



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA

BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

TEABOT – Robô para treinamento de expressões faciais emocionais para pessoas com Transtorno do Espectro do Autismo

Por

José Antônio Pedro dos Santos

Serra Talhada,
Janeiro/2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

JOSÉ ANTÔNIO PEDRO DOS SANTOS

**TEABOT – Robô para treinamento de
expressões faciais emocionais para pessoas com
Transtorno do Espectro do Autismo**

Projeto de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel.

Orientador: Profa. Dra. Ellen Polliana Ramos Souza
Coorientador: Dr. Pablo Vinícius Alves de Barros

Serra Talhada,
Janeiro/2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada - PE, Brasil.

S237t Santos, José Antônio Pedro dos

Teabot: Robô para treinamento de expressões faciais emocionais para pessoas com Transtorno do Espectro do Autismo / José Antônio Pedro dos Santos. – Serra Talhada, 2019.

87 f.: il.

Orientadora: Ellen Polliana Ramos Souza

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Sistemas de Informação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 2019.

Inclui referências e apêndices.

1. Robótica. 2. Tecnologia assistiva. 3. Autismo. I. Souza, Ellen Polliana Ramos, orient. II. Título.

CDD 004

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

JOSÉ ANTÔNIO PEDRO DOS SANTOS

**TEABOT – ROBÔ PARA TREINAMENTO DE EXPRESSÕES FACIAIS
EMOCIONAIS PARA PESSOAS COM TRANSTORNO DO
ESPECTRO DO AUTISMO**

Trabalho de Conclusão de Curso julgado adequado para obtenção do título de Bacharel
em Sistemas de Informação, defendido e aprovado por unanimidade em 17/01/2019
pela banca examinadora.

Banca Examinadora:

Prof.^a Ellen Polliana Ramos Souza
Orientadora
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Hidelberg Oliveira Albuquerque
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.^a Richarlyson Alves D'Emery
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico este trabalho à minha família, os quais sempre acreditaram na minha capacidade de atingir minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço a Deus, que em sua graça, me permitiu trilhar essa grande jornada que tive nos últimos cinco anos.

Agradeço aos meus pais, pela confiança investida em minhas capacidades. Especialmente à minha mãe, Eunides Roberto, por seu apoio incondicional durante toda minha vida estudantil e, ao meu pai Tadeu Pedro, por seus conselhos e apoio.

Agradeço aos meus professores: Zildomar, Richarlyson e Hidelberg, os quais sempre me fizeram extrair meu potencial durante cada etapa dessa jornada, e em especial à minha orientadora Ellen Polliana, a qual tem me orientado com excelência, que além disso, se tornou uma ótima amiga.

Agradeço a todos os meus amigos que estiveram junto comigo durante minha vida, cada momento que dividi com eles, me tornaram uma pessoa mais forte. Em especial, a Thamila que sempre esteve presente durante esse percurso acadêmico, a Eduardo, Fabrício, Murilo e João Emerson que compartilharam um pedacinho da sua vida ao meu lado. Meus sinceros agradecimentos a todos que, de alguma forma, fizeram parte da minha vida, e podem ter certeza, vocês me ajudaram a se tornar uma pessoa melhor.

Agradeço a Associação de Pais e Amigos de Serra Talhada pelo enorme apoio, em especial a equipe multidisciplinar, formada pela terapeuta Lívia Rabelo, a psicóloga Wendjany Bezerra e a fonoaudióloga Mayanna Rodrigues, as quais auxiliaram a finalização deste trabalho. Também agradeço à esta instituição de ensino superior, a qual egresso para uma nova missão, para explorar novos triunfos, para pesquisar novas possibilidades, novas realizações, audaciosamente ir onde ninguém jamais esteve.

*“As necessidades de muitos sobrepõem-se
às necessidades de poucos... Ou a de um só.”*

(Spock, Star Trek)

RESUMO

Atualmente, ocorre um caso de autismo a cada 110 pessoas no mundo inteiro e estima-se que no Brasil existem cerca de 2 milhões de indivíduos com autismo. O Transtorno do Espectro Autista é caracterizado por déficits persistentes na comunicação social e interação social em múltiplos contextos, indivíduos com este transtorno têm dificuldades na consciência emocional, resultando em uma condição conhecida como Alexitimia, caracterizada pela dificuldade em identificar e descrever sentimentos, condição essa que afeta 50% da população autista. Dessa forma, é possível utilizar tratamentos como a análise do comportamento, terapias ocupacionais, fonoaudiólogo, fisioterapia, que visam diminuir os sintomas causados por esse transtorno. Por outro lado, é visto na literatura robôs capazes de interagir com indivíduos autistas, visando aprimorar alguma habilidade específica desses indivíduos, robôs com essas características são chamados de socialmente assistivos. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo desenvolver um robô social assistivo capaz de treinar o reconhecimento e representação das seis expressões faciais universais em crianças e jovens com autismo que possuem dificuldades em realizar essas expressões. O robô desenvolvido neste trabalho possui característica não humanoide, e ainda conta com recursos audiovisuais. Todos os seus componentes físicos e lógicos são controlados por uma placa Raspberry Pi 3 e implementado um sistema para representar as seis expressões faciais universais, o qual foi incorporado um sistema de reconhecimento facial. Três diferentes versões do robô foram desenvolvidas. Por fim, dois experimentos foram desenvolvidos, com total de 19 participantes, em 19 dias dedicados para a execução dos experimentos, foram realizadas mais de 50 sessões com os participantes, atingindo um pouco mais de 1000 minutos de interação com os indivíduos e capturadas mais de 15 mil imagens em duas versões do TEABot. Baseado na análise dos resultados obtidos com a execução do experimento, tornou possível identificar que os participantes apresentaram maior dificuldade em imitar as expressões de tristeza, raiva, nojo e medo. De acordo com os experimentos realizados e as informações coletadas com os pais dos participantes, tornou possível levantar evidências que o robô TEABot é capaz de treinar expressões faciais em pessoas com dificuldades em representar e reconhecer tais emoções.

Palavras-chave: Robótica. Inclusão. Tecnologia Assistiva. Autismo. Distúrbio da Alexitimia.

ABSTRACT

Actually, there is one case of autism for every 110 people in the world, and it is estimated that in Brazil there are about 2 million individuals with autism. Autistic Spectrum Disorder is characterized by persistent deficits in social communication and social interaction in multiple contexts; individuals with this disorder have difficulties in their emotional awareness, resulting in a condition that known as Alexithymia, characterized by the difficulty in identifying and describing feelings, this condition affects 50% of the autistic population. In this way, it is possible to use treatments such as behavioral analysis, occupational therapies, speech therapist, physiotherapy, aimed to reducing the symptoms caused by this disorder. On the other hand, it is possible to see in the literature robots that is capable of interacting with autistic individuals, aiming at improving some specific skill of these people, these robots are called socially assistive. In this sense, this work aimed to develop an assistive social robot capable of training the recognition and representation of the six universal facial expressions in children and adolescents with autism, and have difficulties in performing these expressions. The robot developed in this work have a non-humanoid characteristics, and still have audiovisual resources. All the physical and logical components are controlled by a Raspberry Pi 3 and implemented a system to represent the six universal facial expressions, which incorporated the facial recognition system. Three different versions of the robot were developed. Finally, two experiments were developed, with a total of 19 participants, in 19 days dedicated to the execution of the experiments, more than 50 sessions were carried out with the participants, reaching a little more than 1000 minutes of interaction with the individuals and, captured more of 15 thousand images by two versions of TEABot. Based on the analysis of the results obtained with the execution of the experiment, it became possible to identify that the participants presented greater difficulty in imitating expressions of sadness, anger, disgust and fear. According to the experiments carried out and the information collected with the parents of the participants, it became possible to gather evidence that the TEABot robot is able to train facial expressions in people with difficulties in representing and recognizing these emotions.

Keywords: Robotics. Inclusion. Assistive Technology. Autism Spectrum Disorder. Disturbance of Alexithymia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – O robô <i>QT Robot</i>	24
Figura 2.2 – Expressões faciais do <i>QT Robot</i>	25
Figura 2.3 – Captura de tela do jogo desenho de expressões.	26
Figura 2.4 – Esquema para controlar o <i>Robosapien</i>	27
Figura 2.5 – Criança imitando o robô no experimento.	28
Figura 3.1 – Método proposto.	31
Figura 3.2 – Formação de um conjunto de imagens.	32
Figura 3.3 – Versões construídas do robô.	33
Figura 3.4 – Arquitetura geral do robô.	36
Figura 3.5 – Mensagens utilizadas no experimento.	37
Figura 3.6 – Funcionamento da seleção do conjunto de imagens pelo sistema de apresentação imagens do robô.	38
Figura 3.7 – Funcionamento da exibição de imagens pelo sistema de apresentação de imagens do robô.	39
Figura 3.8 – Calendário do experimento.	41
Figura 3.9 – Desenho experimental.	41
Figura 4.1 – Imagens do participante treinando a expressão de felicidade.	43
Figura 4.2 – Imagens do participante treinando a expressão de medo.	44
Figura 4.3 – Imagens capturadas nas sessões em andamento.	45
Figura 4.4 – Imagem do participante P1 treinando a expressão de felicidade em cada sessão	47
Figura 4.5 – Imagem do participante P1 treinando a expressão de surpresa em cada sessão	48
Figura 4.6 – Imagem do participante P1 treinando a expressão de tristeza em cada sessão	48
Figura 4.7 – Imagem do participante P1 treinando a expressão de raiva em cada sessão .	49
Figura 4.8 – Imagens capturadas na segunda sessão do participante P6.	51
Figura 4.9 – Imagem do participante P7 treinando a expressão de felicidade em cada sessão	52
Figura 4.10–Imagem do participante P7 treinando a expressão de surpresa em cada sessão	52
Figura 4.11–Imagem do participante P7 treinando a expressão de tristeza em cada sessão	53
Figura 4.12–Imagem do participante P7 treinando a expressão de raiva em cada sessão .	53
Figura 4.13–Imagem do participante P7 treinando a expressão de nojo em cada sessão . .	54
Figura 4.14–Imagem do participante P7 treinando a expressão de medo em cada sessão .	54

Figura 4.15–Gráfico com a porcentagem de realização de cada expressão emocional . . .	56
Figura 4.16–Imagem de <i>emojis</i> utilizados no experimento.	57
Figura 4.17–Imagem de <i>emoticons</i> utilizados no experimento.	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Quadro comparativo dos robôs dos trabalhos relacionados.	29
Quadro 2.2 – Quadro comparativo dos trabalhos relacionados.	30
Quadro 3.1 – Quadro com os materiais utilizados no TEABot versão 1.	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DSM	Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais
APA	Associação Americana de Psiquiatria
TEA	Transtorno do Espectro do Autismo
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
APAE	Associação dos Pais e Amigos dos Excepcionais
CDC	Centro de Controle e Prevenção de Doenças
RNA	Rede Neural Artificial
CNN	Rede Neural Convolucional

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Motivação	16
1.2	Justificativa	17
1.3	Objetivos	18
1.3.1	Objetivo Geral	18
1.3.2	Objetivos Específicos	18
1.4	Organização do Trabalho	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	Transtorno do Espectro do Autismo	20
2.2	Robótica Social Assistiva	21
2.3	Redes Neurais Artificiais e Convolucionais	22
2.4	Trabalhos Relacionados	24
2.4.1	Socially assistive robots for teaching emotional abilities to children with autism spectrum disorder	24
2.4.2	A promoção do reconhecimento emocional facial nas perturbações do espectro do autismo usando videojogos – uma proposta portuguesa	25
2.4.3	Robotic Toys for Autistic Children: Innovative tools for teaching and treatment	26
2.4.4	Análise comparativa	28
3	MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1	Levantamento de Ações	31
3.2	Construção Física e Lógica	33
3.2.1	Definição Física	33
3.2.2	Definição Lógica	35
3.3	Definição do Experimento	39
3.3.1	Experimento Piloto	39
3.3.2	Experimento Final	40

4	RESULTADOS	42
4.1	Experimento Piloto	42
4.2	Experimento Final	44
4.3	Discussões	56
4.3.1	Experimentos	56
4.3.2	Entrevista com os pais	58
4.3.3	Entrevista com a equipe multidisciplinar	59
5	CONCLUSÃO	61
5.1	Contribuições deste trabalho	62
5.2	Propostas para trabalhos futuros	62
5.3	Limitações e Ameaças	64
5.4	Dificuldades Encontradas	64
	REFERÊNCIAS	66
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO PILOTO	69
	APÊNDICE B – TERMO DE LIVRE CONSENTIMENTO DO EXPERIMENTO PILOTO	71
	APÊNDICE C – TERMO DE LIVRE CONSENTIMENTO DO EXPERIMENTO FINAL	74
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO FINAL	77
	APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO DO APLICADO AS TERAPEUTAS	79
	APÊNDICE F – ARTIGO PUBLICADO NO <i>WORKSHOP INTELLIGENT ASSISTIVE COMPUTING</i>	81
	APÊNDICE G – BANNER DO RESUMO PUBLICADO NO XVIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO	86

1 Introdução

Neste capítulo é apresentada a introdução deste trabalho. Na Seção 1.1, são expostas a motivação e a justificativa para o mesmo. Na Seção 1.3, demarcam-se os objetivos gerais e específicos. Por fim, a Seção 1.4 apresenta a organização dos demais capítulos.

O Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM, do inglês *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*) classifica diferentes transtornos mentais, distúrbios e critérios para diagnosticá-los. O manual é publicado pela Associação Americana de Psiquiatria (APA, do inglês *American Psychological Association*) e serve como referência mundialmente para diagnóstico dos transtornos mentais, sendo usado por clínicos, pesquisadores, indústria farmacêutica e parlamentares políticos (OLIVEIRA, 2015).

O DSM em sua última versão, de número 5 (DSM-5), que teve seu lançamento em 2013, classificou o autismo e todos os distúrbios, incluindo os transtornos: autista, desintegrativo da infância, generalizado do desenvolvimento não-especificado e Síndrome de Asperger, em um único diagnóstico chamado Transtornos do Espectro Autista (TEA) em três diferentes níveis, sendo eles: 1 para Grau Leve, 2 para Grau Moderado e 3 para Grau Severo (ASSOCIATION et al., 2014).

Atualmente, ocorre um caso de autismo a cada 110 pessoas no mundo inteiro. Dessa forma, estima-se que no Brasil, com os seus atuais 200 milhões de habitantes, aproximadamente existem 2 milhões de indivíduos com autismo (OLIVEIRA, 2015).

Um dos campos da Robótica que visa melhorar a vida de pessoas com deficiência é a Robótica Social Assistiva, a qual contém o objetivo de proporcionar alternativas capazes de diminuir as dificuldades e ampliar habilidades específicas nessas pessoas. Em pessoas com autismo, a Robótica Social Assistiva pode aumentar a coordenação motora, melhorar as habilidades cognitivas e emocionais, motivar as interações sociais e estimular a autonomia social desses indivíduos.

1.1 Motivação

O DSM, classifica os TEA como: déficits expressivos na comunicação não verbal e verbal usadas para interação social, resultando na falta de reciprocidade social e na incapacidade para desenvolver e manter relacionamentos de amizade para o estágio de desenvolvimento; padrões restritos e repetitivos de comportamento, manifestados por comportamentos motores ou verbais estereotipados, ou comportamentos sensoriais incomuns, gerando uma excessiva realização de rotinas e padrões ritualizados de comportamento e interesses restritos, fixos e intensos (ASSOCIATION et al., 2014).

As dificuldades na interação social nos indivíduos com TEA são caracterizadas pela alta dificuldade em reconhecer emoções em si mesmo e nos outros. Também é caracterizada pela ausência da capacidade de representar tais emoções com expressões faciais. Esses déficits de identificar e reconhecer emoções por meio de expressões faciais, ou algum outro meio, é conhecido como um distúrbio chamado de Alexitimia (SIFNEOS, 1973).

Mais de 50% das pessoas com TEA sofrem da Alexitimia (SAMSON; HUBER; GROSS, 2012), a existência desses déficits prejudicam a interação desses indivíduos na sociedade e dificulta a inclusão dos mesmos no meio em que vivem. A Alexitimia atinge não apenas pessoas com TEA, mas o público em geral, afetando de 9% a 17% para homens e 5% a 10% para mulheres (MATTILA et al., 2007).

Entretanto, indivíduos com o TEA não são completamente insensíveis à troca interpessoal, sendo capazes de se envolver na interação social. Com a aplicação de alguns estímulos, o indivíduo autista pode aprimorar suas habilidades sociais e assim melhorar sua qualidade de vida (OLIVEIRA et al., 2014). Apesar de atualmente ser comum tratamentos que incluem a análise do comportamento, terapias ocupacionais, fonoaudiólogo, fisioterapia, entre outras abordagens, pode-se imaginar "que visam superar os desafios enfrentados por esses indivíduos no dia a dia".

