



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIBIC

**PIB10454-2021 - Robótica e a sociedade: Uma investigação sobre
robôs sociais e robótica educacional**

Robótica Socialmente Assistiva e sua aplicação no tratamento de crianças
autistas

Área do conhecimento: Engenharias
Subárea do conhecimento: Engenharia Eletrônica

Relatório Final

Período da bolsa: Setembro de 2021 a Agosto de 2022

PIBIC/CNPq

Orientador: Eduardo Oliveira Freire
Autora: Thauanne Santana Fonseca Valença

Sumário

1	Introdução	1
2	Objetivos	3
2.1	Objetivo Geral	3
2.2	Objetivos Específicos	3
3	Fundamentação Teórica	4
3.1	Robótica Socialmente Assistiva	4
3.1.1	Assistência a Idosos	4
3.1.2	Assistência a pessoas com necessidades de reabilitação pós AVC	5
3.1.3	Assistência a pessoas com Autismo	5
3.2	A tríade das Interações	6
4	Trabalhos Relacionados	8
5	Resultados e Discussões	12
5.1	Metodologia	12
5.2	Estudo de Caso	13
5.3	Incorporando robótica à terapia	14
5.4	Aspectos construtivos da plataforma móvel	15
5.4.1	Construção e Desenvolvimento da Plataforma Móvel	16
5.4.2	<i>Hardware</i> da Plataforma Móvel	17
5.5	Alterações no Plano de Trabalho	19
6	Considerações Finais	22
7	Perspectivas de Trabalhos Futuros	23
8	Atividades Complementares	24
9	Justificativa de Alteração do Plano de Trabalho	25
	Referências Bibliográficas	27

Capítulo 1

Introdução

Há uma tendência cada vez maior em vermos os robôs compartilhando o mesmo ambiente que os humanos. Porém essa interação não é recente. Os humanos têm interagido com robôs desde 1940 [1]. A revolução industrial teve a sua parcela de contribuição na inserção da robótica nas empresas e indústrias, proporcionando mudanças no sistema produtivo e avanços tecnológicos. Em meados dos anos 50, período em que começava a terceira revolução industrial, também conhecida como revolução Técnico-Científica-Informacional, foi desenvolvido pelo engenheiro norte americano George Deval o primeiro robô industrial [2]. Convencidos do potencial da robótica nas indústrias, grandes empresas passaram a investir na produção da tecnologia a partir da década de 80.

Entretanto, os robôs não se limitaram a esses ambientes. Atualmente, os robôs se tornaram populares em diversas aplicações [3] e têm sido utilizados em meios hospitalares, domésticos e até mesmo escolares. Diante dessa realidade, a interação homem-robô (do inglês *human-robot interaction* - HRI) pode ser definida como o estudo entre humanos, robôs e as formas como eles influenciam uns aos outros [4].

Um dos focos de estudo em HRI é interação a longo prazo com robôs sociais. Dentro desse contexto, as aplicações de robótica social com terapias e cuidados com a saúde possuem um grande potencial em auxiliar os seus usuários por um longo período de tempo [4]. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), tecnologia aplicada à saúde são “aplicações de conhecimento e habilidades organizadas na forma de dispositivos, medicamentos, vacinas, procedimentos e sistemas desenvolvidos para resolver um problema de saúde e melhorar a qualidade de vida” [5]. Um exemplo disso é a robótica socialmente assistiva (*socially assistive robotics* - SAR) cujo objetivo é proporcionar uma melhoria na qualidade de vida aos seus usuários com algum tipo de deficiência, física ou cognitiva, através da interação homem-robô.

Essa interação pode ser classificada entre física, social ou emocional [6]. A interação física envolve áreas de pesquisa como robótica de reabilitação e cirúrgica, ambas amplamente usadas na medicina atual [6]. Em contrapartida, a interação social ou emocional busca promover apoio motivacional sem o contato físico. Segundo Matarić e Scassellati[7],

essa interação pode auxiliar os usuários no desenvolvimento cognitivo, a exemplo das crianças diagnosticadas com transtorno de espectro autista (TEA).

O TEA é caracterizado por déficits sociais como dificuldades na comunicação e na linguagem corporal, reconhecimento de emoções em outras pessoas, presença de movimentos repetitivos e de atividades peculiares. Até o presente momento não existe cura para o autismo e sim tratamento. A interpretação desse transtorno como um déficit cognitivo resultou em abordagens terapêuticas que diminuíssem os danos desse déficit e estimulassem novas habilidades nesses indivíduos. Dentre as abordagens existentes, se destaca o ABA - Análise do Comportamento Aplicada (*Applied Behavior Analysis*) por ser um dos modelos de terapia mais populares no tratamento do autismo [8]. O ABA é baseado em dois princípios universais: a aprendizagem e o comportamento. Através de reforços positivos, as crianças atípicas se sentem estimuladas para responderem a alguma atividade realizada na terapia e novos comportamentos são inseridos ao cotidiano do paciente. De acordo com Sella e Ribeiro, reforços são consequências que aumentam a probabilidade de um comportamento voltar a ocorrer[9]. No caso do reforço positivo, as autoras comentam que essa nomenclatura é usada para uma situação em que uma modificação no ambiente resulta no surgimento de um estímulo reforçador[9].

Nas abordagens terapêuticas de crianças autistas, a robótica socialmente assistiva tem sido utilizada para estimular as capacidades cognitivas dessas pessoas, respeitando as suas limitações. Um robô socialmente assistivo possui um sistema que emprega estratégias de interação manual, fazendo uso da fala, expressões faciais e gestos de comunicação com o objetivo de prestar assistência de acordo com contextos específicos [6]. Segundo Murray, a justificativa em usar essa estratégia em terapia de crianças autistas se dá pelo fato de que pessoas com autismo tendem a fixar o olhar em objetos isolando-os da área ao redor [10]. Murray ainda afirma que o computador faz com o que o autista entre em túnel de atenção individual (*attention tunnel*) e concentre-se somente na tela ignorando eventos externos mais facilmente [10] [11].

Os pesquisadores que investigam os robôs como ferramentas auxiliares em terapias de crianças autistas relatam “um maior envolvimento, níveis aumentados de atenção e novos comportamentos sociais, como atenção conjunta e espontânea imitação quando os robôs fazem parte da interação” [12]. Diante disso, é proposto por esse plano realizar experimentos com psicólogos de funcionalidades dedicadas à terapia de crianças autistas implementadas em um robô real.

Capítulo 2

Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Este projeto tem como objetivo geral estudar os sistemas existentes de robôs que atuam em terapias de crianças com TEA e realizar experimentos com psicólogos de funcionalidades dedicadas à terapia de crianças autistas implementadas em um robô real.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre a aplicação da robótica socialmente assistiva em terapias de crianças autistas;
- Estudar sobre o uso de robôs dentro do contexto da robótica socialmente assistiva;
- Determinar um conjunto de atividades que o robô possa realizar em uma terapia;
- Realizar experimentos com psicólogos de funcionalidades dedicadas à terapia de crianças autistas implementadas em um robô real;
- Realizar testes em laboratório;
- Divulgar os resultados por meios de relatórios parcial e final e possivelmente artigos científicos.

Capítulo 3

Fundamentação Teórica

Neste capítulo, é abordada a base teórica utilizada para o desenvolvimento desse projeto de pesquisa, bem como o detalhamento de tópicos mais relevantes na área da Robótica Socialmente Assistiva e do transtorno de espectro autista.

3.1 Robótica Socialmente Assistiva

A SAR é definida por Feil-Seifer e Mataric como a intersecção entre a robótica assistiva (*assistive robotics* - AR) e a robótica socialmente interativa (*socially interactive robotics* - SIR) [6]. A AR possui o objetivo de dar assistência ao usuário humano com necessidades especiais[13]. Já a SIR busca desenvolver uma interação efetiva com o usuário humano. Os pesquisadores afirmam que a SAR possui o mesmo objetivo da AR, porém na SAR essa assistência é dada através da interação social. Tal característica justifica a semelhança da SAR com a robótica socialmente interativa. Entretanto, a SAR vai além e propõe uma interação próxima e efetiva com o usuário humano com o propósito de prover assistência e trazer resultados no processo de reabilitação e aprendizagem, por exemplo [6].

