



DEPARTAMENTO DE ENSINO  
CURSO TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA – FORMA INTEGRADA

CAMILA SILVA DE SOUZA  
ELIZABETE OLIVEIRA DE SOUZA MIRANDA  
FÁBIO CORDEIRO DOS SANTOS JUNIOR

**PROTÓTIPO DE UM BRAÇO ROBÓTICO PEDAGÓGICO PARA A PROGRESSÃO  
DO DESENVOLVIMENTO DE CRIANÇAS AUTISTAS**

Santo Amaro – BA

2022

CAMILA SILVA DE SOUZA  
ELIZABETE OLIVEIRA DE SOUZA MIRANDA  
FÁBIO CORDEIRO DOS SANTOS JUNIOR

**PROTÓTIPO DE UM BRAÇO ROBÓTICO PEDAGÓGICO PARA A PROGRESSÃO  
DO DESENVOLVIMENTO DE CRIANÇAS AUTISTAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial à obtenção do grau  
Técnico de Nível Médio em Eletromecânica do  
Instituto Federal da Bahia Campus Santo Amaro.

Orientador: Me. Luís Alves Correia Filho  
Coorientador: Prof. Me. Lázaro Edmilson Brito Silva

Santo Amaro – BA

2022

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

---

S729 Souza, Camila Silva de

Protótipo de um braço robótico pedagógico para a progressão do desenvolvimento de crianças autistas. / Camila Silva de Souza, Elizabete Oliveira de Souza Miranda, Fábio Cordeiro dos Santos Junior. – Santo Amaro: IFBA, 2022.  
57 p.: il. color.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Me. Luís Alves Correia Filho.  
Coorientador: Prof<sup>a</sup>. Me. Lázaro Edmilson Brito Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Eletromecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Santo Amaro, 2022.

1. Automação. 2. Robótica. 3. Engenharia de protótipos. 4. Transtornos do espectro autista. 5. Jogos educativos. 6. Educação especial. 7. Crianças com deficiência - Desenvolvimento. I. Miranda, Elizabete Oliveira de Souza. II. Santos Junior, Fábio Cordeiro dos. III. Correia Filho, Luís Alves (Orientador). IV. Silva, Lázaro Edmilson Brito (Coorientador). V. Instituto Federal da Bahia. VI. Título.

CDU 681.5:376

---

**Elaborado por Reginaldo Pereira Pascoal Junior – CRB-5/1470**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – Instituto Federal da Bahia (SIB-IFBA)**  
**Biblioteca IFBA Campus Santo Amaro**

PROTÓTIPO DE UM BRAÇO ROBÓTICO PEDAGÓGICO PARA A PROGRESSÃO DO  
DESENVOLVIMENTO DE CRIANÇAS AUTISTAS

CAMILA SILVA DE SOUZA  
ELIZABETE OLIVEIRA DE SOUZA MIRANDA  
FÁBIO CORDEIRO DOS SANTOS JUNIOR

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal da Bahia Campus Santo Amaro, como parte de requisitos necessários à obtenção do grau de Técnico de Nível Médio em Eletromecânica.

Aprovado em 06 /11/ 2022, por:



---

Professor: Me. Luís Alves Correia Filho

Orientador

---

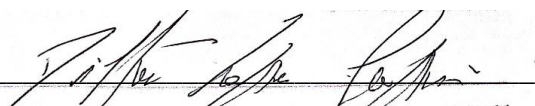
Professor: Prof. Me. Lázaro Edmilson Brito Silva

Coorientador

---

Professor: Me. Reginey Azevedo Barbosa

IFBA Campus Irecê



---

Professor: Me. Dilton Lopes Carapiá

IFBA Campus Santo Amaro

Santo Amaro - BA

2022

## AGRADECIMENTOS

[...]

Gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus por nos dar força de não desistir no meio desse longo caminho que passamos e secundamente a nossos pais que a todo momento nos deram confiança e não deixam de acreditar no nosso potencial e na nossa capacidade de levar tanto o curso quanto o projeto até o final.

Agradecer ao nosso orientador Me. Luís Alves Correia Filho por nos acompanhar desde o princípio, com suas ideias incríveis e dicas valiosas, o nosso muito obrigado também ao nosso Coorientador Prof. Me. Lázaro Edmilson Brito Silva pelas suas críticas construtivas e puxões de orelhas que sem sombra de dúvida valeram a pena.

Nosso mais sincero agradecimento aos colegas de curso e até mesmo de cursos diferentes que se disponibilizaram a nos ajudar quando necessário e a alguns familiares da equipe pelas dicas e ajuda em conseguir peças fundamentais do projeto. A todos os envolvidos o nosso mais sincero Obrigado.

## EPÍGRAFE

“Há todo um velho mundo ainda por destruir e todo um novo mundo a construir. Mas nós conseguiremos, jovens amigos, não é verdade?.”

*Rosa Luxemburgo*

Resumo do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Santo Amaro como parte dos requisitos para obtenção do grau Técnico de Nível Médio em Eletromecânica.

## PROTÓTIPO DE UM BRAÇO ROBÓTICO PEDAGÓGICO PARA A PROGRESSÃO DO DESENVOLVIMENTO DE CRIANÇAS AUTISTAS

2022

Curso Técnico em Eletromecânica – IFBA Campus Santo Amaro

O presente projeto busca promover um mecanismo de desenvolvimento para crianças (na faixa etária entre 6 e 12 anos) portadoras do Transtorno do Espectro Autista através da junção do Jogo da Velha com um braço robótico (construído com PLA), o qual irá interagir e jogar o jogo com a criança. Com isso foi necessário pesquisar diferentes tipos de braços robóticos, e escolher o mais apropriado para função, projetar sua estrutura mecânica, assim como definir a estrutura eletro eletrônica do mesmo. Tal projeto baseia-se na pesquisa bibliográfica a respeito dos benefícios que o Jogo da Velha (ou jogos de tabuleiro, em geral) vem trazer ao público alvo desta pesquisa, como a progressão do raciocínio lógico dessas crianças, peça fundamental para o desenvolvimento das demais áreas afetadas pela TEA, como a coordenação motora, e a interação com o mundo externo, atrelado ao braço robótico pedagógico que irá ser o mecanismo de interação com as mesmas, fazendo-as se desenvolver mediante tal mecanismo. Ao final da pesquisa, busca-se chegar na melhor alternativa por meio da robótica para propiciar o desenvolvimento de crianças portadoras de TEA, ademais, foi-se projetado a estrutura eletromecânica do protótipo, para que possa movimentar uma peça, assim servindo de base para programações mais avançadas.

Palavras chaves: Transtorno do Espectro Autista, Braço Robótico, Robótica, Jogo da Velha.

Abstract of the Final Course Paper to the Curso Técnico em Eletromecânica presented at Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Santo Amaro as part of the requirements for obtaining the Medium Level Technical degree in Electromechanics.

PROTOTYPE OF A PEDAGOGICAL ROBOTIC ARM FOR THE DEVELOPMENT  
PROGRESSION OF AUTISTIC CHILDREN

2022

Curso Técnico em Eletromecânica – IFBA Campus Santo Amaro

The present project seeks to promote a development mechanism for children (aged between 6 and 12 years old) with Autistic Spectrum Disorder by joining the Tic Tac Toe with a robotic arm (built with PLA), which will interact and play the game with the child. With this it was necessary to research different types of robotic arms, and choose the most appropriate for the function, design its mechanical structure, as well as define its electronic structure. This project is based on bibliographic research about the benefits that the Tic Tac Toe game (or board games, in general) can bring to the target audience of this research, such as the progression of logical thinking of these children, a fundamental piece for the development of other areas affected by TEA, such as motor coordination, and the interaction with the outside world, linked to the pedagogical robotic arm that will be the mechanism of interaction with them, making them develop through this mechanism. At the end of the research, the goal is to find the best alternative through robotics to promote the development of children with ASD. Furthermore, the electromechanical structure of the prototype was designed so that it can move a part, thus serving as a basis for more advanced programming.

Keywords: Autism Spectrum Disorder, Robotic Arm, Robotics, tic-tac-toe.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Diferenças entre versões do arduino	22
Tabela 2. Lista e Especificação dos Materiais que serão/devem ser usados	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Representação da placa arduíno	20
Figura 2- Arduino Uno	21
Figura 3- Identificação dos componentes na placa do arduino	22
Figura 4- Representação da aba de inicialização do Arduino IDE	24
Figura 5- Componentes internos do Servo Motor	24
Figura 6- Sinal de controle do servo motor	25
Figura 7- Aspectos construtivos de um potenciômetro	26
Figura 8- Fluxograma representando a lógica de controle do protótipo	28
Figura 9- Localização figurativa dos sensores no protótipo	29
Figura 10- Localização dos motores no protótipo	29
Figura 11- Membro robótico com três graus de liberdade	32
Figura 12- Tipos de articulações	33
Figura 13- Robô Cartesiano	34
Figura 14- Robô Cilíndrico	34
Figura 15- Robô Polar( Esférico)	35
Figura 16- Robô Scara	35
Figura 17- Robo Articulado ( Antropomórfico)	36
Figura 18- Controle on-off	36
Figura 19- Modelo de braço robótico	37
Figura 20- Localização do braço e do punho	39
Figura 21- Garra robótica em 3D	39
Figura 22- Representação das peças “X” e “O” em 3D	40
Figura 23- Diagrama elétrico do modelo em estudo	45
Figura 24- Peças do protótipo em PLA	46
Figura 25- Garra robótica	47
Figura 26- Antebraço	47
Figura 27- Braço	47
Figura 28- Ombro	47
Figura 29- Base rotativa	48
Figura 30- Base do protótipo	48



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.C.	Antes de Cristo
GDL	Grau de Liberdade
DSM	Manual Diagnóstico e Estatísticos de Transtornos Mentais
AL	Ácido Láctico
ABICOM	Associação Brasileira de Biopolímeros Compostáveis e Compostagem
CDC	Centro de Controle e Prevenção de Doenças do inglês ( <i>Centers for Disease Control and Prevention</i> )
GPL	Licença Pública Geral do inglês ( <i>General Public License</i> )
IA	Inteligência Artificial
ICSP	Programação Serial em Circuito do inglês ( <i>In-system programming</i> )
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado
IFBA	Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Bahia
PLA	Ácido Polilático
PWM	Modulação por largura de pulso do inglês ( <i>Pulse Width Modulation</i> )
SCARA	Braço Robótico para Montagem de Conformidade Seletiva do inglês ( <i>Selective Compliance Assembly Robot Arm</i> )
TEA	Transtorno do Espectro Autista
USB	Porta Serial Universal do inglês ( <i>Universal Serial Bus</i> )
UV	Radiação Ultravioleta

## LISTA DE SÍMBOLOS

g	Gramas
Kg	Quilograma
MHz	Megahertz
mm	Milímetros
ms	Milisegundos
V	Volts

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO</b>	16
<b>1.1 APRESENTAÇÃO</b>	16
<b>1.2 JUSTIFICATIVA</b>	17
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	18
1.3.1 Geral	18
1.3.2 Específicos	18
<b>1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO</b>	19
<b>CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA</b>	20
2.1 Arduíno	20
2.2 Software	23
2.3 Servo Motores	24
2.3.1 Potenciômetro	26
2.4 Sensores	26
2.5 Algoritmo	27
<b>2.6 EDUCAÇÃO E ROBÓTICA</b>	30
2.6.1 Graus de Liberdade	31
2.6.2 Braço Robótico	32
2.6.3 Anatomia dos braços mecânicos	32
<b>2.7 TIPOS DE MANIPULADORES E AÇÃO DE CONTROLE</b>	33
2.7.1 Cartesiano	33
2.7.2 Cilíndrico	34
2.7.3 Polar (Esférico)	34
2.7.4 Scara	35
2.7.5 Articulado (Antropomórfico)	35
2.8 Ação de Controle	36
2.8.1 Elemento Final de Controle	37
<b>2.9 ESTRUTURA FÍSICA DO BRAÇO ROBÓTICO</b>	37
<b>2.10 APRESENTAÇÃO DO MODELO PROPOSTO</b>	38
2.10.1 Elementos principais de um braço robótico	38
2.10.2 Braço e Punho	38
	14

2.10.3 Garra	39
<b>2.11 O JOGO DA VELHA E OS GRAUS DE INTENSIDADE DO AUTISMO</b>	<b>39</b>
2.11.1 Graus de intensidade do autismo	41
2.11.2 Autismo Leve ou Nível 1	41
2.11.3 Autismo Moderado ou Nível 2	42
2.11.4 Autismo Severo ou Nível 3	42
<b>CAPÍTULO 3: MATERIAIS E METODOLOGIA</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>46</b>
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES</b>	<b>50</b>
<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>52</b>

## CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

### 1.1 APRESENTAÇÃO

Desde 1943 que a questão do autismo vem sendo discutida, e como exemplo disso, temos o psiquiatra infantil Leo Kanner (1943) que comenta em seu artigo publicado no ano de 1943 e intitulado de **Distúrbio Autista do Contato Afetivo** que o autismo se delimita como característica fundamental a incapacidade, na primeira infância, onde as crianças se entrosam com outras pessoas, ou seja, era notável a percepção da preferência da solidão e pela necessidade da monotonia e da uniformidade entre essas crianças.