Por outro lado, com a rápida evolução das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs), vem crescendo a quantidade de tecnologias capazes de melhorar a qualidade de vida das pessoas. No campo da Robótica, é possível desenvolver robôs com a capacidade de melhorar a qualidade de vida de pessoas com deficiência, seja essa ela física ou mental, também vem obtendo melhor destaque pelo mundo atualmente, devido a sua grande importância social (GOULART et al., 2015).

1.2 Justificativa

Na Robótica, existem áreas que podem ser aplicadas diversos contextos e as subáreas da Robótica encontram-se definidas em um contexto social, assistivo e socialmente assistivo. De acordo com Scassellati, Admoni e Matarić (2012), a Robótica Social Assistiva, envolve robôs projetados para auxiliar a interação social, fazendo o uso de atividades repetitivas, afim de aprimorar essa interação.

Já é possível observar em vários trabalhos (QIDWAI; SHAKIR; CONNOR, 2013; GOULART et al., 2015; WANG; WANG; WANG, 2016), que empregam robôs capazes de interagir com pessoas autistas, visando aprimorar alguma habilidade específica desses indivíduos, os quais, vêm apresentando resultados promissores, apesar de alguns desse trabalho apresentarem resultados parciais do estudo.

Também é visto que, as crianças expressam interesse na interação com robôs, muitas vezes demonstrando expressões faciais tão vívidas, que até mesmo seus pais nunca presenciaram tais emoções (KOZIMA; NAKAGAWA, 2006). Crianças com TEA vêm demonstrando maior preferência em interagir com robôs ao invés de interagir com humanos (COSTA et al., 2018). Robôs no contexto social assistivo, já vêm ajudando crianças com TEA em dificuldades de interação social há algum tempo (THILL et al., 2012), treinando habilidades sociais, como comunicação e cooperação, de forma lúdica.

Os robôs quando são comparados aos humanos, têm a vantagem de serem mais previsíveis, mais sistematizados, menos complexos e menos angustiantes para interagir com crianças com TEA. Dessa forma, pode-se obter melhores resultados em terapias guiadas com o auxílio de robôs, do que terapias guiadas apenas por humanos (COSTA et al., 2017). Uma vez que, além de serem menos propenso a erros, também são menos fastidiosos para os terapeutas, em razão de estarem sendo evitados de realizarem atividades rotineiras com o mesmo paciente em apenas uma sessão. Diante disso, justifica-se o desenvolvimento deste trabalho.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver um robô social assistivo, capaz de treinar reconhecimento e representação das seis expressões faciais universais em crianças com autismo e o distúrbio da Alexitimia, ou que apresentem dificuldades de representação de emoções através de expressões faciais.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral proposto neste trabalho, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Desenhar, construir e validar a arquitetura física do robô;
- Desenvolver um sistema para um robô para representar as seis expressões faciais universais e se comunicar com um outro sistema reconhecimento facial de emoções;
- Incorporar um sistema de reconhecimento facial de emoções desenvolvido por Barros, Weber e Wermter (2015); e
- Definir e executar um experimento com crianças e jovens que possuem o distúrbio da Alexitimia ou que apresentem dificuldades em representar emoções fazendo o uso de expressões faciais.

1.4 Organização do Trabalho

O restante deste trabalho está estruturado da seguinte maneira: o Capítulo 2 traz o referencial teórico utilizado no trabalho, onde inicialmente é explanado sobre o TEA, logo após, aborda a Robótica Social Assistiva, por fim, apresenta alguns dos trabalhos relacionados. No Capítulo 3, apresentam-se os materiais e métodos utilizados neste trabalho, no qual é tratado desde o desenvolvimento da arquitetura física do robô, a implementação e execução do experimento. O Capítulo 4 aborda os resultados alcançados com a finalização dessa pesquisa e levanta algumas discussões acerca dos resultados obtidos. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais deste estudo, discorre sobre as suas contribuições e aponta diversas propostas para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, é apresentada uma breve explanação acerca dos conteúdos utilizados neste trabalho. Na Seção 2.1, são apresentados conceitos e informações sobre o Transtorno do Espectro do Autismo. A Seção 2.2 apresenta os conceitos de Robótica e suas subáreas. Por fim, a Seção 2.4 apresenta os trabalhos relacionados.

2.1 Transtorno do Espectro do Autismo

Geschwind (2009) afirma que, o TEA vem obtendo mais atenção do público em geral e da comunidade científica desde seu reconhecimento, gerando mais descoberta a respeito desse transtorno, e consequentemente novos meios de intervenção dos sintomas causadas pelo mesmo. Essa popularidade vem sendo praticada por diversos atores, como alguns pais e familiares, profissionais, acadêmicos, gestores, os próprios autistas e outros ativistas, os quais têm promovido ampla discussão como afirma Diniz et al. (2017).

Segundo dados do Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC, do inglês *Centers for Disease Control and Prevention*), órgão ligado ao governo dos Estados Unidos, atualmente ocorre um caso de autismo a cada 110 pessoas. Diante disso, estima-se que no Brasil aproximadamente existem 2 milhões de indivíduos com TEA (OLIVEIRA, 2015). Ainda de acordo com o CDC, TEA é um conjunto de deficiências do desenvolvimento, que causam em déficits emocionais, comunicacionais e comportamentais, que incluem deficiências nas habilidades de imitação e na coordenação motora (BUGNARIU; POPA, 2016), assim como, a presença de padrões repetitivos como afirma Randolph-GIps (2011).

Para Scassellati, Admoni e Matarić (2012), os sinais característicos de um indivíduo com TEA incluem: indisposição para compartilhar ou se envolver em atividades interativas, falta de contato visual com outras pessoas, falta de atenção, sensibilidade ao contato físico, dificuldade na comunicação ou de usar a linguagem verbal para se comunicar, essa mesma dificuldade afeta a ausência da fala sobre os seus próprios sentimentos que é presente em uma parte desses indivíduos, além da dificuldade em compreender os sentimentos dos outros.

Segundo Diniz et al. (2017), no Brasil, as iniciativas governamentais direcionadas

aos indivíduos com TEA se desenvolveram de maneira tardia, e no início do século XXI, esta população vêm sendo amparada apenas em instituições filantrópicas, como a Associação Pestalozzi e a Associação dos Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE), ou em outras instituições não governamentais.

Atualmente, não há cura para o autismo, embora alguns tratamentos comportamentais possam oferecer uma melhor qualidade de vida e independência desses indivíduos, deve ser realizada uma intervenção logo após os primeiros indícios do transtorno, afim de obter melhores resultados, como afirma Scassellati, Admoni e Matarić (2012). Dentre os tratamentos usados atualmente, incluem a análise do comportamento, na qual, os comportamentos positivos são estimulados, com o proposito de melhorar as habilidades sociais e comunicativas por meio de terapias.

2.2 Robótica Social Assistiva

Goulart et al. (2015) afirma que é notória a importância social que a Robótica vem assumindo atualmente no mundo, uma vez que a quantidade de robôs com a capacidade de melhorar a qualidade de vida de pessoas com algum tipo de deficiência, é crescente.

Para Scassellati, Admoni e Matarić (2012), o termo Robótica engloba diversas subáreas, sistemas e aplicações de pesquisa que abordam a navegação, manipulação, sistemas médicos e de automação. Além disso, na Robótica possui a possibilidade de ser classificada em: robôs fisicamente presentes, robôs virtuais, computação afetiva, e outras intervenções tecnológicas para terapia com autistas. Ademais, os robôs podem ser caracteristicamente humanoides ou não humanoides. Apesar disto, a Robótica até então vem sendo decomposta em três subáreas, as quais estão definidas em um contexto social, assistivo e socialmente assistivo.

De acordo com Goulart et al. (2015), Scassellati, Admoni e Matarić (2012), uma subárea da robótica é a Robótica Social, que envolve robôs capazes de realizar interações sociais entre as pessoas, utilizando recursos de fala, gestos ou algum outro meio de comunicação. Outra subárea é a Robótica Assistiva, na qual, atuam robôs com a capacidade de auxiliar pessoas que necessitam de cuidados especiais, seja por meio da realização de um tratamento para aprimorar alguma habilidade, ou suporte na realização de atividades para pessoas com deficiência física, na qual, robôs auxiliam pacientes a realizarem movimentos terapêuticos repetitivos, como seria feito por um fisioterapeuta.

Já na Robótica Socialmente Assistiva, engloba as duas subáreas anteriormente citadas, enfatizando a expressividade emocional, o desenvolvimento do usuário, a aparência física e a robustez durante a interação. Para Scassellati, Admoni e Matarić (2012), essas características são particularmente importantes, pois devem auxiliar o usuário, orientar, motivar e influenciar a mudança de comportamento. Os autores ainda afirmam que, o campo da Robótica Social Assistiva é interdisciplinar, partindo da robótica até fisiologia, psicologia, sociologia, entre outros campos.

Segundo Sabino (2009), para um robô ser considerado humanoide o mesmo deve possuir características e potencialidades que são existentes no seres humanos. Os componentes devem utilizar de técnicas de implementação e adaptação que proporcionem a máquina conseguir realizar movimentos ou dispor de uma aparência similar a de uma pessoa. Por isso, entende-se como robô não humanoide os quais não possuem essas características humana em sua estrutura física.

Aslam et al. (2016) relatam que o uso de robôs com características não humanoide, oferecem resultados semelhantes ou até superiores, do que robôs com características humanoide, quando aplicados com crianças com alguma deficiência intelectual. Para Robins et al. (2010), robôs podem desenvolver o interesse e uma ampla variedade de interações em crianças com autismo, além de estimular as habilidades de interações sociais, como o contato visual e a imitação.

2.3 Redes Neurais Artificiais e Convolucionais

De acordo com Ferreira (2004), as pesquisas de Redes Reurais Artificiais (RNA) tiveram início no ano 1943, através do trabalho desenvolvido por McCulloch e Pitts, no qual descrevem o cálculo lógico das redes neurais, envolvendo conhecimento da neurofisiologia e lógica matemática. Uma RNA tem como objetivo representar a cognição humana de forma generalizada (OLIVEIRA et al., 2015). As pesquisas sobre RNA tiveram uma enorme contribuição para o desenvolvimento de sistemas de reconhecimento de padrões, resultando em um grande número de aplicações que fazem uso das técnicas de RNA, como afirma (CHEN, 1991).

As RNAs são compostas de entradas, saídas e unidades de processamento, os quais formam os neurônios ligados através de pesos sinápticos. Entre as principais características das RNAs estão a capacidade de: aprender, generalizar a informação aprendida e se auto-organizar,

na qual a RNA atribui um padrão de entrada a uma classe entre um conjunto de classes já conhecidas (HAYKIN, 2001). De acordo com OLIVEIRA et al. (2015), as RNAs possuem a capacidade de aprender a partir do meio e de melhorar o seu desempenho de forma ordenada, a fim de atingir um objetivo estabelecido.

Para Caroline et al. (2016), o algoritmo de reconhecimento facial de emoções baseado nas Redes Neurais Convolucionais (CNN), tem como inspiração o processo biológico de processamentos de dados visuais, sendo capaz de aplicar filtros a esses dados. As CNNs fazem parte de um dos tipos de algoritmos da área de *Deep Learning* e foram desenvolvidas para tratar dados bidimensionais como reconhecimento de imagens (AREL; ROSE; KARNOWSKI, 2010). Esta técnica vem sendo amplamente utilizada, principalmente nas aplicações de classificação, detecção e reconhecimento em imagens e vídeos (CAROLINE et al., 2016).

A CNN aprende a representar características em uma imagem de forma hierárquica. Cada camada da rede aprende a filtrar informações da imagem, começando por arestas e contornos nas primeiras camadas. As camadas mais profundas combinam os filtros de arestas e aprendem a selecionar formas e objetos. Após a última camada, a representação obtida pela CNN é dimensionalmente muito menor que a imagem original, mas contém todas as informações necessárias para representá-la. Dessa forma, essa abordagem utiliza diversos estágios de treinamento sequenciais para cada nível de hierarquia, como trata LeCun, Kavukcuoglu e Farabet (2010), Barros, Weber e Wermter (2015).

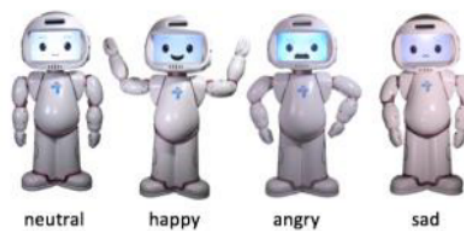
Com isso, as CNNs criam os núcleos com os padrões que devem ser reconhecidos, e atribui valores para as características descobertas na imagem, no caso das imagens coloridas, atribui valores para cada um dos canais de cor da imagem, logo após, esses valores do núcleos se tornam pesos. Ao receber uma imagem para análise, o sistema realiza o mesmo procedimento na mesma, e atribui um conjunto de valores para as características, aplicando os pesos obtidos com os núcleos em cada *pixel* dessa imagem. No fim, resulta um novo conjunto de valores, o qual possui a intensidade da semelhança identificada em cada *pixel* para identificar a qual grupo essa imagem pertence.

2.4 Trabalhos Relacionados

2.4.1 Socially assistive robots for teaching emotional abilities to children with autism spectrum disorder

O trabalho de Costa et al. (2017) trata-se de um experimento em execução, no qual é utilizado o robô comercial *QT Robot*, que pode ser visto na Figura 2.1, controlado por um *tablet*. Participaram desse experimento 20 crianças, e teve como objetivo treinar expressões faciais dos participantes. Para isso, cada participante tentava imitar a expressão facial exibida pelo robô. O treinamento foi administrado em sete sessões semanais com duração de 30 a 40 minutos cada uma.

Figura 2.1 – O robô *QT Robot*.



Fonte: Costa et al. (2017).

O experimento ocorreu em um laboratório reservado da Universidade de Luxemburgo. No qual, o participante se posicionava em um lado da mesa e o *QT robot* era colocado no lado oposto da mesa. Os pais que acompanhavam a criança poderiam observar a sessão sentado em uma cadeira localizada em um local discreto fora da sala e fora do campo de visão da criança. Durante todo o período um pesquisador esteve presente na sala, posicionado em um canto da sala, realizando anotações e evitando contato visual com a criança. Uma câmera foi instalada ao *QT robot*, para registrar as interações entre criança e o robô. Também foi instalada uma câmera adicional atrás do robô, voltada para a criança, afim de obter registro da visão geral da sessão.

O robô foi programado pra exibir imagens semelhantes *emoticons*, que são figura simples, sem muitos detalhes e comumente usadas na Internet. A Figura 2.2, apresenta as expressões usadas para cada emoção utilizada no *QT Robot*.

Os autores afirmam utilizar um desenho experimental inovador, no qual o robô social assistivo é integrado a um protocolo de intervenção, com o objetivo de melhorar a capacidade

Figura 2.2 – Expressões faciais do *QT Robot*.



Fonte: Costa et al. (2017).

emocional em crianças com TEA. No qual, as emoções são explicadas de forma simples e a dificuldade aumenta progressivamente ao longo das sessões.

Apesar do treinamento está em fase piloto, foram realizadas 5 sessões de treinamento com uma criança com TEA até o momento da publicação do trabalho. Ainda relatam terem obtido resultados promissores por parte da criança. Contudo, não podem afirmar se as melhorias obtidas na capacidade emocional foram alcançadas devido ao treinamento, ao uso do robô ou para uma combinação de ambos. Como trabalho futuro, será utilizado esse mesmo desenho experimental com crianças com TEA sendo treinadas apenas com um robô, e um outro com uso de um terapeuta especializado.

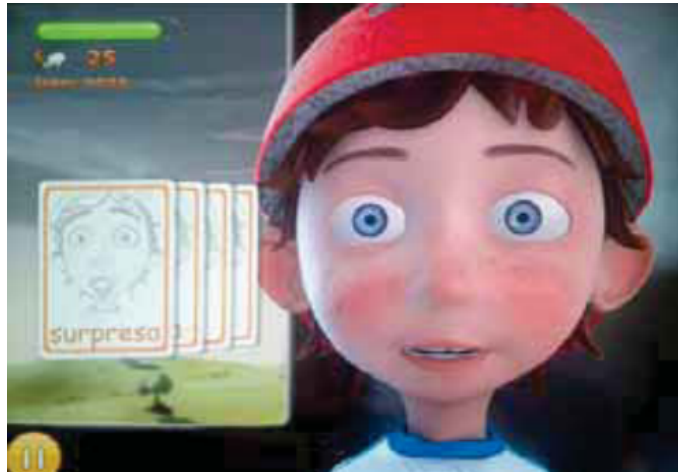
2.4.2 A promoção do reconhecimento emocional facial nas perturbações do espectro do autismo usando videojogos – uma proposta portuguesa

Em Oliveira et al. (2014), foi desenvolvida um jogo sério que reproduz dinamicamente as seis emoções faciais universais (EKMAN, 1993). Para isso, o aplicativo possui 4 modalidades diferentes. A primeira modalidade é uma versão do jogo de memória com expressões emocionais, na qual a criança tem de encontrar o par de cartas para expressar a mesma emoção no menor tempo possível. A segunda modalidade tem como objetivo analisar a expressão emocional da personagem e em seguida selecionar a carta com a emoção correspondente. A modalidade três possui diversos personagens com expressões faciais neutras, que estão a pensando em algo, assim a criança devem analisar o que estão pensando e tentar associar a uma emoção apropriada.