A ideia da robótica sendo usada na área da saúde é relativamente recente e foi desenvolvida com o foco em reabilitação e assistência pessoal para tarefas do dia a dia [14]. Diante disso, a seguir serão relatadas as principais aplicações da robótica socialmente assistiva: assistência a idosos, a pessoas com necessidades de reabilitação pós AVC e a pessoas com deficiência cognitiva e social.

3.1.1 Assistência a Idosos

Apesar da pandemia do Covid-19 ter afetado principalmente os idosos e provocado mortes nessa parte da população, a tendência de crescimento na proporção da população idosa irá continuar tanto no Brasil quanto no mundo [15]. A Organização das Nações Unidas (ONU) afirma que em 2025 haverá 36 milhões de idosos no Brasil, ou seja, 16,5% da população total [15]. O envelhecimento traz consigo grandes desafios para a população

idosa. Um exemplo é a necessidade de assistência física e cognitiva para essas pessoas. Essa necessidade é suprida pela medicina convencional através de profissionais humanos. Entretanto, os pesquisadores têm trabalhado em tecnologias alternativas que promovam independência nas atividades do cotidiano de idosos.

Os robôs pessoais ou assistenciais são criados para serem usados em instalações residenciais como lares e casas de idosos e podem ser divididos em duas categorias: robôs de reabilitação e robôs sociais assistivos [16] [17]. Os robôs de reabilitação têm como foco a assistência física e não são comunicativos. Cadeiras de rodas inteligentes, exoesqueletos e membros do corpo artificiais são alguns exemplos desses tipos de robôs [17]. Já os robôs sociais assistivos são subdivididos em duas classes: robôs de companhia e robôs de serviço.

Os robôs de serviço são usados como dispositivos de assistência e tem como objetivo trazer apoio e independência em atividades diárias do idoso, como comer, tomar banho, ir ao banheiro e também oferece apoio ao usuário na navegação do ambiente [16]. Os robôs de companhia visam melhorar a saúde psicológica dos idosos, a exemplo de animais robóticos de estimação que possuem o objetivo de reduzir os níveis de depressão e estresse em idosos [18][16] .

3.1.2 Assistência a pessoas com necessidades de reabilitação pós AVC

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) ou derrame, como é mais conhecido, é a segunda principal causa de morte e uma das principais causas de incapacidade no mundo [19]. Esse acidente ocorre quando o fluxo de sangue que vai para o cérebro é interrompido ou quando um vaso sanguíneo se rompe, causando hemorragia cerebral [20].

Pessoas que sofreram AVC podem apresentar sequelas motoras, psicológicas e cognitivas [19]. Entre eles, os pacientes que apresentam espasticidade, que é a contração excessiva ou involutária do músculo, necessitam ser encaminhados para a reabilitação. A robótica socialmente assistiva tem atuado nessa área provendo meios de direcionar exercícios de reabilitação. Um exemplo disso foi o robô que Kang e Mataric desenvolveram. com o objetivo de encorajar pacientes cardíacas a realizarem exercícios repetitivos de respiração [21].

3.1.3 Assistência a pessoas com Autismo

Uma das maiores aplicações da robótica socialmente assistiva é no tratamento de crianças autistas. Colton et al.[22] afirma que apesar de comportamentos sociais serem raros em crianças com autismo, o uso de robôs no tratamento desse transtorno pode estimular o aparecimento de habilidades sociais como imitação, olhar fixo e atenção conjunta .

A Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) define o TEA como uma série de condições caracterizadas por algum grau de comprometimento social, na comunicação e

na linguagem, e por interesses e atividades que são únicas para o indivíduo e realizadas de forma repetitiva [3]. Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), há cerca de 70 milhões de pessoas diagnosticadas com autismo em todo mundo, sendo que 1 em cada 160 crianças apresentam traços de autismo [3]. Uma das principais áreas afetadas por esse transtorno é a aprendizagem. A robótica tem sido utilizada nessa área proporcionando a oportunidade de estimular as capacidades cognitivas dessas crianças, respeitando as suas limitações. A grande questão é entender como os robôs podem ser utilizados para auxiliar na interação social desses usuários.

As crianças atípicas possuem dificuldades de iniciar interações sociais. Atividades aparentemente simples como pedir uma comida quando está com fome, podem desencadear crises em uma criança com autismo por ela não conseguir expressar o que quer. Por isso, são realizadas atividades na terapia para estimular essas habilidades sociais. E no caso da terapia ABA, método de tratamento abordado na introdução, esses estímulos são realizados através de reforços positivos, que são uma espécie de sistema de recompensas. É comum usar brinquedos, ou jogos eletrônicos como reforçadores. A justificativa para esse uso é o fato de objetos mecânicos serem simples e previsíveis e por isso podem ser muito atraentes para crianças com autismo [23]. Entretanto, diferente de usar somente um programa de computador ou ambientes virtuais, interações com o robô físico contribuem com aspectos importantes incorporados em tempo real, a exemplo de interação social de crianças autistas com humanos [24].

Por isso, pesquisadores têm estudado e ampliado a ideia de usar robôs para encorajar a criança a iniciar interações sociais de maneira proativa [23]. Uma das razões em usar robôs no tratamento de TEA é pelo fato da criança interpretar o robô como um brinquedo [22] e isso gerar empatia e envolvimento com a plataforma móvel. Embora máquinas não possam sentir empatia, para conseguir imitar esse sentimento, Tapus et al.[13] afirma que um sistema robótico deve ser capaz de reconhecer o estado emocional do usuário, deve comunicar-se com as pessoas e demonstrar emoções.

A seção 3.2 apresenta uma abordagem dentro da SAR que evidencia o robô como um mediador das interações entre a criança e outro humano. Tal abordagem proporciona um aumento no ganho nas terapias de crianças autistas e será relatada com mais detalhes a seguir.

3.2 A tríade das Interações

Um fator que influencia na resposta da criança ao uso de robôs em terapias é a aparência. Diante disso, robôs com aparências de animais ou brinquedos podem ser mais úteis do que robôs humanoides realistas [25][26]. Contudo, os pesquisadores Colton e Rick afirmam que o objetivo de uma pesquisa em SAR não deve ser melhorar a forma como as crianças brincam ou interagem com os robôs-brinquedo. O objetivo deve ser usar esses

objetos para melhorar a interação dessas crianças com outras pessoas [23]. Além disso, é importante ressaltar que essa subárea da robótica não visa substituir os tratamentos atuais, mas fornecer mais ferramentas e possibilidades aos profissionais da área.

Entre as tendências de estudo sobre robôs em terapias de crianças autistas, Colton et al.[22] afirmam que existe uma tendência capaz de permitir que a terapia com robôs alcance outros domínios sociais e a chama de "tríade das interações". Essa tríade proporciona e ajuda a criança a generalizar o que ela aprende com o robô para interagir com outras pessoas, sejam elas terapeutas, crianças ou familiares [23]. Essa tríade possui grande importância pois permite usar o robô como uma ferramenta na mão do terapeuta para estimular a sua interação com a criança.

A tríade de interações consiste em uma relação entre o robô, a criança e o companheiro da criança. Esse companheiro pode ser o terapeuta, professor ou até mesmo um parente. Analisando possíveis interações dentro da tríade com um robô autônomo, um exemplo é o da criança interagindo com o robô, o terapeuta pode assistir a interação e só intervir em situações inesperadas. Outra maneira é o terapeuta estar presente e influenciar a interação da criança com o robô através do método WOZ (*Wizard of Oz - WOZ*). Essa metodologia foi criada por John F. Kelley e consiste num sistema em que os participantes interagem com o robô acreditando na autonomia da máquina, mas o que de fato acontece é que um operador humano está escondido da criança e ele quem controla o robô. Esse operador pode estar em outra sala ou até na mesma sala, mas de uma maneira que a criança não perceba a influência dele no robô.

Laurel Riek relata que o operador humano no método WOZ é responsável por controlar algumas características do robô, como o movimento, navegação, fala e gestos [27]. Além disso, o pesquisador relata que uma das justificativas em usar o método WOZ é o fato de robôs não serem autônomos suficientes para interagir social ou fisicamente com um humano de maneira segura. Sendo assim, o operador humano pode planejar as futuras interações de acordo com a resposta do usuário. No caso de uma interação social, um robô controlado pelo método WOZ não promove necessariamente uma interação homem-robô, mas uma interação pessoa-pessoa tendo o robô como mediador.

