
**A inteligência artificial como recurso tecnológico
na aplicação de tarefas para o desenvolvimento
de atenção compartilhada em crianças com
autismo**

Nathália Assis Valentim



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Uberlândia
2024

Nathália Assis Valentim

**A inteligência artificial como recurso tecnológico
na aplicação de tarefas para o desenvolvimento
de atenção compartilhada em crianças com
autismo**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciência da Computação.

Área de concentração: Ciência da Computação

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Azevedo Dorça
Coorientador: Prof. Dr. Nassim Chamel Elias-
Coorientadora: Profa. Dra. Valéria Peres Assis

Uberlândia

2024

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

V155
2024

Valentim, Nathália Assis, 1990-

A inteligência artificial como recurso tecnológico na aplicação de tarefas para o desenvolvimento de atenção compartilhada em crianças com autismo. [recurso eletrônico] / Nathália Assis Valentim. - 2024.

Orientador: Fabiano Azevedo Dorça.

Coorientadora: Valéria Peres Asnis.

Coorientador: Nassim Chamel Elias.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Pós-graduação em Ciência da Computação.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2024.256>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Computação. I. Dorça, Fabiano Azevedo, 1979-,
(Orient.). II. Asnis, Valéria Peres, 1969-, (Coorient.).
III. Elias, Nassim Chamel, 1971-, (Coorient.). IV.
Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em
Ciência da Computação. V. Título.

CDU: 681.3

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1A, Sala 243 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4470 - www.ppgco.facom.ufu.br - cpgfacom@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ciência da Computação				
Defesa de:	Tese de doutorado, 10/2024, PPGCO				
Data:	Início: 15 de março de 2024	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:15
Data:	Final: 02 de abril de 2024	Hora de início:	07:30	Hora de encerramento:	07:50
Matrícula do Discente:	11923CCP005				
Nome do Discente:	Nathália Assis Valentim				
Título do Trabalho:	A inteligência artificial como recurso tecnológico na aplicação de tarefas para o desenvolvimento de atenção compartilhada em crianças com autismo				
Área de concentração:	Ciência da Computação				
Linha de pesquisa:	Inteligência Artificial				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) - DEMANDA UNIVERSAL Processo: APQ-00837-21.				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, assim composta: Professores Doutores: Valéria Peres Asnis- FACED/UFU (Coorientadora), Marcelo Zanchetta do Nascimento - FACOM/UFU, Marcia Aparecida Fernandes - FACOM/UFU, Juliana Cristina Braga - CMCC/UFABC, Sergio Crespo Coelho da Silva Pinto - RCM Depto de Ciência da Computação/UFF e Fabiano Azevedo Dorça - FACOM/UFU, orientador da candidata.

Os examinadores participaram desde as seguintes localidades: Juliana Cristina Braga - Santo André/SP e Sergio Crespo Coelho da Silva Pinto - Rio das Ostras/RJ . Os outros membros da banca e a aluna participaram da cidade de Uberlândia.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Prof. Dr. Fabiano Azevedo Dorça, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir a senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir a candidata. Por motivo de força maior, dado um mal súbito da profa. Márcia Aparecida Fernandes, os trabalhos da banca foram suspensos às 17:15 horas. No dia 02/04, as 07:30, tendo a profa. Márcia Aparecida Fernandes se recuperado, os trabalhos da banca foram retomados terminando assim às 07:50 horas.

Nesta ocasião, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Valéria Peres Asnis, Professor(a) do Magistério Superior**, em 03/04/2024, às 14:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabiano Azevedo Dorça, Professor(a) do Magistério Superior**, em 03/04/2024, às 16:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Zanchetta do Nascimento, Professor(a) do Magistério Superior**, em 04/04/2024, às 13:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Márcia Aparecida Fernandes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 04/04/2024, às 13:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sergio Crespo Coelho da Silva Pinto, Usuário Externo**, em 08/04/2024, às 15:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Juliana Cristina Braga, Usuário Externo**, em 29/04/2024, às 14:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5205261** e o código CRC **A3A35255**.

Agradecimentos

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora pela benção da vida e por todas as oportunidades concedidas a mim.

Agradeço a minha amada filha Lívia, que mesmo tão pequena, mudou a minha vida com seu jeito alegre e amável de ser, me fazendo acreditar que posso mais do que imagino.

Agradeço ao meu esposo Mateus por ser sempre tão companheiro, desde os tempos da graduação, trazendo incentivo e calma, compartilhando os seus conhecimentos e me ajudando a avançar.

Agradeço aos meus pais, Nelson e Antônia, pelo amor, carinho, apoio e atenção que sempre me deram. Por tantos sonhos abdicados em prol de me dar o privilégio do estudo.

Agradeço as minhas irmãs, Priscila e Anielise, e aos meus cunhados, Marcos e Coimbra, não só pela amizade, mas também pela força e coragem nos momentos de medo e dificuldades.

Agradeço as minhas amadas sobrinhas Lavínia, Marina e Maria Fernanda, pela doçura que trazem mesmo nos momentos mais difíceis.

Agradeço a todos os meus amigos e demais familiares, pelo apoio direto ou indireto, mas fundamentais nesta jornada.

Agradeço aos meus estimados orientadores, Fabiano, Valéria e Nassim, que me auxiliaram tanto e tornaram uma jornada tão temida em algo suave e prazeroso.

Agradeço a Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e a todos os colaboradores do PPGCO, especialmente ao Erisvaldo, por todo o auxílio para viabilizar esta pesquisa.

Agradeço as escolas que me receberam tão amigavelmente para a realização dos experimentos deste trabalho.

Agradeço o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) a esta pesquisa.

A todos, muito obrigada!

*“Aquilo que te move vai te levar pra onde quiseres. E quando fores, vá com todo amor e a
alegria que tiveres.”*

(Aquilo Que Te Move - Mundo Bitá)

Resumo

Pessoas com autismo podem apresentar, além de déficits na comunicação, interação social e padrões de comportamentos restritos e repetitivos, apresentar também déficit na atenção compartilhada, que se refere ao repertório de respostas de seguir e/ou direcionar a atenção visual de um adulto para objetos ou eventos do ambiente. Por ter uma forte relação com o processo de aprendizagem, déficits de atenção compartilhada podem comprometer o processo de aprendizagem de uma pessoa. Desse modo, o uso da tecnologia pode auxiliar no desenvolvimento de capacidades em pessoas com autismo como, por exemplo, melhorar atenção compartilhada, a comunicação e habilidades sociais. Neste contexto, o objetivo geral da proposta de trabalho apresentada aqui foi desenvolver uma abordagem computacional para intervenção que permitisse a interação do aluno com autismo, com idade entre 4 e 5 anos, com déficit em atenção compartilhada (AC) e dificuldades sócio-comunicativas. As crianças utilizaram a abordagem computacional para resolverem exercícios desenvolvidos com o objetivo de fortalecer a atenção compartilhada, onde foram definidas etapas de avaliação e treinamento, visando melhoria no processo de aprendizagem e contribuindo na solução das questões de pesquisa em aberto. Assim, surgiu um novo desafio de se desenvolver estratégias para apoiar o fortalecimento da atenção compartilhada, cujo déficit dificulta o aprendizado, em crianças com autismo na fase da pré-escola. Técnicas de inteligência artificial (IA) foram utilizadas para modelar a sequência mais adequada e nível de complexidade dos exercícios para cada criança. Os recursos de IA foram utilizados na intenção de prover um ambiente inteligente para guiar a criança, de forma dinâmica e adaptativa com intuito de promover estímulos e a personalização adequada do processo. Desta forma, pretendeu-se contribuir com o avanço do estado da arte no que tange a produção de tecnologias computacionais para pessoas com TEA.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Atenção Compartilhada, Autismo

Abstract

People with autism may present, in addition to deficits in communication, social interaction and restricted and repetitive behavior patterns, also present deficits in joint attention, which refers to the response repertoire of following and/or directing an adult's visual attention to objects or environmental events. Because it has a strong relationship with the learning process, joint attention deficits can compromise a person's learning process. In this way, the use of technology can help develop skills in people with autism, such as improving joint attention, communication and social skills. In this context, the general objective of the work proposal presented here was to develop a computational approach for intervention that would allow the interaction of students with autism, aged between 4 and 5 years old, with deficits in joint attention (JA) and socio-communicative difficulties. The children used the computational approach to solve exercises developed with the aim of strengthening joint attention, where evaluation and training steps were defined, aiming to improve the learning process and contributing to the solution of open research questions. Thus, a new challenge arose to develop strategies to support the strengthening of joint attention, the deficit of which makes learning difficult, in children with autism in the preschool phase. Artificial intelligence (AI) techniques were used to model the most appropriate sequence and level of complexity of exercises for each child. AI resources were used with the intention of providing an intelligent environment to guide the child, in a dynamic and adaptive way, with the aim of promoting stimuli and adequate personalization of the process. In this way, the aim was to contribute to the advancement of the state of the art regarding the production of computational technologies for people with ASD.

Keywords: Artificial intelligence, Joint Attention, Autism

Lista de Figuras

Figura 1 – Exemplo de Rede Neural Convolutacional. Adaptado de: (SWAPNA, 2020)	34
Figura 2 – Funcionamento do <i>Q-Learning</i> em domínio Markoviano. Fonte: (TAMADA, 2019)	38
Figura 3 – Arquitetura Clássica de um Sistema Tutor Inteligente. Fonte: (COSTA, 2002)	40
Figura 4 – Ilustração do processo de treinamento a ser executado pela abordagem proposta (Fase de Execução).	52
Figura 5 – Arquitetura do STI proposto.	53
Figura 6 – Tela de Login do STI.	54
Figura 7 – Fluxograma da interação com o STI.	55
Figura 8 – Fluxo de interação entre o STI e o <i>Dashboard</i> .	59
Figura 9 – Tela de Cadastro da plataforma profissional.	59
Figura 10 – Tela de Login da plataforma profissional.	60
Figura 11 – Dashboard da plataforma profissional (dados fictícios).	60
Figura 12 – Tela de novos agendamentos da plataforma profissional.	61
Figura 13 – Modal da plataforma profissional com detalhes sobre a criança (dados fictícios).	61
Figura 14 – Gráfico de desempenho no STI.	62
Figura 15 – As três fases do processo da pesquisa.	64
Figura 16 – Fluxo de submissão dos grupos às fases.	65
Figura 17 – Escolha de personagens para tutores virtuais.	66
Figura 18 – Escolha de tema para exercícios.	66
Figura 19 – Exercício em diferentes níveis de complexidade.	67
Figura 20 – Exemplo de reforçador positivo.	68
Figura 21 – Criança interagindo com o STI.	71
Figura 22 – Criança interagindo com o STI.	72
Figura 23 – Exemplo de planilha para cálculo de nível de AC.	75
Figura 24 – Detecção de emoção facial "Satisfeito".	76
Figura 25 – Detecção de emoção facial "Neutro".	77

Figura 26 – Detecção de emoção facial "Insatisfeito".	77
Figura 27 – Resultado das avaliações de níveis de AC do aluno L1.	84
Figura 28 – Resultado da avaliação de desempenho geral do aluno L1.	85
Figura 29 – Resultado das avaliações de níveis de AC do aluno L2.	86
Figura 30 – Resultado da avaliação de desempenho geral do aluno L2.	88
Figura 31 – Resultado das avaliações de níveis de AC do aluno L3.	89
Figura 32 – Resultado da avaliação de desempenho geral do aluno L3.	90
Figura 33 – Resultado das avaliações de níveis de AC do aluno V1.	92
Figura 34 – Resultado da avaliação de desempenho geral do aluno V1.	93
Figura 35 – Resultado das avaliações de níveis de AC do aluno V2.	94
Figura 36 – Resultado da avaliação de desempenho geral do aluno V2.	96
Figura 37 – Resultado das avaliações de níveis de AC do aluno V3.	97
Figura 38 – Resultado da avaliação de desempenho geral do aluno V3.	98
Figura 39 – Resultado da avaliação de desempenho geral dos alunos.	100
Figura 40 – Resultado da avaliação de níveis de AC dos alunos.	101

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Tabela demonstrando a matriz de confusão dos resultados obtidos em Barsoum et al. (2016).	36
Tabela 2 – Tabela de cotação para IAC.	73
Tabela 3 – Tabela de cotação para RAC.	74
Tabela 4 – Tabela de relação entre pontuação e exercícios.	78
Tabela 5 – Avaliação de preferência do aluno L1 durante as cinco sessões.	84
Tabela 6 – Avaliação de preferência do aluno L2 durante as cinco sessões.	87
Tabela 7 – Avaliação de preferência do aluno L3 durante as cinco sessões.	90
Tabela 8 – Avaliação de preferência do aluno V1 durante as cinco sessões.	92
Tabela 9 – Avaliação de preferência do aluno V2 durante as cinco sessões.	95
Tabela 10 – Avaliação de preferência do aluno L3 durante as cinco sessões.	98

Lista de Abreviaturas e Siglas

AC – *Atenção Compartilhada*

CNN – *Convolutional Neural Network*

DSM-5 – *Manual de Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais 5*

IAC – *Iniciação da Atenção Compartilhada*

RAC – *Resposta à Atenção Compartilhada*

STI – *Sistema Tutor Inteligente*

TEA – *Transtorno do Espectro do Autismo*

Lista de Algoritmos

1	<i>Q</i> -learning: função de aprendizagem $Q : \mathcal{X} \times \mathcal{A} \rightarrow \mathbb{R}$	37
2	<i>LivApp</i>	55
3	<i>CalcPerform</i>	57
4	<i>ImageClassifier</i>	58

Lista de Notações e Símbolos

D – Desempenho

S – Resultado da Classificação da Imagem

Dis – Distância do ponto correto(cujo cálculo é uma variação da *Distância Euclidiana*)

T – Tempo de Resposta

Sumário

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	Questões de pesquisa	30
1.2	Objetivos	31
1.3	Contribuições	31
1.4	Organização da Tese	32
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	33
2.1	Aspectos Computacionais	33
2.1.1	Redes Neurais Convolucionais	33
2.1.2	Aprendizagem por Reforço	36
2.1.3	Tecnologias Assistivas	39
2.1.4	Sistemas Tutores Inteligentes	39
2.2	Aspectos Pedagógicos	41
2.2.1	Aprendizagem Afetiva	41
2.2.2	Transtorno do Espectro do Autismo	42
2.2.3	Atenção Compartilhada	43
2.3	Considerações Finais	44
3	TRABALHOS RELACIONADOS	45
3.1	Considerações Finais	50
4	ABORDAGEM PROPOSTA	51
4.1	STI Proposto	51
4.1.1	Algoritmos propostos	54
4.2	Dashboard Proposto	58
4.3	Considerações Finais	62
5	MÉTODO DE PESQUISA	63
5.1	Etapas do método de pesquisa	63
5.2	Critério de Inclusão	68

5.3	Critério de Exclusão	68
5.4	Considerações Finais	68
6	EXPERIMENTOS	71
7	RESULTADOS OBTIDOS	81
7.1	Resultados - Aluno L1	83
7.1.1	Avaliações de Nível de Atenção Compartilhada (AC1, AC2 e AC3) . . .	83
7.1.2	Avaliação de Preferência	84
7.1.3	Avaliação de Desempenho	85
7.2	Resultados - Aluno L2	85
7.2.1	Avaliações de Nível de Atenção Compartilhada (AC1, AC2 e AC3) . . .	85
7.2.2	Avaliação de Preferência	87
7.2.3	Avaliação de Desempenho	87
7.3	Resultados - Aluno L3	88
7.3.1	Avaliações de Nível de Atenção Compartilhada (AC1, AC2 e AC3) . . .	88
7.3.2	Avaliação de Preferência	89
7.3.3	Avaliação de Desempenho	90
7.4	Resultados - Aluno V1	91
7.4.1	Avaliações de Nível de Atenção Compartilhada (AC1, AC2 e AC3) . . .	91
7.4.2	Avaliação de Preferência	92
7.4.3	Avaliação de Desempenho	93
7.5	Resultados - Aluno V2	93
7.5.1	Avaliações de Nível de Atenção Compartilhada (AC1, AC2 e AC3) . . .	93
7.5.2	Avaliação de Preferência	95
7.5.3	Avaliação de Desempenho	95
7.6	Resultados - Aluno V3	96
7.6.1	Avaliações de Nível de Atenção Compartilhada (AC1, AC2 e AC3) . . .	96
7.6.2	Avaliação de Preferência	98
7.6.3	Avaliação de Desempenho	98
7.7	Considerações Finais	99
8	CONCLUSÃO	103
	REFERÊNCIAS	107

Capítulo 1

Introdução

Pessoas com autismo podem apresentar, além de deficit na comunicação, interação social e padrões de comportamentos restritos e repetitivos, apresentar também deficit na Atenção Compartilhada (AC), que se refere ao repertório de respostas de seguir e/ou direcionar a atenção visual de um adulto para objetos ou eventos do ambiente. Por ter uma forte relação com o processo de aprendizagem, deficit de atenção compartilhada podem comprometer o processo de aprendizagem de uma pessoa, incluindo a aprendizagem social. Ou seja, a capacidade de reproduzir um comportamento observado. A aprendizagem social é descrita frequentemente como uma relação entre a teoria da aprendizagem tradicional (ou seja, o behaviorismo) e a abordagem cognitiva (BANDURA; WALTERS, 1963). Desse modo, o uso da tecnologia pode auxiliar no desenvolvimento de capacidades em pessoas com autismo como, por exemplo, melhorar atenção compartilhada, a comunicação e habilidades sociais.