Já a modalidade quatro possibilita ao usuário realizar desenhos de expressões faciais na

tela do dispositivo sensível ao toque. No qual o participante pode manipular várias áreas do rosto do personagem através do toque, para compor as expressões emocionais solicitadas pelo jogo. A Figura 2.3, apresenta uma captura de tela do jogo.

Figura 2.3 – Captura de tela do jogo desenho de expressões.



Fonte: Oliveira et al. (2014).

Com isso, foi executado um experimento piloto para validar o uso desse jogo, em confronto ao uso de imagens estáticas. Foram selecionadas 10 crianças com autismo e, outros transtornos que também possuem déficits comprovados de reconhecimento emocional facial, por profissionais do Centro de Educação e Terapia da cidade do Porto, local esse onde também ocorreu o experimento.

No experimento, foram definidos dois grupos com cinco crianças cada, cada grupo foi submetido a nove sessões de treinamento, um deles por meio do Jogo, e o outro por meio de uma apresentação do Microsoft PowerPoint com um total de 24 fotografias com as mesmas seis emoções faciais existentes no jogo. Por fim, eles identificaram que, o uso do jogo demonstrou resultados melhores que o uso das fotografias apresentadas. Apesar dos resultados promissores, os autores utilizaram animações virtuais para apresentar as expressões faciais.

2.4.3 Robotic Toys for Autistic Children: Innovative tools for teaching and treatment

O trabalho de Qidwai, Shakir e Connor (2013) é direcionado ao desenvolvimento dos movimentos que serão implementados em um robô comercial de baixo custo, e validar essa abordagem com a execução experimento em uma escola de educação especial. O robô utilizado

foi o robô chamado de *Robosapien*, este modelo é produzido pela empresa *WowWee toys*, e é comandado por um controle remoto simples de infravermelho.

Esse modelo de controle dificulta o envio de comandos simples e combinações com mais de um comando, como: ir para frente e girar para a esquerda ao mesmo tempo. Além disso, possui um raio de alcance limitado, e o controlador deve permanecer próximo do robô que receberá o comando, o que pode ocasionar distrações nos participantes durante o experimento.

Dessa forma, eles desenvolveram um esquema, como pode ser visto na Figura 2.4, no qual os comandos são capturados por um controle padrão do console *Play Station 2*. Os comandos capturados são tratados por um computador, codificados para a linguagem do robô e enviados para um transmissor infravermelho que estará instalado de forma discreta na sala em que o experimento será executado.

Figura 2.4 – Esquema para controlar o *Robosapien*.



Fonte: Qidwai, Shakir e Connor (2013).

No experimento, participaram 10 crianças com autismo, as quais foram divididas em grupos com até quatro crianças por cada sessão. o experimento ocorreu em uma sala reservada de uma escola de educação especial frequentada pelos alunos. Além do robô e dos alunos, mediadores e professores também estiveram presentes nesta sala. As atividades feitas no experimento foram imitar ações realizadas pelo robô, como: dançar e se movimentar. Uma dessas ações é apresentada na Figura 2.5.

Para os autores, o uso do robô *Robosapien* sendo controlado por um ser humano, fez com que as crianças com diferentes graus de TEA alcançassem um nível de interação melhor, imitassem mais suavemente os movimentos e melhorassem suas habilidades sociais de forma inconsciente.

Figura 2.5 – Criança imitando o robô no experimento.



Fonte: Qidwai, Shakir e Connor (2013).

2.4.4 Análise comparativa

Neste trabalho foi optado por utilizar imagens de pessoas reais, que são ricas em detalhes de cada expressão facial exibida, entregando aos participantes um modelo de expressão facial mais próximo da realidade em que vive. Além disso, o robô possui a capacidade de reproduzir sons, para engajar o participante na interação, e reconhecer as expressões realizadas pelos participantes, automaticamente, através de um sistema de reconhecimento de expressão facial (BARROS; WEBER; WERMTER, 2015).

No Quadro 2.1, apresenta uma comparação dos robôs utilizados em cada um dos trabalhos relacionados com o robô deste trabalho. No Quadro 2.2, apresenta uma comparação dos trabalhos relacionados que foram apresentados nesta seção com o proposto trabalho.

Quadro 2.1 – Quadro comparativo dos robôs dos trabalhos relacionados.

	Humanoide	Tipo de expressão facial	Possui sistema de reconhecimento facial	Reproduz movimentos faciais	Área da Robótica
A promoção do reconhecimento emocional facial nas perturbações do espectro do autismo usando videojogos – uma proposta portuguesa	Sim	Computacional	Não	Sim	Social
Socially assistive robots for teaching emotional abilities to children with autism spectrum disorder	Sim	Emoticons	Não	Não	Social Assistiva
Robotic toys for autistic children: Innovative tools for teaching and treatment	Sim	Não possui	Não	Não	Assistiva
Este trabalho	Não	Imagens reais	Sim	Não	Social Assistiva

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Quadro 2.2 – Quadro comparativo dos trabalhos relacionados.

	Objetivo	Método e Avaliação	Resultados
A promoção do reconhecimento emocional facial nas perturbações do espectro do autismo usando videojogos – uma proposta portuguesa	Validar um jogo desenvolvido em confronto ao uso de imagens estáticas.	Realizaram um experimento, com dois grupos com cinco crianças cada e submeteram a nove sessões, um deles por meio do jogo, e o outro por uma apresentação de 24 fotografias com expressões faciais.	O uso do jogo demonstrou resultados melhores que o uso das fotografias apresentadas.
Socially assistive robots for teaching emotional abilities to children with autism spectrum disorder	Treinar com um robô as expressões faciais de felicidade, surpresa, tristeza, medo e raiva.	O robô foi controlado por um tablet, e exibia imagens semelhantes emoticons, no qual cada um do 20 participantes tentaram imitá-las.	Realizaram 5 sessões com um indivíduo e relatam ter obtido resultados promissores.
Robotic toys for autistic children: Innovative tools for teaching and treatment	Desenvolvimento e modificações de um robô de brinquedo, para transformar em ferramenta para o uso de mediadores de Pessoas com Deficiência	O robô foi controlado em um local afastado. Com um experimento, participaram 10 crianças em grupos de até quatro crianças por cada sessão. As atividades realizadas foram imitar ações realizadas pelo robô, como: dançar e se movimentar.	O uso do robô controlado por um ser humano, fez com que as crianças realizem movimentos mais suaves e melhorassem habilidades sociais.
Este trabalho	Desenvolver um robô para treinar expressões faciais em crianças com autismo e dificuldades de representação de emoções com expressões faciais.	O robô possui um sistema para representar e reconhecer seis expressões faciais. Foram realizados dois experimentos, com 19 participantes, individualmente, em 19 dias, totalizando mais de 50 sessões e atingindo um pouco mais de 1000 minutos de interação.	-

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, são apresentados os métodos adotados para realização deste trabalho, assim como os materiais empregados no mesmo. A Seção 3.2, aborda o desenvolvimento do robô. A Subseção 3.2.1, explana os materiais e características relacionados à construção e a implementação do software utilizado encontra-se na Subseção 3.2.2. Na Seção 3.3, explanam-se as definições e como decorreu o experimento.

Para atingir os objetivos específicos estabelecidos neste trabalho, o método adotado foi dividido em três etapas que podem ser vistas na Figura 3.1.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

3.1 Levantamento de Ações

Nesta primeira etapa, foram delineadas as ações para o robô, para definir os materiais necessários para realização destas ações. Com isso, foram definidas quatro funções:

- Apresentar imagens;
- Capturar imagem;
- Reproduzir som; e
- Capturar toque.

Na primeira função, o robô exibe por uma quantidade determinada segundos uma imagem e, após esse tempo, deve esperar por alguma confirmação do usuário para continuar.

Essas imagens foram coletadas do Google, fazendo uso das *strings* de busca para a língua portuguesa: "rosto feliz", "rosto surpreso", "rosto triste", "rosto raiva", "rosto nojo", "rosto medo". E na língua inglesa através das *strings*: "*face happiness*", "*face surprise*", "*face sadness*", "*face anger*", "*face disgusting*", "*face fear*". Também, vale salientar que nas buscas o termo “rosto” foi substituído pelo termo “expressão facial” para buscas em português e em inglês o termo “*face*” por “*facial expression*” com a intenção de obter um maior número de imagens e construir uma base com diferentes representações expressões emocionais. Tais imagens contém pessoas realizando expressões faciais para representar as seis emoções faciais universais definidas por Ekman e Friesen (2003), em razão disso, são mencionadas como imagens emotivas ou com expressões emotivas.

Após as buscas, cada uma das imagens foi submetida a um processo de adaptação para preenchimento total da tela instalada no robô. Além disto, utilizou-se um processo de tratamento de imagens, no qual foi realizada a remoção de elementos visuais desnecessários para a finalidade desse trabalho e, por fim, foram separadas e organizadas para formar os conjuntos de imagens. Um conjunto de imagem é formado por uma única imagem emotiva para cada emoção, como pode ser visto na Figura 3.2. No total, foram construídos nove conjuntos de imagens até o final do experimento, totalizando 54 imagens emotivas utilizadas. Com o objetivo de oferecer expressões ricas em detalhes aos participantes, todas as imagens abrangem expressões faciais representadas por pessoas reais, compostas por diferentes características, culturas e idades, entregando maior diversidade aos participantes.

Figura 3.2 – Formação de um conjunto de imagens.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Na segunda função, o robô captura imagens do usuário enquanto as imagens emotivas são exibidas na tela. Na terceira função, o robô reproduz mensagens de boas vindas, solicita que o usuário imite informando qual expressão está sendo exibida, tudo isso através de mensagens reproduzidas verbalmente. Na quarta função, o robô é capaz de detectar quando um usuário tocar na tela. Após esse levantamento, foi dado início a construção do robô.

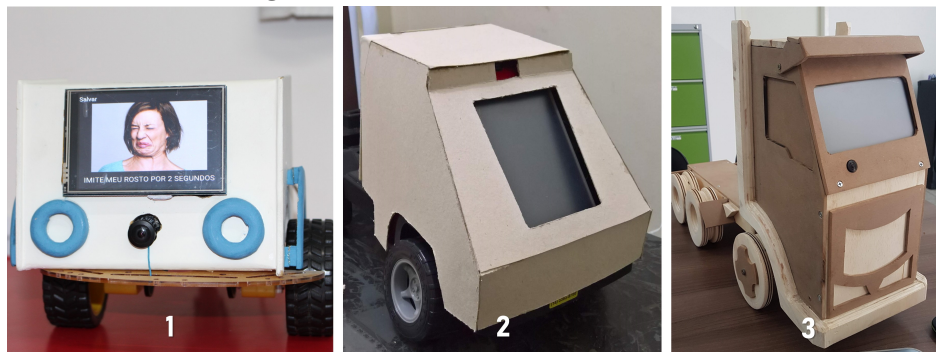
3.2 Construção Física e Lógica

Nesta segunda etapa, foi realizada a construção física e lógica do robô. Esta etapa está dividida em duas atividades: a primeira atividade consistiu em construir o robô com os materiais definidos na etapa anterior. A segunda atividade resume-se a implementação do sistema para o robô.

3.2.1 Definição Física

O robô construído possui característica não humanoide, assemelhando-se com um carro de brinquedo, construído em madeira, proporcionando uma conexão de comunicação visual entre o participante logo de início. Com base nessas características, tornou possível construir três diferentes versões do robô, conforme apresentado na Figura 3.3. O robô é nomeado de TEABot, e cada uma de suas versões são chamadas de, versão 1, versão 2 ou versão 3.

Figura 3.3 – Versões construídas do robô.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Para construção do TEABot versão 1, foram utilizados os materiais apresentados no Quadro 3.1. Para construção da segunda versão, foi utilizado como base um carro plástico de brinquedo, adaptado pelo autor para comportar os equipamentos e, envolvido por papel paraná nas partes exteriores. Essa versão serviu como modelo para o desenvolvimento do TEABot versão 3, que foi construído em madeira.

A Tabela 3.1 apresenta os materiais utilizados para construção da terceira versão do robô, além disso, o custo de cada um desses produtos ou serviços. Os materiais utilizados na terceira versão também foram os mesmos empregados na segunda versão, com exceção do item "Estrutura física construída em madeira", o qual foi produzido exclusivamente para o TEABot

Quadro 3.1 – Quadro com os materiais utilizados no TEABot versão 1.

Materiais
Raspberry PI 3 Modelo B com cabo de alimentação
Câmera com lente grande-angular de 5 megapixel
Display de LCD 3.5 polegadas sensível ao toque
Cartão micro SD de 8Gb
Caixa de som Bluetooth
Estrutura física construída em chassi de carro robótico e madeira

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

versão 3.

Tabela 3.1 – Tabela com valores dos produtos e serviços utilizados no TEABot versão 3.

Equipamento/serviço	Custo (R\$)
Raspberry PI 3 Modelo B	300,00
Câmera webcam USB	50,00
Display de LCD 7 polegadas sensível ao toque (Genérico)	300,00
Carregador de bateria portátil de 10000mAh	110,00
Cartão de memória micro SD de 8Gb	25,00
Cabo HDMI flexível	20,00
Caixas de som P2	35,00
Estrutura física construída em madeira	180,00
TOTAL	1020,00

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Para controlar todos os componentes e ações do robô, foi utilizada uma placa Raspberry Pi 3 Modelo B, uma vez que a mesma oferece capacidade de processamento que supre as necessidades do projeto e proporciona baixo custo na montagem e manutenção do robô, em conjunto com o sistema operacional Raspbian Stretch, sistema já embarcado na placa que, além disso, possui suporte para maioria dos componentes eletrônicos existentes. A próxima etapa aborda como essas tecnologias e materiais se comportam.

Para captura das imagens, foi utilizada uma câmera USB conectada a placa Raspberry, esse dispositivo oferece qualidade de imagem satisfatória para baixo custo de manutenção e compatibilidade com o sistema de reconhecimento facial emotivo utilizado. O som é reproduzido através de um conjunto de caixas de som USB e a apresentação das imagens é realizada através uma tela LCD de sete polegadas, sensível ao toque, adaptada de um *tablet*, ofertando menor custo quando comparada a tela disponibilizada pelos canais oficiais do Raspberry. Por fim, todo o sistema é alimentado por uma bateria portátil de 10000mAh, a qual oferece uma autonomia de 4 a 6 horas para todo o sistema.

3.2.2 Definição Lógica

Para o TEABot versão 3, foi incorporado o sistema de reconhecimento facial desenvolvido por Barros, Weber e Wermter (2015), o qual é capaz de detectar a intensidade em porcentagem de cada uma das seis expressões universais e, com isso, identificar essas emoções através da expressão facial capturada. Este sistema foi escolhido em consequência de apresentar uma precisão de 72,7% em sua capacidade de reconhecimento através da face (BARROS; WEBER; WERMTER, 2015). Este sistema foi desenvolvido fazendo uso da linguagem de programação Python 2.7.15, da biblioteca de código aberto para aprendizado de máquina Tensorflow, da biblioteca de rede neural de código aberto Keras e da biblioteca multiplataforma de processamento de imagens OpenCV.