Diante disso, na tríade com o método WOZ, o robô é visto como um facilitador que cria conexões entre a criança e o terapeuta [22]. Essa realidade pode ser vista no experimento com o robô ROBOTA [28] que será detalhado no capítulo 4.

Capítulo 4

Trabalhos Relacionados

Uma das principais áreas afetadas pelas consequências do transtorno do espectro autista é a aprendizagem das crianças. Atividades atreladas à tecnologia, a exemplo da robótica, têm contribuído nessa área proporcionando a essas crianças a oportunidade de estimular suas capacidades cognitivas, respeitando as suas limitações. Este capítulo discute trabalhos que apresentam como a robótica pode ser utilizada para auxiliar na aprendizagem de novas habilidades e na interação social desses indivíduos.

Em 1976, um robô de controle remoto foi usado com uma criança de 7 anos de idade com autismo e acredita-se que esse foi o primeiro uso de robôs móveis como ferramenta terapêutica para crianças [29]. Em 1988, foi desenvolvido um dos trabalhos mais conhecidos na área robótica socialmente assistiva no contexto do autismo, o projeto AURORA (Autonomous Robotic platform as a Remedial tool for children with Autism). Esse projeto teve como objetivo investigar como um robô autônomo móvel pode ser usado para estimular as crianças com TEA a tomar iniciativas na interação social a partir do uso do robô “brinquedo” [11, 12, 30]. Os experimentos do projeto foram realizados com a plataforma móvel Labo-1, um robô com formato quadrado e com 4 rodas como visto na figura 4.1. Os resultados mostraram que uma criança com autismo é capaz de distinguir objetos animados e inanimados, expressar maior atenção, risos e respostas vocais quando interage com uma plataforma robótica comparado com um caminhão brinquedo de mesmo porte da plataforma [30][31][32]

Outros experimentos foram realizados dentro do projeto AURORA, mas desta vez usando uma boneca humanoide. Robotica, robô usado em um dos experimentos, possui um corpo revestido por uma placa eletrônica e motores que acionam os braços, pernas e cabeça como visto na figura 4.2.

O pesquisador doutor Kerstin Dautenhahn em conjunto com outras universidades desenvolveu esse novo experimento com o objetivo de investigar como “brincar” de um jogo de imitação com o robô Robotica pode ajudar crianças autistas a adotar posturas para uma interação social [33].

Analisando a relação entre a imitação e o desenvolvimento cognitivo, Robis et al.[24]

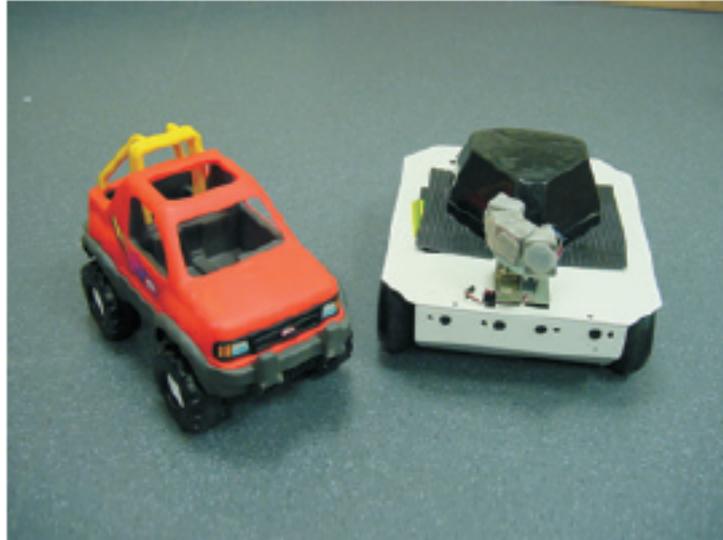


Figura 4.1: Ao lado esquerdo um caminhão de brinquedo e ao lado direito o robô AURORA



Figura 4.2: Robô Robotota, boneca humanoide usada nos experimentos

afirmam que a imitação desenvolve um papel importante na aprendizagem social tanto de adultos como de crianças. Vygotsky comenta, em um dos seus trabalhos sobre desenvolvimento cognitivo, que a imitação é “um dos caminhos básicos do desenvolvimento cultural da criança”. O autor ainda enfatiza como as crianças, ao imitarem os adultos, podem realizar tarefas que estão além do que elas poderiam realizar de maneira independente [33]. Existe uma divergência na literatura quanto a dificuldade de imitação em pessoas com autismo. Alguns pesquisadores afirmam que as crianças autistas apresentam dificuldades específicas no comportamento imitativo, enquanto outros mostram que crianças com TEA são capazes de imitar seus familiares [24].

Field et al.[34] afirma que atividades de imitação na terapia possuem grande potencial como ferramenta no tratamento clínico do autismo. Dentro desse contexto, o robô Robotota foi programado para trabalhar em dois modos:

1. Brinquedo Dançante. A boneca movia os braços, pernas e a cabeça de acordo com

o ritmo da música. Três tipos de música foram usados: músicas com rimas infantis, clássica e pop.

2. Fantoche. Esse nome foi dado pois o robô movimentava os braços, pernas e cabeça através de comandos dados por um operador humano, obedecendo princípios do método WOZ.

Como resultado, o experimento evidenciou que o papel do robô como mediador social pode ser potencializado tendo na interação o terapeuta, confirmando o que a tríade da interação afirma. Ou seja, quando o terapeuta ou operador está presente, ele está pronto para responder a qualquer oportunidade de interação. Isso também pôde ser visto em um dos experimentos apresentados em [28]. Neste experimento, a criança foi informada que estava participando de um jogo de imitação e que o robô deveria imitar os movimentos do jogador. A criança não sabia que era um operador humano que movia o robô (método WOZ). Em uma das interações o operador humano errou, sem intenção, a imitação e a criança riu e disse que o robô estava errado. Após corrigir o erro o operador, de maneira intencional, errou mais uma vez e a criança riu e disse que o robô estava errado. Em um outro momento a criança percebeu que uma pessoa manipulava o robô, então o operador errou mais uma vez e a criança passou a corrigi-lo, mas ainda rindo.

Então, o operador percebeu que quando o robô errava, a criança interagiu com ele através do robô. Ou seja, nesse experimento o robô foi o mediador da interação entre a criança e outra pessoa. Esse foi um dos experimentos realizados com o ROBOTA que evidenciou como a tríade robô-terapeuta-método WOZ influencia na interação social da criança autista com outras pessoas.

Outro trabalho estudado foi o experimento com o robô dinossauro Pleo [35]. Esse estudo foi realizado para examinar comportamentos sociais em crianças entre 4 a 12 anos durante 3 tríades de interação: criança-adulto-adulto, criança-adulto-jogo de computador e criança-adulto-robô dinossauro.

O robô Pleo 4.3, robô usado no experimento, foi pré-programado com dez comportamentos, entre eles: uma saudação, seis expressões afetivas, três expressões direcionais de interesse (esquerda, direita e centro) para o robô ser direcionado para objetos próximos. Ele também foi pré-programado com comportamentos não sociais: uma mordida (para segurar blocos), abrir a boca (para soltar blocos) e um comportamento de andar para frente, usado quando a condição de interação do robô exigia que ele interagisse com um objeto fora do seu alcance. Cada um desses comportamentos duravam 2 segundos e eram acionados por um controle remoto.

O método do Mágico de OZ (WOZ) também foi usado nesse experimento, ou seja, os participantes acreditavam na autonomia do robô e isso trouxe benefícios para interação com crianças autistas. Então, na verdade, o parceiro de interação adulto esteve nas 3 interações, pois ele operava o robô usando um controle remoto que estava escondido



Figura 4.3: Robô-brinquedo dinossauro Pleo usado nos experimentos

embaixo de uma prancheta. Os resultados do experimento revelaram que as crianças autistas pode provocar maior verbalização do que quando a interação era feita com parceiro adulto e com o jogo de computador [35]. A tríade criança-adulto-robô evidenciou que um robô social aumenta a interação social da criança autista com outra pessoa se comparada com as outras tríades do experimento (criança-adulto-adulto e criança-adulto-jogo de computador). Essas descobertas sugerem que robôs, com um guia clínico como um terapeuta, podem potencializar intervenções de comunicação e habilidades sociais para uma interação social [35].