Considerando a revisão da literatura científica correlata, existem questões em aberto para tecnologias assistivas para alunos com autismo que não sejam, necessariamente, de alto funcionamento, por exemplo: o desenvolvimento de tecnologias assistivas que fomentem o processo de aprendizagem, mais precisamente a alfabetização, de alunos com autismo com baixo funcionamento; o uso de tecnologias assistivas para fortalecer a atenção compartilhada de alunos com autismo; pesquisas na área da computação voltadas para pessoas com autismo com baixo funcionamento. Assim, surgiu o novo desafio de se desenvolver estratégias para apoiar o fortalecimento da atenção compartilhada, cujo deficit dificulta o aprendizado, em crianças com autismo na fase da pré-escola.

No contexto de Tecnologias Assistivas, o objetivo da proposta desta tese foi desenvolver um Sistema Tutor Inteligente (STI) que permita a interação do aluno com autismo, com idade entre 4 e 5 anos, com deficit em Atenção Compartilhada (AC). A motivação para a escolha do desenvolvimento de STI foi por se tratar de um sistema de computador que visa fornecer instrução ou *feedback* imediato e personalizado aos usuários, usualmente sem intervenção de um tutor humano. Além disso, o STI tem o objetivo de possibilitar o

aprendizado de maneira significativa e eficaz, usando uma variedade de tecnologias de computação. Os STI incluem atividades metacognitivas e de suporte relevantes, considerando as diferenças de habilidades, preferências e necessidades metacognitivas dos alunos. Por isso, considerar um STI uma tecnologia assistiva é possível pois um aluno diagnosticado com TEA, dependendo de suas características, pode aprender melhor através do ensino individual do que através do ensino em sala de aula.

Técnicas de inteligência artificial (IA) foram utilizadas para modelar a sequência mais adequada e nível de complexidade dos exercícios para cada criança. Os recursos de IA foram utilizados na intenção de prover um ambiente inteligente para guiar a criança, de forma dinâmica e adaptativa com intuito de promover estímulos e a personalização adequada do processo. Desta forma, pretende-se contribuir significativamente com o avanço do estado da arte no que tange a produção de tecnologias computacionais para pessoas com TEA.

O Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) se refere a um grupo de distúrbios do desenvolvimento neurológico que são caracterizados pela Associação Americana de Psiquiatria por níveis de gravidade com base em duas principais áreas de deficit: comunicação e interação sociais; padrões de comportamentos restritos e repetitivos (APA, 2014). O TEA, além de ser definido por prejuízos que são persistentes na comunicação e na interação social, é definido também por prejuízos nos comportamentos que podem incluir os interesses e os padrões de atividades, sintomas estes que estão presentes desde a infância e que são limitantes ou prejudiciais ao funcionamento do indivíduo em seu cotidiano. Por não existirem meios simples pelos quais se possa testá-lo, muito menos medi-lo, o TEA está distante de ser definido com exatidão. É considerado um transtorno que vai além da sua complexidade (ONZI, 2015). Não há uma única causa específica para o TEA. Assim, a sua pesquisa e a determinação das suas causas e suas origens são complexas, heterogêneas e multifatoriais.

Pessoas com TEA possuem uma série de condições caracterizadas por desafios com habilidades sociais, comportamentos repetitivos, fala e comunicação não-verbal. A manifestação desses comportamentos varia muito com a idade, e a noção de um espectro do autismo foi introduzida para reconhecer essa diversidade (LARA; ESPINOZA; GONZÁLEZ-MORA, 2016). Sabe-se agora que não há um autismo, mas muitos tipos, causados por diferentes combinações de influências genéticas e ambientais. O termo “espectro” reflete a ampla variação nos desafios e pontos fortes possuídos por cada pessoa com autismo (PIMENTA, 2018).

O termo *Transtorno do Espectro Autista*, se dá pelo fato do autismo poder se manifestar de formas muito peculiares entre diferentes crianças. E não apenas isso, em uma mesma criança o transtorno pode se manifestar com variantes relativas ao número, à forma e à intensidade, em uma fase ou mais fases do seu desenvolvimento. Apesar dessa diversidade, os transtornos do espectro do autismo, de modo geral, caracterizam-se por

alterações qualitativas nas interações sociais, na comunicação e no comportamento. De acordo com (FRANZOI, 2014), um estudo realizado no ano de 2014 apontou que o autismo atinge cerca de uma a cinco pessoas em 10.000 da população. Esse diagnóstico pode ser feito ainda na infância e é apresentada uma proporção de três a quatro crianças do sexo masculino para uma criança do sexo feminino. Além disso, mais de dois terços dessas crianças acometidas por autismo apresentam deficit cognitivo/retardo mental associado.

Considerando que o número de casos diagnosticados em todo o mundo aumentou consideravelmente nos últimos anos e que esses diagnósticos geralmente dependem de julgamentos corretos sobre se cada sintoma listado nos critérios diagnósticos é atendido ou não, há um forte interesse no desenvolvimento de técnicas precisas de diagnóstico precoce de pessoas com TEA e tratamentos adequados para as mesmas (LARA; ESPINOZA; GONZÁLEZ-MORA, 2016). Existem diversas maneiras para se trabalhar com crianças com autismo, uma delas é através das tecnologias assistivas.

A tecnologia assistiva é, de acordo com o Comitê de Ajudas Técnicas – CAT no Brasil, instituído pela Portaria Nº 142, de 16 de novembro de 2006, uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que dão mais autonomia, independência e qualidade de vida a pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida. Além disso, na área da educação, a tecnologia assistiva pode ser utilizada como abordagem computacional capaz de atender e auxiliar alunos de acordo com suas respectivas necessidades educacionais especiais (TENÓRIO; VASCONCELOS, 2015). O desenvolvimento dessas técnicas pode estar relacionado, muitas vezes, com o uso da Inteligência Artificial.

Abordagens na área de Inteligência Artificial (IA) têm ganhado importância para resolver problemas complexos em várias áreas, sendo relevante para desenvolver estudos que abordem o TEA. Abordagens de IA podem aprender com exemplos, são tolerantes a falhas no sentido de que são capazes de lidar com dados ruidosos e incompletos, são capazes de lidar com problemas não-lineares e, uma vez treinados, podem executar previsões e generalizações em alta velocidade (MELLIT; KALOGIROU, 2008). Exemplos do uso de abordagens de IA relacionadas ao TEA são em (NUNES; AGUIAR, 2020), que usa IA para reconhecimento de emoções e em (DANTAS et al., 2019) para o ensino de competências emocionais e sociais em pessoas com TEA.

Pessoas com autismo podem apresentar deficit na comunicação, interação sociais e padrões de comportamentos restritos e repetitivos, incluindo também deficit na Atenção Compartilhada (AC). A AC se refere ao repertório de respostas de seguir e/ou direcionar a atenção visual de um adulto para objetos ou eventos do ambiente (BATES et al., 1979) e é uma habilidade observada em crianças já em seu primeiro ano de vida.

A maneira de regular a AC é um fator importante no desenvolvimento lexical inicial das crianças, onde o seu aprendizado está relacionado a observação e/ou imitação dos comportamentos dos adultos. Assim, a criança pode aprender a emitir mandos como, por

exemplo, adquirir o comportamento de requisitar algo (ABREU; HübNER, 2013). Essa emissão de mandos, repetidas suficientemente, auxiliam na diminuição do deficit de atenção compartilhada, promovendo maior aprendizagem e maior interação sócio-comunicativa. Com isso, deficit de atenção compartilhada pode comprometer o processo de aprendizagem social de uma pessoa.

Existem exercícios e protocolos com o intuito de avaliar e diminuir o deficit de atenção compartilhada em crianças com autismo (DORIGON et al., 2017). Essas intervenções, geralmente, são baseadas em exercícios para fortalecer as interações sociais de crianças com autismo através de: imitá-los, encontrar coisas que os motivem, reforçar proximidade, e ir aumentando os esforços gradualmente, até garantir essa atenção compartilhada para iniciar o processo de alfabetização. Desse modo, o uso da tecnologia pode auxiliar no desenvolvimento de capacidades em pessoas com autismo como, por exemplo, melhorar atenção compartilhada, a comunicação e habilidades sociais (PROENÇA et al., 2019).

O STI desenvolvido nesta tese permitiu a interação do aluno com autismo laudado por profissionais, com idade entre 4 e 5 anos, com deficit de AC. Os exercícios para fortalecimento da AC foram resolvidos a cada Sessão, individualmente, e técnicas de inteligência artificial foram utilizadas para modelar a rota de exercícios e o nível de complexidade mais adequado para cada aluno em cada sessão. Foram definidas etapas de avaliação e treinamento, visando melhoria no processo de aprendizagem social e contribuindo na solução da questão de pesquisa apresentada na Seção 1.1.

O STI também conta com uma plataforma voltada para os profissionais e/ou cuidadores acompanhantes das crianças participantes como alunos. Nesta plataforma é possível, por meio de um *Dashboard*, realizar o agendamento de sessões com crianças que são alunos das instituições em que o profissional está vinculado. Além disso, é possível ter acesso a informações pessoais sobre as crianças vinculadas como nome, idade e data da Sessão. O *Dashboard*, também fornece o acesso gráficos que ilustram o desempenho do aluno em cada sessão de interação com o STI. O objetivo deste *Dashboard* é facilitar o acesso a informações de cada sessão da criança que esteja vinculada a um profissional, apoiando-o, por exemplo, na condução de atendimentos e em tomadas de decisão sobre as atividades estabelecidas para a criança no ambiente escolar.

1.1 Questões de pesquisa

Considerando os pontos em aberto para o desenvolvimento de tecnologias assistivas para alunos com autismo e os objetivos de pesquisa, a questão de pesquisa considerada nessa tese é: *É possível potencializar a Atenção Compartilhada em pessoas com autismo por meio da utilização de um STI?* Para tanto, serão exploradas as seguintes hipóteses de pesquisa:

- **H1:** os sistemas tutores inteligentes podem ser utilizados para desenvolver a Atenção Compartilhada em pessoas com autismo.
- **H2:** os recursos de Inteligência Artificial constroem um ambiente inteligente para guiar a pessoa com autismo, de forma dinâmica e adaptativa à ela, através de uma sequência de tarefas mais adequada ao seu desenvolvimento, de acordo com o conhecimento de especialistas.
- **H3:** uma pessoa com autismo generaliza o que aprende no computador para demais atividades.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é contribuir com o fortalecimento da atenção compartilhada, cujo deficit dificulta o aprendizado, em crianças com autismo na fase da pré-escola, por meio do desenvolvimento de um STI (Sistema Tutor Inteligente). Os exercícios para fortalecimento da AC foram resolvidos a cada sessão, individualmente, e técnicas de inteligência artificial foram utilizadas para modelar a rota de exercícios e o nível de complexidade mais adequado para cada criança em cada sessão.

Para tanto, deverão ser considerados os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um STI (Sistema Tutor Inteligente) utilizando técnicas de IA que permita a interação do aluno com autismo, com idade entre 4 e 5 anos, com deficit em AC.
- Criar sessões para o uso do STI, com participação individual de alunos, para resolver exercícios que buscam fortalecer a AC.
- Definir etapas de avaliação (no início e fim do período de experimentos) e treinamento (durante o período de experimentos), visando melhoria no processo de aprendizagem social e contribuindo na solução da questão de pesquisa.
- Diminuir o deficit de AC com exercícios para fortalecer as interações sociais de crianças com autismo através de: imitá-los, encontrar coisas que os motivem, reforçar proximidade, e ir aumentando os esforços gradualmente, até garantir essa AC para, por exemplo, melhorar interações sociais e iniciar o processo de alfabetização.
- Desenvolver um *Dashboard* para profissionais para agendamento de sessões com o STI e com acesso a informações possibilitam o acompanhamento da criança, apoiando estes profissionais, por exemplo, na condução de atendimentos e em tomadas de decisão sobre as atividades estabelecidas para a criança no ambiente escolar.

1.3 Contribuições

As principais contribuições esperadas com a conclusão dessa tese são:

- Desenvolvimento de um STI eficaz para o fortalecimento da atenção compartilhada em alunos com autismo;
- Extensão da proposta com desenvolvimento de um *Dashboard* para acesso dos profissionais que acompanham as crianças, apoiando-os, por exemplo, na condução de atendimentos e em tomadas de decisão sobre as atividades estabelecidas para a criança no ambiente escolar
- Indicação/Uso de abordagens de inteligência artificial que, devido a teorias previamente identificadas, sejam adequadas para auxiliar a automatização do processo para fomentar o desenvolvimento de capacidades pouco desenvolvidas em crianças com autismo;
- Disponibilização para a comunidade do STI desenvolvido.

1.4 Organização da Tese

Neste capítulo foi apresentada uma breve definição sobre o que é o TEA e como tecnologias assistivas podem ter utilidade no tratamento de pessoas com autismo, promovendo maior autonomia e qualidade de vida a elas. Apresentou-se o levantamento das questões de pesquisas as quais há intenção de respondê-las após a experimentos realizados. Esta tese está organizada como se segue. No Capítulo 2 são definidos os fundamentos teóricos. No Capítulo 3 são apresentados os trabalhos relacionados. Descreveu-se também o objetivo da proposta do STI que foi desenvolvido neste trabalho e que será apresentada detalhadamente no Capítulo 4, que também apresenta a proposta dos algoritmos *LivApp*, *CalcPerform*, *ImageClassifier*, que foram desenvolvidos. Além do *Dashboard* desenvolvido para o uso de profissionais com o objetivo de acompanhamento de alunos que interagem com o STI. No Capítulo 5 é apresentada a metodologia que foi utilizada no trabalho. No Capítulo 6 é apresentado como os experimentos foram realizados e o Capítulo 7 apresentam os resultados obtidos. Por fim, no Capítulo 8 são detalhadas as principais contribuições e conclusões do trabalho.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos relacionados ao trabalho descrito nesta tese e foi dividido em aspectos computacionais, apresentados na Seção 2.1, e aspectos pedagógicos, apresentados na Seção 2.2. Os aspectos computacionais trazem os fundamentos sobre as Redes Neurais Convolucionais na subseção 2.1.1. A subseção 2.1.2 descreve o algoritmo *Q-Learning* que foi a inspiração para a implementação dos algoritmos deste trabalho. A subseção 2.1.3 descreve sobre tecnologias assistivas. Os Sistemas Tutores Inteligentes são detalhados na subseção 2.1.4. Os aspectos computacionais trazem os fundamentos sobre Aprendizagem Afetiva na subseção 2.2.1. O Transtorno do Espectro do Autismo e o conceito de Atenção Compartilhada são detalhados nas subseções 2.2.2 e 40, respectivamente. Por fim, a Seção 2.3 apresenta as considerações finais.

2.1 Aspectos Computacionais

2.1.1 Redes Neurais Convolucionais

Em Inteligência Artificial, um conceito importante é a aprendizagem de máquina. A aprendizagem de máquina é o campo de pesquisa dedicado ao estudo formal de sistemas de aprendizagem, altamente interdisciplinar que constrói ideias com base em estatística, ciência da computação, engenharias, ciência cognitiva, teoria da otimização e muitas outras disciplinas da ciência e matemática (GHAHRAMANI, 2003). Dentro deste campo, é possível distinguir diferentes tipos de aprendizagem de máquina, entre eles, a aprendizagem de máquina supervisionada. Este tipo de aprendizagem é feito quando a partir de um conjunto de dados rotulados, previamente definido, onde o objetivo é encontrar uma função que seja capaz de prever rótulos desconhecidos.

