



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

Caroline de Souza Barros

Prototipação de Robô para Interação Homem - Robô

Sorocaba, SP

2022



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

Caroline de Souza Barros

Prototipação de Robô para Interação Homem - Robô

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre da Silva Simões

Sorocaba, SP

2022

B277p

Barros, Caroline de Souza

Prototipação de robô para interação homem - robô / Caroline de Souza Barros. -- Sorocaba, 2023

42 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba

Orientador: Alexandre da Silva Simões

1. Robótica. 2. Prototipação. 3. Interação Homem - Robô. 4. 3-RRS.
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

PROTOTIPAÇÃO DE ROBÔ PARA INTERAÇÃO HOMEM - ROBÔ

CAROLINE DE SOUZA BARROS

**ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

Prof. Dr. Mauricio Becerra Vargas
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. ALEXANDRE DA SILVA SIMÕES
Orientador/UNESP-Campus de Sorocaba

Prof. Dr. GLÓRIA CAÑO DE ANDRADE
UNESP – Campus de Sorocaba

Prof. Dr. IVANDO SEVERINO DINIZ
UNESP – Campus de Sorocaba

Dezembro de 2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Gardênia, Everaldo e Madu, minha família, pela formação, incentivo e torcida ainda que dificultadas pela distância física.

À minha tia Elisa por todo o carinho ao longo desses anos.

Ao Vitor que sempre acreditou em mim nos momentos mais improváveis.

Às colegas Larissa, Jéssica e Yara, pelo exemplo, incentivo e amizade.

À Agatha, por todo o suporte em meio aos desafios.

Ao Prof. Alexandre e à Prof.^a Esther pelas oportunidades de crescimento ao longo do caminho.

À UNESP Sorocaba, que através de seus extraordinários servidores fizeram com que a jornada fosse muito mais simples.

" Se você está comprometido com o progresso, não
poderá dizer que já pensou em tudo" Steve Pinker

RESUMO

O presente trabalho propôs o estudo, projeto e implementação de um protótipo robotizado baseado em uma plataforma móvel 3-RRS para interação homem-máquina, voltada para a produção de um robô para interação no contexto da covid-19 inspirado no personagem “Zé Gotinha”. A proposta contemplou o estudo e a simulação dos movimentos da plataforma utilizando o software ADAMS. Um protótipo funcional – nas suas dimensões mecânica, elétrica e computacional - foi desenvolvido utilizando madeira, metal, juntas de rotação e esféricas, microcontrolador Arduíno, matriz de leds, servomotores e programação em ambiente C++. O protótipo robotizado se mostrou apto para realizar os tipos de movimentos desejados do personagem.

Palavras-chaves: robótica; prototipação; interação homem-robô; 3-rrs.

ABSTRACT

This work presents a study, project, and implementation of a robotized prototype based on a 3-RRS mobile platform for human-machine interaction, aiming for interaction in the context of covid-19 to build a robot inspired by the character “Zé Gotinha”. The proposal contemplated studying and simulating the platform movements using ADAMS software. A functional prototype was designed - in its mechanical, electrical, and computational dimensions - using wood, metal, rotational and spherical joints, Arduino microcontroller, led matrix, servomotors, and programming on a C++ environment. The robotized prototype has proven to be capable of performing the movements as expected for the character.

Keywords: robotics; prototyping; human-robot interaction; 3-rrs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - O Homo sapiens evoluiu, em parte, como resultado da seleção para o aumento da socialidade, levando a uma variedade de mudanças morfológicas, fisiológicas e cognitivas..	13
Figura 2 – Posição do Brasil no ranking de mortalidade e vacinação contra a covid-19 de 01 de março a 28 de setembro de 2021	14
Figura 3 – Total de Vacinas contra COVID-19 administradas a cada 100 pessoas	15
Figura 4 – Ilustração Zé Gotinha.....	15
Figura 5 – Utilização da Figura do Zé Gotinha por políticos brasileiros A	16
Figura 6 - Utilização da Figura do Zé Gotinha por políticos brasileiros B	17
Figura 7 – Produto comercial	17
Figura 9 – Big Dog – Boston Dynamics.	19
Figura 10 – Estrutura <i>MyKeepon</i> adaptada.....	20
Figura 11 – Movimentos <i>MyKeepon</i>	20
Figura 12 – Exemplo de plataforma móvel 3- RPS com 3 graus de liberdade.....	21
Figura 13 – Exemplo de plataforma móvel 3- RRS com 3 graus de liberdade.	22
Figura 14 –Plataforma móvel 3- RRS com 3 graus de liberdade no software Adams.	23
Figura 15 – Modelagem 3D da casca inspirada no personagem <i>Zé Gotinha</i>	24
Figura 16- Estrutura mecânica plataforma móvel 3- RRS com 3 graus de liberdade	24
Figura 17- Alinhamento da estrutura mecânica plataforma móvel 3- RRS com 3 graus de liberdade	25
Figura 18- Plataforma móvel 3-RSS e acoplador.....	26
Figura 19 - Protótipo finalizado.....	26
Figura 20- Protótipo finalizado.....	27
Figura 21- Esquemático dos dispositivos eletrônicos	28
Figura 22 - Os 5 formatos de olhos avaliados	29
Figura 23- Formato de olho na movimentação Triste	30
Figura 24- Identificação dos motores	31
Figura 25- Posicionamento do ângulo β	31
Figura 26- Movimentação simulada em Adams do movimento Animado	32
Figura 27- Movimentação do movimento Animado no protótipo real.....	32
Figura 28- Movimentação do movimento Animado no protótipo real.....	33
Figura 29 - Movimentação simulada em Adams do movimento Sim	34

Figura 30 - Movimentação do movimento Sim no protótipo real	35
Figura 31- Movimentação do movimento Sim no protótipo real	35
Figura 32- Movimentação simulada em Adams do movimento Triste	36
Figura 33- Movimentação do movimento Triste no protótipo real	37
Figura 34- Movimentação do movimento Triste no protótipo real	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Lista de materiais da plataforma móvel	25
Tabela 2- Lista de materiais da estrutura mecânica.....	27
Tabela 3- Descritivo Movimentação	30

LISTA DE SÍMBOLOS

- θ Ângulo de referência da plataforma 3 – RRS
- β Ângulo de referência do mecanismo construído

SUMÁRIO

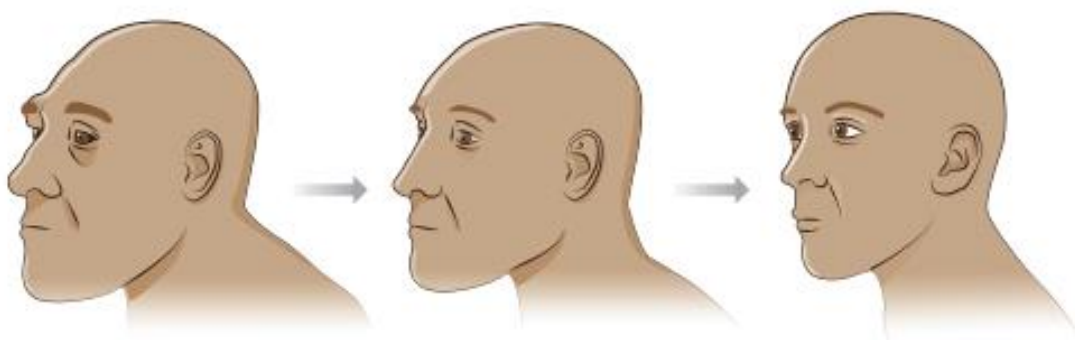
1	INTRODUÇÃO	13
1.1	INTERAÇÃO HOMEM MÁQUINA.....	13
1.2	VACINAÇÃO BRASILEIRA E O PERSONAGEM “ZÉ ‘GOTINHA”	13
1.3	OBJETIVO	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1	INTERAÇÃO HOMEM MÁQUINA.....	19
2.2	PLATAFORMA DE ROBÔ PARA INTERAÇÃO	20
2.2.1	MyKeepon	20
2.3	PLATAFORMA MÓVEL COM 3 GRAUS DE LIBERDADE	21
3	METODOLOGIA.....	23
3.1	MODELAGEM 3D.....	23
3.2	ESTRUTURA MECÂNICA PLATAFORMA MÓVEL 3 - RRS	24
3.2.1	Lista de Materiais	25
3.3	DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS	27
3.4	ALGORITMOS	28
3.5	DEFINIÇÃO DOS OLHOS DO PROTÓTIPO	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1	MOVIMENTAÇÃO ANIMADO.....	31
4.2	MOVIMENTAÇÃO SIM	34
4.3	MOVIMENTAÇÃO TRISTE.....	36
5	CONCLUSÕES.....	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

1.1 INTERAÇÃO HOMEM MÁQUINA

Existem diversas teorias sobre a predominância do *Homo sapiens* em relação a outros homínídeos. No campo da psicologia uma delas destaca que a seleção natural privilegiou a capacidade de colaboração entre os seres humanos, inclusive alterando fisicamente nossos corpos de forma a aumentar características amistosias tais como sobrancelhas expressivas e olhos que permitam que a direção do olhar seja identificada, conforme pode ser visto na Figura 1 (HARE,2017).