Capítulo 5

Resultados e Discussões

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões alcançados sobre o desenvolvimento da plataforma móvel e a metodologia empregada no trabalho. Serão listadas possíveis atividades que o robô pode realizar em terapias com crianças autistas. Além disso serão discutidos os aspectos construtivos do robô.

5.1 Metodologia

A primeira etapa desse projeto consistiu uma revisão bibliográfica a respeito da robótica social e sobre os modelos robóticos atualmente usados como auxílio nas terapias com crianças autistas. Durante a fundamentação teórica, foram levantadas as principais aplicações da robótica socialmente assistiva. Além disso foi dada ênfase no estudo dessa área no contexto do autismo e quais os principais aspectos dessa abordagem.

A fim de entender melhor as necessidades das terapias de crianças com TEA e como a robótica poderia estar auxiliando no tratamento desses pacientes, foram realizadas conversas com especialistas da área. Sendo assim, essa atividade foi realizada antecipadamente do que o previsto no cronograma 9.1 e devido à vacinação contra COVID-19, essas conversas puderam acontecer presencialmente. Em uma dessas conversas a psicóloga Renata Elli, especializada em terapia ABA, fez o convite para assistir algumas consultas e ver as abordagens e atividades que são realizadas na terapia. Além disso, a aluna fez uma parceria com o Grupo de Estudos e Pesquisa em Linguagem e Comunicação Alternativa (GEPELC-UFS) sob a orientação da professora Rosana Givigi. A aluna também foi convidada para assistir consultas de fonoaudiologia de crianças autistas realizadas aqui na UFS.

Ao assistir as consultas, foi possível elencar quais atividades o robô poderia fazer em uma terapia ABA. A partir dessa definição, foi feito um diagrama de blocos e mapa mental sobre a plataforma móvel. O diagrama de blocos foi dividido em: estrutura, *hardware* e *software* e cada divisão abordava as características que o robô precisava ter para ser usado em terapias de crianças autistas.

Durante essa fase, a aluna percebeu a necessidade de adiar algumas atividades do cronograma de trabalho, como a realização de experimentos com psicólogos e realização de testes no laboratório. Mas esses ajustes não provocaram atrasos no cronograma, visto que a aluna adiantou as atividades relacionadas às entrevistas com especialistas.

Após a construção do diagrama de blocos, a aluna apresentou os resultados prévios da pesquisa ao GPR-UFS as decisões sobre estrutura do robô a fim de atualizá-los sobre o andamento do trabalho. Após a aprovação dos orientadores em relação a esquemático da plataforma móvel, foi realizada a montagem do robô e testes quanto a estrutura. Em seguida, foi realizado o desenvolvimento e montagem do *hardware* do robô e testes de inclusão de funcionalidades ao robô.

As atividades citadas acima serão detalhadas nas seções desse capítulo. Para dar suporte às decisões sobre as características do robô, foram avaliados os principais cenários em que ele poderia ser utilizado dentro da terapia de crianças com TEA. Esses cenários são apresentados na seção 5.2.

5.2 Estudo de Caso

A oportunidade de assistir a terapias com crianças autistas possibilitou a visualização de cenários de uso com o robô nesse contexto. Em especial, ao assistir uma consulta com uma criança de três anos de idade diagnosticada com autismo de grau moderado, foram anotadas as intervenções e atividades terapêuticas que serão comentadas a seguir.

A criança apresentava dificuldade em fazer contato olho a olho e possuía fala disfuncional, ou seja, as palavras pronunciadas eram sem propósito e de difícil compreensão. Durante a terapia, o reforço positivo foi usado para estimular a fala da criança e o reconhecimento de objetos. Em alguns momentos a criança se desconcentrava e se inquietava, não conseguindo realizar as tarefas propostas pela psicóloga. Nesse momento, a terapeuta intervia para conter a crise. Quando a criança realizava a atividade, ela podia brincar com uma boneca ou com um jogo no celular. A escolha desse jogo não era feita de forma aleatória, geralmente era de cunho educativo mas que trazia prazer para a criança. Um exemplo disso foi o jogo eletrônico de pareamento de objetos, em que objetos eram colocados em duas colunas e a criança tinha que ligar os objetos correspondentes. Assim, a criança passava um momento brincando e depois a psicóloga intervia para começar outra atividade. E o processo de estímulo e reforço positivo se repetia. Com base nas seções de terapia assistidas durante o desenvolvimento dessa pesquisa, a seguir serão relatados exemplos de atividades realizadas em uma terapia ABA.

- Atividade de Pareamentos de objetos: cinco cartões eram colocados no chão e a criança recebia outros cinco cartões. O objetivo dessa atividade é que a criança identificasse os cartões que eram iguais. Por exemplo, a criança recebia um cartão com a foto de uma bicicleta e deveria procurar o cartão no chão com a mesma foto.

- Imagens com animais eram colocados no chão. A psicóloga emitia o som de um animal e a criança deveria identificar a carta com a imagem do animal com o som correspondente. Por exemplo, o som “au au” era imitado e a criança deveria identificar a carta com a imagem de um cachorro.

- Atividade de Comportamento de ouvinte: Fichas com imagens de objetos eram colocados no chão, a psicóloga falava o nome da imagem e a criança tinha que identificar. Por exemplo, a psicóloga falava “me dá o sapato” e a criança tinha que pegar a ficha com a imagem de um sapato.

Um ponto a ser destacado foi a importância das intervenções terapêuticas em situações de crise. Em certo momento, a criança não estava conseguindo realizar a atividade e apresentou bastante inquietação seguido de choro. Então a terapeuta parou a atividade, colocou a criança no colo e mudou a tarefa para uma mais lúdica, rápida e que não demandasse muito esforço. E assim a criança conseguiu realizar essa segunda atividade proposta.

5.3 Incorporando robótica à terapia

Diante do que foi relatado nas seções acima, foi visto que o robô poderia ser usado como um possível reforçador positivo em terapias de crianças autistas. Além disso, para o projeto em questão, o robô será usado dentro da tríade de interação, visto que nessa configuração, o robô é o mediador da interação social da criança com outra pessoa. Além disso, a partir das evidências mostradas na literatura sobre a tríade criança-robô-método WOZ, foi escolhido que o robô não seria autônomo mas seria controlado pelo método WOZ. Esse método permite que a criança interprete o comportamento do robô como autônomo, mas o que de fato acontece é que existe um operador humano escondido controlando a máquina. Ou seja, o método WOZ possibilita uma interação pessoa-pessoa tendo o robô como mediador. Ademais, foram elencadas possíveis atividades que o robô poderia realizar na terapia.

A primeira atividade seria de pareamentos de objetos. Por exemplo, assim como na terapia, cinco cartões com figuras de objetos são colocados no chão e a criança recebe outros cinco cartões. A ideia é que o robô identifique um objeto e a criança ao olhar os cartões que recebeu, consiga identificar o mesmo objeto. Seguindo a mesma lógica, uma segunda atividade seria de identificação de cores. Outra atividade que o robô poderia realizar seria para estimular na criança o comportamento de ouvinte. Por exemplo, o robô emite a ordem "bate palma" e a ideia é que a criança realize a ação de bater palmas. Uma quarta atividade seria para a criança imitar o robô. A ideia é que o robô ande para frente, para trás, vire para esquerda e direita, emita uma palavra e a criança realize as mesmas tarefas. É válido ressaltar que todos os cenários de uso listados foram baseados nas atividades que são realizadas nas terapias convencionais com crianças autistas entre

2 e 7 anos de idade.

5.4 Aspectos construtivos da plataforma móvel

Durante as conversas com psicólogos e especialistas da área, foi relatado o custo alto do tratamento de pessoas com autismo. Um dos pontos relatados foi que o tratamento não envolve somente a psicoterapia. Alguns pacientes apresentam problemas na fala, no desempenho escolar e até mesmo na mobilidade, fazendo necessário o acompanhamento com fonoaudiólogo, psicopedagogo e outros terapeutas. Diante disso, criar uma estrutura complexa e cara não é viável, uma vez que seria mais uma forma de “terapia” com custo elevado. Diante dessa realidade, foi percebido que ter um robô humanoide iria encarecer e aumentar a complexidade do projeto. Isso também influenciou na escolha da movimentação do robô, sendo definido que ele teria rodas ao invés de ser bípede ou quadrúpede.