Baseando-se em dados estatísticos do *Centers for Disease Control*(CDC) ficou evidente que o predomínio do Transtorno do Espectro Autista(TEA) aumentou significativamente em 12 anos, ampliou em quase 16% entre 2012 e 2014, e 9% em um período de 6 anos, até 2020. Partindo desse pressuposto, resolveu-se desenvolver tal estudo justamente para auxiliar o desenvolvimento de crianças autistas, principalmente com aumento de casos do mesmo (AGERTT, et al, 2021, p. 1). E perpassando na linha de raciocínio do artigo de Leo Kanner (1943), o autismo seria considerado como uma confusão de natureza congênita, onde a inclusão envolve o sistema educacional no contexto mais amplo, pois é através das escolas que a sociedade passa a adquirir novos hábitos.

Destrinchando tal tema, resolve-se pensar em uma possível solução para a temática da progressão dessas crianças autistas, que muitas das vezes são limitadas de certas atividades pela sua condição, sendo assim, surgiu a ideia do braço robótico pedagógico como uma forma de auxiliar esses pequenos indivíduos a progredirem consideravelmente no quesito de seus estímulos e seus movimentos.

Atualmente na sociedade em que vivemos, crianças com TEA tendem a ser vistas como "frágeis", que não podem exercer as mesmas atividades cotidianas que as outras crianças consideradas "normais", mas será mesmo que crianças autistas não podem realizar essas atividades? Será que elas estão tendo o estímulo necessário para progredirem ou estão sendo de certa forma "limitadas" pela sociedade e por suas famílias? Por acaso, em um mundo tão atualizado em que habitamos, tecnologicamente falando, crianças/adultos/idosos não somente autistas como qualquer outro tipo de transtorno, são incluídas de maneira correta na sociedade



como um todo? Estão sendo incentivadas da maneira correta e mais lúdica possível para progredirem significativamente?

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

A principal intenção da realização desse protótipo é exclusivamente gerar meios para possibilitar o desenvolvimento motor e cognitivo das crianças portadoras do TEA, fazendo com que as mesmas consigam externar sua criatividade, sentidos e raciocínio lógico.

Pretende-se gerar essa interação/inserção no meio escolar, que é onde vai se iniciar a formação das crianças para prepará-las para o mundo. Sendo assim, foi decidido desenvolver um projeto de um braço robótico que interagisse diretamente com a criança em questão, jogando um jogo histórico: Jogo da Velha. O mesmo teve seus primeiros registros encontrados no templo de Kurna no século 14, além da China antiga, Império Romano, e na América pré-colombiana, se popularizando no século 19 na Inglaterra, no qual as mulheres se reuniam às tardes para conversar e bordar. Muitas dessas mulheres eram idosas, conseqüentemente apresentavam certos problemas de visão e mobilidade, levando assim ao entretenimento por meio do Jogo da Velha (chamado de “nós e cruzes” na Inglaterra, fazendo referência ao bordado). O mesmo é um jogo de tabuleiro onde se é desenhado três linhas e três colunas, com espaços entre as mesmas, e neles é posto figuras como “X; O” na finalidade de preencher de maneira horizontal, diagonal ou vertical a linha do tabuleiro, te permitindo a vitória além de estar impossibilitando que o adversário vença, podendo gerar empate, caso nenhum dos participantes consiga vencer. Justamente pelo jogo ser de fácil entendimento para os participantes, é de viável utilização com as crianças portadoras de TEA, facilitando na desenvoltura das mesmas com a interação no mecanismo de aprendizagem lúdico.

De acordo com Ivana Aparecida (2020) pedagoga, os jogos de tabuleiro podem contribuir para o desenvolvimento social, cognitivo e afetivo das crianças. Sendo assim, o jogo da velha foi escolhido justamente por possuir o requisito fundamental para o projeto que é o desenvolvimento cognitivo, pelo fato de situações que são postas durante o jogo para que se possa pensar e em seguida achar uma possível solução.

Vygotsky (1987, p. 73) estabelece que:

O jogo e a aprendizagem, atribuindo-lhe uma grande importância. Para que possamos compreender essa importância é necessário que recordemos algumas ideias de sua teoria do desenvolvimento cognitivo. A principal é que o desenvolvimento cognitivo resulta da interação entre a criança e as pessoas com quem mantém contato regular.

O Jogo da Velha propicia o desenvolvimento da concentração, raciocínio lógico, interação social, criatividade, planejamento, antecipação de ponto futuro, paciência, controle emocional, reflexão, entre outras habilidades psíquicas congruentes ao indivíduo. Conforme Oliveira (2004), “o jogo é a forma mais simples e natural para o desenvolvimento de um sentimento grupal. É o elemento da cultura que contém maiores possibilidades para interagir e também socializar.” Sendo assim, decidiu-se problematizar e confeccionar uma solução para o desenvolvimento infantil de autistas a partir da ideia proposta no presente projeto com finalidades até o momento estritamente voltadas ao público infantil.

Ademais, tal projeto é de cunho exploratório, para explicitar e permear sobre o assunto proposto, de caráter qualitativo, partindo dos pressupostos das revisões bibliográficas feitas para se chegar ao resultado final desta pesquisa.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 GERAL**

Projetar o braço robótico como um mecanismo de interação para crianças portadoras de TEA com grau de Nível 1, para que as mesmas joguem jogos de tabuleiro, especificamente o jogo da velha, ajudando-as a desenvolver habilidades cognitivas, emocionais e motoras.

#### **1.3.2 ESPECÍFICOS**

- Pesquisar diferentes tipos de braços robóticos para realização do projeto.
- Projetar a estrutura mecânica do protótipo de um braço robótico pedagógico.
- Definir a estrutura eletro eletrônica do braço robótico.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O vigente capítulo apresentou uma breve introdução sobre o Transtorno do Espectro Autista, justificando os fatores que contribuíram para o tema da pesquisa, especificando o objetivo principal e objetivos específicos. Logo o documento se estrutura da seguinte forma:

- Capítulo 2: Apresenta de forma detalhada os aspectos construtivos do protótipo. Partindo dos dispositivos necessários para que o protótipo obtenha uma fonte de energia, no qual garantirá movimentos pré-definidos. Os dispositivos utilizados no projeto em questão são minuciosamente estudados, desde a sua parte construtiva até os modelos e materiais utilizados em sua construção.
- Capítulo 3: Apresenta a forma que procedeu à montagem, dividida em duas partes: a parte mecânica e parte eletro eletrônica, também são mostrados os materiais utilizados na confecção do braço robótico.
- Capítulo 4: Descreve-se a os resultados e discussões obtidos ao longo da execução do projeto, buscando analisar os principais pontos positivos e negativos, além de visualizar formas de melhorias futuras.
- E por fim, o capítulo 5 estabelece as conclusões feitas em relação ao projeto, as dificuldades e sugestões para a melhoria e expansão do projeto para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA

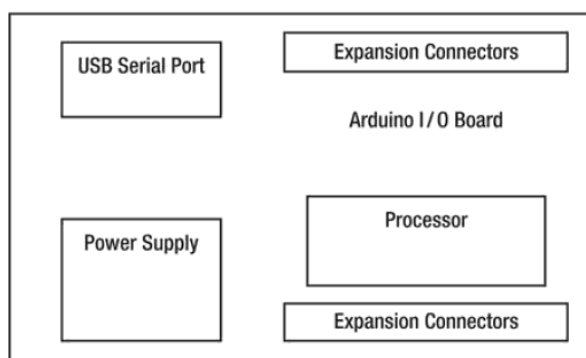
Nesse tópico serão apresentadas pelos discentes as bases teóricas que são indispensáveis para o entendimento do projeto e o seu desenvolvimento, visando que, serão abordados primeiramente os conceitos gerais das principais etapas do projeto, como o arduino, o software, os servo motores e a sua programação. E por seguinte discorrer sobre a relação da Educação e Robótica, assim como a estrutura física do braço robótico.

### 2.1 ARDUÍNO

Segundo Allan Mota (2021), o arduino é uma plataforma open-source de desenvolvimento que contém uma placa com um microcontrolador com suporte de entrada/saída embutido e um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE), software que permite aos usuários desenvolver um código usando uma placa.

As placas Arduino têm a capacidade de ler sinais de entradas oriundas da luz em um sensor, um dedo em um botão ou até mesmo de uma mensagem de Twitter, transformando este sinal de entrada em uma saída que possa ligar algum led, ativar determinado motor, publicar algo on-line. Em geral o Arduino é usado para o desenvolvimento de projetos interativos independentes, ou até mesmo para ser conectado em um computador para aquisição de dados. Sua placa é composta por um controlador, pinos que são usados como digital e analógica, contendo uma interface serial ou USB para ligar ao computador onde é feita sua programação, logo abaixo na Figura 1 pode-se ver a representação da placa arduino .

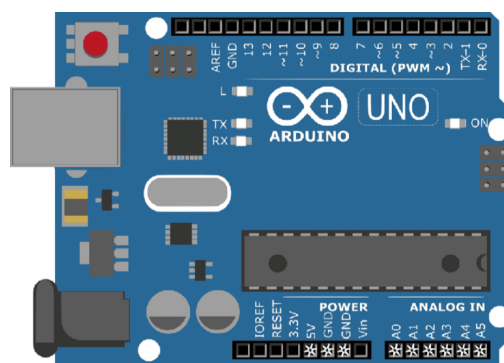
**Figura 1-** Representação da placa arduino



Fonte: WHEAT, 2011.

De acordo com Massimo Banzi, o arduino vai funcionar através de códigos de programação, onde serão destinados a vários tipos de funções, desde fazer a leitura de sensores eletrônicos até módulos de alta complexidade. (BANZI & SHILOH, 2015). No caso deste projeto, ele seria utilizado basicamente para realizar pequenos comandos como subir, descer ou se locomover para frente ou para trás. Pode-se observar uma placa de Arduino Uno na Figura 2.

**Figura 2:** Arduino Uno



**Fonte:** Researchgate, 2018.

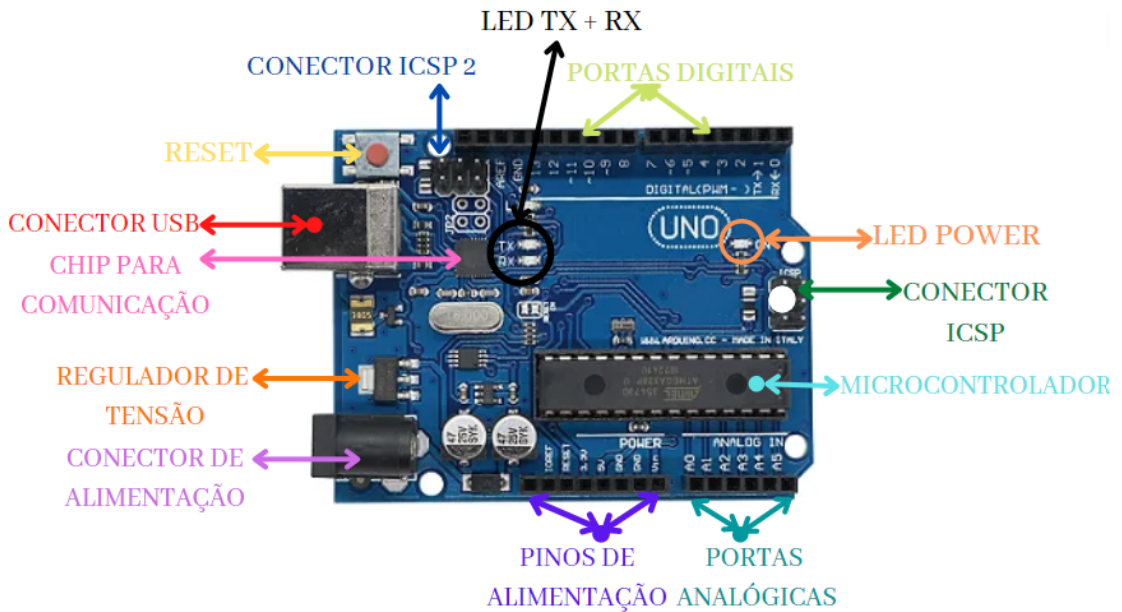
Da forma que esse Arduino Uno será utilizado no desenvolvimento deste projeto, o mesmo é uma placa que utiliza o microcontrolador Atmega328, ela possui entradas e saídas digitais (das quais 6 podem ser utilizadas como saída PWM), 6 entradas analógicas, clock de 16MHz, conexão USB, um cabeçalho ICSP (programação serial em circuito), e um botão de reset. Na placa tem tudo que é essencial para o funcionamento do microcontrolador, basta alimentá-lo através do cabo USB, com um adaptador de corrente alternada e contínua, ou uma bateria.

