e a bolsista Luana Menegon. Estes alunos também já passaram por uma Oficina de Resíduos Sólidos e, por isso, tinham uma noção quanto aos tipos de materiais e cores dos coletores correspondentes. A aplicação deste protótipo envolvia os dois temas, o que foi bem proveitoso para eles. A atividade durou cerca de duas horas. Na Figura 16 pode ser visto a organização da atividade. No espaço reservado no centro da sala foram dispostos os coletores das cores vermelho, amarelo e verde. Do lado oposto foram colocados os objetos utilizados como exemplos de resíduos, um tubo de desodorante metálico, uma garrafa PET de 300 mls e uma garrafa de vidro de 350 mls. Entre eles foi posto o *hardware* para ser guiado pelos alunos, primeiramente fazendo a aproximação dos resíduos e, após, dos coletores.

Figura 16 – Organização da atividade



Fonte: Autor (2019)

Foi dado início à oficina apresentando aos estudantes como o carrinho foi construído, sendo relatado que a construção iniciou pela definição do chassi e dos motores e posteriormente a implementação da plataforma Arduino. Foi explicado que o carrinho é controlado através de um aplicativo no *smartphone*, programado para este projeto, e que possui sensores industriais, além de um *led* verde que é aceso quando o carrinho está na lixeira de cor correspondente ao resíduo detectado e um *buzzer* que emite um sinal sonoro quando a escolha da lixeira não é adequada ao resíduo selecionado. Os alunos foram divididos em duplas e cada um deles dirigiu o carrinho através do aplicativo no *smartphone*. Na Figura 17 está a imagem dos alunos executando a atividade.

Figura 17 – Execução da atividade



Fonte: Autor (2019)

O primeiro aluno da dupla guiava o carrinho até um dos objetos. A aproximação dos sensores deveria ser milimétrica, necessitando um pouco de habilidade do condutor. Alguns tiveram dificuldade nesta aproximação, havendo algumas colisões. Mas isto funcionou como uma espécie de entretenimento, fazendo parte da brincadeira. Após conseguir fazer a detecção do objeto, o segundo aluno da dupla assumia o controle e guiava o carrinho até um dos coletores. Assim que era feita a aproximação, a cor era identificada e, caso estivesse correto, o *led* verde acendia. O aluno pegava o objeto com a mão e o colocava no devido coletor. Em caso de não estar no coletor correto, o *buzzer* emitia o sinal sonoro, advertindo para não ser realizado o descarte,

conforme havia sido programado. Na maioria das vezes, como a turma já tinha o conhecimento de reciclagem, o carrinho era conduzido ao respectivo coletor do material selecionado. No caso do metal, o coletor amarelo, o vidro no coletor verde e o plástico no coletor vermelho. Assim, não havia necessidade de trocar de coletor ou testar mais de um coletor.

Durante a tarefa, a todo tempo, foi possível observar manifestações de interesse e motivação dos estudantes sobre o assunto. Além disso, eles demonstram outras habilidades como a habilidade de organização do pensamento para a realização da atividade, estabelecer comandos através do aplicativo, coordenação motora, as habilidades relacionadas a direção, sentido, utilizar códigos e organizar sequências para a realização da função necessária. Na Figura 18, estão as imagens do carrinho sendo aproximado dos objetos e coletores.

Figura 18 - Carrinho executando a tarefa



Fonte: Autor (2019)

Esta atividade também serviu para observar a aprendizagem dos alunos quanto aos conceitos abordados na Oficina de Resíduos Sólidos e a destinação correta de cada material de acordo com a Resolução Conama 275. Durante a realização da atividade, todos os estudantes demonstram conhecimento com relação às cores estabelecidas para a destinação do resíduo plástico, metal e vidro.