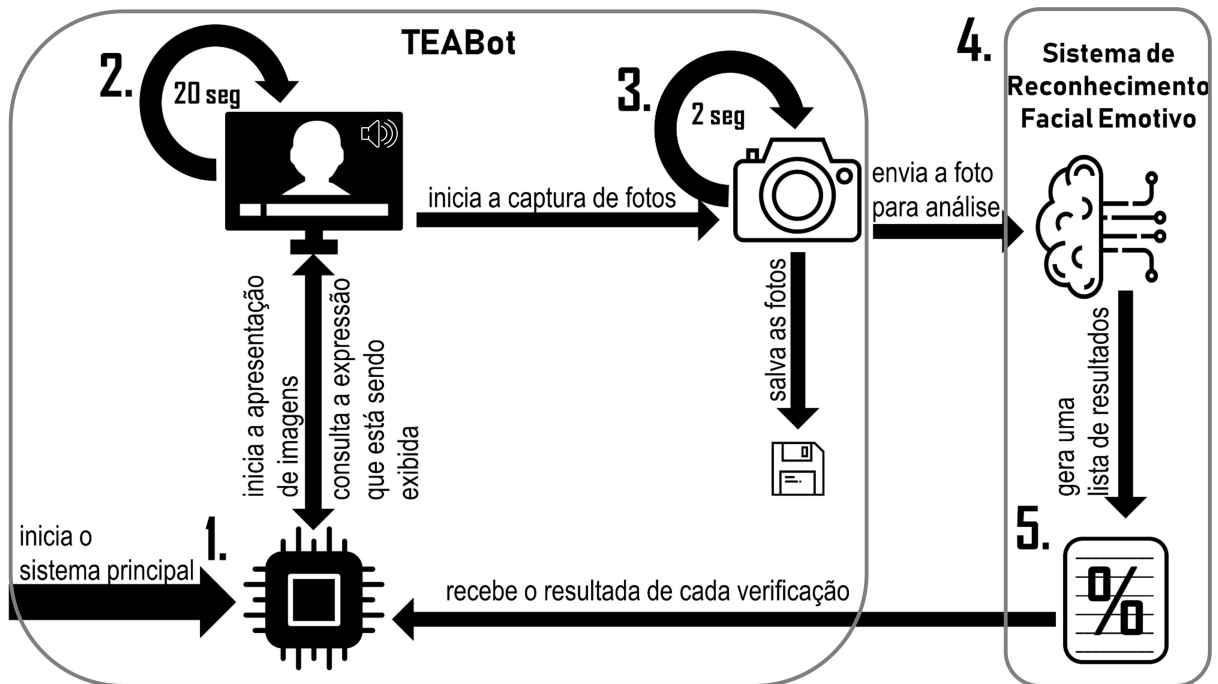
Por esse motivo, o desenvolvimento do sistema do TEABot versão 3, foi realizado utilizando a linguagem de programação Python 2.7.15, devido o sistema de reconhecimento emotivo utilizar mesma linguagem e versão. Também foram utilizadas a biblioteca de interface gráfica de código aberto Kivy e a biblioteca Pygame para reprodução de sons. Justifica-se o uso dessas tecnologias pelo fato de possuir compatibilidade comprovada com a placa Raspberry Pi 3 no experimento piloto realizado anteriormente.

Dessa maneira, o sistema do robô foi desenvolvido com recursos audiovisual para aumentar a capacidade de interação com o participante. A Figura 3.4 apresenta a arquitetura geral do sistema executado pela versão final do robô, a terceira versão.

Os itens 1, 2 e 3 foram desenvolvidos neste trabalho, enquanto os itens 4 e 5 pertencem ao sistema de reconhecimento facial de emoções, o qual foi incorporado. A sequência abaixo descreve a função de cada item apresentado na arquitetura geral do sistema:

1. Sistema principal do TEABot - É responsável por controlar todos os outros sistemas e verificar a assertividade das emoções;
2. Sistema de apresentação de imagens - Responsável por exibir as imagens emotivas por um período máximo de 20 segundos, além disso, apresentar mensagens aos usuários e reproduzir os sons;
3. Sistema de captura fotográfica - Está encarregado de capturar e salvar as imagens do rosto do usuários enquanto estiverem treinando as emoções;

Figura 3.4 – Arquitetura geral do robô.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

4. Sistema de reconhecimento facial emotivo desenvolvido por Barros, Weber e Wermter (2015) - Sistema capaz de reconhecer através de imagem do rosto, identificar a intensidade de cada emoção existente nessa imagem; e
5. Lista de resultados - Uma lista contendo os níveis em porcentagem, para cada emoção da imagem recebida, e que será recebido e tratado apenas pelo sistema principal do TEABot.

Ao sistema ser alimentado por energia, automaticamente é iniciado o sistema principal do robô, o qual é responsável por controlar todos os outros sistemas. Logo após, o sistema principal inicia o algoritmo de apresentação das imagens emotivas, o qual fica aguardando a interação de toque na tela pelo usuário para dar início ao treinamento das expressões. Os passos a seguir demonstram como se comporta o algoritmo do robô:

1. O sistema inicia saudando boas vindas ao usuário;
2. O sistema aguarda pela interação de toque na tela para prosseguir;
3. A imagem emotiva é apresentada juntamente com o áudio;
4. O sistema inicia a captura de imagem em períodos de 2 segundos;

5. Caso o usuário apresente corretamente a expressão facial, o sistema exibe uma mensagem através da tela e do som, interrompe a captura de imagem e retorna para o passo 2;
6. Caso o sistema não consiga reconhecer corretamente a expressão da emoção a qual está exibindo em até 20 segundos, ele interrompe a captura de imagem, apresenta uma mensagem através da tela e do som, retornando para o passo 2.

O sistema de captura fotográfica, realiza capturas do rosto do usuário a cada 2 segundos, apenas enquanto uma imagem emotiva é apresentada pelo sistema de exibição de imagens, logo após, salva essa fotografia no cartão de memória. A cada captura, ou seja, a cada 2 segundos o sistema envia a imagem recém salva para o sistema de reconhecimento facial emotivo que, ao receber, tentará identificar um rosto nessa imagem recebida e, ao detectar o rosto, o sistema irá recortá-la, removendo as bordas exteriores, depois, será aplicado os conceitos das CNNs que irá analisar essa imagem em busca de padrões.

Em seguida, o sistema de reconhecimento facial emotivo gera e retorna para o sistema principal de TEABot uma lista contendo a intensidade de cada uma das seis emoções, estabelecidos em porcentagem. Com isso, o sistema principal consulta qual emoção está sendo treinada no momento e verifica se o nível de intensidade dessa emoção é satisfatório, neste caso, envia um alerta assertivo para sistema de exibição imagens, o qual deve exibir a Figura 3.5a, e então, aguardar pela interação do toque na tela para iniciar um novo o treinamento. No caso em que o tempo limite de exibição da imagem emotiva expire sem receber o alerta assertivo, o sistema de exibição de imagens automaticamente deve apresentar a Figura 3.5b.

Figura 3.5 – Mensagens utilizadas no experimento.



(a)

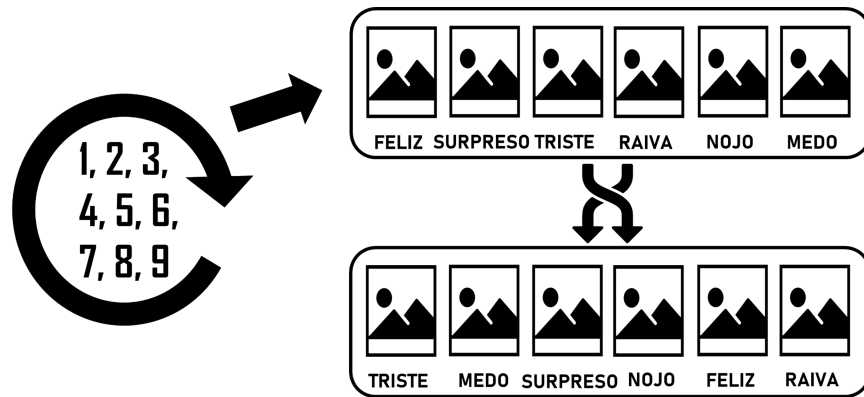
(b)

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

O sistema de exibição de imagens é responsável por buscar, organizar e exibir as imagens emotivas localizadas em um diretório pré-determinado do cartão de memória. Inicialmente, o sistema seleciona aleatoriamente um dos nove conjuntos de imagens que estavam dispostos no TEABot. Logo após, o sistema cria uma cópia desse conjunto, embaralha a ordenação das

imagens emotivas contidas nesse conjunto. O funcionamento desse algoritmo de seleção de imagens está demonstrado na Figura 3.6.

Figura 3.6 – Funcionamento da seleção do conjunto de imagens pelo sistema de apresentação imagens do robô.



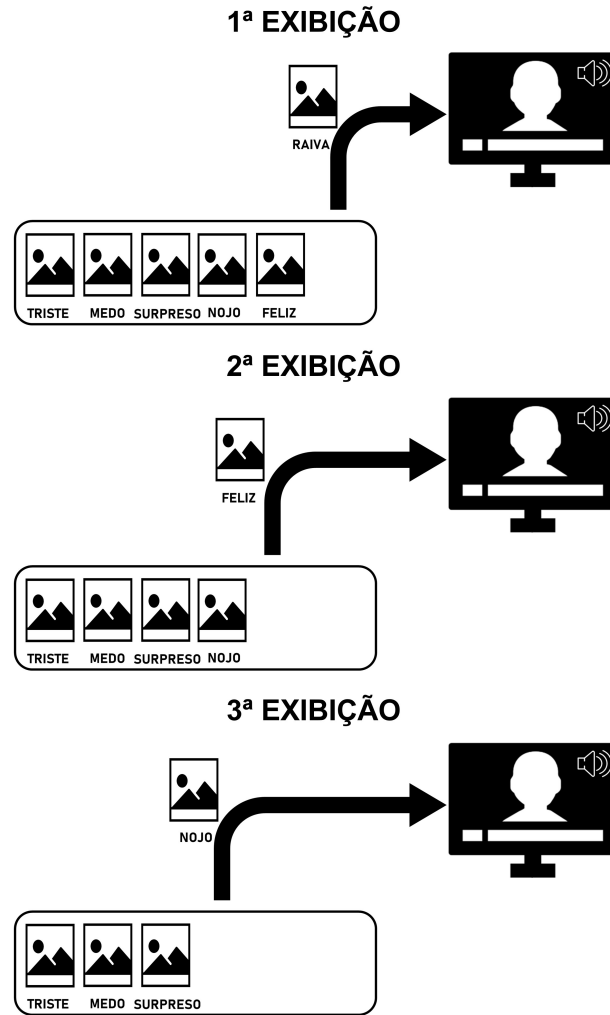
Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Por fim, o sistema exibe e remove a última imagem da cópia desse conjunto. A cada nova interação, o sistema sempre irá exibir e remover a última imagem dessa cópia até que se esgote. A Figura 3.7 apresenta o funcionamento da prestação de imagens com base em uma cópia do conjunto de imagem já selecionado e embaralhado. Desse modo, quando não houver nenhuma imagem nesse conjunto, será realizado uma nova seleção, cópia e embaralhamento de um novo conjunto de imagens.

As imagens apresentadas pelo sistema de imagens são acompanhadas pela emissão de sons, proporcionando uma forma de comunicação verbal com o usuário e reforçando o treinamento das emoções. Os sons emitidos pelo TEABot informam qual expressão está sendo treinada a cada troca de imagem e, caso o sistema de reconhecimento facial emotivo identifique que o participante representou corretamente a expressão facial dentro do período permitido, ele reproduz oralmente a mensagem "Muito bem. Vamos brincar novamente!". Caso o sistema não seja capaz de identificar a assertividade no tempo limite, ele reproduz a mensagem "Vamos brincar novamente!".

As mensagens articuladas pelo TEABot foram geradas pelo aplicativo móvel Voz do Narrador (Escolha Tecnologia, 2018), o emprego da respectiva ferramenta sucedeu pelo motivo de ser um aplicativo gratuito disponível na Loja de Aplicativos do Google para dispositivos Android. Além disso, o próprio Google premiou o aplicativo Voz do Narrador como um dos melhores aplicativos do ano de acordo com Victor Caputo (2016).

Figura 3.7 – Funcionamento da exibição de imagens pelo sistema de apresentação de imagens do robô.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

3.3 Definição do Experimento

Para validar o modelo do robô e o sistema de reconhecimento facial de emoções, foi inicialmente realizado um experimento piloto descrito na Subseção 3.3.1. A Subseção 3.3.2 elucida o desenho final do experimento realizado após as alterações identificadas no experimento piloto e as melhorias implementadas no robô.

3.3.1 Experimento Piloto

Para execução do experimento, foi realizado inicialmente uma entrevista com os pais ou a pessoa responsável por cada participante, com a finalidade de coletar dados sobre quais

emoções os mesmos conseguem representar e reconhecer, além disso, identificar cada uma das suas especificidades. O questionário utilizado está disposto no Apêndice A.

O experimento piloto foi realizado na APAE de Serra Talhada, no mês de abril de 2018, no qual participaram 10 crianças e jovens com idade entre 8 e 16 anos. Para participação no experimento, os responsáveis pelos participantes selecionados aceitaram e assinaram o termo de livre consentimento disponibilizado no Apêndice B. Nesse experimento, cada participante foi submetido à 5 sessões de treinamento com a primeira versão do robô apresentado anteriormente na Figura 3.3. Cada sessão teve duração máxima de 30 minutos, em que o participante além de interagir com o robô, tinha a possibilidade de interagir com outros brinquedos educativos presentes na sala.

As sessões ocorreram em uma sala localizada na própria APAE, tal escolha foi sucedida pelo fato desta associação além de atender usuários com outras deficiências, possui uma quantidade considerável de indivíduos com TEA. Nesta sala, além do robô e do participante, também contou com a presença de dois pesquisadores e, por vezes, um dos responsáveis pela criança quando presentes no experimento. As atividades foram mediadas por apenas um dos pesquisadores presentes na sala. Os participantes foram incentivados a imitar as expressões faciais exibidas pelo robô e, em nenhum momento, foram forçados a interagir com o robô ou a permanecerem na sala por todo o período da sessão.

3.3.2 Experimento Final

Para realização do experimento final, foram selecionados nove participantes com TEA e com dificuldades em expressar emoções, a escolha foi realizada pela equipe multidisciplinar da APAE de Serra Talhada, a qual é formada por: uma terapeuta ocupacional, uma psicóloga e uma fonoaudióloga. As quais além de realizarem atendimento nesta associação, também realizam atendimento em consultórios particulares na cidade de Serra Talhada e Triunfo. Essa equipe mediu as atividades entre os indivíduos e o robô durante as sessões. Os participantes escolhidos foram crianças com idade entre 2 e 9 anos, que apresentam dificuldade em expressar emoções através da comunicação verbal e expressão facial. Os pais dos participantes, aceitaram e assinaram o termo de livre consentimento disposto no Apêndice C.

Cada participante foi submetido até nove sessões individuais de treinamento com o robô, em sua terceira versão, apresentadas na Figura 3.3. O experimento ocorreu nos meses de

novembro e dezembro de 2018, nos dias marcados na Figura 3.8, com exceção do dia 15 de novembro, feriado nacional, assim totalizando 14 sessões. É válido salientar que, nenhum dos participantes que foram selecionados para participar do experimento piloto também participaram no experimento final.

Figura 3.8 – Calendário do experimento.

NOVEMBRO 2018							DEZEMBRO 2018						
Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado	Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
				1	2	3							1
4	5	6	7	8	9	10	2	3	4	5	6	7	8
11	12	13	14	15	16	17	9	10	11	12	13	14	15
18	19	20	21	22	23	24	16	17	18	19	20	21	22
25	26	27	28	29	30		23	24	25	26	27	28	29

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

As sessões ocorreram na sala de estimulação sensorial da APAE de Serra Talhada com a mediação de, pelo menos, uma das profissionais da equipe multidisciplinar, em razão de conhecer cada participante pelos atendimentos realizados na associação aos mesmos. Em nenhum momento os participantes desse experimento foram forçados a interagir com o robô ou a permanecerem na sala por todo o período. A Figura 3.9 evidencia o desenho experimental desenvolvido e empregado nesse trabalho.

Figura 3.9 – Desenho experimental.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

O pesquisador esteve presente em todas as sessões e durante todo o período de tempo, o qual observou os participantes em um local afastado da sala e coletou dados sobre a interação. Além disso, o pesquisador realizou uma entrevista com os pais dos participantes após o término da última sessão, utilizando o questionário apresentado Apêndice D. Além disso, também foi aplicado o questionário disposto no Apêndice E, com cada uma das três terapeutas, as quais participaram do experimento.

4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos com a finalização desse trabalho. A Seção 4.1 apresenta os resultado do experimento piloto e a Seção 4.2 apresenta os resultado do experimento final. A Seção 4.3 articular discussões sobre os resultados obtidos neste trabalho. A Subseção 4.3.1 aborda discussões sobre os resultado do experimento. A Subseção 4.3.2 expõe relatos coletados na entrevista realizada com os pais. A Subseção 4.3.3 traz explanações sobre a entrevista realizada com a equipe multidisciplinar.

4.1 Experimento Piloto

A descrição dos participantes é apresentada na Tabela 4.1. Cada participante recebeu uma identificação, como mostra a primeira coluna da tabela, para facilitar o processamento das informações e garantir a confidencialidade dos indivíduos. A segunda e terceira coluna informam a idade e sexo, respectivamente, de cada participante. A coluna "TEA", informa com o termo "Sim", quais os indivíduos que possuem diagnóstico do TEA e, por fim, a coluna "Linguagem Verbal", informa quais participantes conseguem se comunicar através da fala, também fazendo uso do termo "Sim".

Tabela 4.1 – Informações dos participantes

ID	Idade	Sexo	TEA	Linguagem Verbal
P01	7	Masculino	Não	Sim
P02	14	Masculino	Não	Sim
P03	8	Feminino	Sim	Não
P04	13	Masculino	Sim	Não
P05	7	Feminino	Não	Não
P06	4	Masculino	Sim	Sim
P07	14	Masculino	Sim	Sim
P08	15	Masculino	Sim	Sim
P09	4	Masculino	Sim	Não
P10	4	Feminino	Sim	Sim

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Foi possível identificar que a maioria dos participantes não conseguiam reconhecer ou expressar as emoções de surpresa e nojo. Além disso, os participantes não conseguiam representar as emoções de tristeza e raiva através das expressões faciais, mas sim, através de gestos incomuns. Dessa forma, somente pessoas próximas ao participante conseguiam entender e interpretar esses sentimentos.