O Arduino Uno foi escolhido devido ao seu menor tamanho e menor preço de mercado, além de sua acessibilidade e capacidade de modificar a programação do microcontrolador. O arduino mostrou-se uma boa escolha para o protótipo deste projeto, pois possui entradas e saídas suficientes e requer apenas alguns cuidados no processamento do sinal.

O microcontrolador projetado na placa arduino pertence à família AVR de 8 bits de acordo com informações da Figura 3, de acordo com Atmel (1996), a sigla AVR significa "RISC de Alf and Vegar" e se refere aos nomes dos criadores, bem como ao tipo de arquitetura que eles projetaram) a linguagem de programação do arduino é baseada em C e

C++, mas com alguns ajustes para facilitar a compreensão de pessoas que não sabem muito de programação. Diferentes versões do Arduino estão disponíveis na plataforma de acordo com a Tabela 1.

**Figura 3:** Identificação dos componentes na placa do Arduino



Fonte: Autoral, 2022.

**Tabela 1-** Diferenças entre versões do arduino

	Arduino Uno	Arduino Mega	Arduino Leonardo
<b>Microcontrolador</b>	ATmega328	ATmega2560	ATmega32U4
<b>Tensão de Operação</b>	5V	5V	5V
<b>Pinos de I/O digital</b>	14( 6 podem ser saída PWM)	54( 15 podem ser saída PWM)	20( 7 podem ser saída PWM)
<b>Pinos Analógicos</b>	6	16	12
<b>Memória flash</b>	32 KB	256 KB	32 KB
<b>Bootloader</b>	0.5 KB	8 KB	4 KB
<b>SRAM</b>	2 KB	8 KB	2,5 KB
<b>Clock</b>	16 MHz	16 MHz	16 MHz
<b>EEPROM</b>	1 KB	4 KB	1 KB

Fonte: Adaptado de FVM Learning, 2018.

## 2.2 SOFTWARE

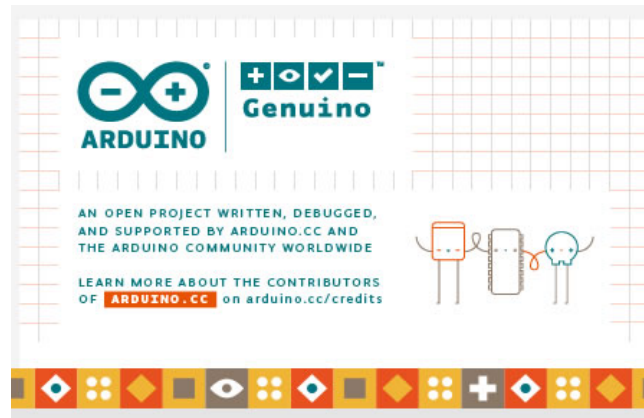
O Software é uma coleção de vários pacotes de software livre. O software é licenciado sob a licença GPL versão 2, sendo a GPL uma licença que é usada por projetos de código aberto e é baseada em quatro pontos, proporcionando o uso do aplicativo para qualquer finalidade pelo que usuário venha ter, podendo o mesmo estudar como o programa funciona e modificá-lo de acordo com suas necessidades, tendo acesso irrestrito ao código da fonte, assim como é capaz de redistribuir cópias de maneira que beneficie ao próximo, para que haja possibilidade de melhorar o programa e compartilhar as melhorias para que a comunidade se beneficie. Com todos esses benefícios, não precisa mais se contentar com algo como uma caixa preta que serve apenas a um propósito, já que com uma compreensão básica de eletrônica e programação, uma pessoa pode usar software para realizar qualquer tarefa que desejar. (BANZI & SHILOH, 2015).

Desde a sua criação em 2005, o hardware do Arduino evoluiu e passou por uma série de mudanças. A placa Arduino é onde o código do projeto é executado, assim como o microcontrolador só pode regular e responder a sinais, componentes específicos são isolados a ele, permitindo uma interação em tempo real.

Neste projeto será utilizado a plataforma do Arduino IDE (Integrated Development Environment) traduzido para o português como Ambiente de Desenvolvimento Integrado, onde nada mais é do que um software Arduino usado para facilitar tanto o desenvolvimento quanto a elaboração e gravação de códigos destinados diretamente ao microcontrolador. A partir do mesmo, será possível a realização de Uploads dos mesmos códigos para a placa em sistemas operacionais tanto em Linux quanto em Windows, especificando assim a sua versatilidade/funcionalidade.

O Arduino IDE (representado na Figura 4) além de possuir uma compatibilidade com praticamente todos os tipos de sistemas operacionais, o mesmo vai tornar possível uma abrangência da programação de todos os modelos de placa arduino e sempre que necessário irá emitir uma notificação quando o projeto apresentar algum tipo de problema relacionado tanto a configuração quanto ao código e indicar a sua localização, acarretando assim, a prevenção de problemas na construção do projeto para a equipe.

**Figura 4:** Representação da aba de inicialização do Arduino IDE



**Fonte:** USINAINFO, 2019.

## 2.3 SERVO MOTORES

Para elaboração da construção do protótipo, necessita-se de uma fonte de energia para que o mesmo possua movimentos, deste modo utiliza-se como fonte de energia motores elétricos. Sabendo que os Servo Motores são dispositivos eletromecânicos que possuem movimento rotativo proporcional a um comando para atingir determinada posição com velocidade monitorada, então, para se obter um bom funcionamento é necessário o uso deste dispositivo que vai apresentar características marcantes como: controle de rotação, precisão de posicionamento, torque constante e dinâmica. E para compreender o seu funcionamento é necessário o conhecimento da sua parte interna de acordo com a Figura 5 abaixo.

**Figura 5-** Componentes internos do Servo Motor



**Fonte:** Feis.Unesp, 2013.

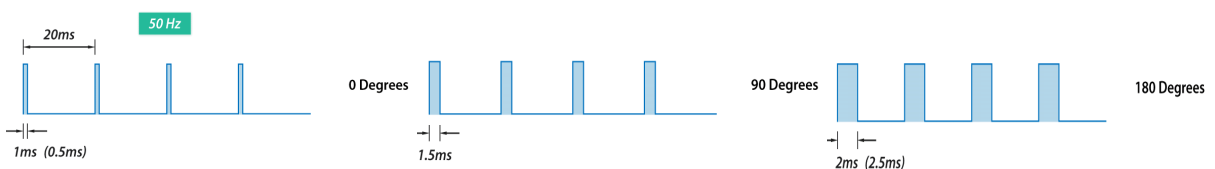


- **Circuito de Controle-** é responsável pelo recebimento de sinais e energia do receptor, monitoramento do potenciômetro e acionamento do motor, pretendendo obter uma posição pré determinada.
- **Caixa do servo-** caixa para adicionar diversas partes do servo.
- **Engrenagens-** reduz a rotação do motor, transferem mais torque ao eixo principal de saída e movimentam o potenciômetro junto com o eixo.
- **Motor-** Tem como função movimentar as engrenagens e o eixo principal.
- **Potenciometro-** é ligado ao eixo de saída, monitora a posição do servo.

O mesmo é alimentado com tensões de 5V e recebe sinais que são obtidos através da técnica PWM(Pulse Width Modulation), onde o sinal é 0V ou 5V. Portanto o circuito de controle do servo fica supervisionando o vigente sinal em intervalos de 20 ms, se o controle detectar uma mudança na duração do sinal durante este intervalo de tempo, ele altera o eixo de forma que sua posição corresponda ao sinal recebido.( SERVO, 2013, p.3).

O sistema de controle de um servo motor (Figura 6) onde os pulsos com duração de 1ms corresponde a posição do servo de 0 graus, duração de 1,5ms a 90 graus e por fim 2ms a 180 graus, apesar de que a duração mínima e máxima dos pulsos em alguns momentos pode variar conforme as diferentes marcas e pode ser de 0,5ms para 0 graus e 2,5 ms para posição de 180 graus. (DEJAN, 2018.p1). Na medida que o servo motor recebe um sinal de 1,5ms, por exemplo, o mesmo verifica se o potenciômetro se encontra na posição correspondente, caso não esteja o circuito de controle aciona o motor até que se encontre na posição correta, portanto a direção de rotação do servo depende da posição do potenciômetro. Quando se planeja alterar a posição de um servo motor observa se uma resistência apresentada pelo motor e essa resistência é chamada de torque.

**Figura 6-** Sinal de controle do servo motor



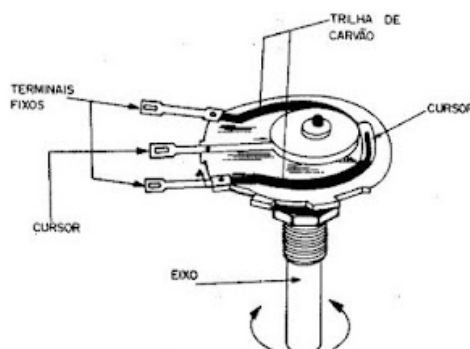
**Fonte:** Howto Mechatronics, 2018.

### 2.3.1 Potenciômetro

No projeto em questão utilizou-se quatro potenciômetros que são dispositivos consideravelmente simples. O potenciômetro é um componente eletrônico que possui resistência elétrica ajustável, as quais utilizam três terminais, consistindo em resistências que podem ser ajustadas por auxílio de um cursor, possuindo contato com uma determinada resistência ligada a dois terminais; esse cursor apresenta um contato móvel que possui sua saída ligada ao terminal, deslocando-se resistência mínima à máxima.

O mesmo apresenta uma trilha circular de carvão, que pode ser chamada de pista, onde se move o contato móvel do cursor que se encontra preso ao eixo rotativo. Portanto, a resistência entre os seus dois terminais extremos é fixa no seu valor nominal, fazendo com que a resistência medida entre o terminal do cursor e um dos dois terminais da extremidade altere conforme o posicionamento do potenciômetro.

**Figura 7-** Aspectos construtivos de um potenciômetro



**Fonte:** Lab Eletrônica.

## 2.4 SENSORES

O sensor é um dispositivo que tem a função de detectar e responder com eficiência algumas entradas provenientes de um ambiente físico, como por exemplo: calor, pressão, movimento, luz, e outros. Quando o sensor recebe o estímulo proveniente do ambiente, é emitido um sinal capaz de ser convertido e interpretado por dispositivos como CLP, ao ser convertido, o sinal é capaz de ser lido por um processador ou até mesmo transmitido eletronicamente por uma rede de dados.

Quando abordamos o termo sensores também é necessário falar sobre os transdutores, que é definido como dispositivo que transfere a energia de um sistema para outro. A diferença entre eles é que o sensor é aplicado para a detecção em si, já o transdutor aplica-se para o elemento de detecção associado a qualquer circuito, conseqüentemente podemos dizer que todos os transdutores possuem um sensor e a maioria dos sensores são transdutores.