Na sequência, os alunos quiseram testar o protótipo com outros objetos, demonstrando-se motivados pelo que estavam aprendendo. Buscaram na caixa de

resíduos eletrônicos, existente na sala de aula, e iniciaram os testes com novos elementos. Esta atitude demonstrou o interesse e a motivação dos estudantes pela necessidade de experimentarem algo novo. Foram utilizados como exemplo de materiais uma lixeira de plástico, objetos de acrílico, um dissipador de calor de alumínio, uma tampa de fonte de computador e um cadinho de vidro. Estes materiais também foram identificados pelos sensores. Em seguida foi feita a identificação correta com os coletores de respectiva cor. Na Figura 19, estão as imagens dos outros resíduos utilizados.

Figura 19 – Outros tipos de resíduos



Fonte: Autor (2019)

Depois de experimentarem, testarem e se divertirem com o carrinho, foi o momento ideal para expor aos alunos um pouco mais dos conceitos, do processo de estruturação e da programação do carrinho.

Foi explanado aos alunos que a primeira parte do projeto foi iniciada em outro semestre, no estágio de outro estudante de graduação, quando foi montado o chassi do carrinho com os motores DC acoplados diretamente às rodas. Foi explicado como o acionamento dos motores é feito através da ponte H, a comunicação pelo módulo *Bluetooth* e a programação do Arduino através do *software* gratuito no computador e como esta é passada para o microcontrolador pelo cabo USB (*Universal Serial Bus*). Assim, os alunos puderam conhecer mais sobre o funcionamento dos motores,

entender que quando o comando for dado para que o carrinho vá para um dos lados, um dos motores não é acionado e o outro sim, para que o movimento seja executado.

Também conheceram mais sobre as formas de alimentação utilizadas no protótipo e a necessidade de reguladores de tensão. Para o experimento foram utilizadas duas baterias e reguladores de tensão para estabilizar a tensão utilizada pelos elementos. Foi explorado o funcionamento dos sensores indutivos e capacitivos, demonstrando como eles formam um campo eletromagnético para detectar a presença dos materiais, assim como o sensor de cores atua através dos fotodiodos que convertem luz em sinal elétrico. A professora da IES deu uma aula sobre capacitores e como eles armazenam carga, assim foi introduzido um pouco o assunto sobre a constante dielétrica de cada material e porque a detecção de objetos por sensores capacitivos varia de material para material. Foi aberto espaço para questionamentos dos alunos e da professora responsável pela turma.

Esse momento foi importante para os alunos e os mesmos se demonstraram muito interessados, já que a escola receberá kits de robótica em função do projeto com a IES.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta inicial de construir um hardware para identificar a composição de resíduos e o coletor correspondente foi realizada. Ele é capaz de diferenciar três dos tipos mais comuns de material reciclado, no caso o plástico, o vidro e o metal. A identificação das cores foi um sucesso também, pois com a lógica de programação utilizada, foi possível associar cada cor com seu material correspondente, de acordo com a Resolução Conama 275.

Como se trata de um projeto educacional, a aplicação com estudantes do Ensino Fundamental foi uma das metas a ser concretizada. Os estudantes que participaram da atividade gostaram muito do carrinho, o que serviu de inspiração e motivação para envolverem-se com a área da robótica e eletrônica. Durante a aplicação, o protótipo comportou-se conforme o planejado, realizando a detecção de materiais e das lixeiras correspondentes da forma correta. Além disso, foram utilizados mais objetos como experiência, que não estavam no programa planejado, por iniciativa dos alunos. E o hardware mostrou-se eficiente na identificação destes objetos também.

Na realidade, o ideal deste trabalho era associar os conceitos de Robótica Educacional com Reciclagem de Lixo. E este objetivo foi atingido, pois ao mesmo tempo que o *hardware* despertou o interesse dos alunos pela Robótica, eles reforçaram os conceitos de reciclagem de resíduos que já haviam visto.

A Robótica Educacional incentiva os estudantes a explorar esta área do conhecimento, que inclui a eletrônica e a programação. Ela desperta o fascínio dos jovens pela tecnologia, o que serve de motivação para desenvolverem esta busca pelo conhecimento e, mais tarde pode se tornar uma vocação profissional. Os alunos nos dias seguintes ao da atividade continuavam a falar do carrinho, conforme relatos da professora, o que prova o entusiasmo que a experiência com o *hardware* proporcionou.