Com a realização do experimento, tornou possível observar que nas sessões iniciais, a maioria das crianças com idade inferior a onze anos não demonstraram interesse em se relacionar com o robô, entretanto, a cada nova sessão, foi observado um aumento na interação com o robô.

Nas sessões iniciais, esses participantes tiveram dificuldade em identificar algumas emoções e até reproduzir essas emoções. Para a maioria dos participantes, a capacidade de expressar emoções teve melhoras significativas. Além disso, alguns participantes conseguiram aprender como expressar entre uma e duas emoções que não era possível no início deste experimento.

Um dos participantes que apresentou os melhores resultados pode ser visto na Figura 4.1, que demonstra o antes e depois do participante, tentando imitar a emoção de felicidade. A Figura 4.2, mostra o mesmo participante tentando imitar a emoção de medo. A comparação visual das figuras demonstra claramente o progresso significativo obtido pelo participante adquirido em apenas quatro sessões usando o robô. Acreditamos que é possível obter resultados ainda mais promissores com a aplicação de um maior número de sessões.

Figura 4.1 – Imagens do participante treinando a expressão de felicidade.



Fonte: imagens capturadas pelo TEABot (2018).

Ocorreram três casos específicos que valem a pena mencionar: o primeiro caso é sobre uma menina de oito anos que, na primeira sessão, não demonstrou interesse pelo robô mas,

Figura 4.2 – Imagens do participante treinando a expressão de medo.



Fonte: imagens capturadas pelo TEABot versão 1 (2018).

interagiu com os outros brinquedos e andou pela sala durante toda a sessão. E já na segunda sessão, ela apresentou interesse pelo som produzido pelo robô. O segundo caso é sobre um garoto de quatorze anos que demonstrou pouco interesse pelo robô e saiu da sala depois de cinco minutos. Na segunda sessão, ele interagiu com o robô por quase vinte minutos, entretanto, recusou-se a imitar as expressões. E em sua terceira sessão, ele foi capaz de imitar todas as emoções apresentadas. Por fim, o terceiro e último caso, foi o de um menino de dez anos que estava entusiasmado e não queria sair da sessão e deixar o robô. Além disso, sempre perguntava se ele participaria novamente no dia seguinte.

4.2 Experimento Final

Com a finalização do experimento, foi composta a Tabela 4.2, a qual contém as informações coletadas nas entrevistas. Para garantir a confidencialidade dos participantes, cada um recebeu uma identificação única, como é possível visualizar na coluna “ID” da tabela. Na coluna “Idade” contém a idade de cada um dos participantes e, logo em seguida na coluna “Sexo” contém o gênero. As colunas "Feliz", "Surpresa", "Triste", "Raiva", “Nojo” e "Medo", indicam quais dessas emoções cada participante consegue reconhecer e representar em conformidade com as perguntas respondidas pelos seus pais.

Nestas colunas, a sigla “REP” é utilizada quando o indivíduo apenas consegue representar a emoção relacionada, para o participante que somente reconhece a emoção é utilizado a sigla

Tabela 4.2 – Informações sobre os participantes do experimento final

ID	Idade	Sexo	Feliz	Surpresa	Triste	Raiva	Nojo	Medo
P1	5	Masculino	REP	REP	REC	NÃO	NÃO	NÃO
P2	4	Masculino	REP	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
P3	5	Masculino	REP	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
P4	3	Masculino	REP	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO
P5	9	Masculino	REC	REC	REC	REC	REC	REC
P6	3	Masculino	SIM	REC	REC	REC	REC	REC
P7	2	Feminino	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
P8	4	Feminino	REP	REP	REP	REP	REP	REP
P9	5	Masculino	REP	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	REP

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

"REC". Nas ocasiões em que os indivíduos conseguem tanto representar quanto reconhecer é utilizado o termo "SIM" e, caso o mesmo não possua nenhuma das habilidades, é empregado o termo "NÃO". A Figura 4.3 apresenta quatro imagens capturadas durante o andamento de algumas sessões.

Figura 4.3 – Imagens capturadas nas sessões em andamento.

Fonte: imagens capturadas pelo Autor (2018).

Os integrantes do experimento participaram de até duas sessões por semana e, no total, até no máximo nove sessões. Entretanto, alguns participantes não compareceram em algumas sessões, além disso, ocorreram alguns casos em que os participantes não tentaram interagir com o robô ou imitar as expressões solicitadas. Com base nas anotações realizadas pelo pesquisador

ao decorrer de cada sessão, foi construído um relatório individual por sessão, contendo: o número das sessões, a quantidade total de sessões realizadas e, a duração de cada uma.

O relatório possui informações sobre as expressões realizadas, apontando quais emoções que os participantes tentaram e visivelmente, conseguiram imitar. Foi designada em todos os relatórios uma sessão 0, a qual possui as expressões em que os participantes conseguem realizar, de acordo com o questionário respondido pelos pais, proporcionando uma comparação de forma rápida com as expressões realizadas em cada sessão efetuada. Esse relatório foi adaptado em forma de tabela para cada um dos participantes e serão apresentados individualmente a seguir.

O participante P1 apresentou rápida aceitação para realizar as expressões solicitadas pelo TEABot em conjunto com as mediadoras presentes. Essas informações podem ser observadas e analisadas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Relatório das sessões do participante P1

Sessão	Duração	Expressões realizadas					
		Feliz	Surpresa	Triste	Raiva	Nojo	Medo
0	-	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
1	30	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
2	30	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
3	30	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM
4	25	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM
5	25	SIM	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM
6	25	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM
7	25	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM
8	20	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
9	20	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Com autorização dos pais, foram estruturadas figuras contendo o rosto dos participantes durante a interação com o TEABot, as quais apresentam a evolução por sessão do participante. Para isso, foi posicionado em cada imagem, a letra “S” em seguida o número da sessão. A Figura 4.4 apresenta as imagens da segunda até a nona sessão do participante P1, capturadas pelo TEABot durante o treinamento da emoção de felicidade.

As imagens referentes a primeira sessão não foram apresentadas para esse participante, pelo motivo do mau posicionamento do robô que capturou imagens parciais do rosto do participante e com má iluminação, tornando as imagens ilegíveis. A Figura 4.5 demonstra as imagens do mesmo participante, no treinamento da emoção de surpresa.

As imagens do participante P1 no treinamento da expressão de tristeza podem ser visualizadas na Figura 4.6.

Figura 4.4 – Imagem do participante P1 treinando a expressão de felicidade em cada sessão



Fonte: imagens capturadas pelo TEABot versão 3 (2018).

E a Figura 4.7 contém as imagens de cada sessão realizada pelo participante P1, treinamento da expressão de raiva.

O participante P2 não demonstrou nenhum interesse em realizar as expressões faciais, apesar de interagir com o TEABot, o mesmo aparentou estar agitado em todas as sessões que participou. O relatório com as informações pode ser visto na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Relatório das sessões do participante P2

Sessão	Duração	Expressões realizadas					
		Feliz	Surpresa	Triste	Raiva	Nojo	Medo
0	-	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
1	15	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
2	15	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
3	15	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

O participante P3 realizou apenas uma sessão e não compareceu nas sessões posteriores. Além disso, após o decorrer de dez minutos, o participante não apresentou interesse em continuar interagindo com o robô. A Tabela 4.5 apresenta o resumo da sessão realizada com esse participante.

No participante P4, suas representações faciais apresentaram variações entre as sessões. Apesar de parecer desfocado, demonstrou em todas as sessões interesse em utilizar o robô. Seu desempenho pode ser visto na Tabela 4.6.

Figura 4.5 – Imagem do participante P1 treinando a expressão de surpresa em cada sessão



Fonte: imagens capturadas pelo TEABot (2018).

Figura 4.6 – Imagem do participante P1 treinando a expressão de tristeza em cada sessão



Fonte: imagens capturadas pelo TEABot versão 3 (2018).

Figura 4.7 – Imagem do participante P1 treinando a expressão de raiva em cada sessão



Fonte: imagens capturadas pelo TEABot versão 3 (2018).

Tabela 4.5 – Relatório da sessão do participante P3

Sessão	Duração	Expressões realizadas					
		Feliz	Surpresa	Triste	Raiva	Nojo	Medo
0	-	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
1	10	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Tabela 4.6 – Relatório das sessões do participante P4

Sessão	Duração	Expressões realizadas					
		Feliz	Surpresa	Triste	Raiva	Nojo	Medo
0	-	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO
1	15	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
2	15	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	SIM
3	15	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

No caso do participante P5, o qual consegue reconhecer todas as seis expressões, mas representa poucas em seu cotidiano, de acordo com a informação recebida de seu pai, os resultados apresentados na Tabela 4.7 demonstra que o participante também consegue representar essas expressões, apesar de no início apresentar um pouco de dificuldade nas emoções de nojo e raiva.

Diferentemente dos outros indivíduos, o participante P6 possui Altas Habilidades e, nunca realizou atendimento pela equipe multidisciplinar nesta instituição. Por isso, no início da primeira sessão apresentou interesse pelas diversas distrações presentes na sala, e após alguns

Tabela 4.7 – Relatório das sessões do participante P5

Sessão	Duração	Expressões realizadas					
		Feliz	Surpresa	Triste	Raiva	Nojo	Medo
0	-	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
1	30	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
2	30	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
3	20	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
4	20	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
5	20	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

minutos da primeira sessão, o participante se recusou a imitar o robô.

Na segunda sessão, o participante evitou interagir com o robô e, assim como as sessões seguintes, interação com o TEABot foi realizada por meio de algumas técnicas de engajamento, aplicadas pela terapeuta ocupacional, uma das mediadoras do projeto. Contudo, o participante ainda se recusava a expressar as emoções, existindo pouca interação com o robô. A Tabela 4.8 expõe as informações coletadas durante as sessões. Também é possível visualizar imagens da segunda sessão na Figura 4.8, na qual foram realizadas atividades para motivar a interação do participante.

Tabela 4.8 – Relatório das sessões do participante P6

Sessão	Duração	Expressões realizadas					
		Feliz	Surpresa	Triste	Raiva	Nojo	Medo
0	-	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
1	20	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
2	20	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
3	20	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
4	20	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
5	20	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Os resultados do participante P7 são apresentados na Tabela 4.9, o qual evidenciou uma das melhores evoluções desse experimento. Com autorização dos pais, também foram estruturadas imagens para cada uma das nove emoções do participante P7, em todas as suas sessões. A Figura 4.9 apresenta uma imagem para cada sessão sobre a emoção de felicidade, na Figura 4.10 demonstra as sessões de treinamento de surpresa, a emoção de tristeza é apresentada na Figura 4.11, a emoção de raiva pode ser vista na Figura 4.12, na Figura 4.13 contém as imagens da expressão de nojo, e a expressão de medo pode ser vista na Figura 4.14.

Na última sessão, uma das três mediadoras se ausentou e a participante P7 apresentou sinais de desânimo e até chorou por alguns segundos, mesmo assim, participou com presença de

Figura 4.8 – Imagens capturadas na segunda sessão do participante P6.



Fonte: imagens capturadas pelo Autor (2018).

Tabela 4.9 – Relatório das sessões do participante P7

Sessão	Duração	Expressões realizadas					
		Feliz	Surpresa	Triste	Raiva	Nojo	Medo
0	-	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
1	30	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
2	30	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM
3	30	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM
4	30	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM
5	30	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
6	30	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
7	30	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
8	20	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
9	20	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

sua mãe unicamente nessa sessão.

Apesar do participante P8 ter efetuado poucas sessões, o mesmo apresentou resultados satisfatórios nas representações como é possível visualizar Tabela 4.10. Além disso, a criança apresentou em todas as sessões, interesse pela estrutura física do robô. Uma das características específicas desse participante é que o mesmo também possui Hiperatividade, o que pode ter ocasionado a perda de foco frequentemente.

O participante P9 apresentou ótimos resultados desde o início dos experimentos, além disso, obteve uma boa interação com o TEABot e sempre apresentou estar entusiasmado em todas as sessões que participou. O resultado das sessões pode ser visto na Tabela 4.11.

Com base nas expressões realizadas em cada um desses relatórios individuais, foram contabilizadas 42 sessões realizadas com todos os participantes. Dessa forma, foi desenvolvido um resumo com a quantidade de sessões em que o participante realizou a expressão, a quantidade

Figura 4.9 – Imagem do participante P7 treinando a expressão de felicidade em cada sessão



Fonte: imagens capturadas pelo TEABot (2018).

Figura 4.10 – Imagem do participante P7 treinando a expressão de surpresa em cada sessão



Fonte: imagens capturadas pelo TEABot versão 3 (2018).

Figura 4.11 – Imagem do participante P7 treinando a expressão de tristeza em cada sessão



Fonte: imagens capturadas pelo TEABot versão 3 (2018).

Figura 4.12 – Imagem do participante P7 treinando a expressão de raiva em cada sessão



Fonte: imagens capturadas pelo TEABot versão 3 (2018).

Figura 4.13 – Imagem do participante P7 treinando a expressão de nojo em cada sessão



Fonte: imagens capturadas pelo TEABot versão 3 (2018).

Figura 4.14 – Imagem do participante P7 treinando a expressão de medo em cada sessão



Fonte: imagens capturadas pelo TEABot versão 3 (2018).

Tabela 4.10 – Relatório das sessões do participante P8

Sessão	Duração	Expressões realizadas					
		Feliz	Surpresa	Triste	Raiva	Nojo	Medo
0	-	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
1	15	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
2	15	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM
3	15	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM
4	15	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Tabela 4.11 – Relatório das sessões do participante P9

Sessão	Duração	Expressões realizadas					
		Feliz	Surpresa	Triste	Raiva	Nojo	Medo
0	-	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
1	30	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
2	30	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
3	30	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

de sessões em que o participante não realizou a expressão mencionada e o total. Esse resumo pode ser visto na Tabela 4.12, a qual está ordenada de forma decrescente de realizações. A Figura 4.15 apresenta a porcentagem de realização de cada uma das expressões emocionais pelos participantes nas sessões.

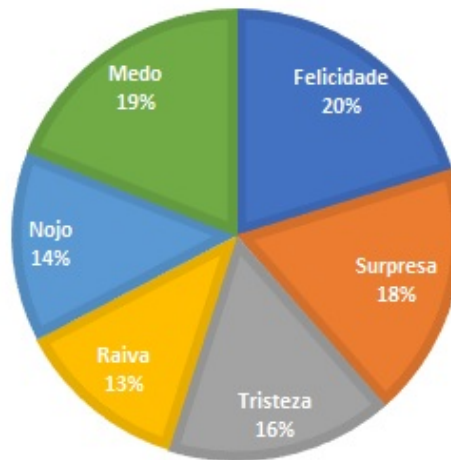
Tabela 4.12 – Resumos dos relatório individuais.

Emoção	Quantidade realizadas	Quantidade não realizadas
Felicidade	31	11
Medo	29	13
Surpresa	28	14
Tristeza	25	17
Nojo	21	21
Raiva	19	23
Total	153	99

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Figura 4.15 – Gráfico com a porcentagem de realização de cada expressão emocional

PORCETAGEM DE CADA EXPRESSÃO REALIZADA



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

4.3 Discussões

4.3.1 Experimentos

Com total de 14 dias dedicados a execução do experimento, foram realizadas 42 sessões com os participantes, foi atingido o tempo de 950 minutos de interação com os indivíduos e, capturadas mais de 14 mil imagens pelo TEABot. Através da análise dos resultados obtidos, tornou possível identificar que todos os participantes possuem algumas dificuldades em imitar expressões faciais de emoções negativas como: tristeza, raiva, nojo e medo.

A emoção de felicidade foi a que apresentou maior facilidade na representação, seguido pela emoção de surpresa, em que os participantes demonstraram maior disposição em realizá-la. Entretanto, as expressões de raiva e nojo foram as quais obtiveram o menor número de acertos por parte dos participantes, respectivamente. Mesmo assim, parte dos indivíduos expressavam sons de para expressar a emoção de raiva e, pronunciavam a palavra “eca”, mesmo sem conseguir imitar a expressão de nojo. Por isso, acredita-se que o participante compreendeu a emoção, porém não conseguiu articular os movimentos necessários para representá-la corretamente. A emoção de raiva e tristeza foram as quais alguns participantes mais se recusaram a imitá-las inicialmente.

Durante os treinamentos, foi possível observar que sempre em que era solicitado para o

participante realizar uma nova expressão, os indivíduos menores de cinco anos direcionavam seu rosto para uma das mediadoras, e só após alguns momentos, ou a pedido da mediadora, é que olhavam para o robô. Por esse motivo, houve um alto número de capturas insignificantes, as quais o sistema não conseguia reconhecer as emoções.