O sensor que será utilizado no protótipo em questão é do tipo capacitivo, tendo em vista que o mesmo fará a detecção de plástico (mais especificamente, PLA), então opta-se por este tipo de sensor para detectar a peça, assim como o sensor de toque na garra, para identificar que mesma fechou e pegou a peça.

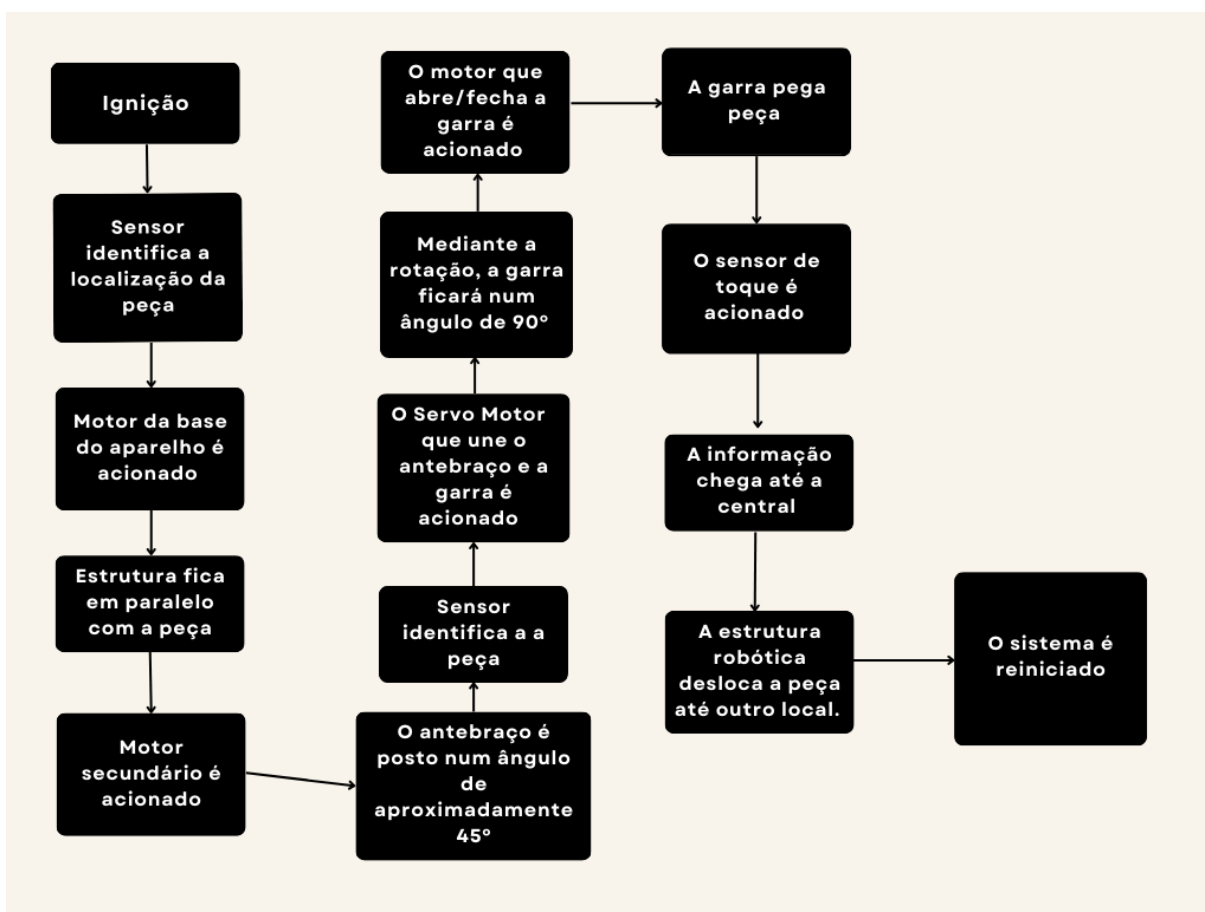
## **2.5 ALGORITMO**

Segundo Ronaldo Gogoni (2019), Analista de Desenvolvimento de Sistemas, o algoritmo não é a programação em si, com todas as linhas de códigos e comandos necessários para extrair as ações assim como as funcionalidades de determinado sistema, mas sim toda a sequência de passos ou coordenadas para se chegar a uma determinada finalidade, sendo esta precedida de uma entrada, e finalizada por uma saída mediante a linha de operações a serem seguidas, como um agrupamento de regras, sequência essa que culminará na resolução do problema em questão.

O algoritmo contém uma alta gama de instruções/diretrizes, e para que o mesmo fique entendível conforme a sua funcionalidade para ser posto no programa, é preciso confeccionar um fluxograma, a melhor representação esquemática para a compreensão de boa parte das pessoas que terão acesso ao algoritmo, já que a mesma é totalmente visual, dispondo de ilustrações, assim como gráficos para se realizar a compreensão do raciocínio central (GOGONI, 2019, p1).

Vale frisar que será passado a lógica da programação, ou seja, o passo a passo do que o robô irá fazer após ligá-lo, sendo tais instruções utilizadas para poder ser realizadas as linhas de código desejadas para o braço robótico, já que o intuito aqui é fazê-lo mover uma peça de lugar para demonstrar a viabilidade do projeto, e não jogar o jogo da velha em si, devido a complexidade do ato.

**Figura 8** - Fluxograma representando a lógica de controle do protótipo



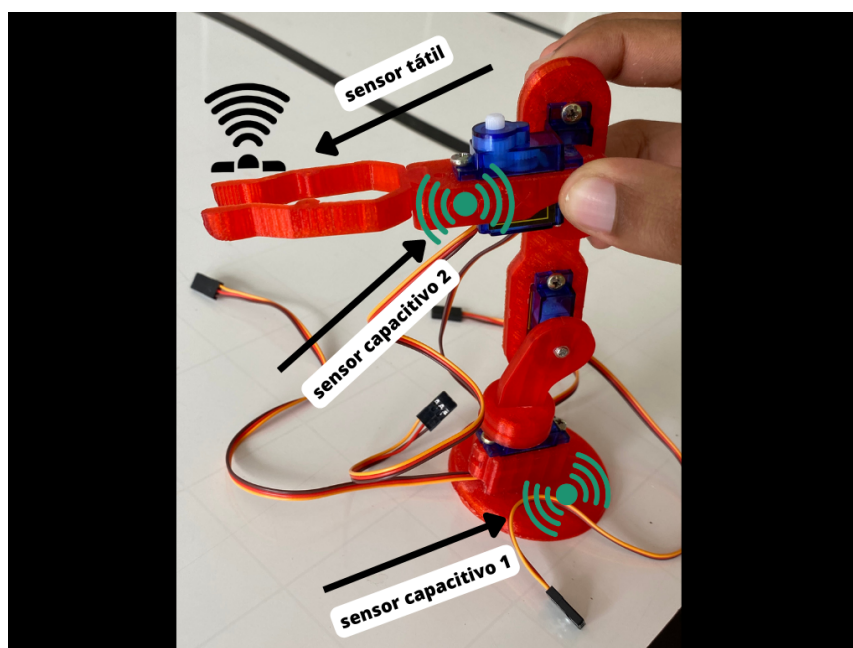
Fonte: Autoral, 2022.

Agora explicando em detalhe o fluxograma apresentado junto as ações as quais serão exercidas pelo robô, o sistema dá início, fazendo com que o sensor capacitivo 1 identifique a peça no local, dando o comando ao elemento final de controle que é justamente o braço, onde os servomotores exercem força para gerar movimento, fazendo com que o motor da base do braço realize uma rotação até a direção que a peça estará. Após isto, o motor posto na base do antebraço irá mover-se numa rotação o suficiente para alcançar 45° de ângulo em relação à peça, ou algo que permeia este número, para deixar a garra próxima do objeto em questão. Sendo assim, o sensor capacitivo 2 identificará a proximidade da peça com a estrutura robótica, fazendo com que o terceiro servo motor rotacione até chegar a distância limite do objeto, o que fará o quarto servo motor rotacione e pegue a peça, assim, quando a garra se fechar, um sensor tátil irá captar a informação e levá-la ao sistema, fazendo com que após a

garra estar fechada, a estrutura robótica deslocará a peça para outro ponto pré definido por quem está conduzindo o protótipo, e assim, após largar a peça, o processo se encerra.

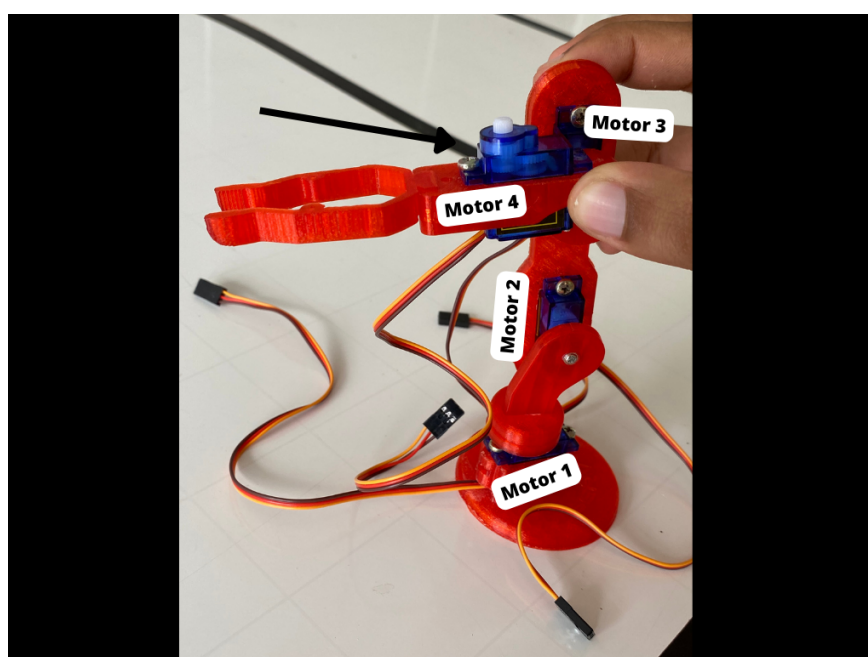
Vale ressaltar que toda a programação apresentada no fluxograma será posta em linguagem C, posta no Controlador Lógico, o arduino, descrevendo cada passo a ser feito pelo sistema em questão.

**Figura 9** - Localização figurativa dos sensores no protótipo



Fonte: Autoral, 2022.

**Figura 10** - Localização dos motores no protótipo



Fonte: Autoral, 2022.

## 2.7 EDUCAÇÃO E ROBÓTICA

Atualmente a robótica está se tornando mais presente nas nossas vidas, onde os robôs vêm a ser mecanismos facilitadores do cotidiano, realizando funções que antes eram impossíveis no imaginário humano, ou coisas triviais, economizando o nosso tempo e esforço, além de muitas vezes substituem os humanos nas suas próprias atividades, a exemplo disso temos os membros artificiais que são ligados diretamente no sistema nervoso humano, alguns robôs minúsculos conseguem entrar nos nossos corpos para detectar doenças, percebe-se que o universo a cada dia absorve ainda mais esses avanços. Principalmente na área da educação que segue com o mesmo fluxo, devido a velocidade do surgimento de novas ideias para o uso dessas tecnologias.

Sabe-se que a tecnologia está inserida em grande parte dos âmbitos da vida habitual. Porém, não deixa de notar a nossa interação com o mundo diante disso. Contudo, essa relação fixa tem trazido consigo mudanças significativas, tanto na nossa forma de pensar, quanto de ver o mundo amplamente diversificado. Sendo a robótica um dos ramos da tecnologia que envolve não somente a mecânica, como também a eletrônica e a computação, onde basicamente consiste em sistemas compostos por máquinas mecânicas automáticas que vão ser controladas por circuitos integrados, tornando assim o sistema mecânico motorizado, podendo ser controlados automaticamente ou manualmente através de determinados circuitos elétricos.

A ideia de que o homem sempre possuiu a visão de uma máquina com inteligência artificial, entretanto, essa hipótese está cada vez mais próxima de se tornar realidade devido ao grande avanço da tecnologia. No século IV A.C na Grécia, Aristóteles relata os princípios da robótica referentes a utilização de instrumentos dedicados a certos trabalhos, sem o auxílio da mão humana, no qual reduziria os esforços humanos, com ênfase no conceito de mestre e escravo. (ROSARIO, 2010). A revolução industrial no século XIX contribui com a evolução de novas fontes, novos mecanismos e instrumentos, tornando-se possível a evolução de máquinas capazes de controlar uma série de ações sequenciadas. O termo robô (robot) foi introduzido inicialmente por Karel Capek em 1993, portando origem na palavra tcheca robotnik, a idealização de um "homem máquina" , no qual parecia vir de alguma obra de ficção.