Outro ponto a ser destacado envolvendo a estrutura física é a aparência do robô. Na fundamentação teórica desse projeto foi relatado que robôs com aparência de brinquedo possuem resposta alta no tratamento com crianças autistas, uma vez que essa característica gera empatia e envolvimento da criança com a plataforma móvel. Sendo assim, foi escolhido que, para esse projeto, o robô seguiria características de um carro de brinquedo.

Além disso, ao analisar os cenários relatados na seção 5.2, foi possível identificar quais características o robô deveria ter para desempenhar as atividades listadas na seção 5.3. Para facilitar e organizar as decisões iniciais sobre a arquitetura do robô, foi construído o diagrama de blocos da plataforma móvel, representado na figura 5.1. Dessa forma, os aspectos construtivos do robô foram divididos em estrutura física, *hardware* e *software*.

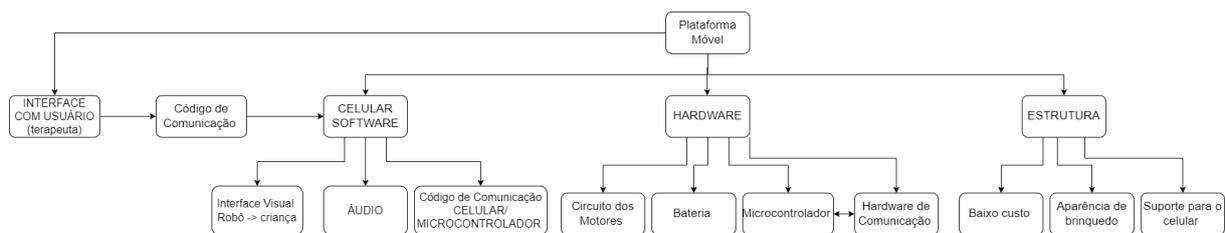


Figura 5.1: Diagrama de blocos abordando os aspectos construtivos da plataforma móvel

Para gerar mais empatia entre a criança e a plataforma móvel, foi decidido que robô teria uma interface visual através de uma tela de celular. Essa interface permitirá personificar a plataforma móvel, trazendo uma representação em forma de rosto para o robô. A fim de tornar o projeto menos complexo, esse mesmo celular servirá como plataforma para rodar o *software* do robô. Sendo assim, para trazer aspectos de áudio, o *software* trará um banco de áudios e sintetização de vozes. Isso permitirá que o robô possa emitir sons, como saudações e frases curtas. O módulo de comunicação permite que o *software* envie informações ao microcontrolador, componente necessário em que são processadas as instruções para o funcionamento do robô.

A parte eletrônica está associada ao *hardware* do robô e envolve o circuito para acionamento dos motores, a fonte de alimentação que pode ser uma bateria recarregável, o microcontrolador e o sistema de comunicação, podendo ser via *wifi* ou *bluetooth*.

Por fim, a operação do robô pelo método de Oz permitirá que o operador humano acione o robô. Essa interface poderá ser pelo computador ou por um aplicativo e se comunicará com o *software* via *wifi* ou *bluetooth*.

5.4.1 Construção e Desenvolvimento da Plataforma Móvel

O Grupo de Pesquisa em Robótica da UFS (GPR) desenvolveu um robô *Open-hardware* para inserção do ensino de robótica em escolas públicas de Sergipe. Desenvolvido usando o *software Fusion 360*, o projeto do Carla foi adequado para que sua estrutura física utilizasse diversos tipos de materiais. Assim, o Carla pode ser fabricado em Policloreto de vinila (PVC), Acrílico, *Medium Density Fiberboard* (MDF) e *Aluminium Composite Material* (ACM) como forma de se adaptar aos custos e materiais disponíveis na fabricação. A figura 5.4 apresenta o projeto original do Carla desenvolvido no *Fusion 360*.



(a)



(b)

Figura 5.2: (a) Vistas do Carla, (b) Projeto do Carla feito no *Fusion 360*

Dadas as características elencadas do robô durante essa pesquisa, foi construída uma plataforma móvel, com base no projeto original do Carla. Para o projeto em questão, foi

utilizado o MDF na estrutura física do robô devido ao baixo custo desse material. Os cortes de cada parte da estrutura do robô foram realizados em uma máquina de corte a laser.

A figura 5.3 apresenta o modelo para cortes do MDF de cada parte da estrutura. Após os cortes, esse mesmo modelo foi usado para a montagem do robô. Em algumas partes foi usada cola branca para fixar a estrutura e nas demais foram usados parafusos. O resultado final pode ser visto na figura 5.4.

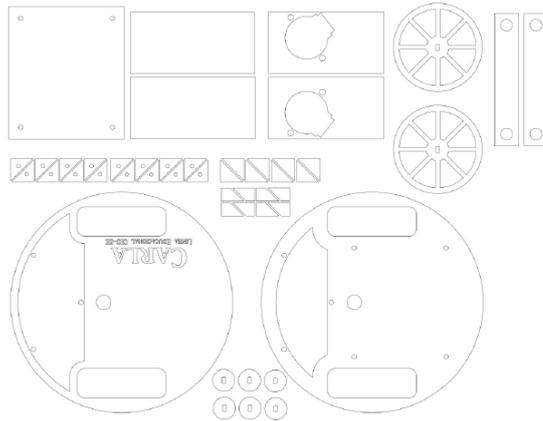


Figura 5.3: Modelo para corte a laser das partes da estrutura física da plataforma móvel

5.4.2 *Hardware* da Plataforma Móvel

A figura 5.5 apresenta o circuito de acionamento dos motores da plataforma móvel. Para o Carla, foram usados dois motores de passo visto que o projeto demandava precisão na execução das atividades.

O motor de passo possui em sua estrutura interna um enrolamento de fios de cobre, conhecidos como bobinas. Dessa forma, quando uma corrente elétrica passa pela bobina, ela gera um campo magnético, fazendo com que o motor seja movimentado. Essa corrente chega ao circuito através de um pulso de entrada e por esse motivo, faz-se necessário um controlador externo que forneça esse pulso fazendo com que o motor se mova. Assim, para que um motor com 4 bobinas se mova, são acionadas 1 bobina por vez, causando uma rotação de 45 graus no eixo do motor. A figura 5.6 apresenta um esquema do funcionamento do motor de passo de bobinas.

Sendo assim, foi definido que o nível lógico 0 estaria associado às bobinas desativadas e nível lógico 1 para bobinas ativadas. Para a plataforma móvel, foi utilizado o microcontrolador PIC16F873a que possui 28 pinos (14 pinos à direita e 14 pinos à esquerda). Como foi adotado um motor com 4 bobinas, os motores foram acoplados em uma porta do PIC de 8 bits (4 bits para um motor e 4 bits para o outro). Para simular um controle remoto, foram adicionados 4 botões ao circuito que representavam acionamento para frente, para trás, para esquerda e para direita.