Uma Rede Neural Convolucional (CNN) é um tipo de *Rede Neural Profunda (DNN)*, um termo genérico para várias arquiteturas de redes neurais diferentes. Em aprendizagem de máquina supervisionada, uma CNN é comumente utilizada no processamento e análise de imagens digitais. Uma CNN pode captar uma imagem de entrada, atribuir importância

(pesos e vieses que podem ser aprendidos) a vários aspectos/objetos da imagem e ser capaz de diferenciar um do outro. O pré-processamento exigido em uma CNN pode ser muito menor em comparação com outros algoritmos de classificação. Enquanto nos métodos primitivos os filtros são feitos à mão, com treinamento suficiente, as CNN têm a capacidade de aprender esses filtros/características e são conhecidas por demandarem um tempo de processamento pequeno quando comparado a outros algoritmos.

As CNN são inspiradas nos processos biológicos, onde o padrão de conectividade entre os neurônios é inspirado na organização do córtex visual dos animais. Os neurônios corticais individuais respondem a estímulos apenas em regiões restritas do campo de visão conhecidas como campos receptivos. Os campos receptivos de diferentes neurônios se sobrepõem parcialmente de forma a cobrir todo o campo de visão (MATSUGU et al., 2003).

As CNN permitiram um progresso significativo no reconhecimento de voz, classificação de imagens, engenharia de software e neurociência. Esse progresso, em grande parte, deve-se a uma combinação de inovações algorítmicas, melhorias de recursos computacionais e acesso a uma grande quantidade de dados (SHERKATGHANAD et al., 2019).

Uma CNN possui camada de entrada, camada de saída, muitas camadas ocultas e parâmetros que têm a capacidade de aprender objetos e padrões complexos, conforme a Figura 1. Então a entrada é submetida a processos de convolução e agrupamento (*pooling*) e está sujeita à função de ativação, desencadeando em camadas ocultas que estão parcialmente conectadas. No final, está a camada totalmente conectada que resulta na camada de saída. A saída retém a forma original semelhante às dimensões da imagem de entrada.

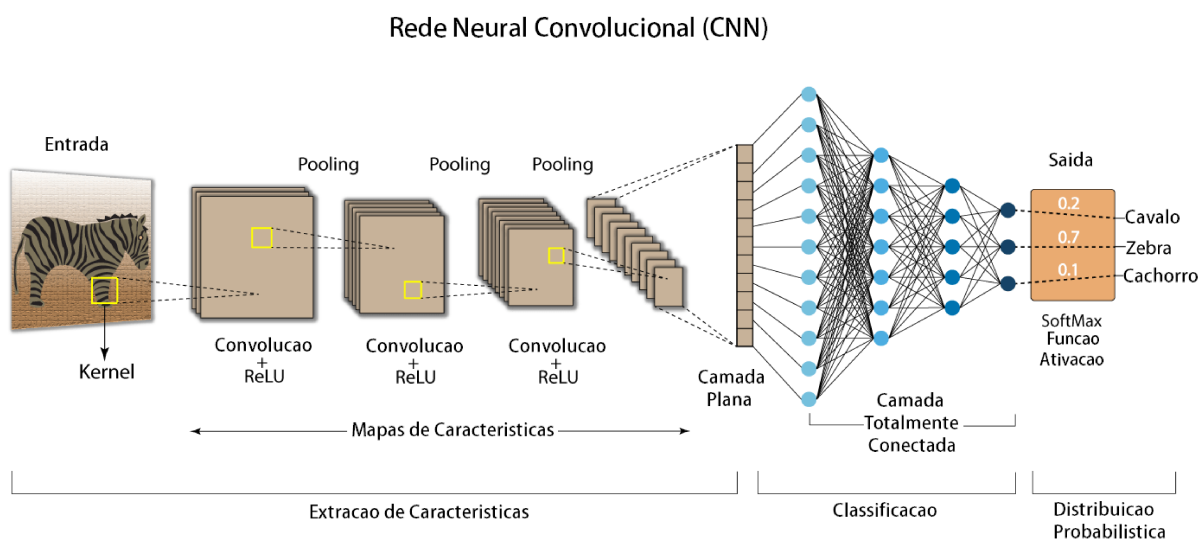


Figura 1 – Exemplo de Rede Neural Convolutiva. Adaptado de: (SWAPNA, 2020)

O processo de convolução envolve a combinação de duas funções que produz uma outra função como resultado. Na CNN, a imagem de entrada é submetida a convolução

com o uso de filtros (Kernel), que são vetores gerados aleatoriamente na rede, consistindo em pesos e vieses, que produzem um mapa de características (SWAPNA, 2020).

A função de ativação é considerada após a convolução. Há muitas funções, como *Sigmoid*, *Tanh*, *Softmax* e *Relu*, sendo esta a mais comumente implantada para CNN por ser mais eficiente computacionalmente, sem grandes diferenças de acurácia quando comparada a outras funções. Em seguida, há uma camada de agrupamento (*pooling*) que opera em cada mapa de características de forma independente. Desse modo, reduz a resolução do mapa de recursos, reduzindo a altura e a largura dos mapas de características, mas mantém os recursos dele que são necessários para classificação (SWAPNA, 2020).

A camada totalmente conectada parece uma rede neural normal conectando todos os neurônios e forma as últimas camadas da rede. A saída da camada plana é alimentada para essa camada totalmente conectada. O vetor de recursos da camada totalmente conectada é ainda usado para classificar imagens entre diferentes categorias após o treino. Todas as entradas desta camada são conectadas a cada unidade de ativação da próxima camada. Por fim, já na saída, a função de ativação é usada para mapear a saída não normalizada de uma rede para uma distribuição de probabilidade (igual a 1), ela é uma camada de ativação normalmente aplicada à última camada da rede que atua como um classificador (SWAPNA, 2020).

2.1.1.1 Detecção de Emoções Faciais

Uma arquitetura de CNN comumente utilizada para detecção de emoções faciais foi apresentada em Barsoum et al. (2016). Nesta abordagem, utilizou-se a biblioteca *OpenCV* da linguagem *Python* que inclui um módulo de redes neurais profundas que possui uma CNN pré-treinada no conjunto *ImageNet*, um dos conjuntos mais populares para trabalhos com CNN por possuir milhões de imagens e várias classes. O *framework* utilizado para implementar a CNN foi o *Caffe* (JIA et al., 2014) considerando a arquitetura *VGG13*. O processo pode ser dividido em duas etapas: extração de faces das imagens de um conjunto de treino; *tuning* da CNN (YIN et al., 2017) com as faces extraídas na etapa anterior.

O processo de *tuning* da CNN é realizado no conjunto de faces FER+ (BARSOUM, 2017). O conjunto FER+ (GERA; BALASUBRAMANIAN, 2021), consiste em 28558 imagens de treinamento, 3589 imagens de validação e 3589 imagens de teste. Esse conjunto de dados é comumente utilizado em trabalhos que lidam com detecção de emoções faciais como em Domingos, Cortes e Lobato (2022) e em Bos, Zaro e Pizzato (2020).

Em Barsoum et al. (2016) é possível observar os parâmetros utilizados para a configuração da CNN. A saída da CNN para uma determinada imagem é um rótulo entre oito classes de emoção possíveis: *neutral*, *anger*, *fear*, *happy*, *sadness*, *surprise*, *contempt* e *disgust*. Os resultados obtidos estão descritos na matriz de confusão da Tabela 1. Como é possível perceber a CNN apresentou acurácia acima de 90% para as expressões faciais "*neutral*" e "*happiness*", e acima de 80% para "*surprise*" e "*anger*".

Tabela 1 – Tabela demonstrando a matriz de confusão dos resultados obtidos em Barsoum et al. (2016).

	neutral	hapiness	surprise	sadness	anger	disgust	fear	contempt
neutral	90.27%	1.91%	1.48%	4.95%	1.13%	0.00%	0.26%	0.00%
hapiness	2.32%	94.47%	1.22%	1.22%	0.77%	0.00%	0.00%	0.00%
surprise	6.64%	3.08%	86.97%	0.71%	1.18%	0.00%	1.42%	0.00%
sadness	23.21%	1.67%	0.72%	67.94%	3.59%	0.48%	2.39%	0.00%
anger	10.16%	3.28%	0.66%	2.30%	82.30%	0.66%	0.66%	0.00%
disgust	10.53%	0.00%	5.26%	0.00%	57.89%	26.32%	0.00%	0.00%
fear	4.35%	0.00%	29.35%	8.70%	5.43%	0.00%	52.17%	0.00%
contempt	54.17%	0.00%	0.00%	12.50%	20.83%	4.17%	4.17%	4.17%

Os autores de Barsoum et al. (2016) disponibilizaram o modelo treinado através de um arquivo ONNX. Devido a dificuldade para encontrar trabalhos relacionados a detecção de emoções faciais e devido também a boa acurácia apresentada na Tabela 1, este trabalho considerou o modelo disponibilizado pelos autores para realizar as classificações, por meio da biblioteca *OpenCV*. A partir das classificações obtidas, este trabalho realizou uma divisão dessas em novos rótulos: satisfeito, neutro e insatisfeito. Os detalhes do processo são mostrados no Capítulo 4.

2.1.2 Aprendizagem por Reforço

Conforme discutido na subseção 2.1.1, é possível distinguir diferentes tipos de aprendizagem de máquina. Além da aprendizagem de máquina supervisionada, existe também a aprendizagem de máquina não supervisionada. Nesta, o conjunto de dados utilizado não possui nenhum tipo de rótulo e, a partir de análises, é possível descobrir similaridades entre os objetos. Este tipo de aprendizagem possui variações e, entre elas, está a aprendizagem por reforço.

Na aprendizagem por reforço o modelo aprende executando ações e avaliando recompensas. Neste tipo de aprendizagem, existe um agente que realiza uma dada ação em um dado ambiente. Após essa ação, o seu estado inicial é alterado, gerando uma recompensa (positivo) ou desconto (negativo) ao agente. De maneira cíclica, o agente avalia esta recompensa ou desconto e age novamente no ambiente, gerando o aprendizado (BIANCHI, 2020).

Existem alguns algoritmos na aprendizagem por reforço. Um destes é o *Q-Learning*, que é um algoritmo sem modelo, que estima uma função, de maneira iterativa, para aprender a qualidade das ações, que dizem a um agente inteligente qual ação ele deve tomar e em quais circunstâncias (MELO, 2001). A qualidade, neste caso, representa a utilidade de uma determinada ação para obter alguma recompensa futura.

A aprendizagem por reforço envolve, além do agente inteligente, um conjunto de estados S e um conjunto de ações por estado A . Ao executar uma ação, o agente faz a

transição de um estado para outro. Executar uma ação em um estado específico fornece ao agente uma recompensa (uma pontuação numérica). O objetivo do *Q-Learning* é gerar a política para que o agente maximize sua recompensa total, ou seja, toda a recompensa recebida depois de todos os estados sucessivos (SUTTON; BARTO, 2018).

Este algoritmo funciona melhorando sucessivamente suas avaliações da qualidade de determinadas ações em determinados estados. O algoritmo pode encontrar uma política de seleção de ação que seja ideal para uma determinada situação (WATKINS; DAYAN, 1992), conforme apresentado no algoritmo 1.

Algoritmo 1: *Q-learning*: função de aprendizagem $Q : \mathcal{X} \times \mathcal{A} \rightarrow \mathbb{R}$

Entrada:

Estados $\mathcal{X} = \{1, \dots, n_x\}$

Ações $\mathcal{A} = \{1, \dots, n_a\}$, $A : \mathcal{X} \Rightarrow \mathcal{A}$

Função de Recompensa $R : \mathcal{X} \times \mathcal{A} \rightarrow \mathbb{R}$

Função de Transição (probabilística) $T : \mathcal{X} \times \mathcal{A} \rightarrow \mathcal{X}$

Taxa de Aprendizagem $\alpha \in [0, 1]$, tipicamente $\alpha = 0.1$

Fator de Desconto $\gamma \in [0, 1]$

procedure QLEARNING(\mathcal{X} , A , R , T , α , γ)

Inicializar $Q : \mathcal{X} \times \mathcal{A} \rightarrow \mathbb{R}$ arbitrariamente

while Q não é convergido **do**

Comece no estado $s \in \mathcal{X}$

while s não é estado terminal **do**

Calcule π de acordo com Q e com a estratégia de exploração (e.g. fazer uma escolha ótima das ações através da expressão $\pi(x) \leftarrow_a Q(x, a)$)

$a \leftarrow \pi(s)$

$r \leftarrow R(s, a)$ //Receba a recompensa

$s' \leftarrow T(s, a)$ //Receba o novo estado

$Q(s', a) \leftarrow (1 - \alpha) \cdot Q(s, a) + \alpha \cdot (r + \gamma \cdot \max_{a'} Q(s', a'))$

$s \leftarrow s'$

return Q

A interpretação do algoritmo 1 pode ser da seguinte maneira: inicializar a tabela de valores Q , $Q(s, a)$; observar o estado atual s ; escolher uma ação a , para esse estado, com base na política de seleção; Agir e observar a recompensa r , bem como o novo estado s' ; atualizar o valor Q para o estado usando a recompensa observada e a recompensa máxima possível para o próximo estado; definir o estado para o novo estado e repetir o processo até que um estado terminal seja alcançado (GOODFELLOW et al., 2016).

A próxima etapa para o agente é interagir com o ambiente e fazer atualizações nos

pares de estado e ação da tabela de valores Q , $Q(s,a)$. Um agente interage com o ambiente de duas maneiras possíveis. A primeira é usar a tabela de valores Q como referência e visualizar todas as ações possíveis para um determinado estado. A segunda maneira é agir de maneira aleatória. Nesta situação, no lugar de selecionar ações com base na recompensa máxima futura, seleciona-se uma ação aleatoriamente.

Inicialmente, a ação aleatória é importante porque permite ao agente explorar e descobrir novos estados que talvez não fossem explorados/descobertos usando apenas a tabela de valores Q como referência. Contudo, também é importante que haja uma mudança gradual entre as duas maneiras pois se o agente apenas explorar, ele continuará a agir de maneira desmotivada, no sentido de nunca tentar cumprir a tarefa proposta. Assim como se ele apenas usar a tabela de valores Q como referência, antes de ter explorado por completo o ambiente, ele poderá cair numa política pseudo-ótima.

Uma grande vantagem do Q -Learning é fornecer aos agentes a capacidade de aprender a agir de forma otimizada em domínios *Markovianos*, experimentando as consequências das ações (WATKINS; DAYAN, 1992). O funcionamento do algoritmo Q -Learning, mostrando como o agente e o ambiente se relacionam e como ocorre o processo de aprendizagem é mostrado na Figura 2.

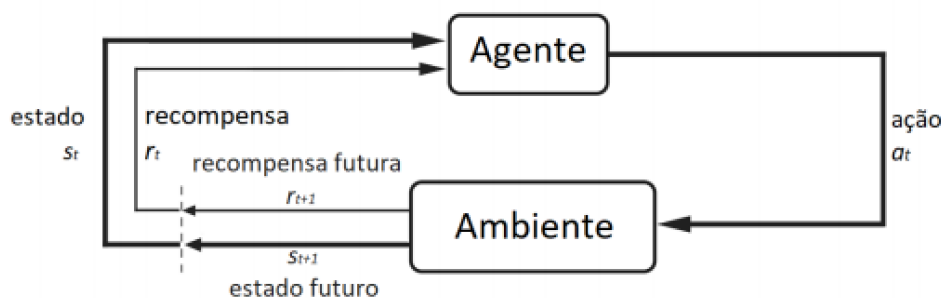


Figura 2 – Funcionamento do Q -Learning em domínio Markoviano. Fonte: (TAMADA, 2019)

O processo se dá da seguinte maneira: no instante inicial (t), o agente seleciona uma ação, muda para um novo estado, recebe uma recompensa e então a Sessão é reiniciado para o próximo instante ($t+1$). Essa interação do agente com o ambiente promove a aprendizagem.

Neste trabalho, um modelo foi criado se baseando no Q -Learning, adaptado a particularidade do problema, resultando em dois algoritmos nomeados *LivApp* e *CalcPerform*, estando presente na implementação do cálculo de desempenho do aluno a cada execução de cada exercício, considerando novas informações sobre o estado do aluno como tempo de resposta, a distância dos itens dos exercícios em relação ao local correto na tela e emoção facial classificada pela CNN. A partir desse desempenho, sugere-se o próximo exercício para o aluno, criando assim uma rota personalizada de exercícios para o aluno a cada sessão.