No ano de 1940 o visionário Isaac Asimov em seu livro *I, Robot* (Eu, Robô), estabeleceu três leis da robótica, as quais apresentam regras básicas para que os robôs e seres humanos convivam de forma pacífica, apresentado logo abaixo:

1ª lei: “Um robô não pode ferir um ser humano , ou permanecer passivo deixando um ser humano exposto ao perigo”.

2ª lei: “ Um robô deve obedecer às ordens dadas pelos os seres humanos, exceto se tais ordens estiverem em contradição com a 1ª lei”.

3ª lei: “Um robô deve proteger sua existência na medida em que essa proteção não estiver em contradição com a primeira e 2ª lei”.

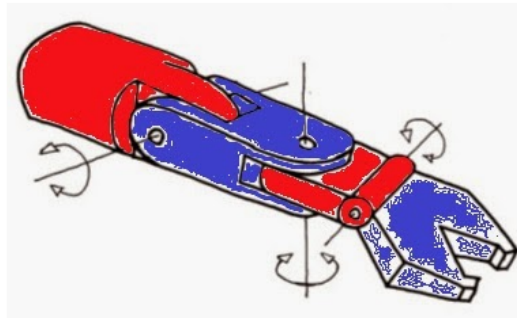
Em 1984 Asimov criou uma quarta lei, a qual diz: “ Um robô não pode causar mal à humanidade nem permitir que ela própria o faça”. Todas essas leis da robótica são levadas a sério por muitos pesquisadores da área, mesmo que seja atribuído a obras de ficção.

### **2.6.1 Graus de Liberdade**

Sendo perceptível que as tarefas realizadas não só por um braço robótico e sim por um robô, são diretamente ligadas a sua capacidade de locomoção. Conceituando o Grau de Liberdade(GDL) na mecânica, vai se referir ao conjunto de deslocamento e rotação que um corpo vai possuir. Já na robótica, o número de graus de liberdade refere-se ao número de movimentos diferentes que o braço pode realizar.

Geralmente esse número de graus de liberdade é semelhante ao número de juntas que o mesmo possui, sendo assim, um robô possuindo cinco graus de liberdade vai possuir cinco juntas, já o que possui seis eixos tem seis juntas. Normalmente um robô vai precisar possuir de dois a três graus de liberdade para tornar-se válido. Porém, às vezes são necessários mais do que seis graus de liberdade para que o mesmo possa realizar manobras, como, por exemplo, no interior dos carros.

**Figura 11:** Membro robótico com três graus de liberdade



Fonte: Blogspot, 2014.

## 2.6.2 Braço Robótico

O braço robótico, também denominado como máquina manipuladora que possui uma variedade de anatomias e graus de liberdade. A estrutura dos braços robóticos normalmente consiste em duas partes essenciais, o braço e punho, onde o braço é identificado através de elos ligados por juntas e eixos, no qual são acoplados os atuadores que executam o movimento. As juntas do manipulador robótico podem ser rotativas, prismáticas, cilíndricas, esféricas, planares e de parafusos, no qual movem-se de uma a três direções conforme a quantidade de graus de liberdade.

## 2.6.3 Anatomia dos Braços Mecânicos

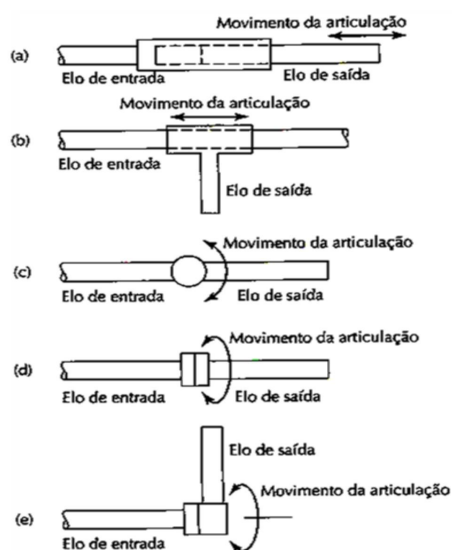
Para Groover (2011) a articulação de um braço robótico se baseia no movimento do corpo humano, onde o sistema de movimentação representa cada elo ligado ao outro num determinado movimento, proporcionando ao robô o chamado grau de liberdade. A maioria dos braços possuem uma base que pode ser estacionária ou móvel onde recebe a ligação aos elos. Apresentam cinco tipos de articulação, que são descritas na utilização de robôs, onde dois tipos proporcionam o movimento de translação e três tipos proporcionam o de rotação (Figura 12). Os tipos de articulação são:

- a) Articulação linear: possui um movimento deslizante entre o elo de entrada e saída onde são paralelos entre si.
- b) Articulação ortogonal: também apresenta movimento deslizante, porém os elos são perpendiculares.



- c) Articulação rotacional: possui movimento de rotação perpendicular aos elos de entrada e saída.
- d) Articulação de torção: que nem a articulação rotacional envolve também o movimento de rotação, entretanto os elos são paralelos.
- e) Articulação rotativa: o movimento de rotação também está empregado, onde o elo de entrada é paralelo e o elo de saída é perpendicular.

**Figura 12-** Tipos de articulações



**Fonte:** Groover, 2011.

## 2.7 TIPOS DE MANIPULADORES E AÇÃO DE CONTROLE

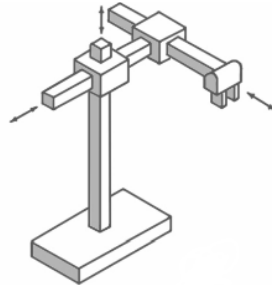
Existem diversos modelos conceituais de braços robóticos que possuem características distintas, seja em sua velocidade, exatidão de movimentos, no seu aspecto de robustez e etc. Logo abaixo serão apresentados os principais modelos.

### 2.7.1 Cartesiano

Este manipulador robótico possui juntas semelhantes à prismática que movimentam apenas com movimentos lineares, possuindo três graus de liberdade, como é apresentado na Figura 13. Devido a sua boa precisão nos movimentos, no entanto, apresenta pouca velocidade de

atuação devido aos tipos de atuadores. A sua estrutura oferece boa resistência, podendo ser utilizada em atividades que exigem grandes esforços como o transporte de cargas pesadas.

**Figura 13-** Robô Cartesiano

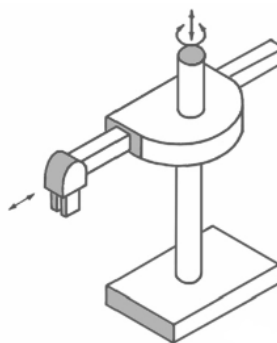


**Fonte:** Udesc, 2013.

### 2.7.2 Cilíndrico

Possui pelo menos uma articulação rotativa na base e também uma articulação prismática que conecta os elos, em que o braço se move verticalmente e, ao mesmo tempo, deslizando. É caracterizado por uma coluna vertical onde o braço move-se para cima e para baixo, direita e esquerda.

**Figura 14-** Robô Cilíndrico



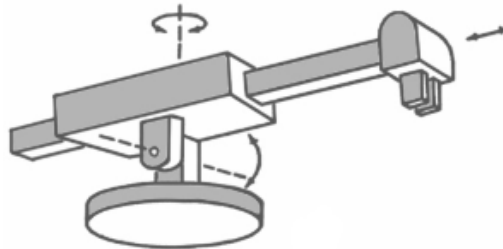
**Fonte:**Udesc, 2013.

### 2.7.3 Polar (Esférico)

Apresenta uma junta de torção que liga o braço à base, duas juntas rotativas e uma junta linear, esses movimentos descrevem uma esfera. Esses robôs esféricos têm eixos que formam

um sistema de coordenadas polares, o mesmo tem como vantagem, rapidez nos movimentos, grande volume de trabalho e pode alcançar tudo ao seu redor.

**Figura 15-** Robô Polar(Esférico)

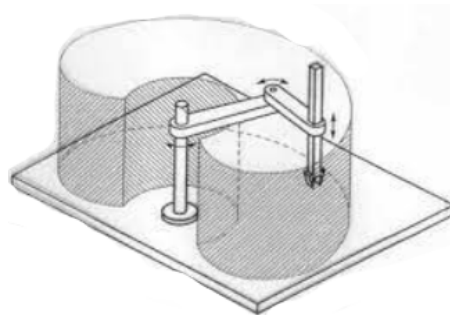


**Fonte:**Udesc, 2013.

#### **2.7.4 Scara**

O robô Conjunto de Conformidade Seletiva Robot Arm(Scara) possui duas juntas paralelas, aos eixos rotativos são posicionados verticalmente enquanto o eixo final preso ao braço se move horizontalmente, garantindo assim alta resistência mecânica.

**Figura 16-** Robô Scara

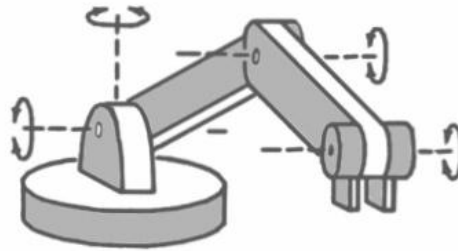


**Fonte:** Edisciplinas, 2020.

#### **2.7.5 Articulado (Antropomórfico)**

Semelhante às movimentações do corpo humano, a sua estrutura gira sobre uma base, possuindo apenas juntas rotativas. A sua estrutura é uma das mais ágeis de acordo com tipo de junta, porém a exatidão do posicionamento efetuator varia.

**Figura 17-** Robô Articulado(Antropomórfico)



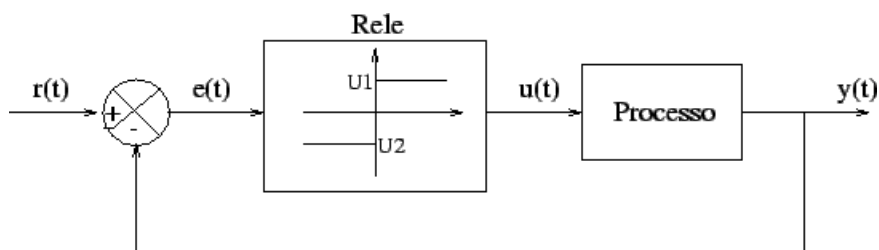
Fonte-Udesc, 2013.

Diante dos diversos tipos de braços robóticos apresentados, o projeto em questão utilizará o articulado como modelo, porque se adequa às características de movimentação dos componentes.

## 2.8 Ação de Controle

A ação de controle mais adequada a ser usada no projeto é a on-off(Figura 18), pois a mesma é vista como chave simples com comando de liga-desliga que pode ser acionada e desativada a partir de uma determinada situação como, determinada temperatura ou nível de um reservatório, ou seja, esse tipo de ação vai funcionar no momento em que o controlador faz a comparação do sinal de entrada em relação a realimentação, sendo que, se o valor de saída for maior que o da entrada, o atuador é desligado, e se o valor da realimentação for menor o atuador é ligado.

**Figura 18:** Controle on-off



Fonte: Ufrgs.

### 2.8.1 Elemento Final de Controle

O elemento final de controle do nosso projeto é o braço em si, onde o mesmo vai receber os sinais dos sensores (capacitivos, pelo fato da peça ser em PLA) e enviar para os servomotores, onde cada uma dos servomotores vão atuar de acordo com os sensores, e os mesmo vão estar funcionar de acordo com a quantidade de movimentos realizados pelo braço.

Sendo assim esses sensores capacitivos e de toque vão ser diretamente proporcionais ao número de movimentos do braço, a cada movimento será colocado um tipo de sensor adequado no mesmo, a exemplo tem quando a garra abre e fecha para pegar a peça, sendo assim, vai ser usado um sensor de toque.

## 2.9 ESTRUTURA FÍSICA DO BRAÇO ROBÓTICO

O protótipo foi confeccionado com Ácido Polilático(PLA), um material muito utilizado por sua processabilidade em equipamentos para impressão em 3D. Considerando seu baixo custo e por possuir uma temperatura de fusão baixa, torna a peça produzida menos propensa a empenar do mesmo modo que reduz a potência térmica essencial à impressão. O filamento PLA é um termoplástico biodegradável produzido a partir de resíduos renováveis.