5.1 PROJETOS FUTUROS

Para dar sequência a este trabalho, futuramente pode ser implementada uma garra robótica para apanhar o resíduo no momento de sua identificação, e realizar o

descarte no coletor logo após a identificação da cor do mesmo e, se estiver na cor correta. As garras robóticas para a plataforma Arduino disponíveis no mercado são muito sensíveis e não tem força suficiente para recolher um resíduo como uma garrafa de vidro, por exemplo. O ideal seria desenvolver uma garra mais robusta, com motores DC sendo controlados pelo Arduino, para realizar sua movimentação. O controle desta garra poderia ser feita pelo aplicativo do *smartphone* ou desenvolver uma sub-rotina na programação para ela executar o movimento de apanhar e erguer o objeto. E uma outra sub-rotina para realizar o descarte.

Quanto a detecção de materiais já está funcionando de forma adequada. Se for desejado realizar a identificação de mais tipos de materiais, seria necessário instalar mais sensores, no caso, sensores capacitivos. A instalação de mais sensores talvez seria difícil quanto a disponibilidade de espaço físico para isso. Seria necessário criar uma lógica de programação para diferenciar os diferentes tipos de materiais a mais.

Para a fixação da garra, talvez seria preciso utilizar outro chassi mais robusto e com espaço maior. Existem disponíveis na internet outros modelos de chassi que utilizam os mesmos motores DC. Há modelos que utilizam quatro rodas com um motor DC em cada e modelos com duas rodas apenas, mas que tem maior disponibilidade de espaço físico.

Após realizar a implementação da garra, seria interessante utilizar uma placa de circuito para soldar todos os componentes e assim eliminar os *jumpers*, diminuindo o volume do circuito e melhorando a estética.

5.2 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

O trabalho do ponto de vista técnico mostrou como é possível fazer a identificação dos diferentes tipos de resíduos utilizando um sistema automatizado com sensores. Seria interessante para a sociedade a criação de um sistema de reciclagem e separação de resíduos automatizado.

O Arduino é uma excelente plataforma para a área educacional, pois tem uma gama muito grande na realização de projetos pedagógicos. O hardware despertou muito o interesse dos jovens pela área da robótica e automação, muito mais do que em

aulas convencionais. O carrinho funciona como uma espécie de entretenimento ao mesmo tempo que passa muito aprendizado e desperta a curiosidade e o interesse por esta área do conhecimento.

Além da Robótica Educacional, a conscientização quanto a reciclagem de resíduos foi abordada efetivamente pelo trabalho, o que é muito importante para a sociedade. Os jovens reforçaram os conceitos de separação de resíduos quanto ao tipo de material e reciclagem.

REFERÊNCIAS

ABC ROBÓTICA. **Kit carro Robô Arduino 2+1 rodas 2WD com chassis**. 2019. 1 fotografia. Disponível em: <https://abcrobotica.pt/produto/kit-carro-robo-arduino-21-rodas-2wd-chassis/>. Acesso em: 26 maio 2019.

AGLOBAL DISTRIBUIDORA. **Coletores de resíduo**. 2 jun. 2019. 1 fotografia. Disponível em: <http://www.cestosdelixoelixeiras.com.br/informacoes/coletores-lixo-seletivo>. Acesso em: 2 jun. 2019.

ALVES, Ubiratan Silva. Cotidiano escolar, futebol e novas tecnologias. *In*: SOARES, Eliana Maria do Sacramento; PERTANELLA, Leandro. **Experiências Educativas no Contexto Digital**. Caxias do Sul: Educs, 2013.

ARZ. **Driver Motor Ponte H Dupla L298n Arduino Pic Automação**. 2019. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.arzshop.com.br/driver-motor-ponte-h-dupla-l298n-arduino-pic-automacao>. Acesso em: 26 maio 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.305/10, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 16 abr. 2019.