Figura 1 - O *Homo sapiens* evoluiu, em parte, como resultado da seleção para o aumento da socialidade, levando a uma variedade de mudanças morfológicas, fisiológicas e cognitivas.



Fonte: HARE(2017).

Porém, ainda que não haja consenso sobre a causa da predominância do *Homo sapiens* temos evidência de que as características antropomórficas auxiliam a recepção de robôs por seres humanos em tarefas específicas (Park *et al.*, 2011). Ainda, estudos indicam que seres humanos não reagem ao reflexo do olhar de robôs, embora o comportamento de um robô seja um elemento muito significativo para que humanos classifiquem um robô como mais parecido com humano ou mais parecido com máquinas (ADMONI *et al.*, 2011).

1.2 VACINAÇÃO BRASILEIRA E O PERSONAGEM “ZÉ ‘GOTINHA”

Durante a concepção deste trabalho, a humanidade estava imersa em um grande desafio de saúde pública: a pandemia de Covid-19 causada pelo vírus Sars-Cov-2, que tem como característica, a transmissão através do contato pessoa a pessoa, através de secreções humanas e via aerossóis em locais mal ventilados. Tendo inicialmente o distanciamento social e a higienização constante como duas das maiores ferramentas de prevenção à contaminação (WHO, 2021). Porém, estas ferramentas mostraram-se insuficientes para anulação das mortes decorrentes da Covid-19, o Brasil em novembro de 2022 somava 687 mil óbitos. O cenário somente começou a indicar uma melhora consistente após a aprovação das vacinas para uso humano, conforme Figura 2

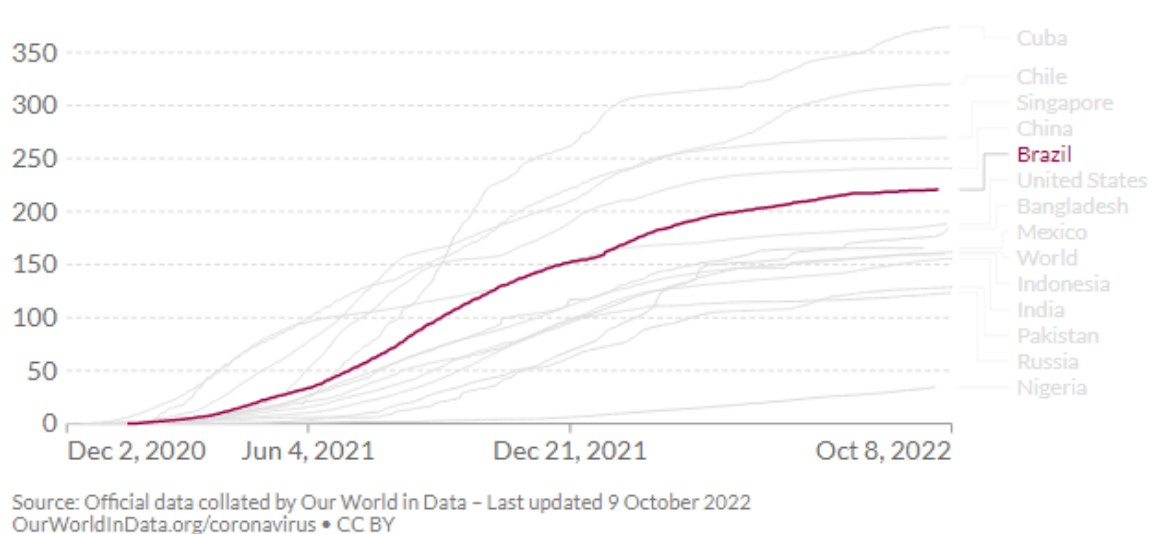
Figura 2 – Posição do Brasil no ranking de mortalidade e vacinação contra a covid-19 de 01 de março a 28 de setembro de 2021



Fonte: OUR WORLD IN DATA(2021) apud ZANLORENSSI (2021).

Nesse contexto, após a compra de vacinas, o mundo assistiu ao sucesso da vacinação brasileira, atingindo uma porcentagem de cobertura vacinal alta e colocando o Brasil entre os 5 países com maior número de doses aplicadas percentualmente conforme Figura 3 (Our World in Data, 2022).

Figura 3 – Total de Vacinas contra COVID-19 administradas a cada 100 pessoas



Fonte: TOTAL (2022).

Assim, pesquisadores e jornalistas do mundo inteiro se debruçaram para entender o sucesso brasileiro que possui em seu histórico vitórias como a erradicação da poliomielite, devido a um Sistema Universal de Saúde bem estruturado, capaz de entregar vacinas em grandes cidades e em cidades cujo acesso é precário.

Um personagem se destacou durante esse período tanto por suas atuações quanto por seu simbolismo, criado por Darlan Rosa, o Zé Gotinha, Figura 4, inicialmente mascote da campanha contra a poliomielite, se tornou o símbolo do nosso Programa Nacional de Imunização (Veiga, 2020).

Figura 4 – Ilustração Zé Gotinha



Fonte: Ministério (2019).

A importância do personagem no imaginário coletivo, ligado à vacinação, é evidente pela utilização de sua imagem por políticos brasileiros, conforme apresentado pela Figura 5 e Figura 6 e também com a criação de produtos comerciais, Figura 7 e, que ocorreram simultaneamente com o início da vacinação .

Figura 5 – Utilização da Figura do Zé Gotinha por políticos brasileiros A



Fonte: Bolsonaro (2021).

Figura 6 - Utilização da Figura do Zé Gotinha por políticos brasileiros B



Fonte: Amaral (2021).

Figura 7 – Produto comercial



Fonte: Store (2021).

1.3 OBJETIVO

O presente trabalho tem como foco o estudo e a análise de um protótipo de robô, que se assemelhe ao personagem *Zé Gotinha*, e que possa servir de base para futuros estudos de interação entre humanos e robôs.

São objetivos específicos deste trabalho:

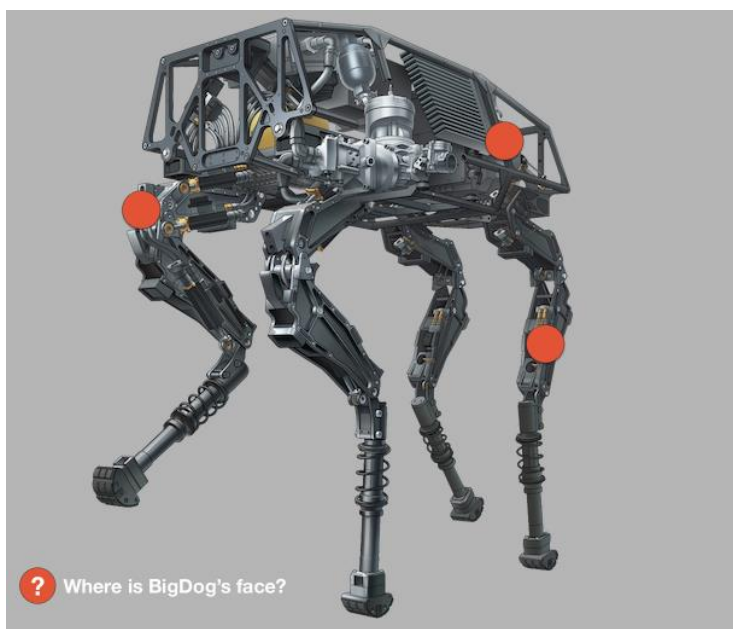
1. Estudo de robôs e plataformas OpenSource existentes;
2. Construção/Adaptação de peças mecânicas;
3. Estudo e controle de motores;
4. Estudo e aquisição de dados de sensores;
5. Desenvolvimento de programação para controle dos motores e sensores em linguagem computacional (C++, Python, Java ou correlato);
6. Construção de um protótipo de robô.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INTERAÇÃO HOMEM MÁQUINA

Um robô pode ser definido como uma máquina capaz de interpretar seu ambiente, utilizando computação para tomar decisões e agir no mundo real, sendo que o objetivo das ações e os ambientes podem ser os mais diversos desde os robôs aspiradores, focados em auxiliar o dia a dia doméstico, até robôs com foco militar como o *Big Dog* utilizado no transporte de itens em zonas conflituosas e terrenos acidentados, com mecânica robusta e estável (WHAT, 2021).

Figura 8 – Big Dog – Boston Dynamics.



Fonte: What (2021).