Segundo a Associação Brasileira de Biopolímeros Compostáveis e Compostagem (ABICOM), o PLA é adquirido a partir do monômero ácido lático (AL) por reação de policondensação direta e pela polimerização por abertura de anel do lactídeo, no entanto apresenta uma desvantagem baixa flexibilidade, porém, possui maior rigidez e resistência à radiação UV. Abaixo(Figura 19) segue o modelo de braço robótico usado.

**Figura 19:** Modelo de braço robótico



**Fonte:** Thingiverse, 2016.

## **2.10 APRESENTAÇÃO DO MODELO PROPOSTO**

Neste projeto, é apresentado um protótipo de um Braço Robótico Pedagógico, possuindo 3 graus de liberdade, projetado para interagir com crianças autistas e ajudá-las a desenvolver habilidades cognitivas, emocionais e motoras em escala social. Vale ressaltar a inspiração com base na monografia de Lucas Kenzo (2015), a qual traz como temática um Projeto de Braço Robótico para fins didáticos, relatório este submetido pela Universidade Federal de Santa Catarina como conclusão de curso, trazendo este como inspiração por estar conectado ao tema central deste presente projeto, tendo em vista que ambos são para fins pedagógicos e levantam meios de pesquisa a respeito da robótica junto ao seu uso educacional.

O protótipo em estudo é do tipo braço robótico, onde utilizou-se peças em PLA. O número de eixos; que são os graus de liberdade; no qual 3 eixos são essenciais para se alcançar qualquer ponto em um plano no presente projeto, e 6 são essenciais para se alcançar qualquer ponto no espaço.

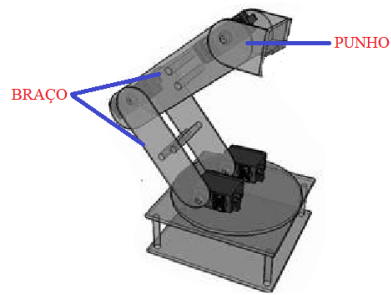
### **2.10.1 Elementos Principais de um braço robótico**

Segundo a Robótica Básica, para a realização de movimentos de um braço robótico divide-se em algumas partes, da mesma forma que um braço humano essas partes recebem um nome, são chamadas de juntas ou elos. Logo, abaixo serão explicadas a divisão e funcionamento de cada parte incluída no modelo em estudo.

### **2.10.2 Braço e Punho**

O braço é uma das partes do braço robótico que é agregado ao posicionamento no espaço físico cartesiano  $(x,y,z)$ , enquanto o punho afeta diretamente a orientação da garra. Esses efeitos cruzados são muito comuns que aconteçam, por exemplo: o braço pode afetar a orientação e o punho afetar o posicionamento cartesiano.

**Figura 20-** Localização do braço e do punho

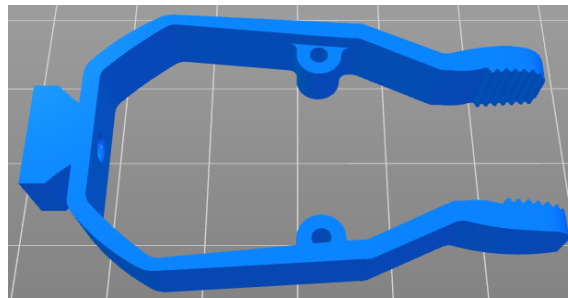


**Fonte:** Adaptado de Researchgate, 2019.

### 2.10.3 Garra

É um determinado tipo de extensão que está conectado na ponta do braço robótico, onde está ligado ao último elo do mesmo, possuindo assim funções adicionais como agarrar ou/e prender um objeto desejado. Logo abaixo, na figura 21 tem-se o modelo de garra usada representada em 3D.

**Figura 21-** Garra robótica em 3D



**Fonte:** Thingiverse, 2016.

## 2.11 O JOGO DA VELHA E OS GRAUS DE INTENSIDADE DO AUTISMO

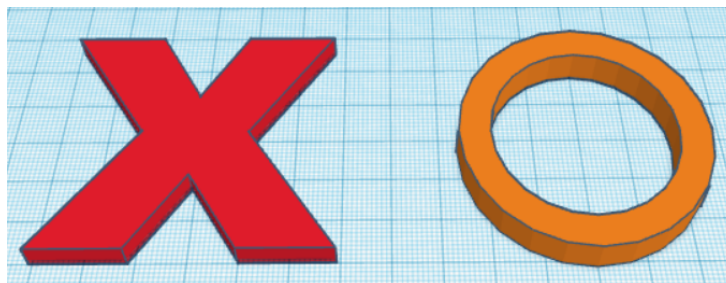
O jogo da velha é um jogo que possui regras extremamente simples e fáceis de se aprender, tendo em vista que ele é muito popular e conhecido por todo o mundo. Historicamente falando, o mesmo se popularizou na Inglaterra em meados do século XIX, todavia, segundo Oliver (2015), a origem do jogo ainda é mais antiga do que pensa-se, de

acordo com escavações realizadas no Egito, no templo de Kurna, além de encontrar-se vestígios de que o jogo tinha origem do século XIV antes de Cristo.

De forma mais sucinta, surgiu na Inglaterra quando havia reuniões das mulheres no fim da tarde para bordar e conversar, porém, aquelas que não tinham mais a capacidade de bordar por conta da visão um tanto que falha pela idade, buscavam se entreter com o jogo, onde passou a ser chamado de *Noughts and Crosses*, no português de Nós e Cruzes por causa da referência ao bordado. E o nome “velha” é pelo fato de ser inicialmente jogado por mulheres inglesas idosas na época, apelidado de “ Jogo da Velha” assim que veio para o Brasil.

O mesmo é um jogo de tabuleiro onde se é desenhado três linhas e três colunas, com espaços entre as mesmas, e neles é posto figuras como “X; O”(Figura 22) na finalidade de preencher de maneira horizontal, diagonal ou vertical a linha do tabuleiro, te permitindo a vitória além de estar impossibilitando que o adversário vença, podendo gerar empate, caso nenhum dos participantes consiga vencer.

**Figura 22-** Representação das peças “X” e “O” em 3D



**Fonte:** Autoral, 2022.

Segundo a psicopedagoga Érica Alvim(2020), o jogo da velha promove o exercício do raciocínio lógico, assim como a capacidade de planejar estratégias e antecipar assim as suas próprias ações e conseqüentemente a do seu oponente, ou seja, prever a jogada do seu adversário e assim arquitetar a sua própria jogada, além de promover aos jogadores a realização do exercício tanto da concentração quanto da atenção. Contudo, por ser um jogo que necessita ser jogado por duas pessoas, trabalhar ainda com as habilidades socioemocionais, como por exemplo a capacidade de ser paciente e de aprender com a possibilidade de vitória e derrota.



Lopes (2000, p. 35-36) argumenta que:

O jogo para a criança é o exercício, é a preparação para a vida adulta. A criança aprende brincando, é o exercício que a faz desenvolver suas potencialidades [...]. Enquanto a criança está simplesmente brincando, incorporam valores, conceitos e conteúdo [...] A proposta é ir além do jogo, do ato de jogar, para o ato de antecipar, preparar e confeccionar o próprio jogo antes de jogá-lo, ampliando desse modo a capacidade do jogo em si a outros objetivos, como profilaxia, exercício, desenvolvimento de habilidades e potencialidades e na terapia de distúrbios específicos de aprendizagem.

### **2.11.1 Graus de intensidade do autismo**

O Transtorno do Espectro Autista é trazido pelo Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais(DSM) na sua 5ª edição como sendo um espectro amplamente dividido, o mesmo possui três níveis distintos, sendo o nível leve, moderado e severo. Infelizmente, hoje em dia, ainda encontramos pessoas que pensam no conceito de pessoas autistas como aquelas dependentes, agressivas, as que se isolam do mundo, que falam pouco ou nem falam, enfim, ainda há um longo caminho a percorrer para conseguir quebrar esses estereótipos criados por parte da sociedade.

### **2.11.2 Autismo Leve ou Nível 1**

Pessoas diagnosticadas com autismo leve são consideradas autônomas, elas possuem uma certa independência ao não precisarem de tanta ajuda como os outros, compreendem e cumprem as regras/tarefas de casa, realizam atividades da vida diária com certa autonomia, além de driblar as dificuldade conseguindo estudar, trabalhar e formar suas famílias. Algumas das características de pessoas com autismo leve são:

- Não possuem atraso de fala, conseguindo assim se comunicar com outras pessoas porém, há certas dificuldades e diferenças perceptíveis;
- Acabam na maioria das vezes não olhando ao serem chamados ou se olham é de forma rápida ou diferente;
- Possuem um padrão de pensamento rígido, não muito flexível;
- Necessitam de pouco tratamento para desenvolver-se e serem autônomos.

### **2.11.3 Autismo Moderado ou Nível 2**

Apresentam dificuldades significativas se comparados a autistas de nível 1, necessitam de mais apoio, ou seja, vão precisar de mais terapias e apoio no dia a dia. Esse é um grau que possui uma maior evidência da presença do autismo no indivíduo, algumas das características de pessoas autista nível 2 são:

- Crises com certa frequência causadas principalmente pela dificuldade de comunicação;
- Não possui muita autonomia;
- Apresentam mais dificuldade de aprendizagem;
- Precisam de terapia na escola, em casa e principalmente nos consultórios especializados.

### **2.11.4 Autismo Severo ou Nível 3**

Os indivíduos diagnosticados com o nível 3 do autismo vão precisar de um apoio substancial maior e quase não possuem habilidades de comunicação, dessa forma, apresentando uma fala de poucas palavras e mínimas respostas sociais. Além disso, algumas das características que podem ser citadas são:

- São altamente dependentes e possuem uma extrema dificuldade de lidar com mudanças no seu âmbito;
- Possuem uma maior tendência ao isolamento, costumando demonstrar comportamentos repetitivos graves;
- Mesmo com todo apoio e terapia, possuem uma autonomia mínima, quase inexistente.

### **CAPÍTULO 3: MATERIAIS E METODOLOGIA**

Neste capítulo é descrito o projeto e operação do braço robótico, uma descrição detalhada do trabalho, dos conceitos e definições de funcionamento a serem utilizados no protótipo. Em vista disso, o fator de desenvolvimento deste projeto até sua finalização foi dividido na construção da parte responsável pela estrutura mecânica e elaboração da estrutura eletro-eletrônica.

Para a confecção do presente projeto, de antemão, foram feitas inúmeras e minuciosas pesquisas, assim, foi possível saber as necessidades do projeto e de que forma poderiam ser resolvidas tais questões. Além disso, essas pesquisas foram/são extremamente fundamentais tanto para o enriquecimento do corpo do texto do projeto quanto para as realizações das minuciosas etapas de construção do projeto, tendo em vista do grau de dificuldade por ser um tipo de robô que possui finalidades educacionais e de certa forma com caráter empático.

Após a realização de tais pesquisas bibliográficas, partiu-se para as pesquisas em relação a que materiais atendem da melhor forma possível o protótipo, tanto em caráter construtivo quanto estético, já que o mesmo vai ser utilizado com o público infantil autista, visando que crianças em sua grande maioria se interessam por objetos que chamem a sua atenção, mesmo que o objeto não seja um brinquedo. Assim, foi escolhido o material de impressão do braço robótico, o PLA foi escolhido pelo fato da sua alta resistência e sua chance de deformação ser mínima. No caso da alta resistência, é no quesito de estar trabalhando com crianças autistas que porventura possam ter algum tipo de crise e vim a derrubar o protótipo, sendo assim, optou-se pelo PLA, já a chance de deformação mínima foi na questão de que, no momento da impressão não houvesse problemas com a temperatura e as peças viessem a serem danificadas, evidenciado que foram impressas peça por peça na impressora 3D Flashforge Finder presente no Laboratório IFMaker do IFBA do Campus de Santo Amaro da Purificação. O campus possui no total quatro impressoras 3D, onde três são Flashforge Finder e a quarta é a GTMax3D Core A1V2, sendo que essa não foi escolhida por ser de fácil utilização e manuseio.