CALEGARI, Paulo Ferreira. **Aplicação da robótica no ensino-aprendizagem de lógica de programação para crianças**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - UFSC, Araranguá, SC, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/133649>. Acesso em: 2 jun. 2019.

CATÁLOGO BALLUFF. **Diagrama de funcionamento de um sensor capacitivo**. 2016. 1 desenho. Disponível em: <https://www.balluff.com/local/br/products/sensors/capacitive-sensors/>. Acesso em: 15 abr. 2019.

CATÁLOGO BALLUFF. **Diagrama de funcionamento de um sensor indutivo**. 2016. 1 desenho. Disponível em: <https://www.balluff.com/local/br/products/sensors/inductive-sensors/>. Acesso em: 15 abr. 2019.

CATTUSSO, Tiago André. **Integração da robótica na educação infantil**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - UCS, Caxias do Sul, 2018.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 275 25 de abril de 2001**. [S. l.], 25 abr. 2001. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273>. Acesso em: 16 abr. 2019.

D'ABREU, João V.V. Robótica Pedagógica: percurso e perspectivas. **Anais do 5º workshop de robótica educacional**, São Carlos, SP, p. 79-83, 21 out. 2014. Disponível em: http://www.natalnet.br/wre2014/ANAIS_WRE2014.pdf. Acesso em: 19 mai. 2019.

FRAGA, Simone Carvalho Levorato. **Reciclagem de Materiais Plásticos: Aspectos Técnicos, Econômicos, Ambientais e Sociais**. São Paulo: Érica, 2014. *E-book*.

GIMENEZ, Salvador Pinillos. **Microcontroladores 8051**. São Paulo: Pearson, 2002. *E-book*.

GIMENEZ, Salvador Pinillos. **Microcontroladores PIC18: conceitos, operação, fluxogramas e operação**. São Paulo: Érica, 2015. *E-book*.

OLIVEIRA, Cláudio L.V.; ZANETTI, Humberto A.P. **Arduino Descomplicado**. São Paulo: Érica, 2015. *E-book*.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC - Programação em C**. São Paulo: Érica, 2007. *E-book*.

PEREIRA, Paulo H.C. *et al*. A robótica como estilo de aprendizagem no curso técnico profissionalizante. **Anais do 7º workshop de robótica educacional**, Varginha, MG, p. 7-13, 11 out. 2016. Disponível em: <http://www.natalnet.br/wre2016/wre2016.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2019.

ROMERO, Roseli A.F. *et al* (org.). **Robótica Móvel**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. *E-book*.

SILVA, Alzira Ferreira. **RoboEduc: Uma Metodologia de Trabalho com Robótica Educacional**. 2009. Tese (Doutorado Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) - UFRN, Natal, RN, 2009.

SILVA, Wendley. **Como funcionam os sensores das câmeras fotográficas?**. 20 set. 2010. 1 desenho. Disponível em: <https://fotobellarte.wordpress.com/2010/09/20/como-funcionam-os-sensores-das-cameras-fotograficas/>. Acesso em: 26 maio 2019.

SOARES, Eliana Maria do Sacramento; VALENTINI, Carla Beatris. Formação de professores do Ensino Superior: repensando o fazer pedagógico no contexto das tecnologias digitais. *In*: SOARES, Eliana Maria do Sacramento; PERTANELLA, Leandro. **Experiências Educativas no Contexto Digital**. Caxias do Sul: Educs, 2013.