Classificando diversos tipos de atividades que podem e deveriam ser executadas por robôs ao invés de humanos, destacam-se atividades com características que contemplem os 3 D's da robótica, *Dirty* (Sujo), *Dangerous* (Perigoso) e *Dull* (Burro). Porém, além das atividades descritas pelos 3 D's diversas outras atividades são consideradas apropriadas a serem executadas por robôs. A opinião pública, por exemplo, tem uma maior inclinação em ver de forma positiva que robôs realizem atividades que exijam memorização, habilidades específicas e orientada à serviços. Contudo, a percepção humana a princípio está mais confortável com robôs realizando atividades em conjunto com outras pessoas do que substituindo pessoas (TAKAYAMA,2008).

Além disso, deve-se considerar que robôs com rostos atrativos recebem avaliações melhores do que robôs puramente mecânicos (MATHUR, 2009).

2.2 PLATAFORMA DE ROBÔ PARA INTERAÇÃO

2.2.1 MyKeepon

A plataforma MyKeepon, é um produto comercial que tem sido adaptado para estudos de interação homem máquina, por ser um produto de baixo custo e por ter disponibilidade de documentação detalhada, contendo tutoriais de como realizar a troca dos motores e controladores originais, aumentando assim as possibilidades de utilização da estrutura (ADMONI,2021).

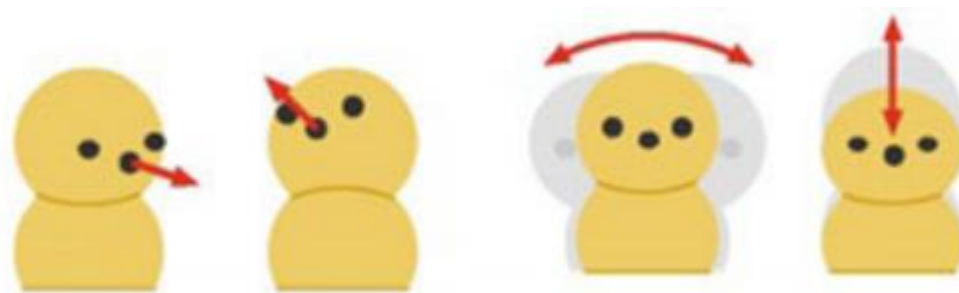
Figura 9 – Estrutura *MyKeepon* adaptada com servos motores.



Fonte: Cao *et al.* (2014).

O corpo do robô, após adaptação, conforme ilustrado pela Figura 9 possui 4 graus de liberdade, giro ($\pm 180^\circ$), aceno ($\pm 40^\circ$), de um lado para o outro ($\pm 25^\circ$) e quicando (15 mm de amplitude) (CAO *et al.*,2014).

Figura 10 – Movimentos MyKeepon



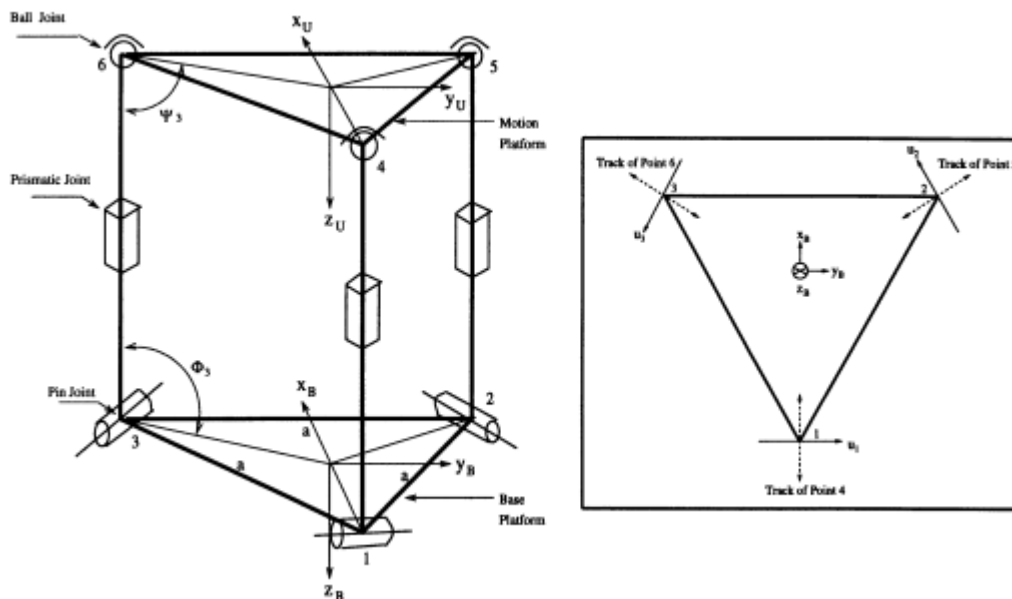
Fonte: Kozima *et al.* (2009).

Nota-se que a plataforma conta com olhos e boca, possuindo assim características antropomórficas. Além disso os graus de liberdade, permitem que a estrutura realize movimentos de comunicação não verbal, como acenos - que indicam concordância; quique – que indica animação; e de um lado para o outro – que se assemelha a uma negativa.

2.3 PLATAFORMA MÓVEL COM 3 GRAUS DE LIBERDADE

A plataforma móvel com 3 graus de liberdade se assemelha à plataforma de Stewart. Porém, utilizando-se somente 3 graus de liberdade, já é possível realizar movimentos semelhantes de *pitch*, *yaw* e *roll*, sendo que esta plataforma se destaca por possuir custos inferiores, principalmente pela necessidade de menos atuadores (YANG *et al.*, 1996).

Figura 11 – Exemplo de plataforma móvel 3- RPS com 3 graus de liberdade

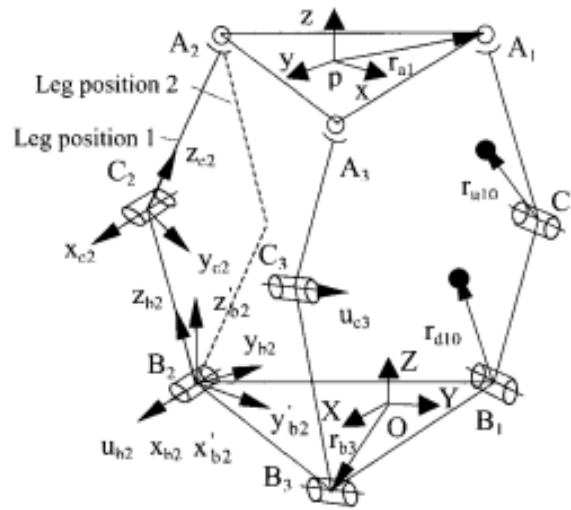


Fonte: Yang *et al.* (1996).

Além da plataforma móvel 3-RPS, têm-se também a plataforma do tipo 3-RRS. Conforme a

Figura 12, esta plataforma possui 3 pernas, sendo que cada perna possui 2 juntas de revolução, cujo eixo é perpendicular à perna, e uma junta esférica (JIANFENG *et al.*, 2001)

Figura 12 – Exemplo de plataforma móvel 3-RRS com 3 graus de liberdade.



Fonte: Li *et al.* (2001).

A plataforma móvel 3-RRS possui a cinemática inversa descrita a seguir:

$$\cos\theta_2 = \frac{X^2 + Y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2l_1l_2} \quad (1)$$

$$\theta_2 = \cos^{-1} * \left(\frac{X^2 + Y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2l_1l_2} \right) \quad (2)$$

$$\theta_2 = \pm 2\text{atan2} * \sqrt{\frac{(l_1 + l_2^2)^2 - (X^2 + Y^2)}{(X^2 + Y^2) - (l_1 - l_2)^2}} \quad (3)$$

$$\theta_1 = \text{atan2} * \left(\frac{Y}{X} \right) - \text{atan2} * \left(\frac{l_2 \sin\theta_2}{l_1 + l_2 \cos\theta_2} \right) \quad (4)$$