A seguir o modelo de controle utilizado para o Servo Motor SG90 foi o arduino Uno, que emprega uma linguagem de programação de alto nível e fácil compreensão, onde a plataforma pode ser mudada e ajustada às especificidades de cada programador. Logo, para montagem do braço robótico foi desenvolvido um diagrama da lógica de controle onde tal

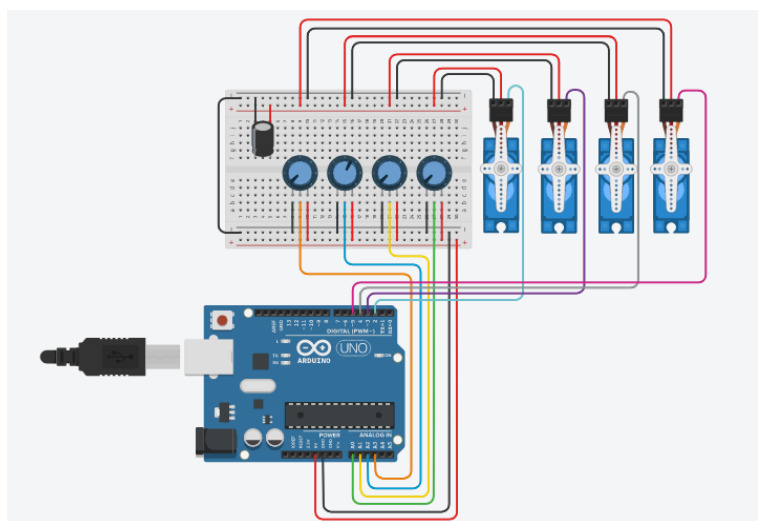
linguagem proporcionou selecionar cada um dos servo motores e suas respectivas articulações, verificando sua velocidade e precisão, e para melhorar esse controle acoplou-se os potenciômetros.

A montagem iniciou-se pela base, onde fixando um suporte para acomodação do servo motor, a fim de obter os giros dos elos, logo em seguida foi adicionado a peça base rotativa e sucessivamente fazendo o encaixe do ombro e para o encaixe do braço foi utilizados parafusos M3x12, o mesmo possuindo suporte para o encaixe dos servomotores, depois, na extremidade do braço é parafusado a penúltima peça que é o antebraço apresentando um encaixe para o servo motor. Neste ponto o braço robótico já possui 3 graus de liberdade, mas ainda falta a ferramenta manipuladora. Por fim é fixada a ferramenta manipuladora para se obter os movimentos desejados.

No sistema de controle o sensor vai ligar o conjunto dos servomotores de forma que o mesmo possa acionar o braço e fazer com que o mesmo abaixe, gire e pegue a peça fechando assim a garra, onde a mesma possui um sensor tátil nas extremidades, quando for fechada, a partir da programação vai ser possível saber que a garrafa está fechada pegando assim a peça, acarretando em fechar o contato realizando assim a ação de levantar, girar no sentido contrário do início e deixar a peça. Conseqüentemente, vamos usar a ação de controle ON-OFF pelo fato do braço possui 3 graus de liberdade sendo a da base(girar), do antebraço(abaixar e levantar) e a da garra(abrir e fechar), com assim, quando o braço detectar que tem a peça, os 4 servomotores que estão associados aos graus de liberdades do braço manipulador serão acionados. Onde o 1º servo motor está associado à base no ato de girar, o 2º e 3º estão associados ao antebraço quando abaixa e levanta e o 4º está associado à garra quando fecha e abre, com isso, os graus de liberdade vão funcionar em função do sinal emitido pelo sensor.

Com o software Tinkercad plota-se o diagrama elétrico do braço robótico, alcançado desta forma uma melhor visualização e compreensão. Na figura 23 é possível visualizar a ligação do comando dos servomotores( fios amarelo, azul, roxo e cinza), ligados aos pinos PWM do arduino. A alimentação desses servomotores ( fio preto 0 volts e fio vermelho 5 volts), e por fim, é possível observar que as saídas dos potenciômetros são conectadas a entrada analógica do arduino.

**Figura 23-** Diagrama elétrico do modelo em estudo



**Fonte:** Autoral, 2022.

Os materiais utilizados na confecção deste protótipo serão: PLA (Filamento 3d para impressora PLA de 1.75 mm, material plástico para 1 kg, 10m, 100 g. ; 1 Arduino UNO; 2 cabos USB; 1 Fonte de Alimentação Arduino 9VDC 1A; 1 fonte externa 9V; 4 micro servos motores 50 parafusos M3x12; 10 porcas, a seguir tem-se a lista e especificações dos materiais utilizados(Tabela 2).

**Tabela 2 -** Lista e especificação dos materiais

MATERIAIS UTILIZADOS	QUANTIDADE	ESPECIFICAÇÕES	PREÇO
ARDUINO	1 UNIDADE	UNO	R\$ 140,00
PLA	1KG	1.75mm; 10mm; 100g	R\$ 36,52
CABO USB	2 UNIDADES	-----	R\$ 13,00
FONTE DE ALIMENTAÇÃO P/ ARDUINO	1 UNIDADE	9VDC 1A	R\$ 17,96
MICRO SERVO MOTORES	4 UNIDADES	9G SG90 TOWER PRO 180°	R\$ 55,00
PARAFUSOS	50 UNIDADES	M3x12	R\$ 20,00
PORCAS	10 UNIDADES	-----	R\$ 16,00

**Fonte:** Autoral, 2022.

## **CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES**

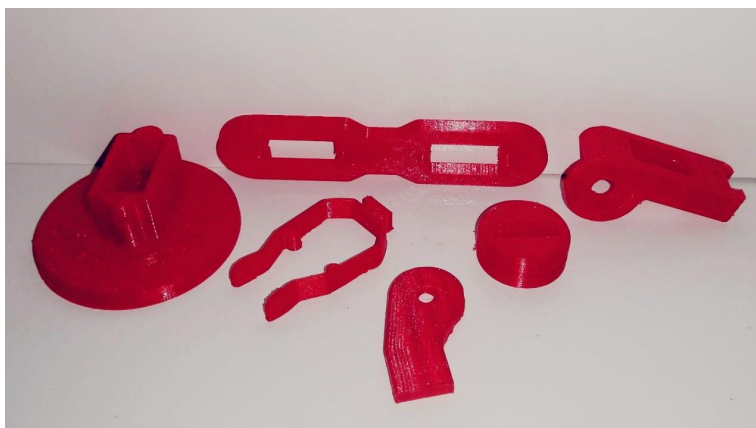
Neste tópico será abordado de forma intrínseca os resultados e discussões realizados ao longo da execução deste projeto, buscando analisar os principais pontos positivos e negativos, além de visualizar formas de melhorias futuras.

Após a confecção do projeto, espera-se que o braço robótico tenha capacidade de mover uma peça do jogo da velha do local situado para outro, fazendo com que após a confecção do mesmo, os indivíduos autistas que jogarem com o braço robótico (ou até mesmo algum tipo de transtorno semelhante, nos quais estão situados a uma faixa etária de 6 á 12 anos de idade), consigam interagir com o equipamento, propiciando o avanço de habilidades motoras, psíquicas, cognitivas e sociais.

Ademais, também espera-se que ao final do que foi exposto no presente projeto, o mesmo tenha condições adequadas a servir de base a uma programação mais avançada, justamente para que o braço robótico tenha inteligência o suficiente para jogar o jogo da velha com a criança autista.

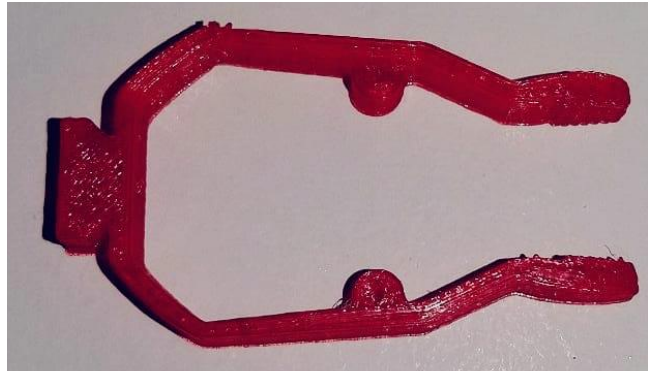
Assim, será explicitado as peças impressas em PLA para a confecção do braço robótico pedagógico desde a Figura 24 até a Figura 30.

**Figura 24** - Peças do protótipo em PLA



**Fonte:** Autoral, 2022.

**Figura 25-** Garra robótica



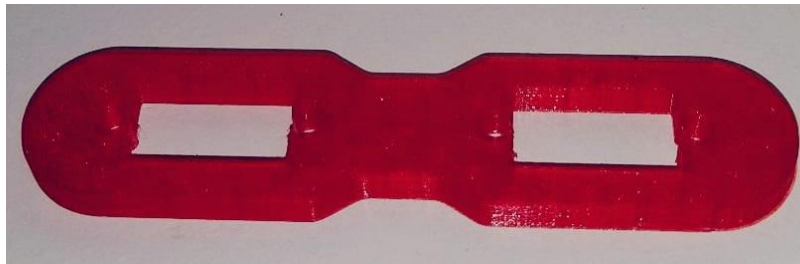
Fonte: Autoral, 2022.

**Figura 26-** Antebraço



Fonte: Autoral, 2022.

**Figura 27-** Braço



Fonte: Autoral, 2022.

**Figura 28-** Ombro



Fonte: Autoral, 2022.

**Figura 29-** Base rotativa



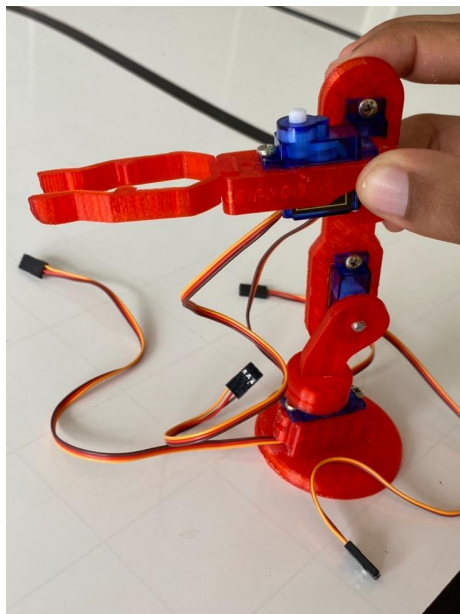
**Fonte:** Autorial, 2022.

**Figura 30-** Base do protótipo



**Fonte:** Autorial, 2022.

**Figura 31-** Braço Robótico



**Fonte:** Autorial, 2022.



Vale ressaltar que o objetivo do projeto, conforme dito anteriormente, foi de ajudar a partir da interação com o braço robótico a desenvolver habilidades cognitivas, emocionais, assim como as motoras de crianças autistas.

Já em relação aos potenciais riscos, podemos considerar a não interação do braço robótico com o indivíduo em detrimento do mesmo não se familiarizar com o equipamento, tendo em vista a dificuldade dos portadores de TEA em socializar, justamente por terem déficit nesta área, pois segundo Gadia, “As dificuldades na comunicação ocorrem em graus variados, tanto na habilidade verbal quanto na não verbal de compartilhar informações com outros. Algumas crianças não desenvolvem habilidades de comunicação” (GADIA, et al. 2004, p.20). Para além disto, pode ocorrer falhas técnicas na programação ou confecção da estrutura física do braço robótico (que também possa vir a ser acarretado por erros no projeto no qual foi confeccionado como base do protótipo).

## **CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES**

Neste projeto desenvolve-se um protótipo de um braço robótico pedagógico para progressão do desenvolvimento de crianças autistas, onde as mesmas possam se tornar mais autônomas e se sentirem mais incluídas pelo menos nas atividades de casa no dia a dia, foi elaborado um diagrama de controle para o mesmo utilizando a plataforma de prototipagem Arduino IDE.

Visando que, toda estrutura do projeto foi feita baseando-se especificamente nos objetivos do mesmo, onde primeiramente realizou-se pesquisas dos diferentes tipos de braços robóticos para se ter ideia do qual seria mais adequado para ser confeccionado, pesquisas relacionadas aos três níveis de intensidade do autismo, por conseguinte foi projetada a estrutura mecânica e definida a estrutura eletroeletrônica do braço robótico pedagógico. Tendo em mente que o tema em questão do presente projeto foi minuciosamente escolhido, pois teve-se que pensar de que forma esse projeto poderia ajudar as pessoas, no caso, ajudar essas crianças.