No experimento final, além dos nove conjunto de imagens mencionados anteriormente, os quais faziam uso de expressões de pessoas reais, nas duas primeiras sessões, também foram utilizados outros dois conjuntos. Um deles utiliza *emojis*, que são imagens com base em figurinhas animadas como pode ser visto um exemplo na Figura 4.16.

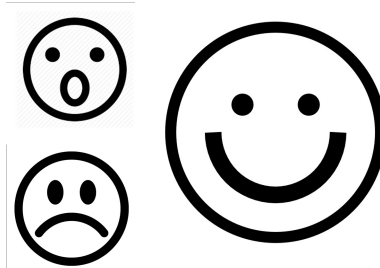
Figura 4.16 – Imagem de *emojis* utilizados no experimento.



Fonte: Imagem capturada pelo TEABot (2018).

A Figura 4.17 expõe o outro conjunto de imagem, o qual era formado por *emoticons*, um modelo de figuras simplistas como já foi informado anteriormente no trabalho de Costa et al. (2017) que fazia o uso dessas imagens para representação das emoções.

Figura 4.17 – Imagem de *emoticons* utilizados no experimento.



Fonte: Imagem capturada pelo TEABot (2018).

Após o uso desses dois conjuntos de imagens nas duas primeiras sessões, foi constatado que os participantes conseguiam compreender e representar apenas a emoção de felicidade e, apresentaram dificuldades em imitar as outras emoções. Em dois casos específicos, os participantes se aborreceram e desmotivaram em dar continuidade no experimento, com isso, optou-se por remover esses dois conjuntos de imagens do TEABot e continuar o experimento com os nove conjuntos que fazem o uso de expressões de pessoas reais.

Para emoção de raiva, as expressões as apresentadas continham rostos com a sobrancelha franzida, e três participantes tentaram franzir a sua própria sobrancelha com o auxílio dos seus dedos.

Uma observação curiosa obtida no experimento, aconteceu no treinamento da expressão de tristeza, que é rapidamente identificada pelo sistema de reconhecimento emotivo mesmo quando o participante não tenta imitar tal expressão. Uma suposição para esta ocasião é que a expressão neutra encontrada nos rostos das participante é associada a tristeza pelo sistema de reconhecimento facial emotivo. Outro caso que foi possível perceber, é que uma parte dos participantes ao tentar imitar a expressão de nojo tentam falar a palavra “eca”, mesmo sem conseguir imitar essa expressão, mas exercitando a comunicação verbal.

4.3.2 Entrevista com os pais

Após a coleta e análise dos dados obtidos da entrevista realizada com os pais dos participantes, os relatos indicados como comportamentos incomuns pelas mães dos participantes é sobre o participante P1, em que a mãe afirma que, nos últimos dias, seu filho veio perdendo alguns medos que antes apresentava, e sempre repetia a frase “não precisa ter medo!” ou “não tenho medo!”. A mãe ainda afirma que seu filho possui interesse em manipular tecnologias eletrônicas e que ele iria “adorar” utilizar o robô. Ela acredita que o uso do robô foi uma oportunidade que proporcionou novas expressões faciais no mesmo e, se prontificou para realização de novos experimentos.

Apesar do participante P6 não ter apresentado uma boa interação com o robô nas sessões a qual foi submetido, sua mãe demonstrou enorme interesse em sua participação. Ela afirma que o uso do robô pode ajudar ao seu filho a realizar as expressões e diminuir os sintomas causados pelo autismo, a mesma sugeriu expandir essa proposta para outras instituições para auxiliar um maior número de pessoas. A mãe do participante relata que após a terceira sessão seu filho se recusava a retornar ao experimento, após isso, ela sempre informava com antecedência sobre a participação no experimento.

Outro caso incomum relatado pela mãe do participante P7, que não conseguia realizar nenhuma dessas expressões no início do experimento. Mas, após três sessões, sua filha em alguns momentos, começou a realizar as expressões aprendidas para seu pai. A mãe acredita essa ação está associada ao uso do robô que, além disso, após mais algumas sessões, mãe afirmou que

sua filha obteve controle do seu medo pelo barulho que sua irmã mais nova fazia ao chorar. Ela relata que antes sua filha ficava inquieta e também chorava, mas agora, ela observa e até tentar consolar a irmã tentando acalmá-la.

Todos os pais afirmam que seus filhos conseguiram melhorar as expressões após o uso do robô nas sessões, além disso, acreditam que o uso do robô nas sessões de terapia pode auxiliar outras pessoas a representar ou reconhecer expressões em si e nos outros. Quatro dos nove pais, se comprometeram a participar de novos experimentos com seus filhos futuramente e, dois deles, demonstraram estar desanimados com a finalização desse experimento.

4.3.3 Entrevista com a equipe multidisciplinar

A equipe multidisciplinar formada por: uma terapeuta ocupacional, uma psicóloga e uma fonoaudióloga, as quais realizam atendimentos na APAE e de forma particular em consultórios. Logo na primeira semana dos experimentos, a equipe se surpreendeu com os excelentes resultados que o TEABot vinha obtendo, afirmando que houve uma aceitação rápida pela maior parte dos usuários.

Para a terapeuta ocupacional, o robô faz uso de cores claras como azul e branco, ela afirma que para os autistas essas cores trazem tranquilidade para as crianças. Além disso, ela afirma que o uso das imagens com pessoas realizando as expressões podem promover resultados melhores nos participantes.

Para a psicóloga, a construção do robô em forma de um carro foi um desenho obteve uma ótima aceitação por parte dos participantes do sexo masculino e feminino, o que despertou interesse pela crianças e curiosidade em interagir com o robô. Mas, a profissional recomenda ser estudado outros modelos voltados para as participantes do sexo feminino, ainda que, apesar dessa população ter uma quantidade menor, essa característica poderia obter resultados melhores em algumas participantes.

Para a fonoaudióloga, a utilização de uma comunicação verbal no robô, pode ter colaborado na compreensão de cada emoção por parte dos participantes. Pois em cada treinamento de emoção, a criança escutava de forma clara qual era a emoção que estava treinando. Além disso, a mesma afirma que uma forma de melhorar a participação das crianças na interação, seria a utilização de uma voz infantil, o que tornaria mais confortável para os participantes.

Por fim, a equipe acredita que o uso do robô nas sessões pode conseguir resultados

promissores, por isso, afirmam que seria muito provável adquirir um robô comercialmente para usar esse tipo de treinamento em seus consultórios. Elas apontam como maior vantagem a facilidade em manusear o robô e, os resultados promissores que pode ser obtido em poucas sessões.

5 CONCLUSÃO

Neste capítulo é feito o desfecho conclusivo deste trabalho. Na Seção 5.1, descrevem-se as contribuições deste projeto. As propostas para trabalhos futuros são apresentadas na Seção 5.2. Por fim, na Seção 5.3 são apresentadas limitações na proposta do trabalho e as ameaças à sua validade.

Neste estudo, foi desenhado, construído e validada a arquitetura física do robô, na qual se concretizaram três diferentes versões físicas do TEABot e, validado na realização de um experimento. Para isso, foi implementado um sistema para representar as seis expressões faciais universais, utilizando a linguagem de programação Python, a biblioteca de interface gráfica Kivy e a biblioteca Pygame. Também foi incorporado o sistema de reconhecimento facial desenvolvido por Barros, Weber e Wermter (2015), capaz de identificar a intensidade de cada emoção em uma imagem. Por fim, foram definidos e executados dois experimentos com 19 crianças e jovens que possuem o distúrbio da Alexitimia ou que apresentam dificuldades em representar emoções fazendo o uso de expressões faciais, na APAE de Serra Talhada, em até nove sessões para cada participante.

De acordo com os experimentos realizados, há evidências que o TEABot é capaz de treinar expressões faciais em pessoas com dificuldades em representar e reconhecer tais emoções. Uma vez que, melhorou a capacidade de representar algumas das expressões emocionais em maior parte dos participantes. Além disso, apresenta evidências que um robô de baixo custo pode ser utilizado por psicólogos, terapeutas e fonoaudiólogas capaz de: aprimorar a capacidade de expressar emoções e, aprimorar a capacidade de reconhecer emoções em outros indivíduos através da percepção visual.

Com esses resultados, foi publicado no *Workshop on Intelligent Assistive Computing*, do *IEEE World Congress on Computational Intelligence 2018* um artigo intitulado "*Assistive Robotics for Teaching Emotional Abilities to Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorder*", disposto no Apêndice F. Além disso, foi publicado um resumo na 18ª Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, com o título "O uso da Robótica no Treinamento de Expressões Faciais Emocionais em Pessoas com Autismo", localizado no Apêndice G.

Contudo, acreditasse que esses treinamentos podem melhorar a comunicação, resultando em uma melhor qualidade de vida para esses indivíduos na sociedade, e os tornando mais independentes no ambiente social.

5.1 Contribuições deste trabalho

A primeira contribuição foi, a construção e desenvolvimento do robô, de baixo custo, para ser utilizado na APAE de Serra Talhada por qualquer membro da equipe multidisciplinar dessa instituição. Também é válido destacar as contribuições obtidas pelos participantes, uma vez que, a maioria adquiriu melhorias significativas na representação e no reconhecimento das emoções através da expressão facial.

Por fim, a maior contribuição deste trabalho foi a investigação da utilização de um robô social assistivo para treinamento de representação e reconhecimento das seis expressões faciais universais, chegando à conclusão que a aplicação do robô em terapias mediadas por terapeutas, psicólogos, fonoaudiólogos e alguns outros profissionais da saúde oferece melhorias significativas em indivíduo com Alexitimia ou dificuldades semelhantes a desse distúrbio. Tendo em vista sua importância, dado que o trabalho possui abordagens inovadoras na literatura brasileira, além de um escasso número de trabalhos relacionados encontrados em periódicos internacionalmente.

5.2 Propostas para trabalhos futuros

Ainda foi possível identificar diversas melhorias para o robô, uma delas é escalonar os recursos de processamento suficiente para aumentar a atual frequência de verificação da expressão facial, de 2 para 0.5 segundos e, instalar duas câmeras grande angulares. Com isso, espera-se aumentar o campo de visão, diminuir as perdas de capturas do robô e melhorar o reconhecimento das expressões na interação, visto que, os participantes ficam inquietos e o sistema não identifica os seus rostos.

Outro recurso seria a instalação de um sensor de infravermelho, capaz de detectar a proximidade do participante e, um sistema de locomoção, capaz de aproximar/afastar do usuário ou até pausar a interação enquanto o participante está fora do alcance da visão, dessa forma, obtendo capturas melhores para o sistema de reconhecimento facial. Assim como, o

desenvolvimento de um aplicativo móvel para uso dos mediadores ou pesquisadores, capaz de controlar algumas funções do robô e exibir informações importantes como: trocar expressão, mudar de usuário, repetir reprodução do som e verificar a intensidade de cada emoção reconhecida no usuário, serviriam para auxiliar e orientar os envolvidos no experimento.

Uma outra melhoria para o TEABot é a substituição do sistema de voz artificial do robô por um conjunto de voz humana, de preferência infantil. Tendo em vista que, uma boa comunicação verbal do robô pode gerar mais conforto para os participantes com uma voz mais amigável e similar ao seu contexto. Para melhorar os resultados, o sistema de apresentação de imagens deveria treinar emoções mais simples inicialmente, como: felicidade e surpresa, e aos poucos, trabalhar novas emoções. Além disso, o sistema poderia criar e exibir conjuntos de imagens, fazendo o uso das capturas assertivas dos próprios participantes, ou de pessoas próximas a ele, como seus pais. Dessa forma, espera-se aumentar a expectativa do usuário e engajá-los na interação com o robô.

Outras propostas para trabalhos futuros ficam a implementação de um sistema de identificação facial dos participantes, juntamente com um modelo de inteligência artificial se adapte ao perfil e aprendizado de cada um em tempo real. Com isso, esperar-se que o sistema identifique o participante, e, realize o treinamento das emoções que o indivíduo possui mais dificuldade e, automaticamente, diminua o treinamento das expressões já aprendidas, evitando aborrecer o usuário com atividades repetitivas.

Para melhorar a transmissão das expressões para o participante, apresentando os movimentos necessários para realização da mesma, fica o desenvolvimento de um sistema virtual de representação das expressões e comparar com o atual sistema de representação, para verificar a eficiência das duas abordagens.

Uma outra estratégia a qual pode promover uma diminuição nos custos na construção do robô e, simplificar o desenvolvimento do sistema, é a substituição dos componentes de Hardware por um *tablet*, provido de câmera frontal, bateria, auto-falante e o sistema operacional Android, além disso, realizar a construção da estrutura física através de uma impressora 3D, já que a construção plástica possibilita um custo até 10 vezes menor que a construção em madeira. Além disso, incorporar outros sistemas de reconhecimento facial de expressões desenvolvidos por outros autores e que estejam disponíveis livremente para teste.

Neste trabalho foi utilizado um computador de placa única do tamanho reduzido, da marca Raspberry, porém, existem uma variedade de placas semelhantes disponíveis no mercado, mas, ainda não há trabalhos que realizem uma análise comparativas desses computadores, para

identificar os componentes apropriados ao objetivo de cada trabalho, propondo assim esse trabalho futuro.

5.3 Limitações e Ameaças

Uma das limitações é o fato de o robô não capturar imagens do participante enquanto ela se posiciona ou, direciona seu rosto fora do raio de alcance. Foi identificado no experimento, que todas as crianças sempre realizam as expressões primeiramente para uma das mediadoras na sala.

Outro fator que vale ser ressaltado é que, o sistema de reconhecimento facial de emoções na maioria das vezes em que treinava a expressão de tristeza, identifica rapidamente a assertividade, mesmo quando o participante não realiza uma tentativa de expressar. Isso acontece pelo motivo do rosto do participante se encontrar em modo neutro e, essa expressão se assemelhar com as expressões de tristeza usadas no treinamento das redes neurais do sistema de reconhecimento facial.

Uma ameaça identificada é pelo fato da sala utilizada nos experimentos conter diversos estímulos e distrações para o participante. Contudo, oito dos nove participantes já estavam familiarizados com as condições nesta sala há algum tempo.

5.4 Dificuldades Encontradas

A primeira dificuldade foi, encontrar indivíduos com diagnóstico do distúrbio da Alexitimia, pois nem todos os profissionais da saúde têm conhecimento a respeito desse distúrbio, além disso, alguns profissionais afirmam não estarem capacitados a emitir o diagnóstico do mesmo.

Outra dificuldade, foi encontrar imagens com as seis expressões faciais, de forma nítida e gratuita, para formar os conjuntos de imagens. Nas buscas, foram encontradas imagens com baixa resolução, marcas d'água, imagens pagas e imagens com expressividade baixa. Também foi enfrentado problemas na durabilidade e custo dos componentes, o que atrasou a construção do robô, visto que muitos componentes foram danificados durante essa etapa, como: a placa de adaptação de vídeo da tela e a câmera, as quais seus custos inviabilizam a aquisição de peças

reservas.

Por fim, a última dificuldade enfrentada foi definir um desenho experimental para validação do robô, as métricas necessárias para o experimento e, o modelo físico para construir o robô. Quando se buscou na literatura, a maioria dos trabalhos utilizam robôs comerciais, os quais já vem prontos e, o foco das pesquisas eram por muitas vezes o levantamento das ações ou a execução do experimento.

REFERÊNCIAS

- AREL, I.; ROSE, D. C.; KARNOWSKI, T. P. Deep machine learning - a new frontier in artificial intelligence research [research frontier]. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, v. 5, n. 4, p. 13–18, Nov 2010. ISSN 1556-603X.
- ASLAM, S. et al. A comparison of humanoid and non-humanoid robots in supporting the learning of pupils with severe intellectual disabilities. In: IEEE. *Interactive Technologies and Games (iTAG), 2016 International Conference on*. [S.l.], 2016.
- ASSOCIATION, A. P. et al. *DSM-5: Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais*. [S.l.]: Artmed Editora, 2014.
- BARROS, P.; WEBER, C.; WERMTER, S. Emotional expression recognition with a cross-channel convolutional neural network for human-robot interaction. In: IEEE. *Humanoid Robots (Humanoids), 2015 IEEE-RAS 15th International Conference on*. [S.l.], 2015.
- BUGNARIU, N.; POPA, D. O. Human – Robot Gesture Analysis for Objective Assessment of Autism Spectrum Disorder. *International Journal of Social Robotics*, Springer Netherlands, v. 8, n. 5, 2016. ISSN 1875-4805.
- CAROLINE, A. et al. Um Estudo sobre Redes Neurais Convolucionais e sua Aplicação em Detecção de Pedestres. 2016. Disponível em: <<http://sibgrapi.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sibgrapi/2016/09.12.15.44/doc/um-estudo-sobre.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2018.
- CHEN, C. H. *Neural Networks in Pattern Recognition and Their Applications*. WORLD SCIENTIFIC, 1991. Disponível em: <<https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/1486>>. Acesso em: 28 dez. 2018.
- COSTA, A. P. et al. A comparison between a person and a robot in the attention, imitation, and repetitive and stereotypical behaviors of children with autism spectrum disorder. In: *Proceedings workshop on Social human-robot interaction of human-care service robots at HRI2018*. [S.l.: s.n.], 2018.
- COSTA, A. P. et al. Socially assistive robots for teaching emotional abilities to children with autism spectrum disorder. *Proceedings 3Rd Workshop on Child-Robot Interaction At Hri 2017*, 2017.
- DINIZ, B. et al. Políticas para o autismo no Brasil: 707. v. 3, 2017.
- EKMAN, P. Facial expression and emotion. *American psychologist*, American Psychological Association, v. 48, n. 4, 1993.
- EKMAN, P.; FRIESEN, W. V. *Unmasking the face: A guide to recognizing emotions from facial clues*. [S.l.]: Ishk, 2003.
- Escolha Tecnologia. *Voz do Narrador - 2018 – Apps no Google Play*. 2018. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.escolhatecnologia.vozdonarrador>>. Acesso em: 28 dez. 2018.