3 METODOLOGIA

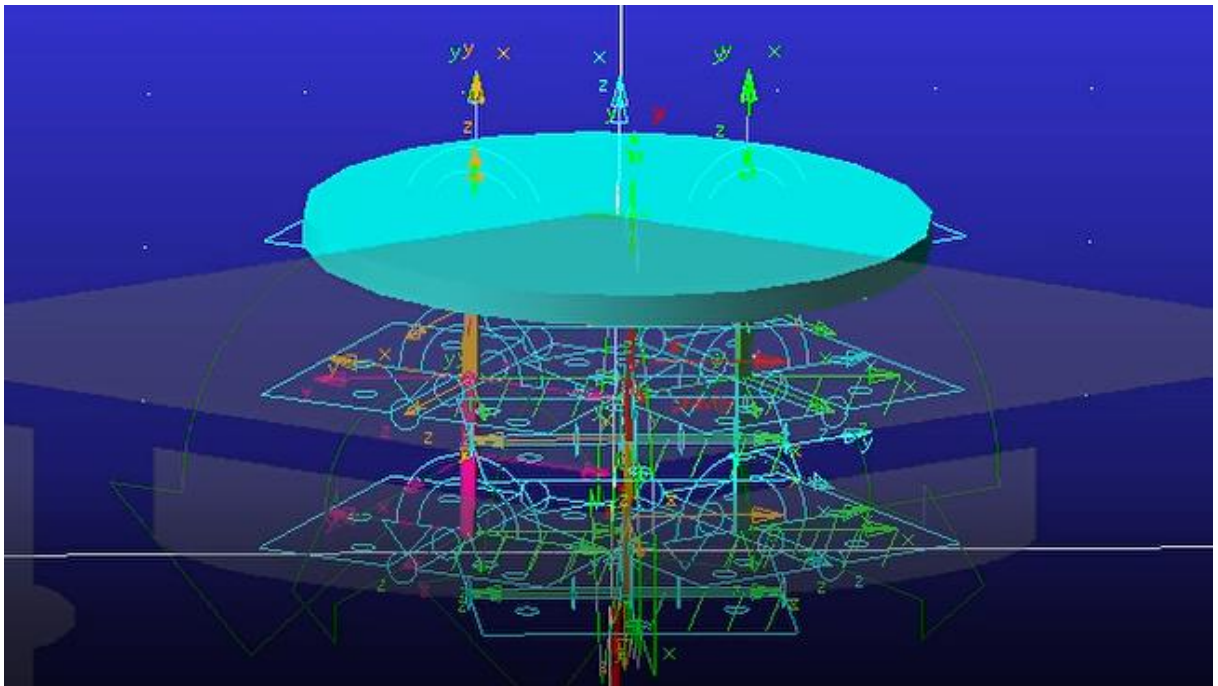
Considerando a importância do personagem *Zé Gotinha* para a saúde pública, exemplificada em 1.2, buscou-se nesse trabalho criar uma plataforma de fácil construção que pudesse servir de base para projetos futuros.

Sendo assim, visto que os movimentos já consolidados do robô MyKeepon, conforme Figura 9, se assemelhavam aos que poderiam ser obtidos através da plataforma 3-RRS, buscou-se validar a utilização desta plataforma como base para construção de uma estrutura não humanoide, porém com característica antropomórfica, que pudesse ser posteriormente utilizada em interações Homem-Máquina.

3.1 MODELAGEM 3D

Inicialmente, construiu-se no software *ADAMS*® a plataforma 3-RRS. A plataforma foi construída com 3 pernas, compostas cada uma de 3 *links* de 50 mm, equidistantes do centro (50 mm) e separadas por ângulos de 120° e pode ser observada na Figura 13.

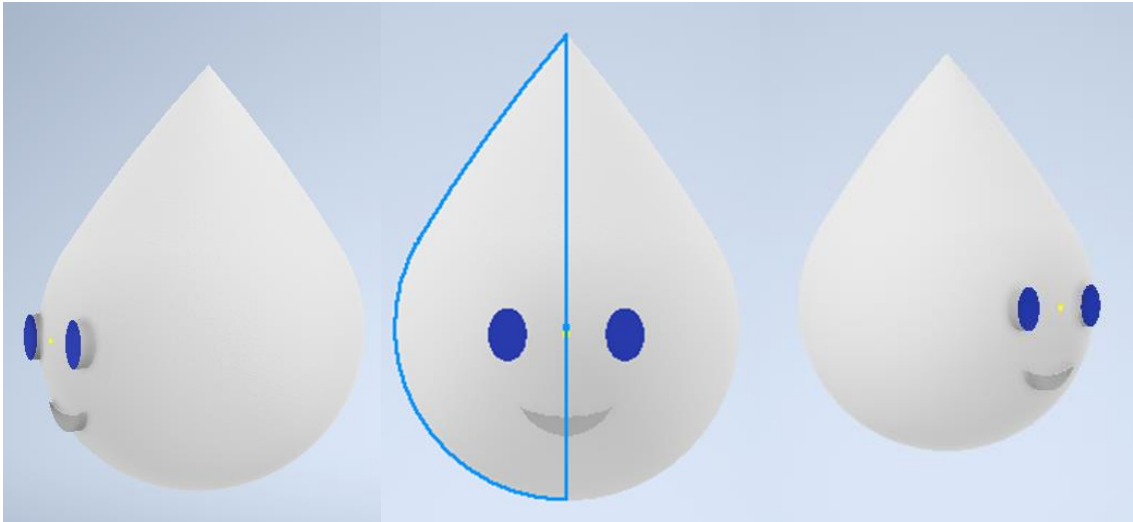
Figura 13 –Plataforma móvel 3- RRS com 3 graus de liberdade no software Adams.



Fonte: Elaborado pela autora.

Posteriormente, conforme pode ser observado na Figura 14, construiu-se no software *AutoDesk Inventor*, um modelo de CAD 3D da casca da estrutura de forma que se assemelhasse ao personagem *Zé Gotinha*.

Figura 14 – Modelagem 3D da casca inspirada no personagem *Zé Gotinha*

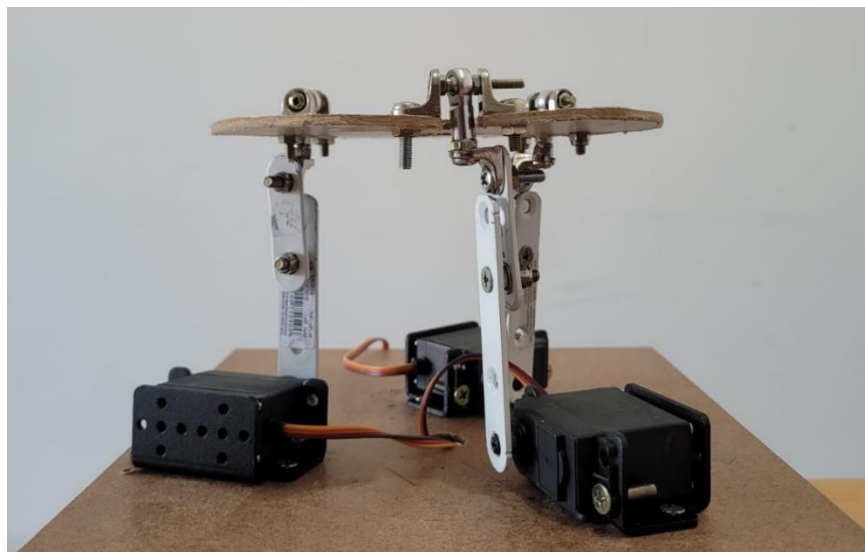


Fonte: Elaborado pela autora.

3.2 ESTRUTURA MECÂNICA PLATAFORMA MÓVEL 3 - RRS

Objetivando que a reprodução fosse acessível, para a construção do protótipo foram utilizados materiais comerciais, conforme Figura 15.

Figura 15- Estrutura mecânica plataforma móvel 3- RRS com 3 graus de liberdade



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.1 Lista de materiais

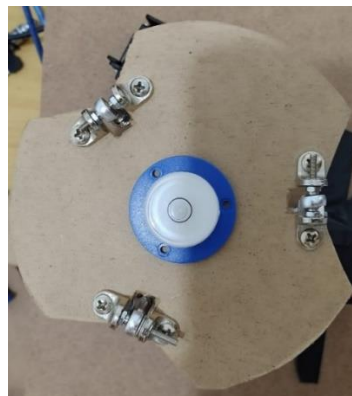
Tabela 1- Lista de materiais da plataforma móvel

Quantidade	Item
3	Juntas Universais
6	Cantoneiras para móveis 13 mm
25	Parafusos M4 12 mm
15	Porcas M4 auto travantes
3	Parafusos M3
15	Porcas M3
3	Suportes de motores
3	União Chata para moveis 80x15mm aco
3	Uniao chata para móveis 476mm
1	Base de madeira A4
1	Base de madeira customizada
3	Suportes para motores

Fonte: Autoria própria.

Além disso, realizou-se o alinhamento de todas as partes mecânicas, evitando possíveis travamentos dos mecanismos. Então, utilizou-se um nível bolha redondo para maximizar o alinhamento, como poder ser visto na Figura 16.

Figura 16- Alinhamento da estrutura mecânica plataforma móvel 3- RRS com 3 graus de liberdade



Fonte: Elaborado pela autora.

Em seguida, uniu-se um mastro de madeira na plataforma para que fosse possível acoplar a casca a partir da ponta, como pode ser observado na Figura 17.

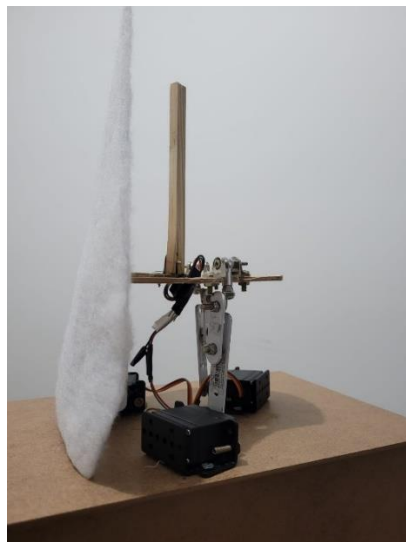
Figura 17- Plataforma móvel 3-RSS e acoplador.