2.1.3 Tecnologias Assistivas

As Tecnologias Assistivas (TA) existem desde sempre (por exemplo, usar um pedaço de pau como bengala para uma pessoa com mobilidade comprometida). Contudo, trata-se de um termo ainda novo, utilizado para identificar todo o conjunto de recursos e serviços que contribuem para proporcionar e/ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e, conseqüentemente, promovendo independência e inclusão destas (BERSCH, 2008).

As TA podem ser consideradas como dispositivos ou abordagens computacionais, de baixa ou alta tecnologia, que permitem a um usuário com deficiência (cognitiva, física ou neurológica) realizar tarefas que seriam extremamente difíceis ou impossíveis sem alguma intervenção. O acesso à tecnologia assistiva em escolas e locais públicos é uma tentativa de oferecer aos indivíduos com deficiência acesso à serviços, educação e emprego, bem como a pessoas sem deficiências (ENNIS-COLE; SMITH, 2011). O suporte de tecnologia permite que as pessoas com deficiência concluam as atividades da vida diária, trabalhem com sucesso, se beneficiem de ambientes de aprendizagem e aproveitem o tempo de lazer.

Ao considerar as atuais tecnologias assistivas existentes para crianças com autismo de um ponto de vista mais abrangente e genérico, existem abordagens computacionais que podem ser divididas nas seguintes categorias: usadas para diagnóstico, usadas em intervenções e usadas como suporte ao tratamento.

As abordagens computacionais usadas em diagnóstico existem uma vez que diagnosticar o TEA em pessoas quando elas ainda são crianças é uma tarefa importante. Além disso, estudos mostraram que intervenções precoces podem melhorar significativamente os resultados futuros na vida de pessoas com TEA, evidenciando a importância das abordagens computacionais para intervenção, como ambientes de realidade virtual e sistemas robóticos (CHEN et al., 2014). Quanto as abordagens computacionais que dão suporte ao tratamento, as tecnologias conhecidas como protéticas como, por exemplo, a combinação de desenhos e símbolos por meio de uma interface com um dispositivo e que são semelhantes às usadas em pessoas com paralisia cerebral, têm sido usadas para ajudar pessoas com autismo não verbais ou com dificuldades de comunicação (CHEN et al., 2014).

2.1.4 Sistemas Tutores Inteligentes

Um Sistema Tutor Inteligente (STI) é definido como um sistema de computador que visa fornecer instrução ou feedback imediato e personalizado aos usuários, usualmente sem intervenção de um tutor humano (JUÁREZ-RAMÍREZ et al., 2013). O principal objetivo de um STI é possibilitar o aprendizado de maneira significativa e eficaz, usando uma variedade de tecnologias de computação.

Os STI incluem atividades metacognitivas e de suporte relevantes, considerando as diferenças de habilidades, preferências e necessidades metacognitivas dos alunos. Considerar

um STI uma tecnologia assistiva é possível pois um aluno diagnosticado com TEA, dependendo de suas características, pode aprender melhor através do ensino individual do que através do ensino em sala de aula (VILARONGA; MENDES, 2014).

Os STI têm ampla aceitação e popularidade porque podem aumentar o desempenho dos alunos, estimular o desenvolvimento cognitivo e reduzir, significativamente, o tempo de aprendizado. Esses sistemas colocam o aluno no centro do processo de aprendizagem, o que requer um alto grau de motivação, autonomia e autorregulação da aprendizagem. Existem três tradicionais módulos em um STI: módulos de aluno, especialista e pedagógico e a sua arquitetura clássica é mostrada na Figura 3.

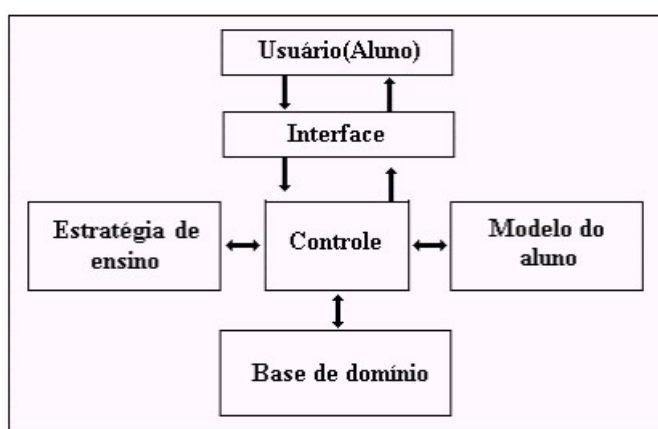


Figura 3 – Arquitetura Clássica de um Sistema Tutor Inteligente. Fonte: (COSTA, 2002)

O módulo do aluno contém informações sobre o aluno (Modelo do aluno), representando o conhecimento e as habilidades cognitivas do aluno em um dado momento em que ele interage com o STI (GAVIDIA JORGE JUAN ZAVALETA, 2003). A partir deste modelo e do conteúdo que será ensinado, o STI deve ser capaz de inferir a melhor estratégia de ensino para o aluno a ser utilizada. O módulo do aluno tem como tarefas: colher dados do e sobre o aprendiz; usar os dados para criar uma representação do conhecimento do aluno e processos de aprendizagem; representar os dados fazendo algum tipo de diagnóstico, não apenas em relação ao conhecimento do aluno, mas também em termos de seleção de estratégias pedagógicas adequadas para apresentar depois a informação do domínio ao aluno. Como o conhecimento do aluno muda, o modelo do aluno deve incorporar dinamicamente essas mudanças (GAVIDIA JORGE JUAN ZAVALETA, 2003).

O módulo especialista (Base de domínio), também conhecido como modelo do domínio, é o componente do STI que contém informações sobre o domínio/conhecimento que se deseja ensinar ao aluno. Ele pode ser considerado um banco de dados organizado em conhecimentos declarativos e procedurais num domínio específico (MCTAGGART, 2001). Este módulo é constituído pelo material instrucional, por uma sistemática geração de exemplos, pela formulação de diagnósticos e pelos processos de simulação (GAVIDIA JORGE JUAN ZAVALETA, 2003).

O módulo pedagógico (Estratégia de ensino) contém os métodos de instrução, ou seja, as estratégias de ensino para gerar, a partir das informações de diagnóstico, monitoração e análise, uma sequência de táticas de ensino para definir como o conhecimento deve ser apresentado ao aluno (BREUKER, 1987).

Os módulos do STI são controlados (Controle) para serem apresentados, através da interface do STI (Interface), ao usuário. Neste trabalho um STI foi construído para fomentar a interação com alunos com autismo e a arquitetura desse STI está definida detalhadamente na Figura 5 no Capítulo 4.

2.2 Aspectos Pedagógicos

2.2.1 Aprendizagem Afetiva

A Aprendizagem Afetiva, também conhecida do inglês *Affective Learning* foi definida como a aprendizagem que se relaciona com os interesses, atitudes e motivações do aluno. Na era digital, a aprendizagem afetiva tem sido aprimorada pela tecnologia e essa atitude tem sido fomentada por novas descobertas da neurociência que confirmam que o afeto está entrelaçado com o pensamento e desempenhando funções importantes que podem guiar o comportamento racional, ajudar na recuperação da memória, apoiar em tomadas de decisão, aumentar a criatividade etc. (PICARD et al., 2004).

Os STI podem lidar com experiências de aprendizagem personalizadas em tais modelos de alunos, contendo emoção e afeto, aproximando-se de tutores humanos bem-sucedidos. Ainda é considerada uma tarefa difícil medir e modelar os estados emocionais e afetivos dos alunos, especialmente quando as interações em tempo real são consideradas (BAMIDIS, 2017). Contudo, corrigir o desequilíbrio entre afeto e cognição, entre teoria e prática, para trazer equilíbrio à ciência da aprendizagem e às suas tecnologias tem sido intenções de pesquisa. Em (PICARD et al., 2004), os autores reuniram diversos pontos de vista e áreas de experiência dessa comunidade em crescimento, para começar a construir uma ciência da aprendizagem afetiva.

A informação sobre estado afetivo é difícil de medir. Embora haja complexidade, medir a capacidade de um aluno para se lembrar, por exemplo, de uma lista de itens aprendidos é simples quando comparado a medir como este aluno se sente ao fazer essa atividade como, por exemplo, se ele está satisfeito, engajado, desengajado, frustrado ou pronto para desistir (PICARD et al., 2004).

Uma alternativa para problemas de medição do estado afetivo do aluno é a máquina observar este aluno continuamente, como tutor habilidoso. Para isso, esta máquina precisará de habilidades de percepção de afeto. Desse modo, existe então uma crescente necessidade para desenvolver abordagens computacionais que sejam capazes de avaliar e responder afetivamente o aluno em tempo real. Na proposta apresentada neste trabalho, o

uso da aprendizagem afetiva acontece por meio de personagens, com a função de tutores virtuais, objetivando uma boa interação da criança com abordagem computacional.

2.2.2 Transtorno do Espectro do Autismo

O Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) é definido no *Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais*, o DSM-5 (APA, 2014). O TEA refere-se a um transtorno no neurodesenvolvimento caracterizado por prejuízos sociais, comportamentais e de comunicação.

De acordo com (APA, 2014), como critérios diagnósticos para o TEA estão os déficits persistentes na comunicação social e na interação social em múltiplos contextos como: déficits na reciprocidade socioemocional, déficits nos comportamentos comunicativos não verbais usados para interação social; déficits para desenvolver, manter e compreender relacionamentos. Além disso, pessoas com autismo têm padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades como: movimentos motores, uso de objetos ou fala estereotipados ou repetitivos; insistência nas mesmas coisas, adesão inflexível a rotinas ou padrões ritualizados de comportamento verbal ou não verbal; interesses fixos e altamente restritos que são anormais em intensidade ou foco; e hiper ou hiporreatividade a estímulos sensoriais ou interesse incomum por aspectos sensoriais do ambiente.

O TEA engloba transtornos antes chamados de autismo infantil precoce, autismo infantil, autismo de Kanner, autismo de alto funcionamento, autismo atípico, transtorno global do desenvolvimento sem outra especificação, transtorno desintegrativo da infância e transtorno de Asperger.

Os sintomas de crianças com autismo estão presentes desde o início da infância e limitam ou prejudicam o funcionamento diário. A evidência desse prejuízo funcional pode variar de acordo com as características da criança e o ambiente em que ela vive. Além disso, as manifestações do TEA variam muito dependendo da gravidade da condição autista, do nível de desenvolvimento e da idade cronológica. Por isso, usa-se o termo *espectro* (APA, 2014). Os diagnósticos são mais válidos e confiáveis quando baseados em múltiplas fontes de informação, incluindo observações do clínico, história do cuidador e, quando possível, autorrelato.

Não há cura para o TEA, mas, por outro lado, há um consenso de que abordagens computacionais para intervenção educacional e treinamento comportamental intensivo podem melhorar déficits na comunicação social das pessoas com autismo (DAWOOD; TURNER; PEREPA, 2018). Essas abordagens computacionais podem ser construídas como sendo tecnologias assistivas para incentivar e auxiliar pessoas com autismo a interagirem socialmente com outras pessoas.

2.2.3 Atenção Compartilhada

Em relação a cognição, os humanos possuem uma diferença crucial quando comparados à outras espécies, que é a capacidade participar com outras pessoas em atividades colaborativas com objetivos e intenções compartilhadas. A participação nessas atividades traz evolução na aprendizagem, compartilhamento de estados psicológicos, uso de símbolos linguísticos e até a construção de normas sociais (TOMASELLO et al., 2005). Essas evoluções estão relacionadas com a atenção compartilhada.

A atenção compartilhada é uma habilidade observada em crianças já em seu primeiro ano de vida e se refere ao repertório de respostas de seguir e/ou direcionar a atenção visual de um adulto para objetos ou eventos do ambiente (BATES et al., 1979). A atenção compartilhada é um fator muito influente no desenvolvimento da aprendizagem e pesquisas apontam que, no caso de crianças com autismo, há maiores déficits de atenção compartilhada quando comparado com crianças de desenvolvimento típico. Assim, sugere-se que que déficits no repertório de atenção compartilhada estão entre os sinais precoces do TEA (ELIAS, 2019).

A atenção compartilhada se divide em duas fases: responder à atenção compartilhada (RAC) e iniciar atenção compartilhada (IAC). A RAC e a IAC são componentes funcionalmente independentes e as crianças com autismo podem tanto apresentar dificuldades com apenas uma das duas ou quanto com ambas. No caso da RAC, a ideia consiste na resposta de seguir o olhar de outra pessoa ou dirigir seu olhar para onde ela aponta. Por sua vez, a IAC consiste nas respostas de estabelecer contato visual ou de apontar, intercaladamente, para outra pessoa e para o objeto de interesse.

Em Elias (2019) uma definição topográfica da atenção compartilhada é apresentada:

"(i) um indivíduo A (a criança) olha para outro indivíduo B (o adulto), (ii) a criança aponta ou olha para um objeto e (iii) volta a olhar para o adulto. No passo (i), a consequência reforçadora pode ser definida como contato visual entre a criança e o adulto, consequência produzida pelo comportamento do adulto de olhar em direção à criança; nos passos (ii) e (iii), a consequência reforçadora para as respostas da criança pode ser definida como o olhar do adulto em direção ao objeto apontado pela criança, que configuraria o compartilhamento da atenção sob controle daquele objeto."

A maneira como mães e filhos regulam a atenção uns dos outros é um fator importante no desenvolvimento lexical inicial das crianças (TOMASELLO, 1983). O aprendizado da criança está relacionado a observação e/ou imitação dos comportamentos dos adultos. Assim, a criança pode aprender a emitir mandos como, por exemplo, adquirir o comportamento de requisitar algo (ABREU; HÜBNER, 2013). Essa emissão de mandos, repetidas suficientemente, auxiliam na diminuição do déficit de atenção compartilhada, promovendo maior aprendizagem e maior interação sócio-comunicativa.

Existem exercícios e protocolos com o intuito de avaliar e diminuir os déficits de atenção compartilhada em crianças com autismo (DORIGON et al., 2017). Neste trabalho, especialistas na área de ensino a pessoas com autismo irão nortear os exercícios apresentados no STI. O modo como este STI funcionará será detalhada no Capítulo 5. Esta Seção detalhou fundamentos essenciais para o trabalho que será proposto. No Capítulo 3 a seguir, serão mostrados os trabalhos correlatos que também abordaram os fundamentos de maneira similar à intenção deste trabalho.

2.3 Considerações Finais

Este Capítulo apresentou a Fundamentação Teórica utilizada no trabalho. Discutiuse sobre o que são as Redes Neurais Convolucionais e o algoritmo Q-Learning que foi inspiração para a implementação dos algoritmos *LivApp*, *CalcPerform* e *ImageClassifier* neste trabalho. Discutiuse também sobre a importância das tecnologias assistivas, o que são e como funcionam os STI. Por fim, discutiuse sobre a aprendizagem afetiva, sobre o TEA e AC, sendo estes pontos fundamentais para a pesquisa realizada.

Capítulo 3

Trabalhos Relacionados

Este Capítulo apresentará uma visão geral sobre trabalhos que estejam relacionados com os principais tópicos deste trabalho e que também foram relacionados com o autismo. A proposta apresentada neste trabalho promove um avanço em relação ao estado da arte, uma vez que as abordagens computacionais citadas consideram pessoas com diagnóstico de autismo de alto funcionamento, e não há, explicitamente, maneiras para o fortalecimento da AC. Este trabalho tem como público-alvo crianças com autismo na fase da pré-escola, com deficit de AC e, conseqüentemente, tendo comprometimento em seu processo de aprendizagem.

Os recursos de Inteligência Artificial foram utilizados na intenção de prover um ambiente inteligente para guiar a criança, de forma dinâmica e adaptativa à ela. Utilizou-se os recursos de Aprendizagem de Máquina Supervisionada e Não Supervisionada, especificamente com a criação de um algoritmo para detectar a emoção facial da criança através de uma *CNN* e promover a personalização e adaptação do ambiente através da Aprendizagem por Reforço. Os exercícios desse ambiente inteligente foram definidos por especialistas na área de ensino a pessoas com autismo. Além disso, as crianças da amostra, passaram por três avaliações, anteriores e posteriores à realização dos exercícios. Essas avaliações foram baseadas no instrumento de avaliação *Early Social Communication Skills*, o *ESCS*, que mede o desenvolvimento de diferentes dimensões da comunicação não verbal, associada a AC. O Capítulo 4 apresentará os detalhes da abordagem proposta.