FERREIRA, A. A. COMPARAÇÃO DE ARQUITETURAS DE REDES NEURAIS PARA SISTEMAS DE RECONHECIMENTO DE PADRÕES EM NARIZES ARTIFICIAIS. 2004.

GESCHWIND, D. H. Advances in autism. *Annual Review of Medicine*, v. 60, n. 1, 2009. PMID: 19630577.

GOULART, C. et al. MARIA: Um Robô para Interação com Crianças com Autismo. *XII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI)*, 2015.

HAYKIN, S. *Redes Neurais - 2ed.* [S.l.]: Bookman, 2001. ISBN 9788573077186.

KOZIMA, H.; NAKAGAWA, C. Social robots for children: Practice in communication-care. *International Workshop on Advanced Motion Control, AMC*, v. 2006, 2006. ISSN 1943-6572.

LECUN, Y.; KAVUKCUOGLU, K.; FARABET, C. Convolutional networks and applications in vision. In: *Proceedings of 2010 IEEE International Symposium on Circuits and Systems*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 253–256. ISSN 0271-4302.

MATTILA, A. K. et al. Alexithymia and occupational burnout are strongly associated in working population. *Journal of psychosomatic research*, Elsevier, v. 62, n. 6, 2007.

OLIVEIRA, A. et al. Identificação de madeiras utilizando a espectrometria no infravermelho próximo e redes neurais artificiais. *TEMA (São Carlos)*, scielo, v. 16, p. 81 – 95, 08 2015. ISSN 2179-8451. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-84512015000200081&nrm=iso>. Acesso em: 28 dez. 2018.

OLIVEIRA, C. *Revista Espaço Aberto 170 | A USP e a cidade de São Paulo*. 2015. Disponível em: <<http://www.usp.br/espacoaberto/?materia=um-retrato-do-autismo-no-brasil>>. Acesso em: 29 jul. 2018.

OLIVEIRA, M. Q. et al. A promoção do reconhecimento emocional facial nas perturbações do espectro do autismo usando videojogos: uma proposta portuguesa. In: *Actas do IX Congresso Iberoamericano de Psicologia/2º Congresso Ordem dos Psicólogos Portugueses*. [S.l.: s.n.], 2014.

QIDWAI, U.; SHAKIR, M.; CONNOR, O. B. Robotic toys for autistic children: Innovative tools for teaching and treatment. *2013 7th IEEE GCC Conference and Exhibition, GCC 2013*, 2013.

RANDOLPH-GIPS, M. Autism: A systems biology disease. In: *2011 IEEE First International Conference on Healthcare Informatics, Imaging and Systems Biology*. [S.l.: s.n.], 2011.

ROBINS, B. et al. Tactile interaction with a humanoid robot for children with autism: A case study analysis involving user requirements and results of an initial implementation. In: *19th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication*. [S.l.: s.n.], 2010. ISSN 1944-9445.

SABINO, R. S. Estrutura Híbrida de Locomoção para um Robô Humanóide. 2009.

SAMSON, A. C.; HUBER, O.; GROSS, J. J. Emotion regulation in Asperger's syndrome and high-functioning autism. *Emotion*, v. 12, n. 4, 2012. ISSN 15283542.

SCASSELLATI, B.; ADMONI, H.; MATARIĆ, M. Robots for use in autism research. *Annual Review of Biomedical Engineering*, v. 14, n. 1, 2012. PMID: 22577778.

SIFNEOS, P. E. The prevalence of ‘alexithymic’ characteristics in psychosomatic patients. v. 22, 1973.

THILL, S. et al. Robot-assisted therapy for autism spectrum disorders with (partially) autonomous control: Challenges and outlook. *Paladyn*, Springer, v. 3, n. 4, 2012.

Victor Caputo. *Estes são os 36 melhores apps Android de 2016 segundo o Google | EXAME*. 2016. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/estes-sao-os-36-melhores-apps-android-de-2016-segundo-o-google/>>. Acesso em: 16 dez. 2018.

WANG, Y. T.; WANG, Y. W.; WANG, H. M. Intelligent robotic applied to social development assistant teaching system of autistic children. In: *2016 5th International Symposium on Next-Generation Electronics, ISNE 2016*. [S.l.: s.n.], 2016. ISBN 9781509024391.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO

PILOTO

NOME DO PAI: _____

NOME DA MÃE: _____

IDADE: _____ TEA: _____ TURMA: _____

ENDEREÇO: _____

1. Seu filho(a) consegue representar emoção de **felicidade**?

() Não () Sim, como:

2. Seu filho(a) consegue representar emoção de **raiva**?

3. Seu filho(a) consegue representar emoção de **medo**?

() Não () Sim, como:

4. Seu filho(a) consegue representar emoção de **surpresa**?

() Não () Sim, como:

5. Seu filho(a) consegue representar emoção de **nojo**?

() Não () Sim, como:

6. Seu filho(a) consegue representar emoção de **tristeza**?

() Não () Sim, como:

7. Seu filho(a) consegue reconhecer alguma das emoções abaixo?

() Não () Feliz () Triste () Nojo
() Medo () Surpresa () Raiva

APÊNDICE B – TERMO DE LIVRE CONSENTIMENTO DO EXPERIMENTO PILOTO



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aos Responsáveis

O menor de idade pelo qual o(a) senhor(a) é responsável está sendo convidado(a) a participar da pesquisa **“Robótica para o Ensino de Habilidades Emocionais a Crianças e Jovens com Deficiência”**

O objetivo deste estudo consiste em identificar se crianças e jovens com deficiência podem se beneficiar de um treinamento mediado por robô para melhorar sua capacidade emocional. Neste treinamento, o robô atua como tutor, estimulando a criança a expressar alguma das sete emoções primárias universais (medo, felicidade, tristeza, surpresa, nojo, raiva e desprezo).

Caso você autorize, seu filho irá participar de 10 sessões de interação com o robô nos dias pré-estabelecidos. A participação dele(a) não é obrigatória e, a qualquer momento, poderá desistir da participação. Tal recusa não trará prejuízos em sua relação com o pesquisador ou com a instituição em que ele/a estuda. Tudo foi planejado para minimizar os riscos da participação dele(a), porém se ele(a) poderá interromper a participação e, se houver interesse, conversar com o pesquisador sobre o assunto.

O(A) senhor(a) e o menor de idade pelo qual é responsável não receberão remuneração pela participação. A participação dele(a) poderá contribuir para a melhoria da capacidade emocional de pessoas com deficiência. Suas respostas não serão divulgadas de forma a possibilitar a identificação. Além disso, o(a) senhor(a) está recebendo uma cópia deste termo onde consta o telefone do pesquisador principal, podendo tirar dúvidas agora ou a qualquer momento.

A pesquisadora Profa. Ellen Polliana Ramos Souza, e os alunos Eliaquim Moreira do Nascimento e José Antônio Pedro dos Santos informam que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Extensão da Universidade Federal Rural de Pernambuco na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, que funciona na Av. Gregório Ferraz Nogueira, S/N, José Tomé de Souza Ramos, Serra Talhada, PE. Os telefones e e-mails dos pesquisadores são, respectivamente, (87) 99927-4987, (87) 99643-3276, (87) 98138-3528. E-mails ellen.polliana@ufrpe.br, eliaquim.moreira@ufrpe.br, joseantonio.santos@ufrpe.br.



CONSENTIMENTO

Eu, _____
declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação do menor de
idade pelo qual sou responsável, _____
_____,
sendo que:

() aceito que ele(a) participe () não aceito que ele(a) participe

Serra Talhada, de de 20__

Assinatura

APÊNDICE C – TERMO DE LIVRE CONSENTIMENTO DO

EXPERIMENTO FINAL



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aos Responsáveis

O menor de idade pelo qual o(a) senhor(a) é responsável está sendo convidado(a) a participar da pesquisa “Robótica para o Ensino de Habilidades Emocionais a Crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA)”

Os objetivos deste estudo consistem em identificar se crianças TEA podem se beneficiar de um treinamento mediado por robô para melhorar sua capacidade emocional. Caso você autorize, seu filho irá: participar de várias seções com um robô em que será distribuído em diversos dias. A participação dele(a) não é obrigatória e, a qualquer momento, poderá desistir da participação. Tal recusa não trará prejuízos em sua relação com o pesquisador ou com a instituição em que ele/a estuda. Tudo foi planejado para minimizar os riscos da participação dele(a), porém se ele(a) (especificar riscos, ex: sentir desconforto com as perguntas, dificuldade ou desinteresse) poderá interromper a participação e, se houver interesse, conversar com o pesquisador sobre o assunto.

O(A) senhor(a) e o menor de idade pelo qual é responsável não receberão remuneração pela participação. A participação dele(a) poderá contribuir para (benefícios da pesquisa) as suas respostas não serão divulgadas de forma a possibilitar a identificação. Além disso, o(a) senhor(a) está recebendo uma cópia deste termo onde consta o telefone do pesquisador principal, podendo tirar dúvidas agora ou a qualquer momento.

O pesquisador Prof. Ellen Polliana Ramos Souza, o aluno José Antônio Pedro dos Santos, a Terapeuta Ocupacional Lívia da Silva Rabelo, a Psicóloga Marta Wendjany Silva Bezerra e a Fonoaudióloga Mayanna Sobreira Tavares Rodrigues informa que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Extensão universitária da Universidade Federal Rural de Pernambuco na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, que funciona na Av. Gregório Ferraz Nogueira, S/N, José Tomé de Souza Ramos, Serra Talhada, PE, respectivamente os dados de Ellen Souza e José Antônio são: telefone (87) 99927-4987, (87) 98138-3528. E e-mails ellen.poliana@ufrpe.br e joseantonio.santos@ufrpe.br. Se necessário, pode-se entrar em contato com esse Comitê responsável na unidade.



CONSENTIMENTO

Eu, _____, declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação do menor de idade pelo qual sou responsável, sendo que:

() aceito que ele(a) participe () não aceito que ele(a) participe

Serra Talhada, 05 de novembro de 2018.

Assinatura

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DO EXPERIMENTO

FINAL

QUESTIONÁRIO FINAL DO PARTICIPANTE

NOME DO RESPONSÁVEL: _____

IDADE: _____ TEA: _____ TURMA: _____

ENDEREÇO: _____

ESTUDA EM ESCOLA REGULAR: () Sim () Não

1. Antes de participar do experimento, seu filho(a) conseguia representar através do rosto alguma das emoções abaixo?

() Não () Feliz () Triste () Nojo
() Medo () Surpresa () Raiva

OBS: _____

2. Antes de participar do experimento, seu filho(a) conseguia reconhecer pelo rosto alguma das emoções abaixo?

() Não () Feliz () Triste () Nojo
() Medo () Surpresa () Raiva

OBS: _____

3. Você percebeu alguma mudança no reconhecimento e/ou representação de alguma emoção durante participação do experimento?

4. Você acredita que o uso do robô nas sessões de terapia auxiliou e/ou pode auxiliar a criança a representar ou reconhecer expressões em si e nos outros?

5. Você percebeu algum comportamento incomum da criança durante participação nessas sessões de terapia com o uso de robô?

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO DO APLICADO AS TERAPEUTAS

QUESTIONÁRIO PARA AS TERAPEUTAS

NOME: _____

ESPECIALIDADE: _____

ATENDE EM CONSULTÓRIO PARTICULAR:

() Sim, Local: _____ () Não

1. Você compraria um robô semelhante ao utilizado nos experimentos para usar nos seus atendimentos no consultório particular?

() Sim () Não

Motivo da escolha: _____

2. Qual sua opinião sobre a participação nesse experimento?

3. Você percebeu alguma melhoria nos participantes em que você esteve presente no experimento?

4. Quais características você conseguiu identificar como boas nesse experimento?

5. Quais características você conseguiu identificar como ruins nesse experimento?

6. Você conseguiu identificar alguma melhoria para o robô ou experimento? Quais?

APÊNDICE F – ARTIGO PUBLICADO NO *WORKSHOP*

INTELLIGENT ASSISTIVE COMPUTING

Assistive Robotics for Teaching Emotional Abilities to Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorder*

José Antônio dos Santos¹, Eliaquim Nascimento², and Ellen Souza³

Abstract—Autism Spectrum Disorder is characterized by persistent deficits in social communication and social interaction across multiple contexts, as well as difficulties in identifying and describing feelings. However, there is evidence that robots can be used successfully in therapeutic interventions with this population. Thus, this paper presents an on-going study with the objective of evaluating whether a robot assisted therapy would develop or improve emotional skills in children and adolescents with autism. The robot acts as a tutor, requesting the participant to imitate six universal primary emotions. The experiments had a total of 10 participants, aged four to fifteen years. Preliminary results are considered satisfactory as the participants demonstrated interest in interacting with the robot, improvement in the recognition of expressions, and training of facial representations of the emotions.

I. INTRODUCTION

According to the The Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (5th ed. DSM5), Autism Spectrum Disorder (ASD) is characterized by persistent deficits in social communication and social interaction across multiple contexts, including deficits in social reciprocity, nonverbal communicative behaviors used for social interaction, and skills in developing, maintaining, and understanding relationships, together with the presence of restricted, repetitive patterns of behavior, interests, or activities [1].

Therefore, individuals with ASD have difficulties in emotional awareness, resulting in a condition known as *alexithymia* [2]. This condition is characterized by difficulties in identifying and describing feelings and it affects about 50% of this population [3]. With respect to emotion labeling, according to the studies [4], individuals with ASD have greater difficulties in identifying and describing their emotions.

On the other hand, there are evidences that robots can be used in therapeutic interventions with children and adolescents with ASD [5], [6], [7], [8] to increase motor coordination, improve cognitive and emotional skills, to motivate social interactions, as well as to stimulate autonomy socially. These kinds of robots are called social assistive robots and,

due to their predictability, simplicity, and repetitive characteristics, they can be especially helpful to teach emotional abilities to this population [8].

Thus, this paper presents an on-going study with the objective of evaluating whether robot assisted therapy would develop or improve emotional skills in children and adolescents with ASD. The robot acts as a tutor, requesting the participant to imitate one of the six universal primary emotions: fear, happiness, surprise, disgust, anger, and sadness [9]. After the request, the participant has ten seconds to perform the imitation. In the sequence, the subject has their face photographed and an artificial intelligence indicates if the facial expression matches the feeling that appears on the robot's LCD screen.

In [10], the authors are focused on the development of movement control for the robot and its execution for the experiment in a school. The robot is called Robosapien, and was produced by WowWee toys. Their experiment involved activities like: mimicking actions, dancing, making the robot move, making the robot emit sounds, making the robot flashing lights. According to the authors, the use of the Robosapien robot controlled by a person caused children with different degrees of ASD to get a better level of interaction and imitate movements more smoothly. This study did not include the recognition of facial expressions.

In [8], the authors present an experiment conducted by a robot called QT socially assistive robot, produced by the company LuxAIL, with the objective to train the emotional abilities of individuals with ASD. The robot is controlled by the researchers using a tablet. Researchers, parents, the child, and the robot are present during the experiment. The robot has a face on the top of his body, which shows pictures like emoticon that contain a representation for each facial emotion. The article presents partial results of the experiment that is still in progress, and brings some preliminary results observed by the authors. Our robot was designed to display clear images of real people in different environments, giving the participant a great level of detail for each expression displayed.

This paper is organized as follows: Section II presents the social assistive robot characteristics. Section III details the experimental setup and the preliminary results. Finally, in Section IV, the conclusions, as well as the future work are depicted.

*We would like to thank the Pro-Rector of Extension from the Federal Rural University of Pernambuco (PRAE-UFRPE), through the Institutional Extension Grant Program (BEXT-2018) and the Association of Parents and Friends of the Exceptional (APAE) of Serra Talhada, for logistical support and physical infrastructure

¹J. dos Santos is with the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Serra Talhada, Pernambuco, Brazil joseantonio.santos at ufrpe.br

²E. Nascimento is with the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Serra Talhada, Pernambuco, Brazil eliaquim.moreira at ufrpe.br

³E. Souza is with the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Serra Talhada, Pernambuco, Brazil ellen.ramos at ufrpe.br

II. ROBOT: THE TUTOR

A. Describing the robot

The construction of the robot was designed in a format similar to that of a car, thus providing greater visual comfort for the participants, because it is easily associated with a common toy, than a humanoid robot. According to recent studies [11], non-humanoid robots may be as good, or in some cases, superior when applied with children with disabilities than a much more sophisticated humanoid robot.