Fonte: Elaborado pela autora.

Posicionou-se a casca construída de tecido na cor branca, paralelo ao eixo do motor 3, conforme posicionamento ilustrativo da Figura 18 abaixo.

Figura 18 - Protótipo finalizado.



Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, posicionou-se, a casca com a ponta presa ao acoplador, já com a matriz de LED posicionada, finalizando o protótipo da Figura 19.

Figura 19- Protótipo finalizado.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.3 DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS

Utilizou-se na construção do protótipo os dispositivos indicados na Tabela 2 a seguir.

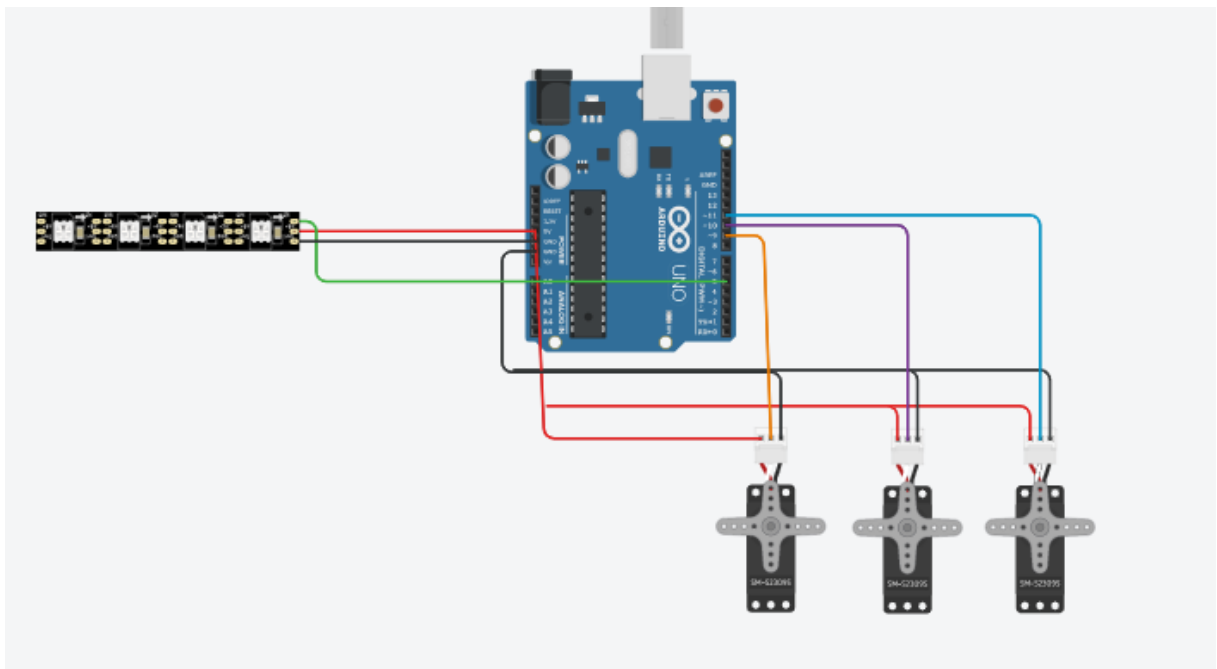
Tabela 2- Lista de materiais da estrutura mecânica

Quantidade	Item
1	Arduíno Uno
3	Servomotor MG955 com eixo de metal
1	Matriz de Led 8x8 WS2812B

Fonte: Elaborado pela autora.

Os dispositivos foram conectados conforme esquemático da Figura 20 abaixo.

Figura 20- Esquemático dos dispositivos eletrônicos



Fonte: Elaborado pela autora.

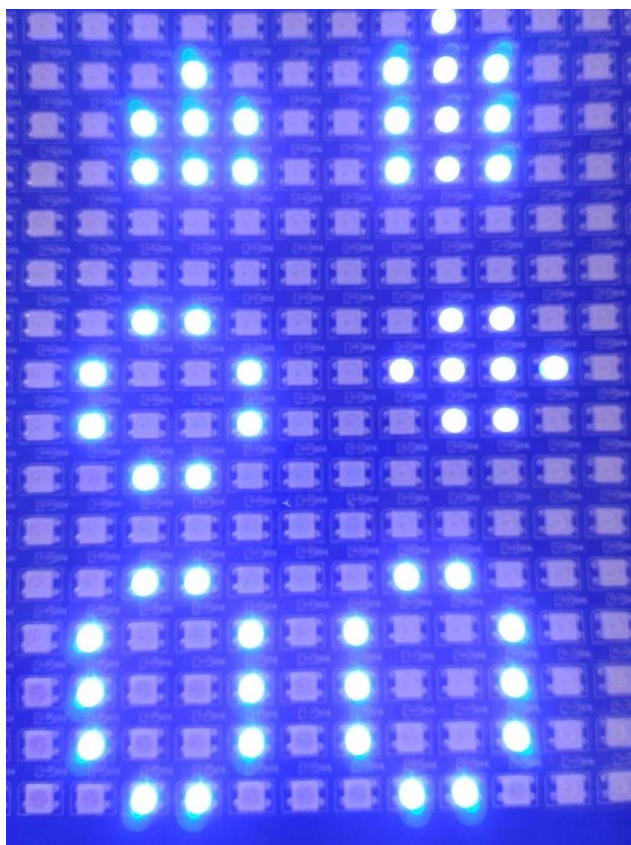
3.4 ALGORITMOS

A linguagem de programação utilizada foi a C++ modificada para Arduino, por ser uma linguagem com ampla documentação e diversas bibliotecas disponíveis, no âmbito desse trabalho se destacaram as bibliotecas Servo e FastLed

3.5 DEFINIÇÃO DOS OLHOS DO PROTÓTIPO

Para programação dos olhos do protótipo realizou-se testes com 5 diferentes geometrias que se assemelhassem ao olho humano. Os diferentes olhos foram avaliados empiricamente, considerando-se principalmente a amigabilidade transmitida e, por isso, escolheu-se a geometria próxima à base da matriz de LEDs exemplificada na Figura 21.

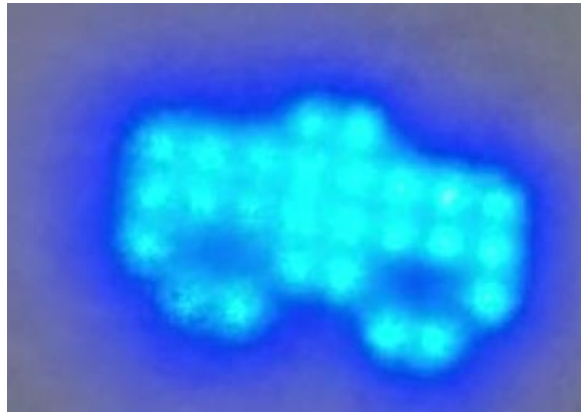
Figura 21 - Os 5 formatos de olhos avaliados



Fonte: Elaborado pela autora.

Entretanto, posteriormente notou-se a necessidade de criar uma configuração que transmitisse tristeza, assim, testou-se uma sexta geometria que foi adotada. Esta geometria pode ser observada na Figura 22.

Figura 22- Formato de olho na movimentação Triste



Fonte: Elaborado pela autora.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

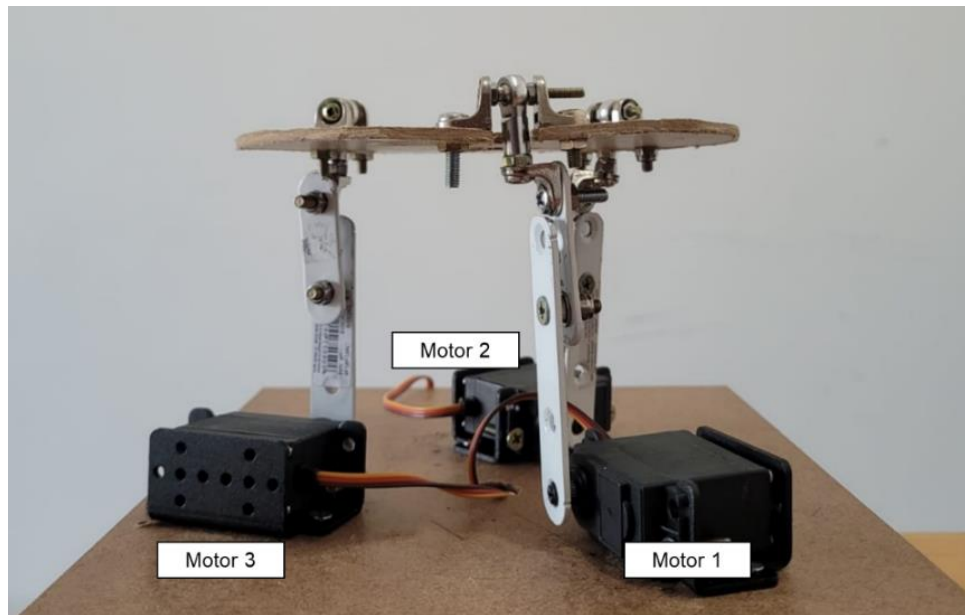
Utilizando-se dos modelos virtuais e posteriormente da estrutura mecânica do protótipo, em 3 METODOLOGIA, foram criadas três movimentações denominadas A) Animado B) Triste C) Sim . Os descritivos das movimentações estão na Tabela 3 a seguir, o posicionamento do ângulo de referência está na Figura 24 e a identificação dos respectivos motores está na Figura 23.