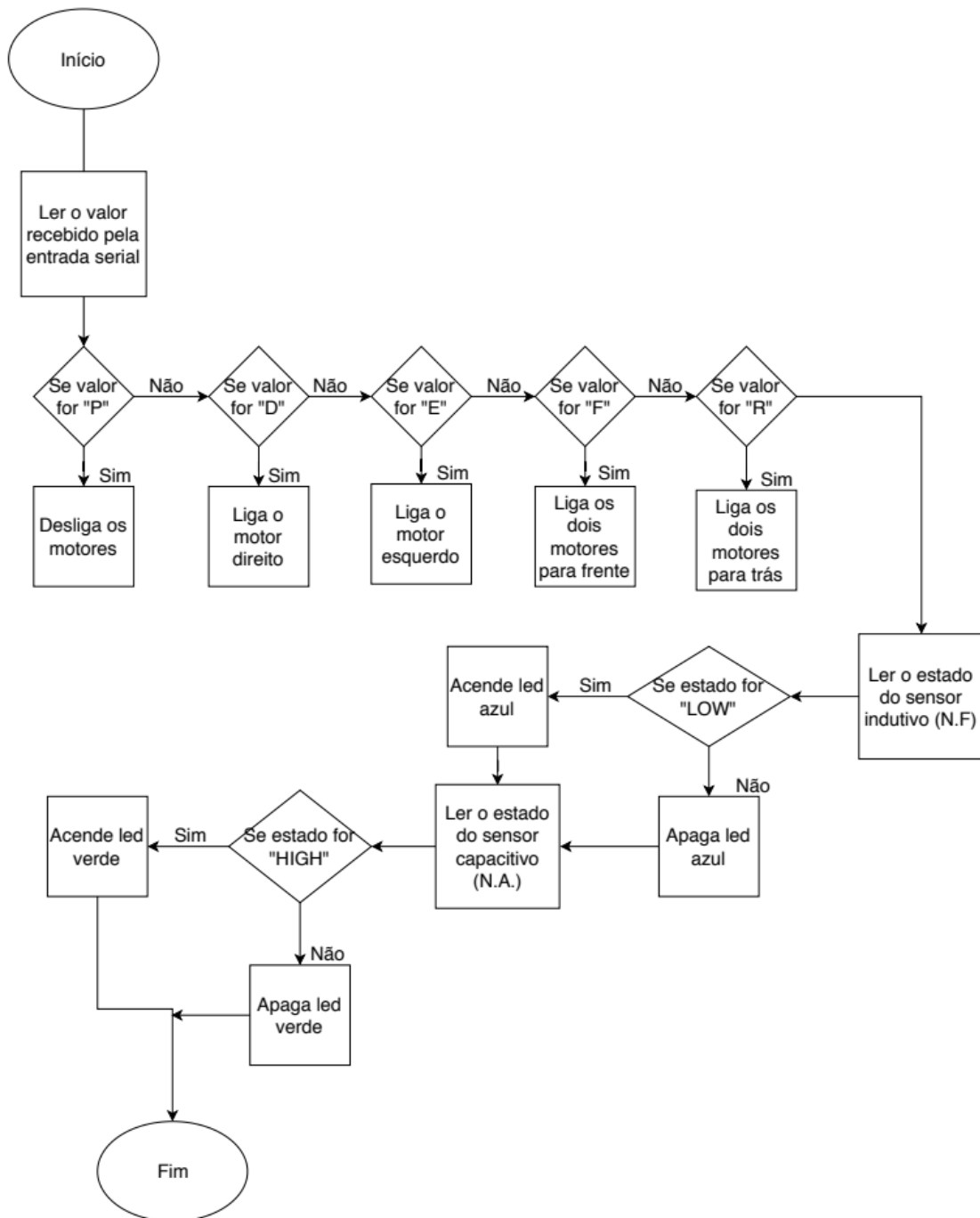
STEVAN JR., Sergio Luiz ; SILVA, Rodrigo Adamshuk. **Automação e instrumentação industrial com arduino: teoria e projetos**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2015. 296 p. *E-book*.

THOMAZINI , Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro U.B. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. 8. ed. rev. e atual. São Paulo: Érica, 2011. 224 p. *E-book*.

VAZZI, Marcio Roberto Gonçalves de. **O Arduino e a aprendizagem da Física**. 2017. Dissertação de mestrado (Mestrado em Educação Escolar) - Unesp/Araraquara, SP, 2017. Disponível em: http://www.fclar.unesp.br/agenda-pos/educacao_escolar/4315.pdf. Acesso em: 2 jun. 2019.

VELOSO, Felipe Longoni. **Robótica na escola: desenvolvimento de um protótipo para detecção de tipos de materiais**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia em Automação Industrial) - UCS, Caxias do Sul, 2018.

APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DA PROGRAMAÇÃO NA PRIMEIRA ETAPA



APÊNDICE B – PROGRAMAÇÃO DO ARDUÍNO

```

int esq = 4; //escolha do pino de saída - motor esquerdo
int dir = 3; //escolha do pino de saída - motor direito
int re = 2; //escolha do pino de saída - motores para ré
int pwmesq = 6; //pwm do motor esquerdo
int pwmdir = 5; //pwm do motor direito
int ind = 7; //escolha do pino de entrada - sensor indutivo (metal)
int cap1 = 12; //escolha do pino de entrada sensor capacitivo 1
int cap2 = 9; //escolha do pino de entrada - sensor capacitivo 2
int led = 10; //escolha do pino de saída - led
int buz = 11; //escolha do pino de saída - buzzer
int val = 0; //inicia variável de leitura em zero
int var1 = 0; //inicia variável de leitura em zero
int var2 = 0; //inicia variável de leitura em zero
int var3 = 0; //inicia variável de leitura em zero
char mat; // variável referente ao material
char cor; // variável referente a cor
#include <Wire.h> //biblioteca wire
#include "Adafruit_TCS34725.h" //biblioteca do sensor de cor
Adafruit_TCS34725 tcs = Adafruit_TCS34725(TCS34725_INTEGRATIONTIME_700MS,
TCS34725_GAIN_1X); // variável tcs

void setup() {
  Serial.begin(9600); //inicia serial em 9600 Hz
  pinMode(esq, OUTPUT); //define variável como saída
  digitalWrite(esq, LOW); //define estado inicial da saída
  pinMode(dir, OUTPUT); //define variável como saída
  digitalWrite(dir, LOW); //define estado inicial da saída
  pinMode(re, OUTPUT); //define variável como saída
  digitalWrite(re, LOW); //define estado inicial da saída