The robot is equipped with a 3.5-inch touch-sensitive LCD Display, positioned in front of the robot. Just below, a camera is installed to capture the images of the participant's facial expressions discreetly. It also includes a speaker for audio playback. In addition, the robot has two actuators to enable it to move. Finally, four AA batteries power the whole system components coupled to a Raspberry Pi 3 Model B board with the Raspbian Stretch Operating System. The complete design of the robot can be seen in Figure 1. For the development of the system, the Python 3.4 programming language and the Kivy graphical interface library were used.

The robot is programmed to present a random image of one of the six universal primary emotions for a period of ten seconds. The robot's internal camera captures the image of the participant's face every two seconds. At the end of the interaction, a confirmation on the touch-sensitive display repeats the process until human interference occurs, or until the limitations of storage space or power supply are suspended as shown in Figures 1.

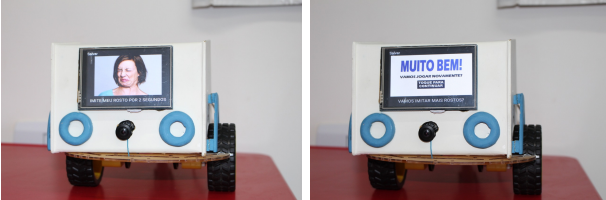


Fig. 1. Robot design

The images presented by the robot include a variety of people of both sexes, ages, and colors. To offer a participant friendly experience, the images are photographs rather than drawings. In this way, the participant learns from a model which is closer to real life.

B. Describing the facial recognition application

The application was developed using the Python programming language, together with the Keras, Tensorflow, dlib, and h5py libraries. The algorithm is based on the Convolutional Neural Networks (CNN) to extract and learn hierarchical features. According to [12], [13], [14], the CNN simulates the simple and complex cells present in the visual cortex of the brain applying the two following operations: convolution and pooling. The simple cells, represented by the convolution operations, convolve the image using local filters to compute high-order features. These features are learned, and are able to extract different features depending on where they are

applied. The complex cells generate scale invariance by pooling simple cell activations into a new smaller image grid.

This model was evaluated in two different experiments [14]. First, we used two kinds of datasets to train the network: the CohnKanade dataset which contains examples of acted emotions and the CAM3D corpus which contains spontaneous examples. It was possible to observe that this model is able to recognize both acted and spontaneous emotion expressions. In the second experiment, was deployed a network on a robotic toy which is able to identify positive/negative emotion expressions from a subject. Thus, the network is able to recognize emotions from different environments, different subjects performing spontaneous expressions, and in real time, which are basic characteristics for real human-robot interaction scenarios [14].

III. EXPERIMENTAL SETUP AND PRELIMINARY RESULTS

A. Experimental Setup

The experiment was designed together with a therapist with expertise in Picture Exchange Communication System (PECS), Treatment and Education of Autistic and Related Communication Handicapped Children (TEACCH), and Applied Behavior Analysis (ABA). The participants' helpers and the educators of the Association of Parents and Friends of the Exceptional (APAE) - Serra Talhada helped in the experiments. An initial interview was held with the participants' parents or their legal representative in order to identify the knowledge of each participant in expressing and recognizing emotions. Information about preferences and the degree of disability was also collected.

Then, after we obtained this information, the participants took part in interaction sessions with the robot. In each session, they were encouraged to imitate the facial expressions displayed by the robot for a period of time as shown in Figures 2. At this stage of the experiment, it was decided that the robot should remain static, to help the participant to focus on the task. Each session had a maximum duration of 30 minutes [8], in which the participant had the freedom to participate in the task, play with other educational toys or leave the room.



Fig. 2. Participants interaction

The experiment was conducted in a room in APAE as most participants attend there. To help the participant feel comfortable in this environment, a few toys were available. Two researchers participated in all sessions: one observing the behavior of the participants and recording relevant information about the interaction. The other researcher helped the participant to interact with the robot or with the other toys.

The participants' parents, their legal representative or helpers also took part in the experiment with the participant and helped to obtain feedback from the experiment and also more personal information about their likes, tastes and desires.

There was a change of rooms during this experiment, due to external circumstances. Some participants had to perform the experiment sessions in the computer lab. This room is used for computer classes for the APAE users, including the experiment participants. It is believed that this change may have caused some distraction but it had minimal impact on the results.

IV. PRELIMINARY RESULTS

The experiments had a total of ten participants aged between four and fifteen, three were girls and seven were boys. Seven participants had confirmed medical diagnosis of ASD. Also, six participants could communicate verbally. Some basic information about the participants can be seen on the Table I. Each participant received an identification, as shown in the first column of the table, to facilitate the processing of information and to guarantee the confidentiality of individuals.

TABLE I
INFORMATION OF THE PARTICIPANTS

ID	Age	Sex	ASD	Verbal
P01	7	Boy	No	Yes
P02	14	Boy	No	Yes
P03	8	Girl	Yes	No
P04	13	Boy	Yes	No
P05	7	Girl	No	No
P06	4	Boy	Yes	Yes
P07	14	Boy	Yes	Yes
P08	15	Boy	Yes	Yes
P09	4	Boy	Yes	No
P10		Girl	Yes	Yes

On analysis of the questionnaires, it was possible to identify that most participants could not recognize or express the surprise and disgust emotions. In addition, the sadness and anger emotions are not reproduced by the participant through facial expressions, but rather, through gestures, responding differently from one another. Only people close to the participants could understand and interpret their behaviors.

As preliminary results, it is possible to notice that during the initial sessions most participants under the age of eleven showed no interest in the robot. Many of them only observed and ignored the object, while others did not interact for more than five minutes. However, for this group, starting from the second session, the interaction with the robot grew slowly, and, at each new session, the participant learned with the robot. It was also observed that these participants had difficulty in identifying some emotions and even reproducing them. For most, until the current stage of this study, the ability to express emotions improved slightly. Some participants have already learned how to express one or two emotions that were not possible at the beginning of this experiment.

We have some specific cases that are worthy of note from this study. The first case is about an eight year old girl

who in the first session, showed no interest in the robot but interacted with the other toys and walked about the room for the whole session. In the second session, she showed interest in the sound produced by the robot, but still with little direct interaction. By the fifth session, her interaction improved and continued to do so.

The second case is about a fourteen year old boy who showed little interest in the robot and left the room after after five minutes. In the second session, he interacted with the robot for almost twenty minutes but seemed to refuse to imitate them. However, by the third session he was able to imitate all of the presented emotions.

Finally, the last case is a ten year old boy who was completely engaged and never wanted to finish the sessions and always asked if he would see the robot again the next day.

Figures 3 shows one of the participants in his first session trying to imitate the emotion of happiness, disgust, surprise, and fear, and the Figures 4, shows the same participant in his fourth session, imitating the same emotions. The visual comparison of these two figures clearly demonstrates the significant progress of the participant acquired in only four sessions using the robot. We believe that it is possible to obtain even more promising results with a more learning.

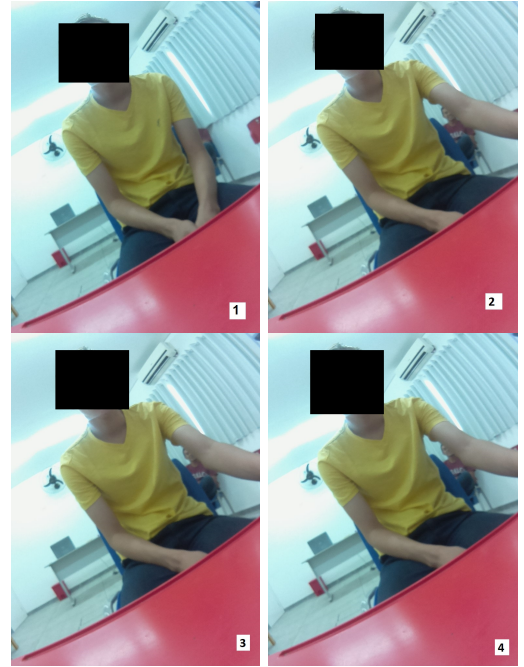


Fig. 3. First session of the participant, imitation the following emotions: 1-Happiness, 2-Disgust, 3-Surprise, and 4-Fear

V. CONCLUSION AND FUTURE WORK

It was possible to identify that the participants were able to imitate the emotions shown by the robot and, to observe progress in the quality of their interactions shown by the learning improvement. We consider the current preliminary results of this work as satisfactory as we observed that the



Fig. 4. Fourth session of the participant, imitation the following emotions: 1-Happiness, 2-Disgust, 3-Surprise, and 4-Fear

robot assisted therapy can develop or improve emotional skills in children and adolescents with ASD.

As future work, after this first experiment, the design of the robot architecture needs to be improved to a format with a little more height than the current model, since some of the participants had difficulty in visualizing the LCD. We will also improve the robot oral communication, since most participants with ASD have shown greater interest in the sound produced by the robot. Another modification is to reposition the camera to recognize the emotions at the top to avoid the participants' hand blocking the lens when touching the screen.

By the end of this work, we expect not only improvements in the expression of emotions, but also in the recognition of these emotions in real life situations using people instead of the robot. Also, the same learning process has the potential to teach Activities of Daily Living (ADLs) to this population.

REFERENCES

- [1] American Psychiatric Association (APA), *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.)*, 2013.
- [2] G. Silani, G. Bird, R. Brindley, T. Singer, C. Frith, and U. Frith, "Levels of emotional awareness and autism: an fmri study," *Social neuroscience*, vol. 3, no. 2, pp. 97–112, 2008.
- [3] E. Hill, S. Berthoz, and U. Frith, "Brief report: Cognitive processing of own emotions in individuals with autistic spectrum disorder and in their relatives," *Journal of autism and developmental disorders*, vol. 34, no. 2, pp. 229–235, 2004.
- [4] A. C. Samson, O. Huber, and J. J. Gross, "Emotion regulation in asperger's syndrome and high-functioning autism," *Emotion*, vol. 12, no. 4, p. 659, 2012.
- [5] A. P. Costa, L. Charpiot, F. R. Lera, P. Ziafati, A. Nazarikhorram, L. van der Torre, and G. Steffgen, "A comparison between a person and a robot in the attention, imitation, and repetitive and stereotypical behaviors of children with autism spectrum disorder,"
- [6] U. Qidwai, M. Shakir, and O. B. Connor, "Robotic toys for autistic children: innovative tools for teaching and treatment," in *GCC Conference and Exhibition (GCC), 2013 7th IEEE*. IEEE, 2013, pp. 188–192.
- [7] H. Kozima and C. Nakagawa, "Social robots for children: Practice in communication-care," in *Advanced Motion Control, 2006. 9th IEEE International Workshop on*. IEEE, 2006, pp. 768–773.
- [8] A. Pinto Costa, G. Steffgen, F. J. Rodriguez Lera, A. Nazarikhorram, and P. Ziafati, "Socially assistive robots for teaching emotional abilities to children with autism spectrum disorder," 2017.
- [9] P. Ekman, "Facial expression and emotion," *American psychologist*, vol. 48, no. 4, p. 384, 1993.
- [10] U. Qidwai, M. Shakir, and O. B. Connor, "Robotic toys for autistic children: Innovative tools for teaching and treatment," *2013 7th IEEE GCC Conference and Exhibition, GCC 2013*, pp. 188–192, 2013.
- [11] S. Aslam, P. J. Standen, N. Shopland, A. Burton, and D. Brown, "A comparison of humanoid and non-humanoid robots in supporting the learning of pupils with severe intellectual disabilities," in *Interactive Technologies and Games (iTAG), 2016 International Conference on*. IEEE, 2016, pp. 7–12.
- [12] D. H. Hubel and T. N. Wiesel, "Receptive fields of single neurones in the cat's striate cortex," *The Journal of physiology*, vol. 148, no. 3, pp. 574–591, 1959.
- [13] K. Fukushima, "Neocognitron: A hierarchical neural network capable of visual pattern recognition," *Neural networks*, vol. 1, no. 2, pp. 119–130, 1988.
- [14] P. Barros, C. Weber, and S. Wermter, "Emotional expression recognition with a cross-channel convolutional neural network for human-robot interaction," in *Humanoid Robots (Humanoids), 2015 IEEE-RAS 15th International Conference on*. IEEE, 2015, pp. 582–587.

APÊNDICE G – BANNER DO RESUMO PUBLICADO NO

XVIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E

EXTENSÃO

INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro Autista é caracterizado por déficits persistentes na comunicação social e interação social em múltiplos contextos, portanto, indivíduos com este transtorno têm dificuldades na consciência emocional, resultando em uma condição conhecida como Alexitimia, caracterizada pela dificuldade em identificar e reconhecer sentimentos. Tal condição afeta mais de 50% das pessoas com TEA (SAMSON; HUBER; GROSS, 2012), a existência desses déficits, prejudicam a interação desses indivíduos na sociedade, e dificulta a inclusão dos mesmo no meio em que vivem. A Alexitimia atinge não apenas pessoas com TEA, mas o público em geral, de 9% a 17% para homens e 5% a 10% para mulheres (MATTILA et al., 2007).

Na Robótica, existem diversas áreas que podem ser aplicadas para auxiliar na vida das pessoas com deficiência, as subáreas da Robótica podem ser definidas em um contexto social, assistivo e socialmente assistivo. De acordo com Scassellati, Admoni e Mataric (2012), a robótica social assistiva, envolve robôs que são projetados para ajudar através de interação social, em atividades repetitivas, afim de aprimorá-las. Quando os robôs são comparados aos humanos, são mais previsíveis, mais sistematizados, menos complexos e menos angustiantes para as crianças com TEA. Dessa forma, os resultados podem ser melhores para terapias guiadas com o auxílio de robôs, do que para terapias guiadas apenas por humanos (COSTA et al., 2017). Uma vez que, além de serem menos propenso a erros, também são menos tediosos para os terapeutas, pois estão sendo evitados de realizarem atividades repetitivas com o mesmo paciente em apenas uma sessão. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo desenvolver um robô social assistivo capaz de treinar o reconhecimento e representação das seis expressões faciais universais em crianças e jovens com autismo que possuem Alexitimia.

MATERIAL E MÉTODOS

O robô foi desenvolvido com aparência de um carro de brinquedo, equipado com recursos de som, tela de cristal líquido sensível ao toque para exibição de conteúdos visuais e uma câmera para capturar imagens. Para o desenvolvimento do sistema, foi utilizado a linguagem de programação Python 3.4 e a biblioteca de interface gráfica Kivy, tais tecnologias demonstraram compatíveis com a placa Raspberry Pi 3, que foi escolhida devido variedade de aplicações e seu baixo de aquisição. No experimento, participaram 10 crianças, com idade entre 6 e 14 anos. O experimento ocorreu no mês de abril de 2018, em uma sala localizada na Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais da cidade de Serra Talhada, uma vez que a instituição atende diversos usuários com autismo, além de outras deficiências. Cada participante foi submetido à 5 sessões de treinamento com o robô, com duração máxima de 30 minutos. Em cada uma das sessões, os participantes foram incentivados a imitar as expressões faciais exibidas pelo robô. Além disso, o participante tinha a possibilidade de interagir com outros brinquedos educativos que estavam presentes na sala. O experimento contou com a presença de dois pesquisadores e por um dos pais da criança quando estiveram presentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados, foi possível observar que nas sessões iniciais, a maioria das crianças não demonstravam interesse pelo robô. Entretanto, a cada nova sessão realizada, a interação com o robô aumentava. A Figura 1 apresenta o robô utilizado no experimento. Também foi possível identificar melhorias significativas em alguns dos participantes, que já aprenderam como expressar uma ou duas emoções que não eram possíveis no início deste experimento.

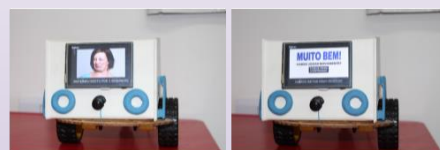


Figura 1

A comparação visual da Figura 2 e da Figura 3, que representam a primeira sessão e a última sessão de um participante, respectivamente, expondo claramente o progresso significativo adquirido pelo mesmo, que tentava representar a expressão facial de felicidade.



Figura 2

Figura 3

CONCLUSÃO

Por fim, é esperado tornar esses indivíduos capazes de interagir socialmente fazendo o uso de expressões faciais emocionais com o grupo coletivo a qual está inserido. Além disso, espera-se contribuir à comunidade acadêmica nacional com um trabalho inovador e direcionado à inclusão de pessoas com deficiência.

AGRADECIMENTOS

Associação de Pais e Amigos do Excepcional (APAE) da Serra Talhada, para apoio logístico e infraestrutura física.