Tabela 3- Descritivo Movimentação

Movimentação	Olhos	Motor	Ângulo β Inicial	Ângulo β Final	Tempo entre posições (delay ms)
Animado	Amigável	1	90°	140°	25
		2	90°	140°	25
		3	90°	140°	25
Sim	Amigável	1	90°	100°	15
		2	90°	100°	15
		3	90°	120°	15
Triste	Triste	1	90°	100°	55
		2	90°	100°	55
		3	90°	120°	55

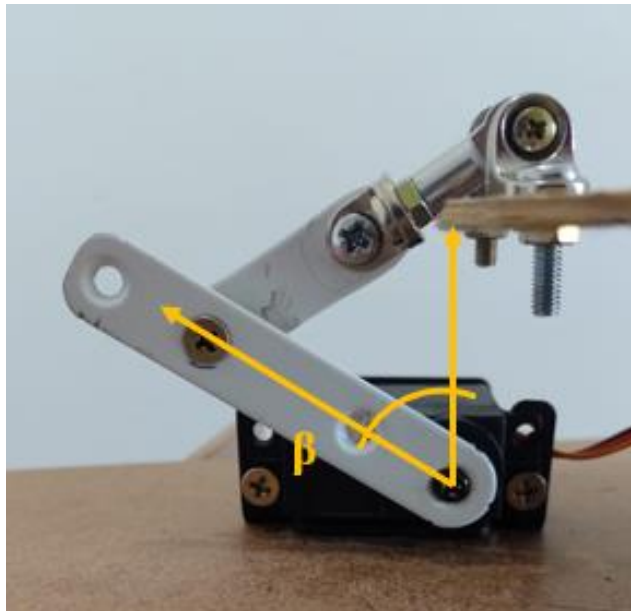
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 23- Identificação dos motores



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 24- Posicionamento do ângulo β

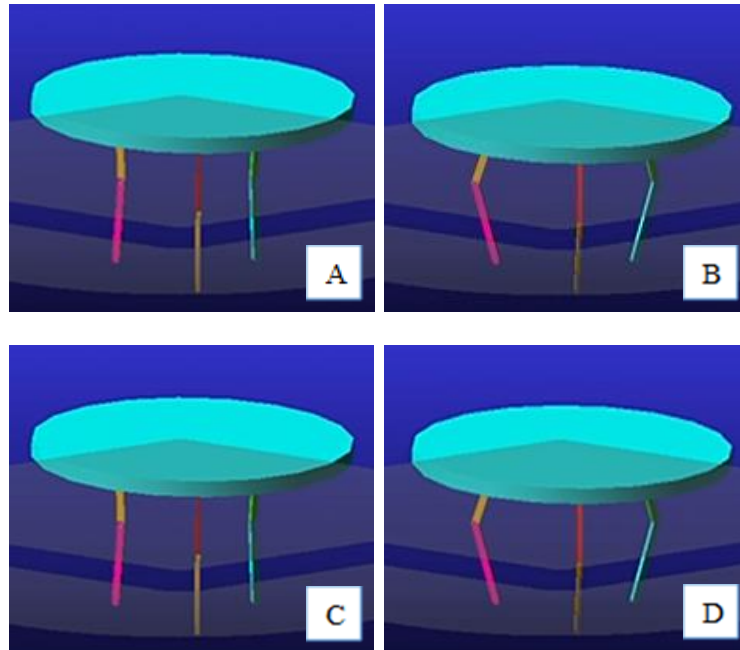


Fonte: Elaborado pela autora

4.1 MOVIMENTAÇÃO ANIMADO

A movimentação Animado se assemelha ao movimento quicar do robô MyKeepon e consiste em um movimento de subir e descer que pode ser visualizado através da Figura 25.

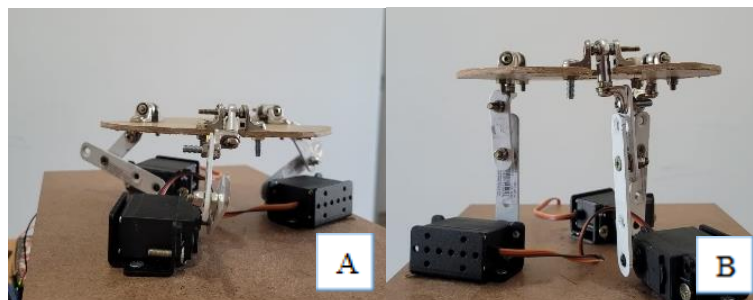
Figura 25- Movimentação simulada em Adams do movimento Animado



Fonte: Elaborado pela autora.

Movimento análogo foi reproduzido na plataforma prototipada, obtendo-se resultados satisfatórios conforme pode ser observado na Figura 26.

Figura 26- Movimentação do movimento Animado no protótipo real

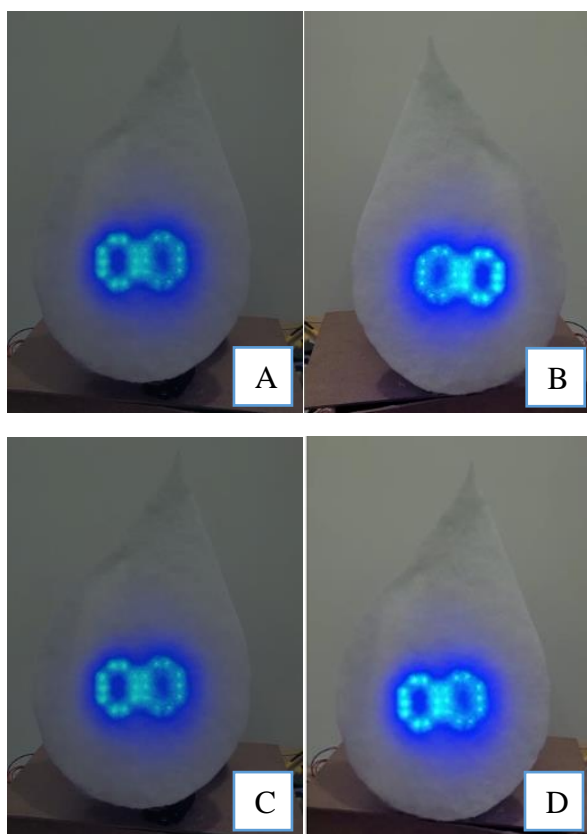




Fonte: Elaborado pela autora.

Ainda, foi possível observar a movimentação Animado no protótipo acoplado à casca, ilustrada pela Figura 27. Destaca-se a diferença de altura em relação à base nos diferentes *frames* que comprova a transmissão do movimento da base para a casca.

Figura 27- Movimentação do movimento Animado no protótipo real

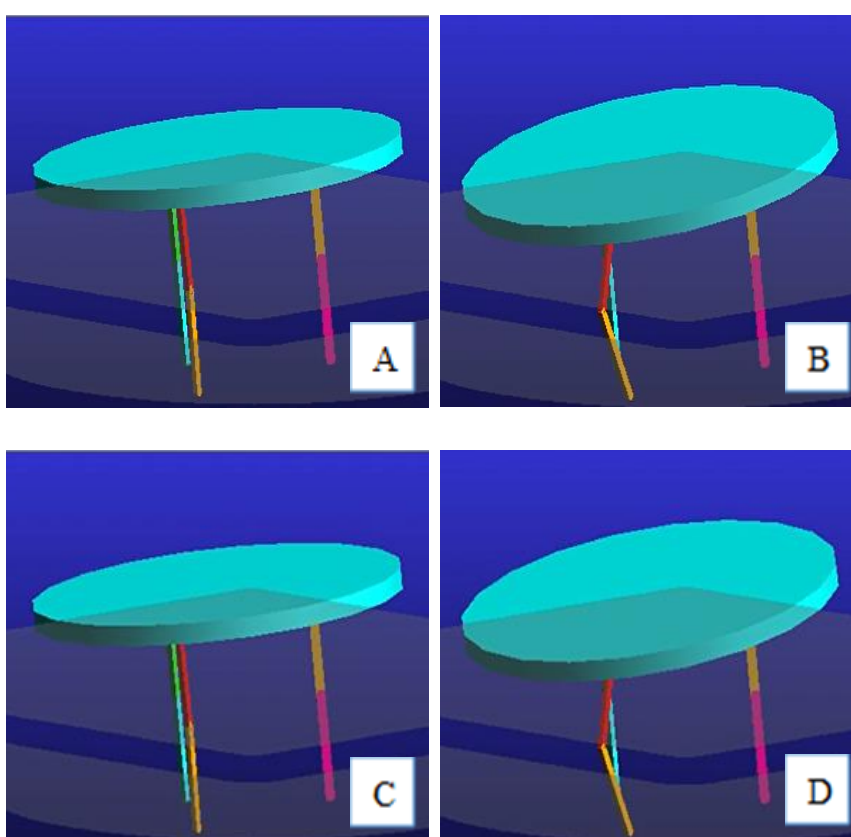


Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 MOVIMENTAÇÃO SIM

A movimentação Sim se assemelha ao movimento de acenar do robô MyKeepon e consiste em um movimento semelhante ao da cabeça humana ao realizar uma afirmativa não verbal. Conforme a Tabela 3, este movimento tem movimentação ativa somente do motor 3 e inclina a plataforma, conforme evidenciado pela Figura 28.