Iniciando sobre trabalhos que utilizaram *CNN*, em Sherkatghanad et al. (2019) foi proposto um modelo para a detecção automatizada do TEA usando *CNN*. Os resultados experimentais indicam que o modelo proposto é capaz de detectar o TEA corretamente com uma precisão de 70.22%, usando o conjunto de dados ABIDE I (conjunto de dados de imagens cerebrais de pessoas com autismo) e o atlas de parcelamento funcional CC400 do cérebro (abordagem que divide o cérebro humano em 400 partes). Além disso, o modelo *CNN* desenvolvido usou menos parâmetros do que as técnicas de última geração e, portanto, é menos intensivo em termos de computação.

Em Anirudh e Thiagarajan (2019), considerou-se o problema de classificação do

TEA. Uma vez que abordagens baseadas em gráficos podem não ser eficientes para capturar traços que caracterizam uma população no que tange os padrões específicos de atividade cerebral, redes neurais de grafos podem ser usadas para melhorar a inferência com dados estruturados em grafos. Porém, por não existir uma maneira sistemática de escolher um grafo apropriado na prática, os modelos preditivos se tornam não robustos. Buscando resolver este problema, foi proposto uma versão de redes neurais convolucionais de grafo (G-CNNs) que utiliza um conjunto de G-CNNs fracamente treinado e reduz a sensibilidade dos modelos na escolha da construção do grafo.

Em Zhao et al. (2018), foi apresentada uma estrutura de uma CNN 3D eficaz para derivar padrões de sobreposição de redes espaciais discriminativas e significativas que podem caracterizar e diferenciar o TEA de comportamentos de controles saudáveis. Os resultados demonstraram que, através da CNN, os padrões de sobreposição espacial têm poder notável de diferenciação na separação de TEA de controles saudáveis.

Em Shahamiri e Thabtah (2020), foi proposto um novo sistema de triagem de autismo que substitui as funções convencionais de pontuação em métodos de triagem clássicos usando Redes Neurais Convolucionais (CNN). Em PENCHINA et al. (2020), foi proposto classificador de aprendizagem profunda usando Rede Neural Recorrente de Curto Prazo (LSTM RNN), capaz de identificar estados de ansiedade em pacientes adolescentes com autismo. Em Bowrin e Iqbal (2020), avaliou-se a eficácia de uma intervenção que incorpora tecnologias de agentes conversacionais de Inteligência Artificial e técnicas de terapia de ativação comportamental voltadas para pessoas com autismo.

Em Tummala (2021), foi desenvolvida uma ferramenta, utilizando conceitos de *Deep Learning*, mais precisamente, baseada em *Siamese Neural Network (SNN)* e que pode ser usada para diagnóstico de autismo a partir de ressonância magnética. Em 9528240 foi apresentada uma abordagem de aprendizagem de máquina como Árvore de Decisão (DT) e a *Random Forest (RF)* para a detecção de TEA usando características morfométricas de superfície de ressonância magnética estrutural ponderada. Em 9404729, apresentou-se o *Worm Optimized Extreme Learning Machines (ELM)* para diagnóstico precoce de TEA. O algoritmo proposto é um algoritmo de aprendizado inteligente que fornece decisões estáveis e precisas para o diagnóstico do TEA.

Em relação a Aprendizagem por Reforço, em Vijayan et al. (2018) foi proposto uma assistente inteligente de aprendizagem para fornecer material didático adequado para alunos com autismo. Para selecionar um material didático apto para a criança em específico, o algoritmo *Deep Q-learning* (uma variação do *Q-Learning*) foi usado na aprendizagem por reforço.

Em Fujimoto et al. (2011), os autores relataram técnicas para imitar e avaliar o movimento humano, em tempo real, por um robô humanoide terapêutico. O objetivo era melhorar a habilidade de imitação de crianças com autismo. O algoritmo *Q-Learning* foi utilizado para remover os ruídos significativos da técnica de imitação proposta. Ex-

perimentos foram realizados para testar a interação das crianças com o robô e avaliar a possibilidade de melhorar suas respectivas habilidades de imitação, treinando-as para realizar tarefas específicas.

Em Clark-Turner e Begum (2017), foi proposta uma abordagem computacional para aprender como realizar uma intervenção comportamental (IB) a partir de demonstrações realizadas por um ser humano. Os IB são procedimentos altamente estruturados em que crianças com atrasos ou distúrbios de desenvolvimento como, por exemplo, o autismo, são treinados para realizar novos comportamentos e habilidades. Uma variação do algoritmo *Q-Learning* foi utilizado para estimar os valores Q para um determinado par de estado/ação.

Outros trabalhos relacionados com TEA utilizaram abordagens de Inteligência Artificial, como em Takçi e Yeşilyurt (2021), empregaram-se oito algoritmos de aprendizado de máquina mais proeminentes, com uma avaliação empírica de seus desempenhos no diagnóstico do TEA em quatro conjuntos de dados de referência diferentes, atualizados e originários dos testes de triagem *QCHAT*, *AQ-10-child* e *AQ-10-adult*. Também utilizaram métricas de precisão, sensibilidade, especificidade e precisão de classificação para examinar seus desempenhos. De acordo com os resultados experimentais, os melhores resultados são obtidos com o *C-SVC*, um classificador baseado em uma Máquina de Vetores de Suporte (SVM).

Em Liang et al. (2021), a principal inovação é utilizar a coerência temporal entre quadros adjacentes como supervisão livre e estabelecer uma margem discriminativa global para extrair características de comportamentos autoestimulatórios discriminativos de mudança lenta. Toda esta inovação, além do uso de classificadores como o *K-Means*, usou *Temporal Coherency Deep Networks and Support-Vector Machines (TCDN-SVM)*, uma combinação de recursos de aprendizagem de máquina supervisionada e não supervisionada.

Em Rad et al. (2015) foi proposta a automação para o ajuste mais preciso de Movimentos Motores Estereotípicos (SMM) em pessoas com autismo. Usou-se o paradigma de *Deep Learning* para aprender as características discriminatórias de sinais. Os resultados apontaram que a proposta atinge detectores SMM de maior precisão em cenários longitudinais.

Em Asgari, Van Santen e Papadakis (2017), criou-se um método para automatizar Pontuação de *Nonword Repetition (NWR)* e aplica técnicas de aprendizado de máquina para prever pontuações fornecidas por patologistas de fala e linguagem em pessoas com TEA. Em Crimi et al. (2017), utilizou-se Máquina de Vetores de Suporte (SVM) para diferenciar sujeitos saudáveis e pacientes jovens com TEA. Em Thabtah, Kamalov e Rajab (2018), dois algoritmos de aprendizagem de máquina foram utilizados, derivando sistemas de classificação automatizados com relação à especificidade, sensibilidade, valores preditivos positivos (PPVs), valores preditivos negativos (NPVs) e precisão preditiva na detecção do TEA.

Em Cardon, Wilcox e Campbell (2011) o estudo teve o objetivo de avaliar como

cuidadores de crianças com autismo podem utilizar tecnologias assistivas para suporte à rotina/atividades da criança. Os resultados indicaram que os cuidadores relataram dificuldades com todas as atividades sugeridas no estudo como, por exemplo, a hora do banho e refeições. Menos da metade dos cuidadores relatou ter conseguido encontrar soluções que incorporassem o uso da TA. Com isso, o uso real de TA foi mínimo. A pesquisa indica que os cuidadores têm grandes conceitos errados sobre o que são as TA e recebem pouco apoio para compreendê-las.

Em Pancerz, Paja e Gomula (2016), foram utilizadas duas ferramentas computacionais de aprendizado de máquina para a construção de classificadores baseados em regras para lidar com o problema da análise inicial de dados provenientes de fichas de avaliação para detecção de pessoas com TEA. Em Bhuyan et al. (2017), foram usadas técnicas de detecção, envolvendo abordagens de Aprendizagem de Máquina e *Data Mining* para detectar atributos específicos de uma criança com TEA para ajudar os pais e cuidadores a chegarem a um plano de intervenção pragmático.

Em Pan, Hirokawa e Suzuki (2015), foi implementado um sistema automático baseado na visão que mede a interação facial com base na característica cognitiva humana. Alguns resultados experimentais foram apresentados em Muty e Azizul (2016), que propôs o desenvolvimento de um *framework* computacional para automatizar o processo de diagnóstico de autismo. Em Zheng et al. (2016), um novo sistema de intervenção mediada por robô para aprendizagem de habilidades de imitação, que é considerada uma área de déficit central para crianças com TEA. Em Bardhan2016, foi proposta uma ferramenta para rastrear o autismo em crianças usando dispositivos inteligentes, informando o usuário, armazenando as respostas em um banco de dados e sugerindo um centro de recursos para confirmação e intervenção.

Em Palestra, Carolis e Esposito (2017), foi apresentado um sistema de Inteligência Artificial para tratamento do autismo, assistido por robôs. O robô atua como um mediador social, tentando eliciar comportamentos específicos em crianças com autismo. Em Banna et al. (2020), foi proposto um sistema baseado em Inteligência Artificial que usa dados do sensor para monitorar a condição do paciente com TEA durante a pandemia do *COVID-19* e, com base na emoção e na expressão facial do paciente, ajusta o método de aprendizagem por meio de jogos e tarefas. Em Nunes e Aguiar (2020), um aplicativo mobile foi desenvolvido para auxiliar crianças com TEA no reconhecimento e uso adequado de expressões faciais para representar as emoções primárias.

Em Gentry et al. (2015) o estudo foi realizado para avaliar Assistentes digitais pessoais (PDAs), que são organizadores de tarefas versáteis que prometem ser tecnologias assistivas, para pessoas com desafios cognitivo-comportamentais. Foram avaliados dois grupos de trabalhadores adultos com TEA para determinar se o uso de um *PDA Apple iPod Touch* como suporte vocacional melhora o desempenho no trabalho e reduz as necessidades de suporte pessoal no trabalho. Os dados foram coletados em 50 adultos

autistas que estavam começando uma colocação profissional, com o apoio de um treinador. Os resultados apontaram que estes autistas, com o passar das semanas, tornaram-se menos dependentes do treinador para executarem os seus trabalhos comparados aos autista que não usaram o PDA.

Em Schafer et al. (2016) foi realizado um estudo que conduziu avaliações de tecnologia assistiva em 12 crianças diagnosticadas com o TEA para avaliar os benefícios potenciais da tecnologia de microfone remoto (RM). Os resultados do estudo sugeriram que a tecnologia RM pode melhorar a função auditiva em crianças com autismo em sala de aula e outras situações, contudo, a variabilidade nos dados e a incapacidade de algumas crianças para completar as medidas comportamentais indica que avaliações individualizadas de tecnologia assistiva são necessários para determinar se a tecnologia RM será de benéfica para uma criança em particular que tenha autismo.

Voltado, especificamente para *Chatbots* e pessoas com autismo, em Smith et al. (2014) foi desenvolvido o *VR-JIT*: um STI que usa a realidade virtual para treinar adultos com autismo para entrevistas de emprego. Outra abordagem computacional desenvolvida recentemente para pessoas com autismo é a *LISSA*, um *Chatbot* que fornece treinamento para pessoas com autismo para desenvolver suas habilidades sociais (ALI et al., 2018).

Em Almeida (2021) foram desenvolvidos 11 padrões de análise, onde cada um deles foi baseando-se em características e problemas enfrentados diariamente pelos autistas. Em cada modelo desenvolvido e proposto utilizou-se o padrão proposto por GeyerSchulz e Hahsler, onde foram desenvolvidos campos como: soluções, soluções de design e consequências. Contudo, nenhum padrão de análise considerou a AC como métrica.

Em Pavlov (2014) são descritos requisitos para a construção de uma interface de usuário acessível para usuários com transtornos do espectro autista (TEA) e apresenta a interface de usuário (UI) do Open Book, uma ferramenta auxiliar de leitura para pessoas com TEA. Os requisitos são extraídos de pesquisas existentes sobre como melhorar a compreensão de leitura para pessoas com TEA e do feedback de usuários e profissionais clínicos. As descobertas são aplicadas na prática para criar a interface do usuário da ferramenta Open Book.

Em Barry e Pitt (2006), criou-se um modelo de interação que fornece uma base para mapear requisitos especiais do usuário e estratégias instrucionais em um modelo adequado para o aluno com autismo. A proposta deste modelo de interação estendida serve como base para diretrizes de design de software para educação eficaz para esses alunos com necessidades especiais.

Em Davis et al. (2010), apresentou diretrizes práticas para o design de software interativo para crianças com autismo. Essas diretrizes apresentadas são baseadas em experiências de pesquisa durante o desenvolvimento de um jogo de software interativo chamado *TouchStory*, que foi projetado para promover a compreensão da estrutura narrativa enquanto se adapta às necessidades de aprendizagem de crianças com autismo.

Os trabalhos correlatos apresentados anteriormente focaram no uso de técnicas de inteligência artificial, como *CNNs*, para a detecção e classificação do autismo, além da diferenciação de comportamentos de controlos saudáveis em pessoas com autismo. Este trabalho propõe o uso das *CNNs* para detectar, através das expressões faciais, se crianças com autismo estão satisfeitas ou insatisfeitas com a etapa do STI em um determinado momento. Esta classificação será essencial para a modelagem do STI de acordo com o perfil da criança.

3.1 Considerações Finais

Este capítulo apresentou uma visão geral sobre os principais trabalhos relacionados aos tópicos abordados nesta tese. Com o objetivo de salientar em quais aspectos a proposta deste trabalho inova em relação aos apresentados, é importante elucidar as diferenças entre a abordagem desta proposta e as apresentadas por esses trabalhos. Destaca-se o fato de os trabalhos não considerarem o uso de recursos de IA para promover o fortalecimento de AC para pessoas com autismo. Os trabalhos correlatos apresentados anteriormente focaram no uso de tecnologias assistivas para atividades rotineiras para crianças com autismo, auxílio no desenvolvimento profissional de adultos com autismo, melhorias auditivas etc, enquanto este trabalho propõe o uso de tecnologias assistivas para auxiliar no processo de desenvolvimento de habilidades relacionadas a AC.

Capítulo 4

Abordagem Proposta

Este Capítulo relatará a abordagem computacional e sua arquitetura baseada na arquitetura tradicional de STI para interagir com crianças autistas, apresentando exercícios com objetivo principal de fomentar o desenvolvimento de habilidades relacionadas a atenção compartilhada, comumente pouco desenvolvida em autistas. Na Seção 4.1 os detalhes da proposta do STI são apresentados, inclusive com os detalhes dos algoritmos implementados são mostrados na subseção 4.1.1. Na Seção 4.2, os detalhes do *Dashboard* desenvolvido para profissionais é apresentado. Por fim, a Seção 4.3 apresenta as considerações finais do Capítulo.

4.1 STI Proposto

A abordagem proposta neste trabalho foi o desenvolvimento de um STI e de um *Dashboard*. O STI foi desenvolvido para intervenção que permita a interação do aluno com autismo laudados por profissionais, com idade entre 4 e 5 anos, com deficit em atenção compartilhada (AC). A intenção do STI foi modelar rotas de exercícios adequadamente para cada aluno, com base em suas preferências e seu desempenho.

A modelagem das rotas de exercícios adequadas para o aluno é realizada através da combinação de duas abordagens da Inteligência Artificial: Redes Neurais Convolucionais (CNN), discutida na Seção 2.1.1 para detecção de emoções faciais, e Aprendizado por Reforço baseado no algoritmo *Q-Learning*, discutida na Seção 2.1.2. A Figura 4 apresenta o processo de treinamento do STI, onde foram desenvolvidos 24 exercícios, distribuídos em 4 níveis de complexidade. O avanço de exercícios e seus respectivos níveis aconteceram seguindo o cálculo de desempenho de cada exercício. Os detalhes de como este cálculo é realizado é detalhado na Seção 4.1.1.