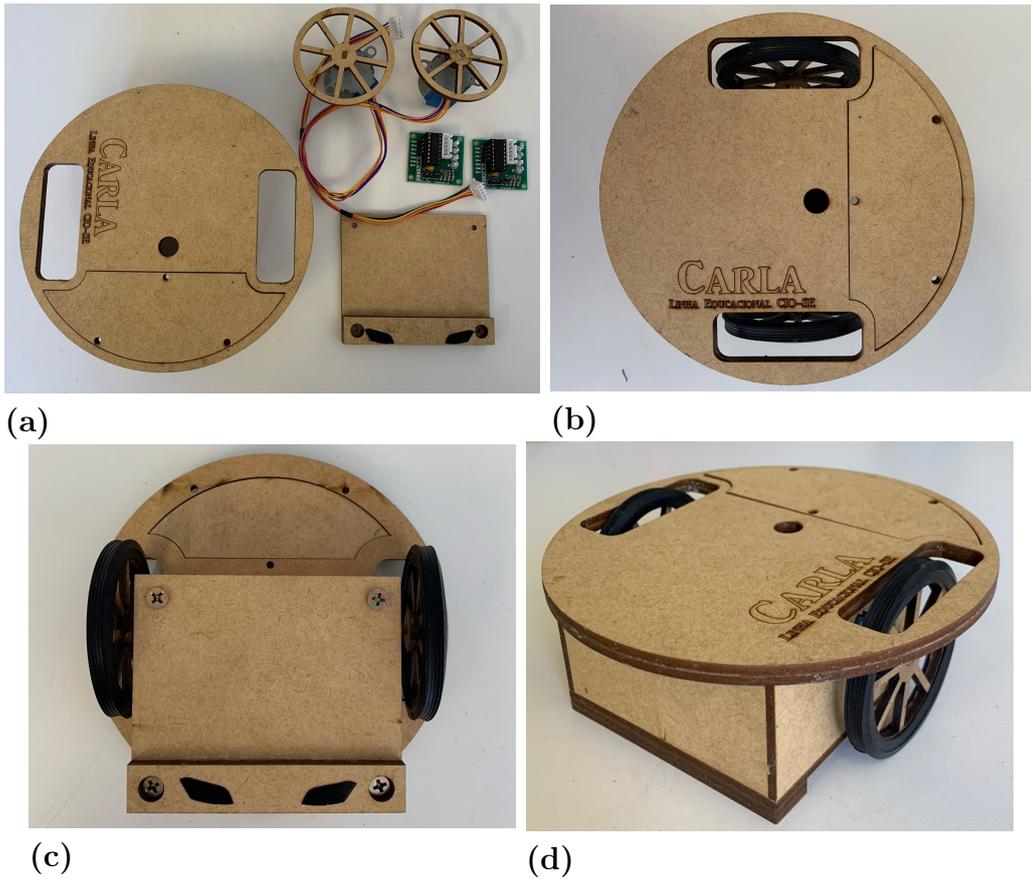


Figura 5.4: (a) Partes do robô coladas com cola branca e o motor de passo integrado na roda, (b) Vista superior da plataforma móvel montada (c) Vista inferior da plataforma móvel montada (d) Vista frontal da plataforma móvel montada.

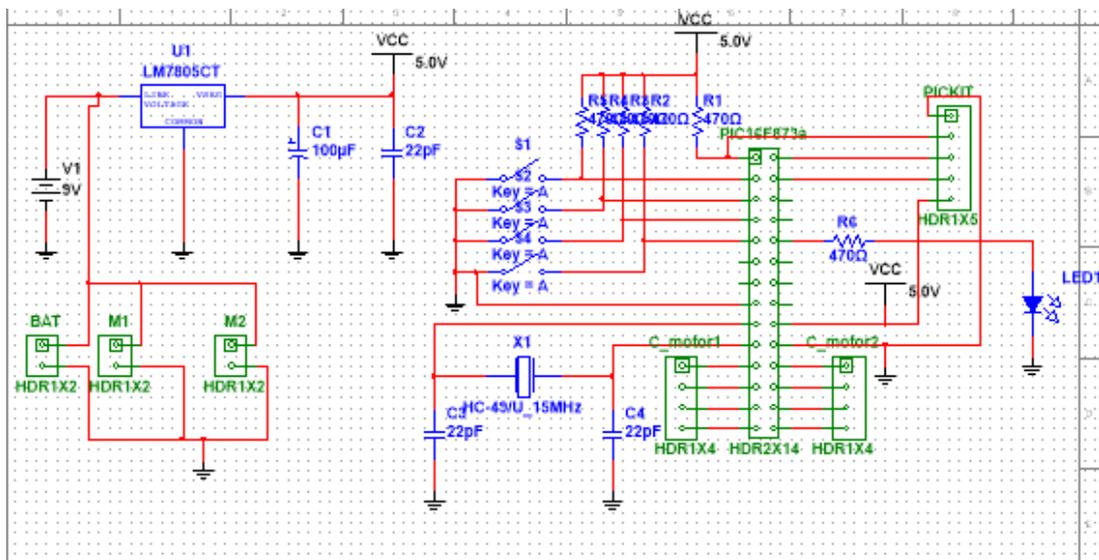


Figura 5.5: Circuito de acionamento dos motores da plataforma móvel

Para a escrita do programa foi utilizada a linguagem C e o compilador *mikroC PRO for PIC*. Após compilar o programa, o *mikroC* gera um arquivo em hexadecimal (xxx.hex). Dessa forma, para levar a informação do programa para o microcontrolador, era utilizado

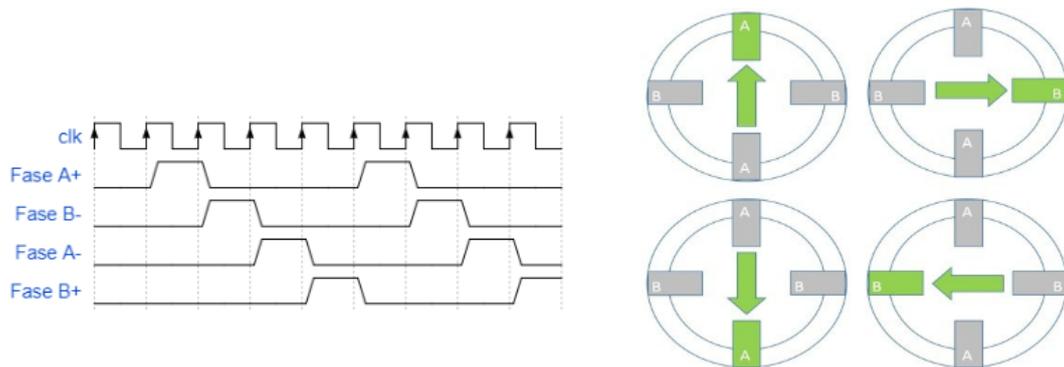


Figura 5.6: Funcionamento do motor de passo com acionamento de 4 bobinas

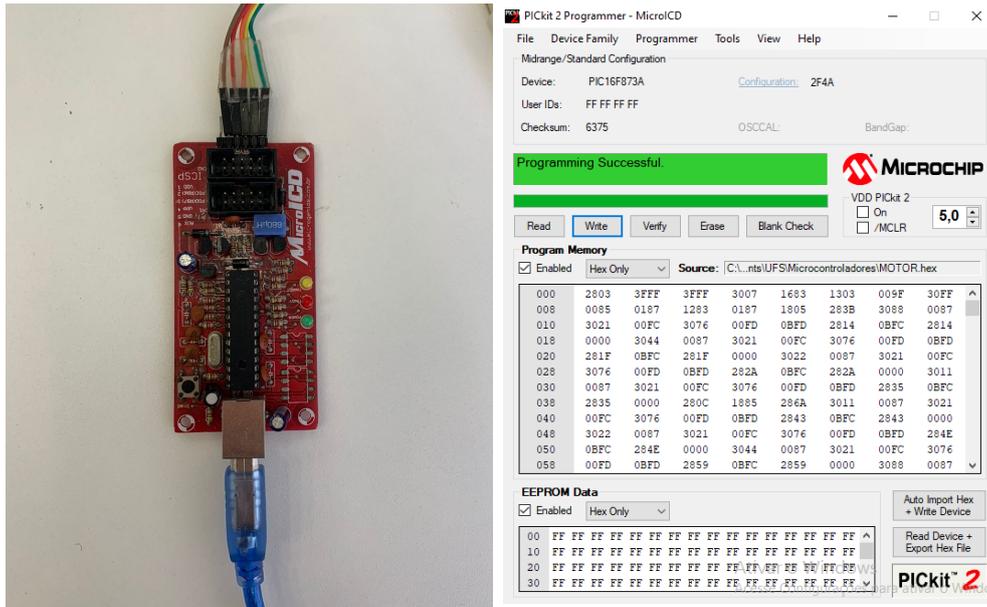
o *software PICKKIT 2* junto com o gravador PIC, como visto na figura (a) e (b) 5.7. O gravador PIC fornecia ao circuito da figura (c) 5.7 uma tensão de até 5V, e para o experimentos foram utilizados 4,5V. Mas somente com a alimentação do gravador não era fornecida corrente suficiente aos motores de passo, por isso foi usada uma fonte de alimentação para alimentar só os 2 motores, fornecendo uma tensão de 9V e uma corrente de 400 mA para eles.