```

```
pinMode(ind, INPUT); //define variável como entrada
pinMode(led, OUTPUT); //define variável como saída
digitalWrite(led, LOW); //define estado inicial da saída
pinMode(cap1, INPUT); //define variável como entrada
pinMode(buz, OUTPUT); //define variável como saída
digitalWrite(buz, LOW); //define estado inicial da saída
pinMode(cap2, INPUT); //define variável como entrada
pinMode(pwmesq, OUTPUT); //define variável como saída
digitalWrite(pwmesq, LOW); //define estado inicial da saída
pinMode(pwmdir, OUTPUT); //define variável como saída
digitalWrite(pwmdir, LOW); //define estado inicial da saída

if (!tcs.begin()) //verifica se o sensor de cor inicializou
{
  Serial.println("Error al iniciar TCS34725");//caso não inicializar exibe mensagem
  while (1) delay(1000); //o programa permanece preso neste loop
}

}

void loop() { //rotina principal do programa

if(Serial.available()>0)
{
  val = Serial.read(); //lê o valor recebido na pela serial
  if (val == 'D') //se valor lido for igual a "D"
  {
    Direito();//função para acionar motor direito
  }
  else{
    if (val == 'E') //se valor lido for igual a "E"
```



```
    digitalWrite (re, LOW); //desliga motores para a ré
    digitalWrite (pwmdir, LOW); //desliga pwm do motor direito
    digitalWrite (pwmesq, LOW); //desliga pwm do motor esquerdo
}
}
```

```
void Direito() { //função para acionar motor direito
    analogWrite (pwmdir,90); //velocidade do motor
    digitalWrite (esq, LOW); //desliga motor para a esquerda
    digitalWrite (re, LOW); //desliga motor para ré
    digitalWrite (dir, HIGH); //liga motor para a direita
    delay(100); //aguarda 100 milisegundos
    digitalWrite (led, LOW); //desliga o led
    digitalWrite (buz, LOW); //desliga o buzzer
}
```

```
void Esquerdo() { //função para acionar motor esquerdo
    analogWrite (pwmesq,90); //velocidade do motor
    digitalWrite (dir, LOW); //desliga motor para a direita
    digitalWrite (re, LOW); //desliga motor para ré
    digitalWrite (esq, HIGH); //liga motor para a esquerda
    delay(100); //aguarda 100 milisegundos
    digitalWrite (led, LOW); //desliga o led
    digitalWrite (buz, LOW); //desliga o buzzer
}
```

```
void Frente() { //função para andar para frente
    analogWrite (pwmesq,100); //velocidade do motor
    analogWrite (pwmdir,100); //velocidade do motor
    digitalWrite (re, LOW); //desliga motor para ré
    digitalWrite (esq, HIGH); //liga motor esquerdo
```

```

digitalWrite (dir, HIGH); //liga motor direito
delay(100);//aguarda 100 milisegundos
digitalWrite (led, LOW);//desliga o led
digitalWrite (buz, LOW);//desliga o buzzer
}

void Re() { //função para andar de ré
    analogWrite (pwmesq,100);//velocidade do motor
    analogWrite (pwmdir,100);//velocidade do motor
    digitalWrite (esq, LOW); //desliga motor para a esquerda
    digitalWrite (dir, LOW); //desliga motor para a direita
    digitalWrite (re, HIGH); //liga motores para ré
    delay(100);//aguarda 100 milisegundos
    digitalWrite (led, LOW);//desliga o led
    digitalWrite (buz, LOW);//desliga o buzzer
}

void Material(){ //função para seleccionar tipo de material
    var1 = digitalRead(ind);//lê a entrada digital
    if (var1 == LOW) //se sensor indutivo detectar objeto metálico (sensor N.F.)
    {
        mat='m';//variável mat recebe caracter 'm'(metal)
    }
    else{
        var2 = digitalRead(cap1);//lê a entrada digital do sensor capacitivo 1
        var3 = digitalRead(cap2);//lê a entrada digital do sensor capacitivo 2
        if (var2 == HIGH && var3 == HIGH ) // se os dois sensores ligarem
        {
            mat='v';//variável mat recebe caracter 'v'(vidro)
        }
        if (var3 == LOW && var2 == HIGH) //se o sensor cap 1 estiver ligado

```

```

        {
            mat='p';// variável mat recebe 'p'(plastico)
        }
    }
}

```

```

void Coletor(){ // função para selecionar cor do coletor
    uint16_t r, g, b, c, colorTemp, lux; //variáveis do sensor de cor
    tcs.getRawData(&r, &g, &b, &c); // variaveis recebem valores referente as cores
    colorTemp = tcs.calculateColorTemperature(r, g, b);//recebe valor da temperatura de
cor
    lux = tcs.calculateLux(r, g, b); //recebe valor referente a luz
    if(lux>1000&&r>b&&b>g)//se luz for maior que 1000 e red for maior que blue e blue
maior que green
    {
        cor='r';//variável cor recebe 'r'(vermelho)
    }
    else{
        if(lux>1000&&g>b&&b>r)//se luz for maior que 1000 e green for maior que blue e
blue maior que red
        {
            cor='g';//variável cor recebe 'g'(verde)
        }
        else {
            if(lux>1000&&r>g&&g>b)//se luz for maior que 1000 e red for maior que
green e green maior que blue
            {
                cor='y';//variável cor recebe 'y'(amarelo)
            }
        }
    }
}

```

```
if(mat=='m'&&cor=='y')//se material for metal e cor for amarelo
{
  digitalWrite (led, HIGH);//liga o led
}
else{
  if(mat=='v'&&cor=='g')//se o material for vidro e a cor for verde
  {
    digitalWrite (led, HIGH);//liga o led
  }
  else {
    if(mat=='p'&&cor=='r')//se o material for plastico e a cor foi vermelho
    {
      digitalWrite (led, HIGH);//liga o led
    }
    else{ //caso contrário
      analogWrite (buz, 125);//liga o buzzer
    }
  }
}
}
```

APÊNDICE C – ESQUEMA ELÉTRICO GERAL