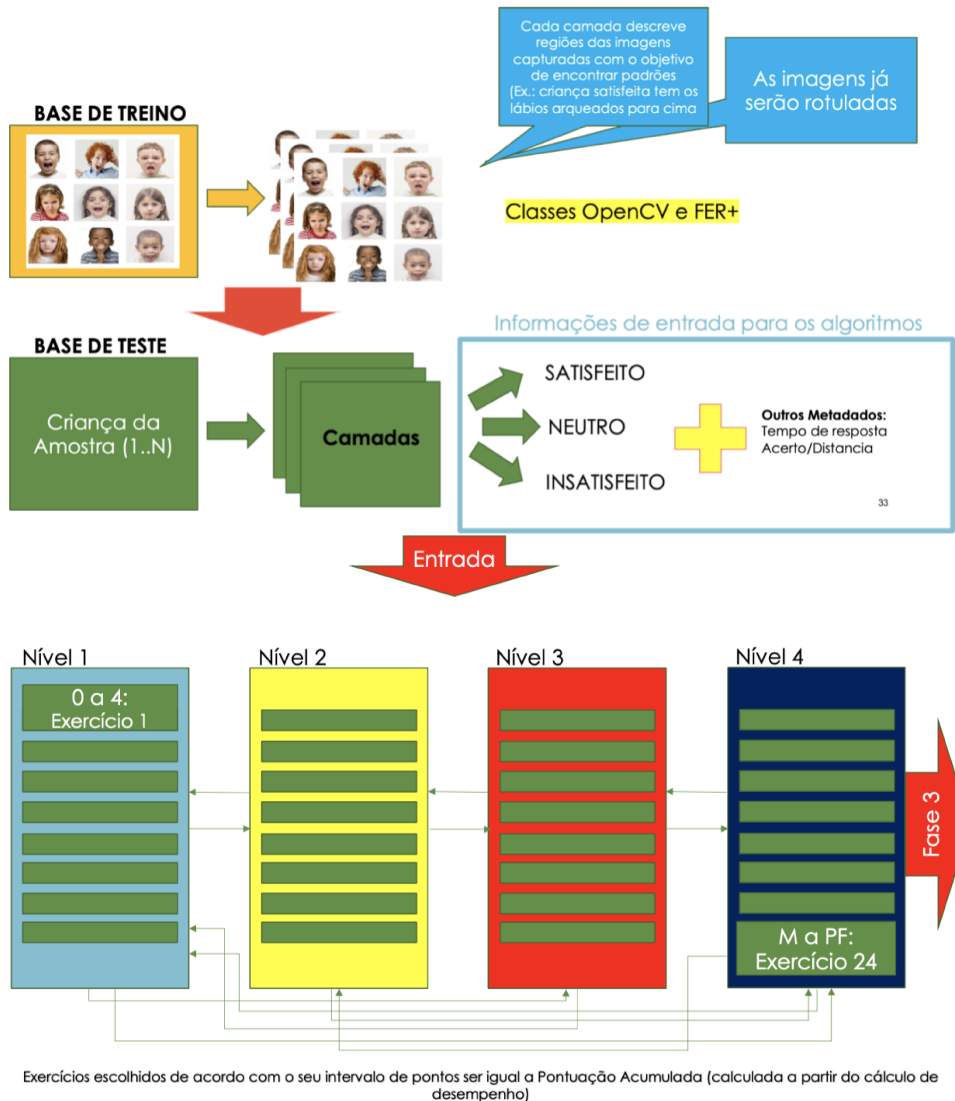


Figura 4 – Ilustração do processo de treinamento a ser executado pela abordagem proposta (Fase de Execução).

A arquitetura da abordagem proposta é baseada na arquitetura de STI, conforme o discutido na Seção 2.1.4. A CNN considerada no trabalho foi treinada e seu modelo disponibilizado pelos autores (BARSOUM et al., 2016), conforme o descrito na Seção 2.1.1.1. A Figura 5 mostra o funcionamento do STI proposto, em que o Módulo de Controle é onde o algoritmo *LivApp* (Algoritmo 2) é atuante. Este módulo é responsável por implementar a integração entre os módulos de acordo com os eventos recebidos da interface com o usuário, solicitando que os demais módulos executem tarefas específicas, promovendo a correta execução do processo.

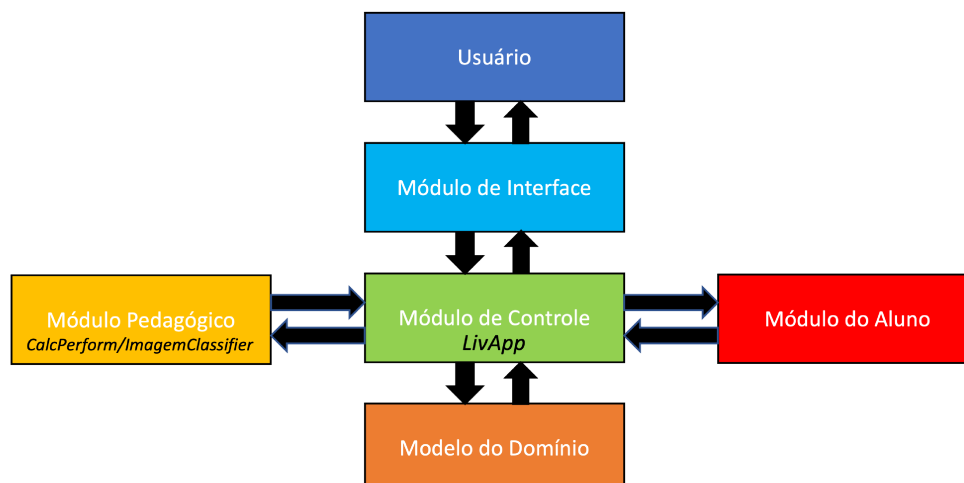


Figura 5 – Arquitetura do STI proposto.

O Módulo de Interface é o componente responsável por se comunicar de forma amigável e adequada com o aluno com autismo de acordo com suas necessidades específicas. Nesta fase, a imagem do aluno que será enviada para a CNN é capturada. Neste momento, também aplica-se a teoria de *Affective Learning*, discutida na Seção 2.2.1, através de um componente afetivo, com o objetivo de tornar mais amigável a interação do aluno com o STI.

O Módulo do Aluno armazena os dados relacionados ao desempenho do aluno na execução dos exercícios. Este módulo é responsável por modelar uma base de conhecimento sobre o aluno autista à medida que ela interage com o sistema. Esses dados podem ser usadas pelo Módulo Pedagógico para modelar as características individuais de cada um, permitindo que o processo de aprendizagem seja devidamente adequado de acordo com as necessidades de cada aluno, apresentando os exercícios mais propícios a cada momento.

O Módulo Pedagógico atua através de uma abordagem baseada em aprendizagem por reforço implementada no algoritmo *CalcPerform* (Algoritmo 3), onde a CNN infere se o aluno está satisfeito ou insatisfeito, conforme mostrado no Algoritmo *ImageClassifier* (Algoritmo 4) e o cálculo de desempenho é realizado. O Modelo do Domínio contém base de exercícios e atividades necessárias para treinar as capacidades de atenção compartilhada, de comunicação e interação sociais nas crianças com autismo. Essa base foi construída com o apoio de especialistas da área de educação para autistas. A Figura 6 mostra a tela inicial do STI desenvolvido em um *Tablet* utilizado durante os experimentos.



Figura 6 – Tela de Login do STI.

4.1.1 Algoritmos propostos

O STI contou com algoritmos que foram desenvolvidos visando personalizar a rota de exercícios para cada aluno, basearam-se no algoritmo *Q-Learning* apresentado na Seção 2.1.2. A Figura 7 mostra como funciona a interação com o STI. Quando a sessão com o aluno é iniciada e o STI é acessado, o Algoritmo *LivApp* é iniciado, onde é configurada a pontuação final (PF) que será o critério de parada da rota de exercícios. Em seguida, o Algoritmo *CalcPerform*, responsável pela personalização da rota de exercícios da Sessão é acionado. Um terceiro algoritmo é acionado, o *ImageClassifier*, que classifica as imagens capturadas através de uma *CNN* e envia esta classificação como entrada para o *CalcPerform*, que fará o cálculo de desempenho, gerando uma pontuação acumulada (PA). Enquanto PA for menor que PF, o Algoritmo *LivApp* é executado, apresentando os respectivos exercícios para o aluno. Após atender o critério de parada (PA maior ou igual a PF), o algoritmo encerra a rota de exercícios.

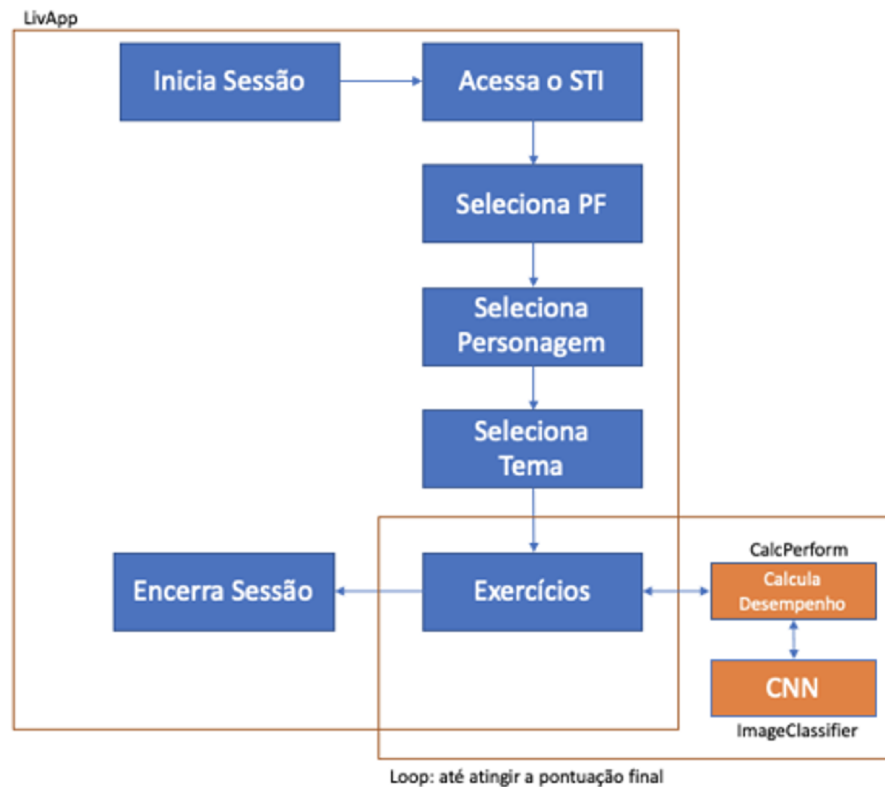


Figura 7 – Fluxograma da interação com o STI.

4.1.1.1 Algoritmo LivApp

O algoritmo *LivApp* foi construído e tem as funções de configurar o intervalo de pontuação, configurar a pontuação final e acionar o algoritmo *CalcPerform*.

Algoritmo 2: *LivApp*

Entrada: *PF* : Pontuação Final
 Saída: *E*

```

1 início
2    $PA \leftarrow 0$ ;
   /* Configuração do Intervalo de Pontuação */
   /* Usuário seleciona Personagem */
   /* Usuário seleciona Tema */
3    $E \leftarrow$  primeiro exercício;
4   enquanto  $PA < PF$  faça
5      $I, T, Dis \leftarrow$  usuário resolve o exercício  $E$ ;
6      $D \leftarrow$  CalcPerform( $I, T, Dis$ );
7      $PA \leftarrow PA + D$ ;
8      $E \leftarrow$  SelecionaExercicio( $PA$ );
9 fim
  
```

O algoritmo *LivApp* tem como entrada a Pontuação Final (PF) que é configurada a cada início de sessão pelo instrutor e é o critério de parada da rota de exercícios da respectiva sessão. Inicialmente, de acordo com a linha 2 do Algoritmo 2, a Pontuação Acumulada (PA) começa com o valor zero e é incrementada de acordo com o valor definido

do intervalo de pontuação que se refere a pontuação que o aluno precisa ter para resolver um determinado exercício, ou seja, cada exercício possui valores que ficam dentro de um intervalo e se a pontuação do aluno estiver dentro deste intervalo, ele resolverá aquele exercício específico. Este intervalo de pontuação também é definido pelo instrutor e os detalhes da configuração do intervalo pontuação usado neste trabalho podem ser vistos no Capítulo 6 na Tabela 4.

Aplicando o conceito de *Affective Learning*, discutido na Seção 2.2.1, o aluno deve selecionar o seu personagem e tema favoritos a cada sessão por meio do algoritmo *LivApp*. Estes personagens e temas acompanham o aluno durante toda a sessão, sendo apresentados nos exercícios, nos reforçadores positivos (em caso de acerto) e recomendações (em caso de erro), com o objetivo de tornar mais amigável a interação do aluno com o STI. Os detalhes dessas seleções são mostrados na Seção 5.1. Na linha 3 do Algoritmo 2, o primeiro exercício é apresentado à criança. Enquanto a pontuação acumulada for menor que a pontuação final (linha 4), o aluno resolve o exercício selecionado. Como resultado da resolução de cada exercício, o algoritmo *LivApp* captura a imagem (I) do aluno durante a solução e também armazena o tempo de resposta (T) e a distância do objeto ao ponto correto (Dis). Esses detalhes estão na linha 5 do Algoritmo 2. Na linha 6, o algoritmo *CalcPerform* é acionado para calcular o desempenho (D) do aluno no exercício. Este desempenho é somado à pontuação acumulada (linha 7) que, por fim, o seu valor é o parâmetro para selecionar o próximo exercício (E), possibilitando a personalização da rota de exercícios.

4.1.1.2 Algoritmo CalcPerform

Com o início da sessão do STI, uma vez acionado pelo Algoritmo *LivApp*, o Algoritmo *CalcPerform* foi desenvolvido para personalizar a rota de exercícios a partir do cálculo de desempenho do aluno. O Algoritmo *CalcPerform*(3) tem como entradas a imagem capturada (I), o tempo de resposta (T) e a distância do objeto do ponto correto (Dis).

Na linha 2, o algoritmo *ImageClassifier* é acionado para classificar a imagem (I). Se a classificação de imagem *S* for "*Feliz*" ("*happy*") ou "*Surpreso*" ("*surprise*") (linha 3), então *I* é considerada como "*Satisfeito*", recebendo a pontuação igual a 1 (linha 4). Se a classificação de imagem *S* for "*Neutro*" ("*neutral*") (linha 5), então *I* é considerada como "*Neutro*", recebendo a pontuação igual a 0.5 (linha 6). Na linha 7, se a classificação de imagem *S* for diferente das anteriores (sendo "*Irritado*" ("*anger*"), "*Medo*" ("*fear*"), "*Tristeza*" ("*sadness*"), "*Desprezo*" ("*contempt*") ou "*Desgosto*" ("*disgust*")), então *I* é considerada como "*Insatisfeito*", recebendo a pontuação igual a 0.1 (linha 8).

Uma vez que a imagem é classificada, o algoritmo realiza o cálculo de desempenho do aluno. Quando há o acerto do exercício (linha 9), considera-se a fórmula para cálculo de desempenho (linha 10). Essa fórmula é apresentada pela Equação 1, onde o desempenho *D* é o resultado da classificação da imagem *S* multiplicada por 100 e o resultado desta

Algoritmo 3: *CalcPerform*

Entrada: I : Imagem, T : Tempo, Dis : Distância
Saída: D

```

1 início
2    $E \leftarrow ImageClassifier(I)$ ;
3   se  $E == 'Feliz'$  ou  $E == 'Surpreso'$  então
4      $S \leftarrow 1$ ;
5   senão se  $E == 'Neutro'$  então
6      $S \leftarrow 0.5$ ;
7   senão
8      $S \leftarrow 0.1$ ;
9     /* Acerto */
10    se  $Dis == 0$  então
11       $D \leftarrow (S * 100) / T$ ;
12    /* Erro */
13    senão
14       $D \leftarrow (S * (100/Dis)) / T$ ;
15 fim

```

multiplicação é dividido pelo tempo de resposta T . Ressalta-se que S é multiplicado por 100 para considerar os resultados na escala $[0,100]$. O cálculo da fórmula indica que, quanto mais satisfeito o aluno estiver e menor o tempo que ela demanda para responder um determinado exercício, maior será o seu desempenho neste respectivo exercício.

$$D = \frac{S \times 100}{T} \quad (1)$$

Devido aos exercícios do tipo "Arrasta/Solta", a variável Dis é considerada. Caso o aluno não acerte o exercício (linha 11), Dis é calculada inspirando-se no cálculo da *Distância Euclidiana* (MENGER, 1928), desconsiderando o valor 0 (caso de acerto da linha 9), com o objetivo de mostrar quão próxima do acerto a criança esteve, influenciando assim, o seu desempenho no exercício. Neste caso, a fórmula para cálculo de desempenho D é apresentada pela Equação 2. Inicialmente, multiplica-se a classificação da imagem S pelo resultado da divisão de 100 por Dis . Após este primeiro cálculo, este resultado é dividido pelo tempo de resposta T (linha 12). O cálculo desta fórmula também indica que, quanto mais satisfeito o aluno estiver, mesmo sem acertar o exercício, e quanto menor for o tempo que ele demanda para responder este exercício, maior será o seu desempenho. Além disso, destaca-se que quanto menor o valor Dis , é observado que o aluno esteve mais próximo de acertar o exercício, conseqüentemente o desempenho D também será maior nessas condições.

$$D = \frac{S \times \frac{100}{Dis}}{T} \quad (2)$$

Considerar o desempenho de cada exercício está relacionado com o avanço no nível de complexidade da rota de exercícios e o tempo de duração de cada sessão. Ou seja,

quanto maior o desempenho de cada exercício, conseqüentemente, mais rapidamente o aluno avançará os níveis de complexidade dos exercícios da sua rota, esta terá menos exercícios, e o tempo total em cada rota da sessão será menor, indicando que o aluno está diminuindo o nível de dificuldade para interagir com o STI.