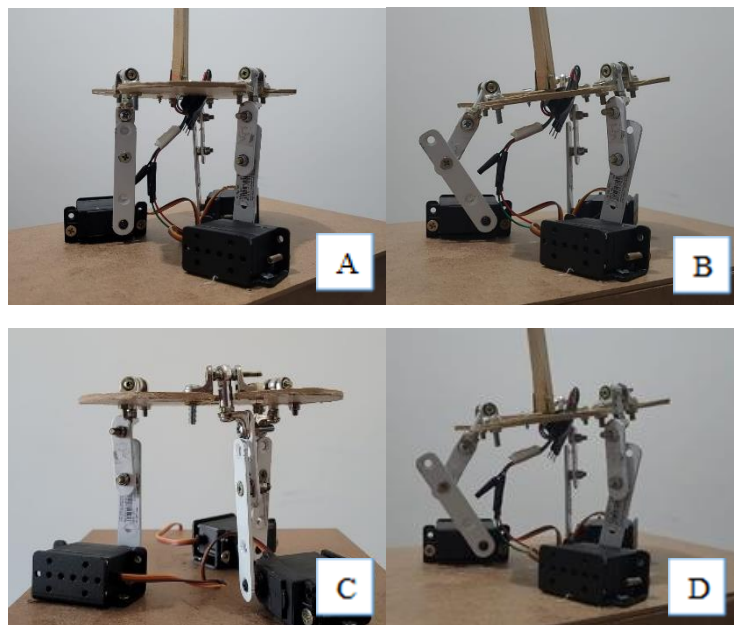
Figura 28 - Movimentação simulada em Adams do movimento Sim



Fonte: Elaborado pela autora.

Também foi reproduzido movimento análogo ao simulado através da plataforma prototipada e obteve-se resultado semelhante, conforme pode ser observado na Figura 29, porém foi necessário que os links dos motores 2 e 3 assumissem a posição de 100° para que o movimento ficasse mais fluído, o que possivelmente foi ocasionado por imperfeições inerentes ao processo de construção manual.

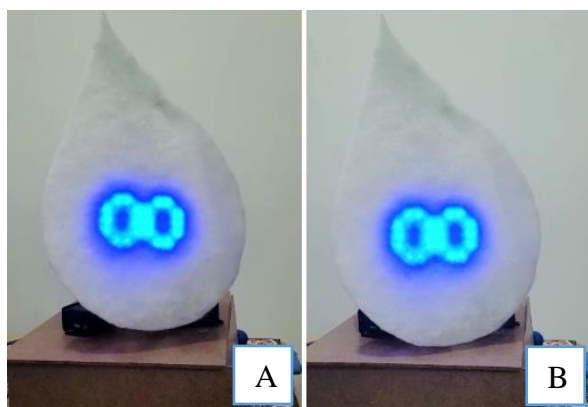
Figura 29 - Movimentação do movimento Sim no protótipo real

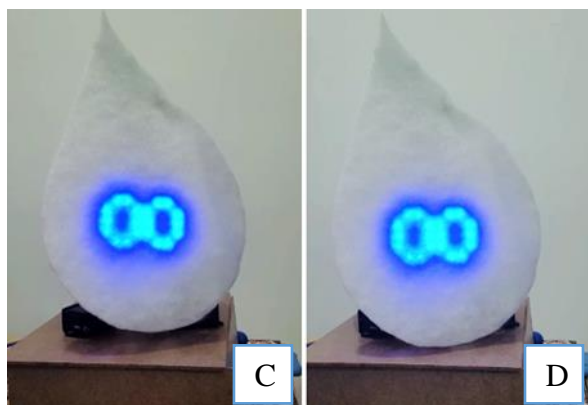


Fonte: Elaborado pela autora.

Ainda, foi possível observar a movimentação Animado no protótipo acoplado a casca, ilustrado pela Figura 30.

Figura 30- Movimentação do movimento Sim no protótipo real



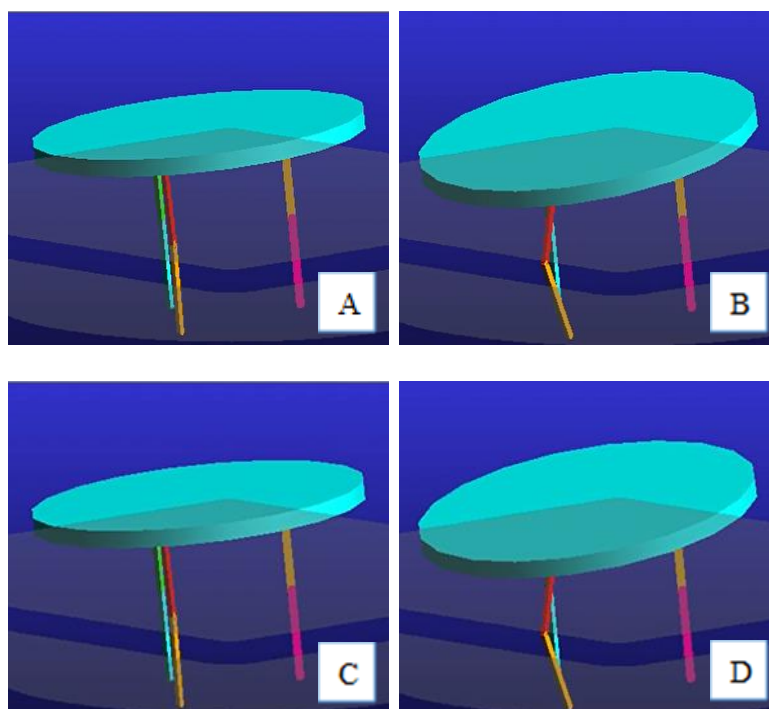


Fonte: Elaborado pela autora.

4.3 MOVIMENTAÇÃO TRISTE

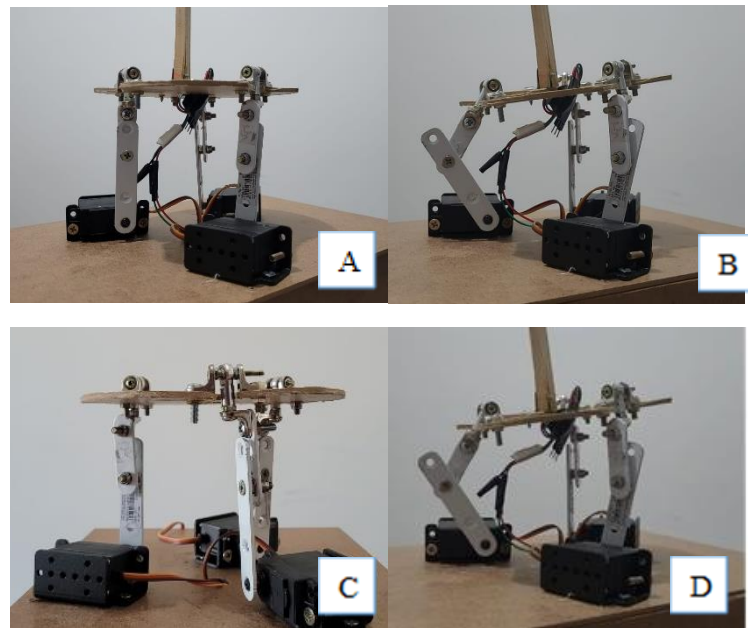
A movimentação Triste possui ângulos iniciais e finais idênticos ao da movimentação Sim, conforme evidenciado pela, Figura 31, Figura 32 e Figura 33 e documentado na Tabela 3 diferenciando-se somente pela velocidade do movimento que é quase 4 vezes mais lento.