Com base no circuito de acionamento dos motores da figura 5.5 e usando os softwares *Multisim* e *ultiboard* na versão 14.3 foi desenvolvido o circuito impresso da plataforma móvel representado pela figura 5.8. Para a confecção do circuito impresso, foi usado o método de Termotransferência no substrato de fenolite e o resultado pode ser visto na figura (d)5.8.

5.5 Alterações no Plano de Trabalho

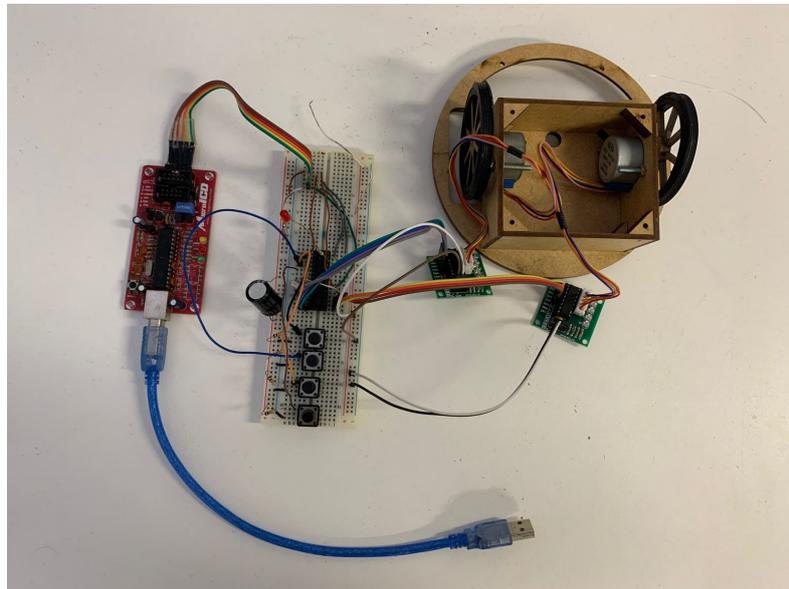
Algumas atividades propostas no plano original deste trabalho precisaram ser alteradas. Por exemplo, as conversas com os psicólogos precisaram ser antecipadas devido a necessidade de conhecer como funcionam as terapias com crianças autistas. Como esse trabalho foi iniciado durante a pandemia da COVID-19, inicialmente essas conversas foram feitas virtualmente pela plataforma Google Meet e posteriormente foram realizadas presencialmente. Outro motivo que contribuiu na mudança do planejamento deste plano de trabalho, foi o convite realizado pelo professor Sidney Givigi para um projeto em Robótica Socialmente Assistiva com parceria internacional da *Logotipo do comerciante Queen's University*. Assim, foi decidido que para essa pesquisa seria construída a parte da estrutura física e o *hardware* da plataforma móvel. Foi percebido que a construção e a implementação do *software* e do sistema de comunicação era mais complexo do que havia sido previsto e demandaria um estudo mais aprofundado e específico para essas partes.

Além disso, por motivos de saúde, a aluna não conseguiu executar os experimentos com os psicólogos. Diante disso, houve uma alteração no cronograma de atividades proposto



(a)

(b)



(c)

Figura 5.7: (a) Gravador PIC - *PICKKIT 2*, (b) software *PICKKIT 2* com código em hexadecimal do acionamento dos motores, (c) protótipo de acionamento dos motores da plataforma móvel

inicialmente para esse plano de trabalho. Isso será relatado com mais detalhes no capítulo 9.

Capítulo 6

Considerações Finais

Neste projeto de pesquisa foi realizada uma revisão bibliográfica que abrange áreas da robótica social, focando na robótica socialmente assistiva no contexto do transtorno de espectro autista. Nesta revisão foram levantadas as principais aplicações dessa área e foi dada uma ênfase no transtorno do espectro autista. Foram estudados trabalhos relacionados ao tema desta pesquisa para ver como robôs são usados para estimular a interação social e as capacidades cognitivas de crianças com TEA. Essa etapa possibilitou que a aluna entendesse como a aparência do robô influencia na resposta da criança e como um robô-brinquedo pode gerar empatia e aumentar o ganho na interação social desses indivíduos.

Por meio de entrevistas com psicólogos e do estudo realizado na fundamentação teórica, foi verificada a importância da presença do terapeuta e como a tríade das interações potencializa a interação social de uma criança autista. Diante disso, foi escolhido que para o projeto em questão o robô seria controlado pelo método WOZ, por ser simples e eficaz, e que ele atuaria como mediador para estimular a interação da criança com outra pessoa.

Além disso, o cronograma de trabalho precisou ser alterado. A fim de entender quais características o robô precisava ter para atuar em terapias, a aluna antecipou as conversas com especialistas da área e teve a oportunidade de assistir consultas com crianças atípicas. A partir disso, a aluna elencou as atividades e intervenções que o psicólogo realiza em terapias com crianças autistas e assim pôde estruturar os aspectos construtivos do robô. Através de mapas mentais, diagrama de blocos e conversas com colegas e professores do grupo de pesquisa, a aluna listou características do robô ligadas a estrutura, *hardware* e *software*. Em seguida a aluna desenvolveu e construiu a plataforma móvel. Os testes de acionamento dos motores e inclusão de funcionalidades ao robô foram realizados no laboratório de robótica da UFS. Além disso, a aluna foi convidada para participar de um projeto com parceria internacional na área de Robótica Socialmente Assistiva.

Capítulo 7

Perspectivas de Trabalhos Futuros

Tendo em vista às alterações realizadas no plano de trabalho, as perspectivas de futuros trabalhos consistem na implementação do *software* e do sistema de comunicação da plataforma móvel. Também deverão ser realizados experimentos com psicólogos. Esses resultados serão incorporados no próximo projeto, cujo objetivo é investigar a interação homem-robô aplicada a terapia de crianças autistas, usando a técnica do Mágico de OZ.

Além disso, é esperado a realização dos primeiros experimentos do projeto em parceria com uma universidade do Canadá. Por fim, a aluna pretende escrever um artigo apresentado os resultados obtidos nessa pesquisa.

Capítulo 8

Atividades Complementares

Durante o desenvolvimento deste trabalho, a aluna participou da Semana de Engenharias Elétrica e Eletrônica e apresentou um trabalho sobre a Robótica Socialmente Assistiva. A aluna também apresentou um trabalho sobre os resultados alcançados na pesquisa anterior no Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica, realizada pelo grupo de pesquisa em Instrumentação da UFS . Além disso, a aluna recebeu um convite do professor Sidney Givigi para participar de um projeto com parceria internacional com a *Queen's University*, no Canadá. Esse projeto é na área de Robótica Socialmente Assistiva, mas possui aplicação com crianças com deficiência motora.

Aluna também esteve envolvida nas atividades internas do grupo de Pesquisa em Robótica da UFS (GPR-UFS), tendo assumido uma das vagas na coordenação discente do laboratório. Além disso, a aluna juntamente com outros alunos, organizou a realização de minicursos para estudantes recém ingressos no GPR-UFS .

Capítulo 9

Justificativa de Alteração do Plano de Trabalho

Devido ao surgimento de uma oportunidade na participação de um projeto internacional e problemas de saúde da aluna, foram necessárias alterações no plano de trabalho proposto inicialmente. Um exemplo disso foi a realização dos experimentos com os psicólogos presencialmente no laboratório. Porém, as reuniões com os especialistas da área foram mantidas de maneira virtual e às idas aos consultórios ocorreram também.

Para o cronograma inicial, esperava-se o cumprimento das atividades relatadas na tabela 9.1. Entretanto, devido aos motivos apresentados acima, foi decidido que para o projeto não seria implementado o sistema de comunicação e o *software*. Diante disso, foi decidido em comum acordo com os orientadores, que os experimentos com os psicólogos e a implementação do *software* seriam feitos para a próxima pesquisa.

A tabela 9.1 apresenta o cronograma inicial de atividades. A tabela 9.2 apresenta o cronograma atualizado das atividades que foram realizadas nesse projeto.