4.1.1.3 Algoritmo ImageClassifier

Conforme discutido na subseção 4.1, o Algoritmo *ImageClassifier* foi implementado para realizar a detecção de emoções faciais. Essas emoções foram extraídas usando a *OpenCV*, uma biblioteca que inclui um módulo de redes neurais profundas que possui uma CNN pré-treinada.

Algoritmo 4: *ImageClassifier*

```

Entrada:  $I$  : Imagem
Saída:  $E$ 
1 início
   | /* Classificação da imagem (emoção)                               */
2 |  $E \leftarrow CNN(I)$ ;
3 fim

```

Ao extrair a emoção facial da imagem capturada (I) que será a entrada do algoritmo, realiza-se a classificação da imagem como "Satisfeito", "Neutro" ou "Insatisfeito" (linha 2). Esta classificação é uma das entradas do algoritmo *CalcPerform* para o cálculo de desempenho e personalização da rota de exercícios da respectiva Sessão.

4.2 Dashboard Proposto

A abordagem proposta neste trabalho foi o desenvolvimento de um STI e de um *Dashboard*. O *Dashboard* foi desenvolvido para os profissionais acompanhantes das crianças. Ao cadastrar um aluno no STI, informa-se uma *chave* que será o *email* do profissional que acompanhará o aluno. Nesta plataforma é possível, através de um *Dashboard*, vincular alunos ao profissional por meio dessa chave, bem como agendar sessões para interação com o STI para cada criança vinculada. Também é possível o acesso a informações sobre a criança como nome, data e horário de cada sessão. Além disso, o *Dashboard* traz o acesso a gráficos que ilustram o desempenho da criança em cada sessão de interação com o STI.

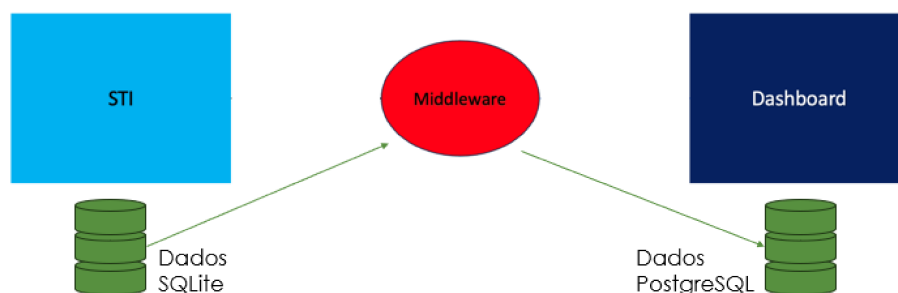


Figura 8 – Fluxo de interação entre o STI e o *Dashboard*.

A Figura 8 apresenta como é feita a comunicação entre o STI e o Dashboard para acesso aos dados armazenados. Esta comunicação acontece através de um *Middleware* desenvolvido para acessar os dados do STI e os enviar ao *Dashboard*, permitindo que um usuário tenha acesso a informações dos alunos que estão vinculados a ele.

A imagem mostra a tela de cadastro de uma plataforma profissional. No topo, há um ícone de um robô azul amigável. Abaixo dele, o título 'Criando sua conta' é exibido em branco. Há três campos de entrada de texto: 'Digite seu nome', 'Digite seu email' e 'Sua senha'. Abaixo dos campos, há um botão vermelho com o texto 'Cadastrar'. Na base da tela, há um link que diz 'Já possui uma conta? Faça login!'.

Figura 9 – Tela de Cadastro da plataforma profissional.

A Figura 9 mostra a tela de *Cadastro* em que o profissional fará um único cadastro, informando dados como nome, *e-mail* e senha, sendo redirecionado para a tela de *Login*, onde poderá acessar a plataforma. A **chave** para vinculação deste profissional a um determinado aluno será o seu *e-mail*. Este *e-mail* deverá ser informado no cadastro do aluno para acesso ao STI. Uma vez que a **chave** do profissional estiver vinculada ao aluno, este aluno aparecerá como uma opção de seleção para este profissional no *Dashboard*.

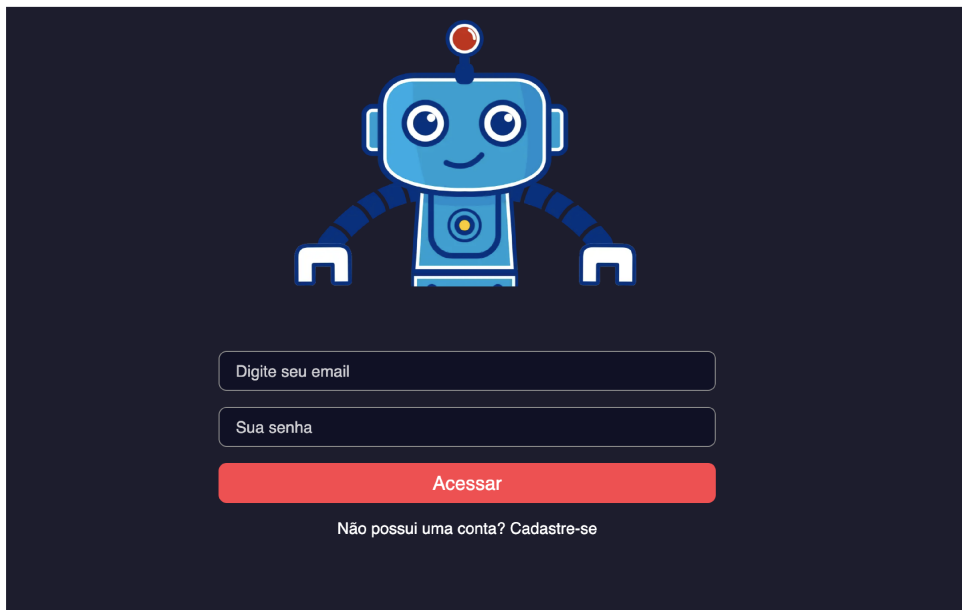


Figura 10 – Tela de Login da plataforma profissional.

A Figura 11 mostra a tela de *Login* em que o profissional, uma vez cadastrado, poderá acessar a plataforma e obter as informações relacionadas à criança. Após a realização do cadastro e acesso a plataforma, o usuário será redirecionado para um *Dashboard*. Nesta tela o usuário poderá ter acesso as suas sessões agendadas. O usuário tem a opção de realizar o agendamento de sessões na tela de novas sessões, conforme a Figura 12. Após o agendamento, retorna-se para a tela *Dashboard*.

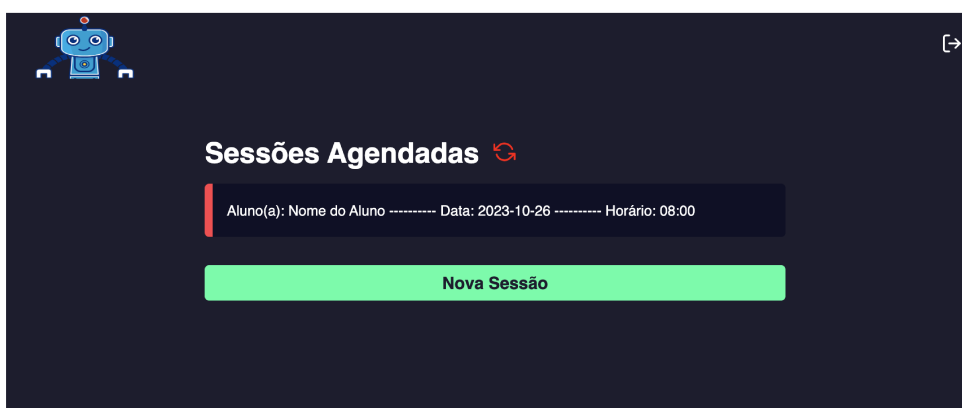
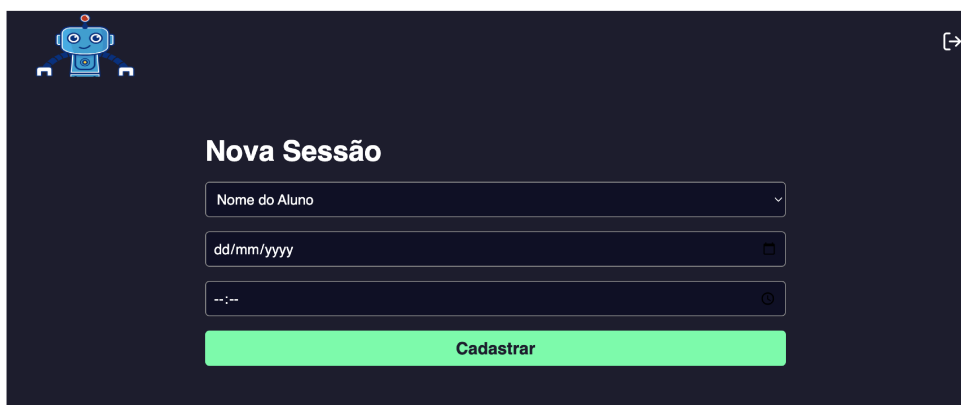


Figura 11 – Dashboard da plataforma profissional (dados fictícios).

O agendamento de uma sessão pode ser realizado pelo usuário, onde os alunos vinculados a ele aparecerão como opções para agendamento. Cada agendamento para cada aluno permitirá o acesso ao seu respectivo gráfico de desempenho.



Nova Sessão

Nome do Aluno

dd/mm/yyyy

--:--

Cadastrar

Figura 12 – Tela de novos agendamentos da plataforma profissional.

Em cada agendamento, acessa-se um modal, conforme a Figura 13 que contém detalhes sobre a criança, como nome, data e horário da Sessão agendada. No modal também possível encerrar a sessão, quando o aluno já foi atendido. Além disso, é possível ter acesso ao gráfico de desempenho de cada aluno/criança que esteja vinculada ao profissional. Este gráfico é construído a partir do cálculo de desempenho de cada sessão em que o aluno interagiu com o STI, conforme a Figura 14.



Sessões Agendadas

Aluno(a): Nome do Aluno ----- Data: 2023-10-26 ----- Horário: 08:00

Detalhes da Sessão

Nome do Aluno

Data da Sessão: 2023-10-26

Horário da Sessão: 08:00

Concluir Atendimento Acessar Gráfico

Figura 13 – Modal da plataforma profissional com detalhes sobre a criança (dados fictícios).



Figura 14 – Gráfico de desempenho no STI.

O *Dashboard* tem o objetivo de facilitar o acesso a informações de cada sessão da criança que esteja vinculada a um profissional, apoiando-o, por exemplo, na condução de atendimentos e em tomadas de decisão sobre as atividades estabelecidas para a criança no ambiente escolar.

4.3 Considerações Finais

Este Capítulo apresentou os detalhes da abordagem proposta, mostrando como é o funcionamento do STI e os seus respectivos módulos. Além disso, mostrou o funcionamento dos algoritmos propostos e implementados, baseando-se nas estratégias do algoritmo *Q-Learning*, detalhando a relação entre os três algoritmos. Além disso, o Capítulo apresentou detalhes sobre a plataforma desenvolvida para profissionais para agendamento de sessões para que a criança interaja com o STI, além do acompanhamento de informações das crianças que estejam vinculadas a estes profissionais. O Capítulo 5 a seguir mostrará cada etapa da metodologia utilizada para a realização da pesquisa deste trabalho. O STI e o *Dashboard* desenvolvidos podem ser acessados através do endereço <<https://github.com/nathyvalentim/livapp.git>>, onde também constam instruções para a execução das duas ferramentas.

Capítulo 5

Método de Pesquisa

O presente Capítulo relata o método de pesquisa deste trabalho e se baseia na metodologia quase-experimental. De acordo com (MARCONI; LAKATOS, 2004), a metodologia quase-experimental é um estudo de intervenção empírico usado para estimar o impacto causal de uma intervenção na população-alvo sem atribuição aleatória, nem grupos de controle. A justificativa para usar esta metodologia neste trabalho é que não houve uma quantidade suficiente de indivíduos para que fosse possível realizar um experimento com grupos de controle e grupo experimental, tornando-se então esta metodologia a mais viável para o trabalho. A Seção 5.1 apresenta as etapas presentes no método de pesquisa. Em seguida, os benefícios e os riscos da pesquisa são apresentados. Por fim, apresenta-se os critérios de inclusão e exclusão utilizados para a composição da amostra utilizada na pesquisa. O trabalho foi analisado, avaliado pelo CEP (Comitê de Ética e Pesquisa), com parecer consubstanciado de número 5.273.182, com CAAE 54880921.7.0000.5152, a Instituição Proponente sendo Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia.

5.1 Etapas do método de pesquisa

As abordagens computacionais foram desenvolvidas a partir de duas aplicações Web. A aplicação na qual as crianças interagiram usou a arquitetura computacional baseada em STI. Todo o processo aconteceu acompanhado de um instrutor, avançando os níveis de AC: total ajuda física, ajuda leve, ajuda gestual e independente. Este instrutor também apoiou as sessões de interação com o STI, inclusive na definição da pontuação final, que foi o critério de parada da rota de exercícios de cada sessão. A base de conhecimento, contendo os exercícios e seus respectivos níveis de complexidade, foi construída por especialistas na área da educação para pessoas com autismo. É importante ressaltar que neste trabalho os pedagogos das escolas trouxeram uma prévia avaliação sobre o comportamento dos alunos. Contudo, foi considerado o deficit de AC, e não o nível de autismo de cada criança.

O processo foi dividido em 3 fases: avaliação inicial (Fase 1); interação com o STI (Fase 2) dividida em duas outras fases: avaliação de preferência e avaliação de desempenho; avaliação final (Fase 3), conforme a Figura 15. Além disso, a amostra contou com dois grupos de crianças diagnosticadas com autismo (Grupo 1 e Grupo 2), a fim de realizar uma comparação entre os grupos.



Figura 15 – As três fases do processo da pesquisa.

Os testes foram realizados com participantes com autismo na fase da pré-escola. Todos os participantes possuíam laudos emitidos por profissionais em que se afirmava o TEA. O processo de recrutamento dos participantes para a pesquisa foi feito pelos especialistas da área do autismo e que são participantes na pesquisa, onde um desses participantes da pesquisa levantou possíveis candidatos participantes do estudo. Após isso, foi feito um contato inicial com o responsável, informando o objetivo da pesquisa e a sua respectiva condução. Além disso, foi informado sobre a necessidade do termo de consentimento livre e esclarecido para responsável legal por menor de 18 anos (TCLE). Nos casos de aceite por parte do responsável, o local para a entrega e coleta do TCLE foi combinado entre o pesquisador e o responsável. O local para a realização da pesquisa também foi combinado entre o pesquisador e o responsável. Com a finalidade de garantir a eficácia do STI, para os experimentos foram dois grupos de crianças com autismo (Grupo 1 e Grupo 2) que foram submetidos às fases da pesquisa em momentos distintos. Todos os participantes contaram com o apoio da pesquisadora exercendo o papel de instrutora, além de professoras e pedagogas dos centros educacionais onde os experimentos foram realizados.