Figura 31- Movimentação simulada em Adams do movimento Triste



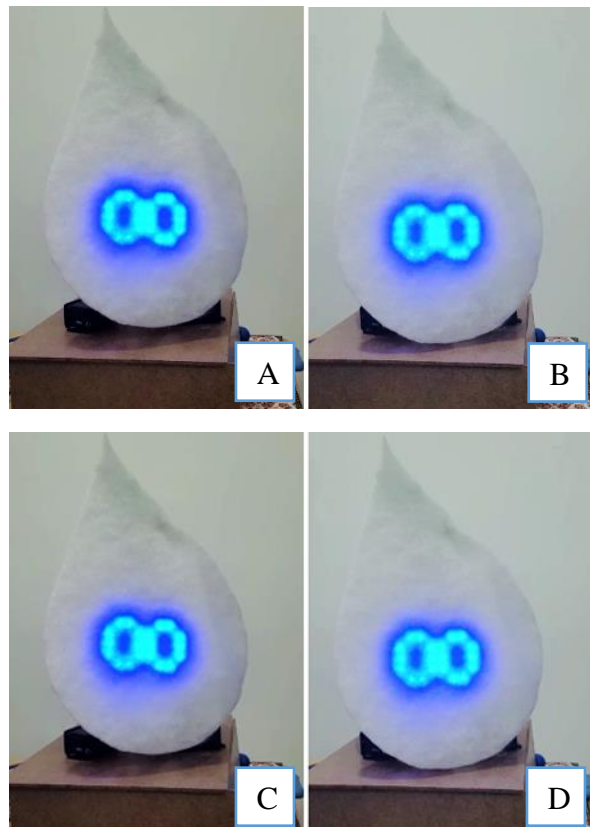
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 32- Movimentação do movimento Triste no protótipo real



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 33- Movimentação do movimento Triste no protótipo real



Fonte: Elaborado pela autora.

Destaca-se que a mudança na velocidade do movimento Triste se dá devido à emoção tristeza estar associada, a redução da velocidade de caminhada, movimentação dos braços e especialmente redução da velocidade dos movimentos de cabeça verticais (MICHALAK,2009).

5 CONCLUSÕES

A plataforma 3-RRS concebida no âmbito do presente trabalho apresentou resultado bastante satisfatório. A plataforma física apresentou um padrão de movimentação compatível com o modelo desenvolvido em ambiente simulado, atendendo, portanto, ao propósito do trabalho. Destaca-se, porém, a complexidade na construção e montagem mecânica das estruturas do protótipo.

Visto que a plataforma possui um baixo custo e complexidade média, esta pode ser uma alternativa na construção de robôs para interação homem máquina, destacada a sua semelhança de movimento com a plataforma MyKeepon adaptada que já tem sido utilizada para esta finalidade. O protótipo que foi capaz de realizar os movimentos Animado, Sim e Triste satisfatoriamente.

Por fim, como trabalhos futuros recomenda-se a construção de uma nova casca que se assemelhe mais ao personagem, o estudo de outros movimentos associados especialmente a outros tipos de olhos aumentando assim as possibilidades de comunicação não-verbal para que futuramente seja possível estudar a reação humana à estrutura construída.

REFERÊNCIAS

ADMONI, Henny. Bank, Caroline. Tan, Joshua. Toneva, Mariya. Scassellati, Brian. (2011). Robot gaze does not reflexively cue human attention. In: L. Carlson, C. Hölscher, and T. Shipley (eds.), **Proceedings of the 33rd Annual Conference of the Cognitive Science Society (CogSci 2011)**, 20-23. 1983-1988. Austin, TX: Cognitive Science Society. Boston, MA, jul., 2011.

ALVIM, Marian. Na saúde, Lula terá desafios como vacinação baixa e mortalidade maternal alta. **BBC News Brasil**, 8 out. 2022. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-63069465>. Acesso em: 13 nov. 2022.

AMARAL, Tábata. **Mais uma dose de esperança** [São Paulo], 03 set. 2021. Instagram: @tabataamaralsp. Disponível: <https://www.instagram.com/p/CTXnfDtHtoe/?igshid=MTk0MGU0NTkxNA%3D%3D>. Acesso em: 11 out. 2021.

BOLSONARO, Eduardo. **Nossa arma agora é a vacina**. [São Paulo], 12 mar. 2021. Twitter: @bolsonarosp. Disponível: <https://twitter.com/BolsonaroSP/status/1370485501145284609> . Acesso em: 11 out. 2021.

CAO, H., Van de Perre, G, Simut, R, Pop, C., Peca, A., Lefeber, D., Vanderborght, B., Enhancing My Keepon robot: A simple and low-cost solution for robot platform in Human-Robot Interaction studies. **The 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication**, Edinburgh, Scotland, UK. August 25-29, 2014.

GUIZZO, Erico. Klett, Randi “**How Robots became essential workers in the Covid-19 response.**” . 30 set. 2020 Disponível em: <<https://spectrum.ieee.org/robotics/medical-robots/how-robots-became-essential-workers-in-the-covid19-response> >. Acesso em: 11 jul 2021.

HARE, Brian. "Survival of the Friendliest: Homo sapiens Evolved via Selection for Prosociality" **Annual Review of Psychology** 2017 68:1, 155-186, 2017.

JIANFENG, Li. Jinsong, Wang. Wusheng, Chou. Yuru, Zhang. Tianmiao, Wang. Qixian, Zhang, "Inverse kinematics and dynamics of the 3-RRS parallel platform," **Proceedings 2001 ICRA. IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No.01CH37164)**, pp. 2506-2511 vol.3, doi: 10.1109/ROBOT.2001.932999, 2001.

KOZIMA, Hideki. Michalowski P, Marek. Nakagawa, Cocoro. A Playful Robot for Research, Therapy, and Entertainment. **Int J Soc Robot (2009)** 1: 3–18 , 2009.

MATHUR, B. Maya, Reichling, David. An Uncanny Game of Trust: Social Trustworthiness of Robots Inferred from Subtle Anthropomorphic Facial Cues, **HRI'09**, La Jolla, California, USA March 11–13. ACM 978-1-60558-404-1/09/03, mar., 2009.

MICHALAK, Johannes PhD; Troje, Nikolaus F. Dr rer nat; Fischer, Julia Dipl-Psych; Vollmar, Patrick Dipl-Psych; Heidenreich, Thomas PhD; Schulte, Dietmar PhD. Embodiment of Sadness and Depression—Gait Patterns Associated With Dysphoric Mood. **Psychosomatic Medicine: June 2009** - Volume 71 - Issue 5 - p 580-587. jun.,2009.

MINISTÉRIO da Saúde. [2019]. Disponível em: <https://giphy.com/MinisterioDaSaude/> . Acesso em: 13 out. 2022

PARK, E.. Kong, H. Lim, H.. Lee, J.. You, S. del Pobil, A. P. ."The effect of robot's behavior vs. appearance on communication with humans," 2011 **6th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)**, pp. 219-220, 2011.

STORE, Doppel. **Além das estampas de taxonomia, também vamos lançar amanhã nossa coleção das vacinas :D.**[São Paulo] 22 jan. 2021. Instagram: @doppel.store. Disponível: https://www.instagram.com/p/CKW0dqnDIYG/?img_index=1. Acesso em : 11 out. 2021.

TAKAYAMA,L. W. Ju and C. Nass, "Beyond dirty, dangerous and dull: What everyday people think robots should do," **2008 3rd ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)**, pp. 25-32, 2008.

TOTAL COVID-19 vaccine doses administered per 100 people. **Our World in Data**. 2022. Disponível em: [Ourworldindata.org./coronavirus](https://ourworldindata.org/coronavirus) Acesso em: 14 out. 2022.

VEIGA, Edison. Por que há vacinas injetáveis, em gotas e por via nasal — e como deve ser proteção contra covid-19. **BBC News Brasil**, 28 jul. 2020. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-53558298>>. Acesso em: 13 nov. 2022.

WHAT is a robot. Disponível em: < <https://robots.ieee.org/learn/what-is-a-robot/>> . Acesso em: 11 jul. 2021.

WHO. **Advice for public**. World Health Organization,[2021] Disponível em: <<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>>. Acesso em: 11 jul. 2021.

YANG PH., Waldron K.J., Orin D.E. Kinematics of a Three Degree-Of-Freedom Motion Platform for a Low-Cost Driving Simulator. In: Lenarcic J., Parenti-Castelli V. (eds) **Recent Advances in Robot Kinematics**. Springer, Dordrecht, 1996.

ZANLORENSSI ,Gabriel. Gomes, Lucas. Vacinação faz Brasil despencar no ranking de novas mortes por covid-19. **Nexo Jornal**, 29 set. 2021. Disponível em: <<https://www.nexojornal.com.br/grafico/2021/09/29/Vacina%C3%A7%C3%A3o-faz-Brasil-despencar-no-ranking-de-novas-mortes-por-covid-19>>. Acesso em: 11 jul. 2021