- A1: Revisão bibliográfica sobre os temas abordados pelo projeto;
- A2: Definição do conjunto de atividades para o robô realizar durante a terapia;
- A3: Realização de experimentos com psicólogos de funcionalidades dedicadas à terapia de crianças autistas implementadas em um robô real;
- A4: Realização de testes em laboratório;
- A5: Ajustes e inclusão de funcionalidades ao robô;
- A6: Conversas com psicólogos e especialistas da área;
- A7: Redação de relatórios científicos para divulgação dos resultados e conhecimentos obtidos.

Tabela 9.1: Cronograma inicial de atividades proposto para a realização do projeto.

	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
A1	X	X	X	X	X							
A2		X	X	X	X	X	X					
A3			X	X	X	X						
A4							X	X	X	X	X	
A5							X	X	X	X	X	
A6							X	X	X	X	X	
A7						X	X				X	X

Tabela 9.2: Cronograma de atividades atualizado

	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
A1	X	X	X	X	X							
A2		X	X	X	X	X	X					
A4								X	X	X	X	X
A5								X	X	X	X	X
A6							X	X	X	X	X	
A7						X	X				X	X

Referências Bibliográficas

- [1] Terrence Fong, Charles Thorpe e Charles Baur. Collaboration, dialogue, human-robot interaction. In *Robotics Research*, pages 255–266. Springer, 2003.
- [2] Brian Rooks. The harmonious robot. *Industrial Robot: An International Journal*, 2006.
- [3] T Pachidis, E Vrochidou, VG Kaburlasos, S Kostova, M Bonković e V Papić. Social robotics in education: State-of-the-art and directions. In *International Conference on Robotics in Alpe-Adria Danube Region*, pages 689–700. Springer, 2018.
- [4] Iolanda Leite, Carlos Martinho e Ana Paiva. Social robots for long-term interaction: a survey. *International Journal of Social Robotics*, 5(2):291–308, 2013.
- [5] Hudson Pacifico da Silva e Flavia Tavares Silva Elias. Incorporação de tecnologias nos sistemas de saúde do Canadá e do Brasil: perspectivas para avanços nos processos de avaliação. *Cadernos de Saúde Pública*, 35:e00071518, 2019.
- [6] David Feil-Seifer e Maja J Mataric. Defining socially assistive robotics. In *9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005.*, pages 465–468. IEEE, 2005.
- [7] Maja J Matarić e Brian Scassellati. Socially assistive robotics. *Springer handbook of robotics*, pages 1973–1994, 2016.
- [8] Liliane Ocalxuk. Método ABA: conheça uma das terapias mais eficazes no tratamento do autismo. <https://www.autismoemdia.com.br/blog/metodo-aba-conheca-uma-das-terapias-mais-eficazes-no-tratamento-do-autismo/>, 2020. [Online; Acesso em 25 de março de 2021].
- [9] Ana Carolina Sella e Daniela Mendonça Ribeiro. *Análise do comportamento aplicada ao transtorno do espectro autista*. Appris Editora e Livraria Eireli-ME, 2018.
- [10] Dinah KC Murray. Autism and information technology: therapy with computers. In *Autism and Learning (Classic Edition)*, pages 98–113. Routledge, 2011.

- [11] T Fong, C Thorpe e C Baur. Collaboration, dialogue and human-robot interaction, 10th international symposium of robotics research (lorne, victoria, australia). In *Proceedings of the 10th International Symposium of Robotics Research*, 2001.
- [12] Brian Scassellati, Henny Admoni e Maja Matarić. Robots for use in autism research. *Annual review of biomedical engineering*, 14:275–294, 2012.
- [13] Adriana Tapus, Mataric Maja e Brian Scassellatti. The grand challenges in socially assistive robotics. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 14(1):N–A, 2007.
- [14] Roger Bemelmans, Gert Jan Gelderblom, Pieter Jonker e Luc De Witte. Socially assistive robots in elderly care: a systematic review into effects and effectiveness. *Journal of the American Medical Directors Association*, 13(2):114–120, 2012.
- [15] José Eustáquio Diniz Alves. A pandemia da covid-19 e o envelhecimento populacional no brasil. *Revista Longeviver*, 2020.
- [16] Reza Kachouie, Sima Sedighadeli, Rajiv Khosla e Mei-Tai Chu. Socially assistive robots in elderly care: a mixed-method systematic literature review. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 30(5):369–393, 2014.
- [17] Joost Broekens, Marcel Heerink, Henk Rosendal et al. Assistive social robots in elderly care: a review. *Gerontechnology*, 8(2):94–103, 2009.
- [18] Kazuyoshi Wada, Takanori Shibata, Tomoko Saito e Kazuo Tanie. Analysis of factors that bring mental effects to elderly people in robot assisted activity. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, volume 2, pages 1152–1157. Ieee, 2002.
- [19] Pós AVC. O que é AVC e como reabilitar. https://www.portalreabilitacao.com.br/posavc/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=search_reabilitacao_avc&utm_term=avc, 2021. [Online; Acesso em 19 de janeiro de 2022].
- [20] PFIZER. O que o acidente vascular cerebral, quais os tipos, como prevenir e tratar. <https://www.pfizer.com.br/noticias/ultimas-noticias/o-que-e-acidente-vascular-cerebral-AVC-tipos-prevencao-tratamento>, 2019. [Online; Acesso em 19 de janeiro de 2022].
- [21] Kyong Il Kang, Sanford Freedman, Maja J Mataric, Mark J Cunningham e Becky Lopez. A hands-off physical therapy assistance robot for cardiac patients. In *9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005.*, pages 337–340. IEEE, 2005.

- [22] Mark B Colton, Daniel J Ricks, Michael A Goodrich, Behzad Dariush, Kikuo Fujimura e Martin Fujiki. Toward therapist-in-the-loop assistive robotics for children with autism and specific language impairment. *autism*, 24:25, 2009.
- [23] Daniel J Ricks e Mark B Colton. Trends and considerations in robot-assisted autism therapy. In *2010 IEEE international conference on robotics and automation*, pages 4354–4359. IEEE, 2010.
- [24] Ben Robins, Kerstin Dautenhahn, Rene Te Boekhorst e Aude Billard. Robotic assistants in therapy and education of children with autism: can a small humanoid robot help encourage social interaction skills? *Universal access in the information society*, 4(2):105–120, 2005.
- [25] Cady M Stanton, Peter H Kahn, Rachel L Severson, Jolina H Ruckert e Brian T Gill. Robotic animals might aid in the social development of children with autism. In *2008 3rd ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pages 271–278. IEEE, 2008.
- [26] Ben Robins, Kerstin Dautenhahn e Janek Dubowski. Does appearance matter in the interaction of children with autism with a humanoid robot? *Interaction studies*, 7(3):479–512, 2006.
- [27] Laurel D Riek. Wizard of oz studies in hri: a systematic review and new reporting guidelines. *Journal of Human-Robot Interaction*, 1(1):119–136, 2012.
- [28] Ben Robins e Kerstin Dautenhahn. The role of the experimenter in hri research—a case study evaluation of children with autism interacting with a robotic toy. In *ROMAN 2006-The 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pages 646–651. IEEE, 2006.
- [29] Audrey Duquette, François Michaud e Henri Mercier. Exploring the use of a mobile robot as an imitation agent with children with low-functioning autism. *Autonomous Robots*, 24(2):147–157, 2008.
- [30] Kerstin Dautenhahn e Iain Werry. Towards interactive robots in autism therapy: Background, motivation and challenges. *Pragmatics & Cognition*, 12(1):1–35, 2004.
- [31] Kerstin Dautenhahn. Design issues on interactive environments for children with autism. In *In: Procs of ICDVRAT 2000, the 3rd Int Conf on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*. University of Reading, 2000.

- [32] Kerstin Dautenhahn e Iain Werry. A quantitative technique for analysing robot-human interactions. In *IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems*, volume 2, pages 1132–1138. IEEE, 2002.
- [33] Aude Billard. Robota: Clever toy and educational tool. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4):259–269, 2003.
- [34] Tiffany Field, Tory Field, Chris Sanders e Jacqueline Nadel. Children with autism display more social behaviors after repeated imitation sessions. *Autism*, 5(3):317–323, 2001.
- [35] Elizabeth S Kim, Lauren D Berkovits, Emily P Bernier, Dan Leyzberg, Frederick Shic, Rhea Paul e Brian Scassellati. Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 43(5):1038–1049, 2013.