Em suma, espera-se que todos os objetivos estejam sendo alcançados de maneira mais minuciosa possível, e que a partir da construção do Protótipo de um Braço Robótico Pedagógico para a Progressão do Desenvolvimento de Crianças Autistas possa-se alcançar um público ainda maior de pessoas autistas.

## **SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Fica como sugestão para futuros trabalhos o uso de um tabuleiro adaptado com sensores onde, juntamente com braço, ambos possam se complementar de certa forma, e ainda pode-se incluir o uso da Inteligência Artificial(IA) nesse projeto de braço robótico pedagógico para que o mesmo possa se tornar completamente autônomo.

Sabe-se que a Inteligência Artificial é uma das revoluções tecnológicas mais surpreendentes do século, pois as mesmas vai tratar de uma abundância de tecnologias, tais como, algoritmos, sistemas de aprendizado, redes neurais artificiais, dentre muitos que tem a capacidade de simularem capacidades humanas conectadas a inteligência. A IA é vista também como uma parte da ciência responsável por estudar, desenvolver e empregar máquinas para realizarem atividades designadas a humanos de maneira mais autônoma possível.

Dessa maneira, indica-se que discentes futuros possam utilizar esse viés da tecnologia para tornar o braço robótico pedagógico o mais humanoide que conseguirem, podendo acoplar o braço depois de várias especificações e alterações no mundo da medicina como um protótipo de implementação de braço robótico humanoide.

## REFERÊNCIAS

ABREU, José Gustavo. **COMO MONTAR UMA PONTE H COM RELÉS**. Blog Eletrogate, 2019. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/arduino-ponte-h-com-rele/>>. Acesso em: 14 de nov. de 2022.

**AÇÃO LIGA-DESLIGA (ON-OFF)**. UFRGS. Disponível em: <<http://www.ece.ufrgs.br/~jmgomes/pid/Apostila/apostila/node20.html>>. Acesso em: 17 de out. de 2022.

AGERTT, Fábio; LACAVA, Bruna; KONESKI, Julio. **QUAIS OS MOTIVOS DO AUMENTO DA INCIDÊNCIA DO AUTISMO**. Blog Neurológica, 2021. Disponível em: <https://www.neurologica.com.br/blog/quais-os-motivos-do-aumento-da-incidencia-do-autismo>. Acesso em: 15 de mar. de 2022.

ALVIM, Érica. **JOGO DA VELHA**. Blog Érica Alvim, 2020. Disponível em: <<https://www.ericaalvim.com.br/>>. Acesso em: 23 de out. de 2022.

**ARDUINO UNO**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software/>>. Acesso em 21 de mar. de 2022.

BANZI, Massimo; SHILOH, Michael. **Primeiros Passos com o Arduino**: A plataforma de prototipagem eletrônica open source. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015. 250 p. Acesso em 09 de mai. de 2022.

BATISTA, João Ricardo, FRANCO, Alex Ribeiro, LUGÃO, Anderson Cezar de A. **PALETIZAÇÃO AUTOMÁTICA ATRAVÉS DE BRAÇO ROBÓTICO CONTROLADA POR MICROCONTROLADOR ARDUINO**, 2019. Disponível em: <<http://revistas.icesp.br/index.php/TEC-USU/article/view/>>. Acesso em: 16 de mar. de 2022.

**BRAÇO ROBÓTICO: O QUE SÃO OS GRAUS DE LIBERDADE?**. Eletrogate, 2021. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/braco-robotico-o-que-sao-os-graus-de-liberdade/>>. Acesso em: 05 de out. de 2022.

CARVALHO, Camila Rodrigues de Carvalho e. **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ROBÓTICO PARA INTERAÇÃO E ASSISTÊNCIA NO DIAGNÓSTICO DE CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO DO AUTISMO**. UFES, 2017. Disponível em: <[https://ele.ufes.br/sites/engenhariaeletrica.ufes.br/files/field/anexo/camila\\_r\\_c\\_carvalho.pdf](https://ele.ufes.br/sites/engenhariaeletrica.ufes.br/files/field/anexo/camila_r_c_carvalho.pdf)>. Acesso em: 12 de out. de 2022.

**CONHEÇA AS PROPRIEDADES TÉCNICAS DOS MATERIAIS PARA IMPRESSORA 3D**. 3D LAB INDUSTRIA Ltda. 3D. Disponível em: <<https://3dlab.com.br/propriedades-dos-materiais-para-impressora-3d/>>. Acesso em 20 de set. de 2022.

**CONTEXTUALIZAÇÃO - A ORIGEM DO JOGO DA VELHA**. Mindlab. Disponível em: <<https://conteudo.mindlab.com.br/hubfs/Semana%202%20-%20Modulo%201.pdf>>. Acesso em: 20 de out. de 2022.

DEJAN. **COMO CONTROLAR SERVO MOTORES COM ARDUINO**. Como Mecatrônica. Disponível: <<https://howtomechatronics.com/how-it-works/how-servo-motors-work-how-to-control-servos-using-arduino/>>. Acesso em 15 de out. de 2022.

**DESENVOLVIMENTO DE UM BRAÇO ROBÓTICO PARA NADADEIRAS**: ALCANTARA, Otávio; BRITO, Fábio; MELO, Raul Gabriel Carvalho. Researchgate. Maio de 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/332998990\\_Desenvolvimento\\_de\\_um\\_braço\\_robotico\\_para\\_fins\\_educacionais](https://www.researchgate.net/publication/332998990_Desenvolvimento_de_um_braço_robotico_para_fins_educacionais)>. Acesso em: 04 de out. de 2022.

FERREIRA, Fabiane Aparecida; POLON, Sandra Aparecida Machado. **O BRINCAR NA EDUCAÇÃO INFANTIL: UMA ANÁLISE NECESSÁRIA**, [S.I] Disponível em: <[https://anais.unicentro.br/seped/2010/pdf/resumo\\_47.pdf](https://anais.unicentro.br/seped/2010/pdf/resumo_47.pdf)>. Acesso em: 22 de out. de 2022.

GOMES, Sinésio. **AULA 17 - GRAUS DE LIBERDADE DE ROBÔS**. Blogspot, 2014. Disponível em: <<http://controleeautomacaoindustrial3.blogspot.com/2014/05/aula-126-graus-de-liberdade-de-robos.html>>. Acesso em: 02 de out. de 2022.

**GRAUS DE LIBERDADE DOS BRAÇOS ROBÓTICOS**. Blog do Professor Carlão, 2012. Disponível em: <<https://www.blogdoprofessorcarlao.com.br/2012/02/graus-de-liberdade-dos-bracos-roboticos.html#>>. Acesso em: 03 de out. de 2022.

HEARTMAN. **BRAÇO DE SERVIÇO**. Thingiverse, 22 de jul. de 2016. Disponível em: <<https://www.thingiverse.com/thing:1684471>>. Acesso em 21 de set. de 2022.

HOLOUKA, Isabela. **JOGOS DE TABULEIRO CONTRIBUEM PARA O DESENVOLVIMENTO INFANTIL**. O Liberal, 09 jul. de 2020. Disponível em: <<https://liberal.com.br/mais/bem-estar/jogos-de-tabuleiro-contribuem-para-o-desenvolvimento-infantil-1253416/>>. Acesso em: 21 de abr. de 2022.

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: O GUIA COMPLETO SOBRE O ASSUNTO!**. TOTVS, 09 de ago. de 2022. Disponível em: <<https://www.totvs.com/blog/inovacoes/o-que-e-inteligencia-artificial/>>. Acesso em: 23 de set. de 2022.

KATO, Lucas Kenzo. **PROJETO DE UM BRAÇO ROBÓTICO PARA FINS DIDÁTICOS**. Orientador: Rodrigo Antonio Marques Braga. 2015. 108 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/78552479.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

MACIEL, Islaine. **OS LIMITES DO MEU CONHECIMENTO SÃO OS LIMITES DO MEU MUNDO**, 2019. Disponível em: <<https://sites.usp.br/psicosp/os-limites-do-meu-conhecimento-sao-os-limites-do-meu-mundo/>>. Acesso em: 26 de out. de 2022.

MATTEDE, Henrique. **O QUE SÃO SENSORES E QUAIS AS SUAS APLICAÇÕES?.** Mundo da Elétrica. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-sensores-e-quais-as-suas-aplicacoes/>>. Acesso em 14 de nov. de 2022.

MORETO, Marcelo. **CONTROLE DE SERVOMOTOR,** 2007. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1602.pdf>>. Acesso em: 21 de abr. de 2022.

NETO, João T. de Carvalho; **APOLINÁRIO, Fernando R.; SOARES, Aline de A.. SISTEMA PHOTOGATE DE TUBOS FUNCIONAIS PARA LABORATÓRIOS AUXILIARES DE FÍSICA,** 2018. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Desenho-da-placa-Arduino-Uno-Os-pinos-usados-neste-projeto-estao-marcados-com\\_fig2\\_322166491](https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Desenho-da-placa-Arduino-Uno-Os-pinos-usados-neste-projeto-estao-marcados-com_fig2_322166491)>. Acesso em: 16 de mar. de 2022.

**NÍVEIS DO TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA.** IFPB, 2020. Disponível em: <<https://www.ifpb.edu.br/assuntos/fique-por-dentro/niveis-do-transtorno-do-espectro-autista>>. Acesso em: 09 de out. de 2022.

NOLETO, Caio. **ARDUINO: O QUE É, PARA QUE SERVE E COMO COMEÇAR A USAR?,** 2021. Disponível em: <<https://blog.betrybe.com/tecnologia/arduino-tudo-sobre/>>. Acesso em: 9 de fev. de 2022.

**O QUE É ARDUINO E COMO FUNCIONA.** Portal Vida de Silício. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-e-arduino-e-como-funciona/>>. Acesso em: 13 de fev. de 2022.

**O QUE SÃO SERVO DRIVER E SERVO MOTOR E COMO ELES FUNCIONAM?.** Proauto Electric Automação. Disponível em: <<https://proauto-electric.com/noticias-post/servo-driver-e-servo-motor/>>. Acesso em: 21 de abr. de 2022.

OLIVEIRA, Roberta. **QUAL A IMPORTÂNCIA DA ROBÓTICA NA APRENDIZAGEM ESCOLAR?**. 2022. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/educacao/escolas/qual-a-importancia-da-robotica-na-aprendizagem-escolar>>. Acesso em: 10 de out. de 2022.

**PLATAFORMA ARDUINO, UNIVERSO DE POSSIBILIDADES.** Baú da Eletrônica, 2018. Disponível em: <<https://blog.baudaeletronica.com.br/plataforma-arduino/>>. Acesso em: 07 de set. de 2022.

**RESISTORES VARIÁVEIS.** Lab Eletrônica. Disponível em <<http://www.labeletronica.com/>>. Acesso em: 25 de set. de 2022.

ROSA, Daniel Lemos da. **O QUE É ARDUINO?**, 2017. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 14 de mar. de 2022.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **OS 6 PRINCIPAIS TIPOS DE ROBÔS INDUSTRIAIS.** CITISYSTEMS. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/tipos-de-robos/>>. Acesso em: 20 de set. de 2022.

STRAUB, Matheus Gebert. **ARDUINO IDE - O SOFTWARE PARA GRAVAÇÕES DE CÓDIGOS NO ARDUINO,** 2019. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/arduino-ide-o-software-para-gravacao-de-codigos-no-arduino/>>. Acesso em: 09 de out. de 2022.

**UM BREVE HISTÓRICO DO AUTISMO INFANTIL.** Sanar Saúde, 22 de out. de 2020. Disponível em: <<https://www.sanarsaude.com/portal/carreiras/artigos-noticias/colunista-psicologia-um-breve-historico-do-autismo-infantil>>. Acesso em: 03 de jan. de 2022.

**WHAT IS ARDUINO ?.** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>>. Acesso em 18 de fev. de 2022.



ZILLI, Silvana do Rocio. **A ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO FUNDAMENTAL: PERSPECTIVAS E PRÁTICA**, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/>>. Acesso em: 10 de out. de 2022.