As fases de **avaliações inicial e final (fases 1 e 3)** consistiram em detectar o deficit de AC em cada criança antes e após a realização dos exercícios. Cada aluno da amostra foi submetido a a três avaliações para medição de níveis de AC: inicial (AC1), intermediária (AC2) e final (AC3). Essas avaliações foram realizadas pela pesquisadora,

esta que participou de treinamento com especialistas no instrumento de avaliação *Early Social Communication Skills* (ESCS). O ESCS mede o desenvolvimento de diferentes dimensões da comunicação não verbal, associada a AC. Essas avaliações foram realizadas pela pesquisadora, seguindo o instrumento *ESCS* e gravadas para que os resultados pudessem ser avaliados e ratificados pelos orientadores por meio de novas análises.

A Fase 2, que é fase da interação com o STI, consistiu em outras duas sub-fases. A primeira, foi realizada uma **avaliação de preferência** com a criança. A segunda, foi a sub-fase de **avaliação de desempenho**, onde foram aplicados exercícios personalizados, seguindo o cálculo de desempenho de cada exercício para promover essa personalização. Todos os exercícios foram implementados seguindo a orientação de especialistas da área da educação para crianças com autismo.

O Grupo 1, no primeiro contato com a pesquisadora, foi submetido a AC1. No dia seguinte, foi submetido a Fase 2, que é a fase de interação com o STI. Esta fase contou com 5 sessões de avaliação de preferência e 5 sessões de avaliação de desempenho. Este período teve duração de 14 dias. No dia seguinte, o grupo foi submetido a AC2 e, após um intervalo de 7 dias, foi submetido a AC3.

O Grupo 2 foi submetido a AC1. Após um intervalo de uma semana, o grupo foi submetido a AC2. No dia seguinte, foram submetidos a Fase 2, que é a fase de interação com o STI. Esta fase contou com 5 sessões de avaliação de preferência e 5 sessões de avaliação de desempenho. Este período teve duração de 14 dias para duas crianças e 16 dias para uma criança que esteve ausente. Um dia após as sessões, o grupo foi submetido a AC3. A Figura 16 mostra o processo com cada grupo.

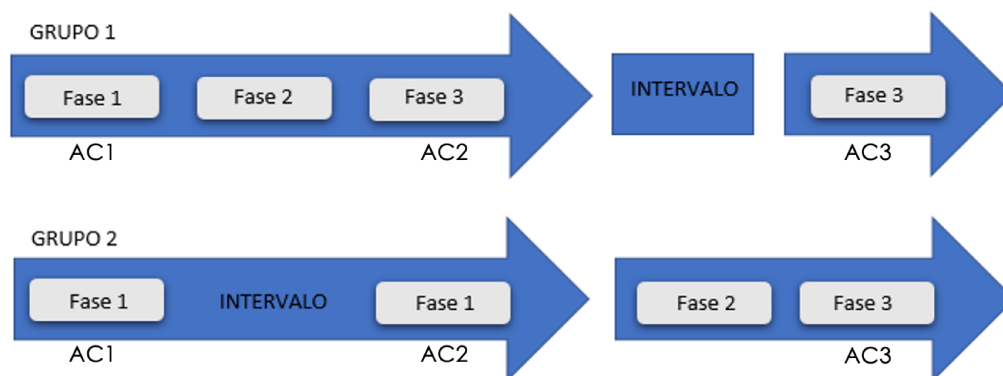


Figura 16 – Fluxo de submissão dos grupos às fases.

As fases de avaliações inicial e final (Fases 1 e 3) foram exatamente iguais, com o objetivo de visualizar a evolução de cada criança. Essas avaliações foram realizadas baseando-se nas orientações do *Early Social Communication Skills*, o ESCS, foi criado por (MUNDY et al., 2003) e se trata de um instrumento de avaliação em uma versão gratuita e adaptada para o uso no Brasil (DORIGON et al., 2017). O ESCS é projetado para medir

o desenvolvimento de diferentes dimensões da comunicação não verbal. É composto de tarefas que avaliam os comportamentos de iniciar e responder às solicitações, em cada uma das categorias propostas: interação social, pedidos e/ou atenção compartilhada. A pesquisadora recebeu um treinamento com uma especialista no ESCS para realizar as avaliações nos alunos.

A fase de execução (Fase 2) consistiu, em um primeiro momento, realizar uma avaliação de preferência com a criança e, em seguida, realizar a avaliação de desempenho. O procedimento para a avaliação de preferência foi, inicialmente, apresentar à criança personagens de perfil, conforme a Figura 17, aplicando a teoria de *Affective Learning* discutida na Subseção 2.2.1, onde o personagem estava relacionado com os interesses, atitudes e motivações do aluno. Após isso, foram apresentados temas diferentes a criança, conforme a Figura 18, para que ela fizesse suas escolhas sob a orientação da instrutora. A primeira sub-fase da Fase 2 teve cinco sessões ao todo e a avaliação de preferência foi realizada. Cada sessão funcionou da seguinte maneira: a partir da escolha do tema escolhido, a criança resolve três exercícios de baixa complexidade. Em seguida, o STI retornou para os demais temas para que a criança fizesse novas escolhas, até que os temas se esgotassem.

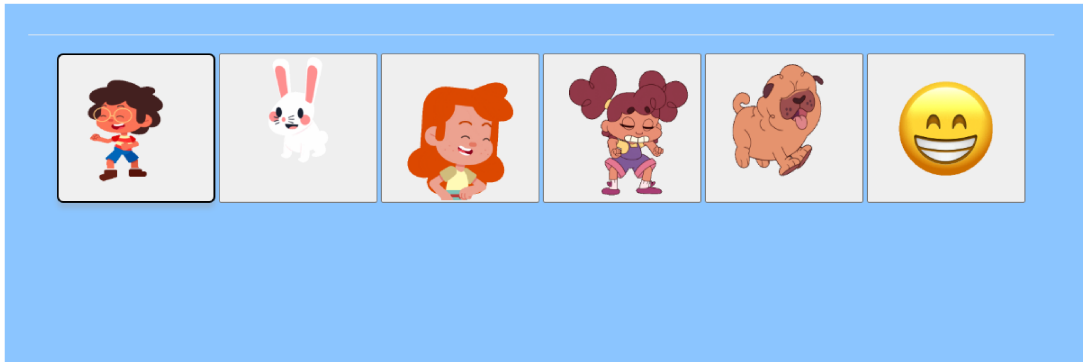


Figura 17 – Escolha de personagens para tutores virtuais.

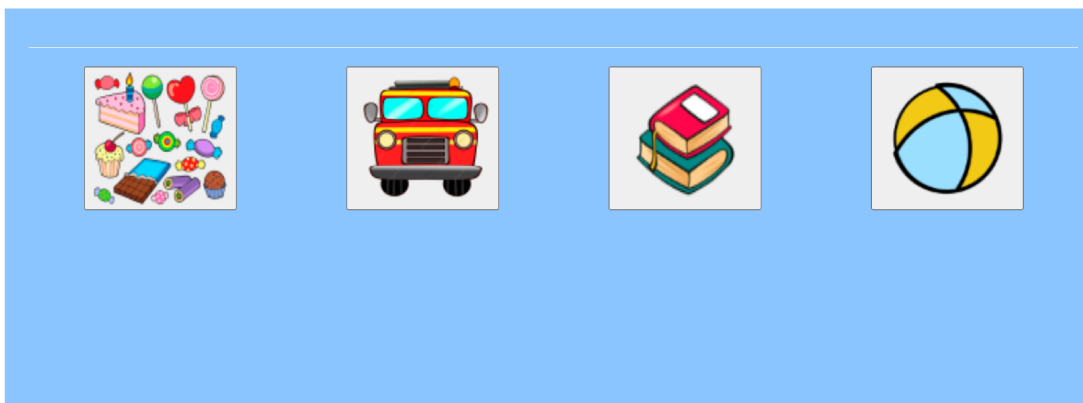


Figura 18 – Escolha de tema para exercícios.

Na segunda sub-fase da Fase 2, a avaliação de desempenho, também teve cinco

sessões. Neste momento, uma vez estabelecida a preferência do aluno, os exercícios se tornam mais complexos. Enquanto o aluno responde os exercícios, o cálculo de desempenho é realizado e, a partir do resultado, os próximos exercícios são sugeridos a ele. Foram desenvolvidos um total de 24 exercícios, em 4 níveis de complexidade, conforme a Figura 19. A quantidade de exercícios que cada aluno resolveu em cada sessão dependia do cálculo de desempenho em cada exercício.

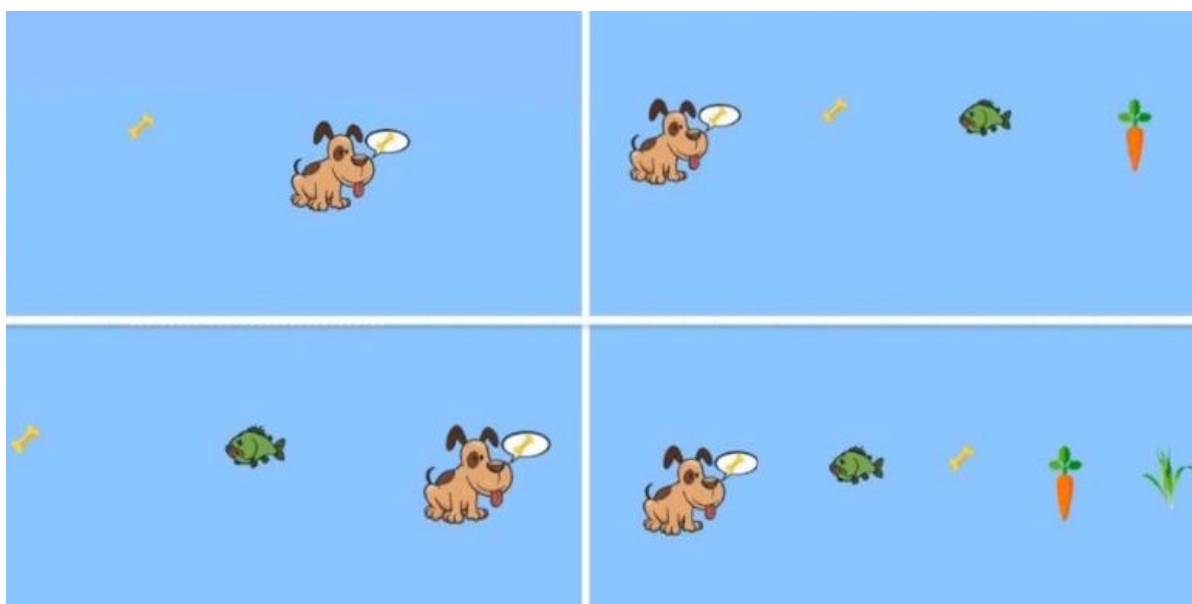


Figura 19 – Exercício em diferentes níveis de complexidade.

A complexidade dos exercícios foi definida por especialistas da área da educação para crianças com autismo. Os exercícios eram de categorias de "toque" ou "arrastar e soltar", onde instruções como *"Toque no seu tema preferido"* e *"Arraste o objeto em cima da mesa"* foram emitidas ao longo dos exercícios, com o objetivo de engajar o aluno na interação com o STI e treinar capacidades como tomadas de decisão e associação. As expressões faciais da criança foram capturadas durante a realização dos exercícios, com a finalidade de detectar a satisfação ou insatisfação com temas, exercícios e reforçadores positivos nos momentos em que estes forem apresentados pelo STI à criança.

A Figura 20 mostra um exemplo de reforçador positivo. As expressões faciais da criança foram capturadas através da câmera embutida no aparelho móvel em que ela realizou os exercícios. A satisfação ou insatisfação da criança foi detectada a partir de técnicas de IA, mais especificamente, Redes Neurais Convolucionais (CNN).

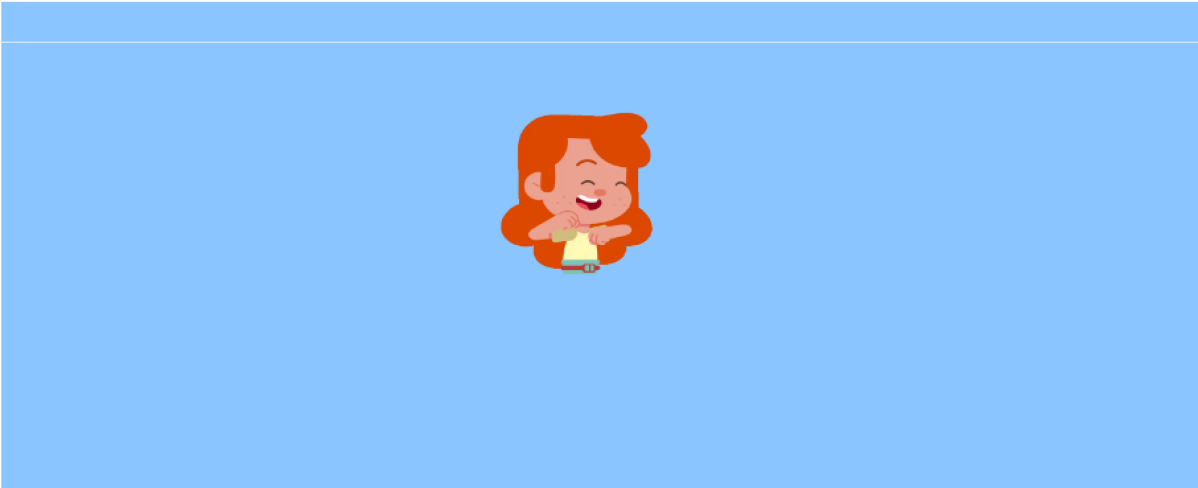


Figura 20 – Exemplo de reforçador positivo.

Conforme apresentado no Capítulo 4, as rotas de exercícios de cada Sessão podem ser distintas para cada criança. Após a realização das cinco sessões, a criança foi submetida a avaliação final para verificação do seu respectivo nível de AC.

5.2 Critério de Inclusão

Os critérios de inclusão na pesquisa são: crianças diagnosticadas com autismo, com idade entre 4 e 5 anos, com deficit de atenção compartilhada (AC).

5.3 Critério de Exclusão

Os critérios de inclusão na pesquisa são: crianças de desenvolvimento típico; crianças que, ainda que diagnosticadas com autismo, não apresentem nenhum deficit de atenção compartilhada (AC); crianças que, ainda que diagnosticadas com autismo, apresentem deficiência visual, deficiência auditiva, deficiência intelectual e/ou algum impedimento físico motor.

Esta Seção mostrou, em detalhes, qual foi a metodologia de pesquisa e suas respectivas etapas na proposta. Além disso, apresentou os riscos, os benefícios e quais os critérios de inclusão e exclusão desta pesquisa. O Capítulo 7 a seguir discutirá sobre os resultados obtidos com a realização deste trabalho.

5.4 Considerações Finais

Este Capítulo apresentou a metodologia adotada na realização do trabalho, apresentando as etapas do método de pesquisa, considerando as fases do processo de pesquisa que são de avaliações iniciais e finais e de execução. Além disso, foi apresentado os riscos e os

benefícios da pesquisa e quais foram os critérios de inclusão e exclusão para a composição da amostra.

Capítulo 6

Experimentos

A realização dos experimentos teve início com os Grupo 1 e 2, em dois centros educacionais diferentes. O Grupo 1 foi composto por três alunos (uma do sexo feminino e dois do sexo masculino) do Centro Educacional situado no bairro Laranjeiras, na cidade de Uberlândia. O Grupo 2 foi composto por três alunos (todos do sexo masculino) do Centro Educacional situado no bairro Vigilato Pereira, também na cidade de Uberlândia. Das seis crianças, duas delas, presentes no Grupo 2, eram crianças que não verbalizavam e precisaram de auxílio de professores e cuidadores para a realização das sessões. As Figuras 21 e 22 mostram duas crianças da amostra interagindo com o STI durante uma sessão.



Figura 21 – Criança interagindo com o STI.



Figura 22 – Criança interagindo com o STI.

Todas as três avaliações de nível de AC, nomeadas como AC1, AC2 e AC3 (referindo-se à primeira, segunda e terceira avaliações, respectivamente), foram realizadas em um mesmo ambiente nos centros educacionais, no mesmo horário, utilizando os mesmos objetos e seguindo a mesma ordem de avaliação. O intervalo entre AC1 e AC2 foi de 14 dias para o Grupo 1 e 7 dias para o Grupo 2. O intervalo entre AC2 e AC3 foi de 7 dias para o Grupo 1 e entre 14 e 16 dias para o Grupo 2, onde a variação dos dias se justifica pela ausência no CE de alunos da amostra em dias de experimento.

As sessões para interação com o STI aconteceram em dias úteis consecutivos, durante 3 semanas no mês de outubro do ano de 2022. Em todos os encontros, a pesquisadora desempenhou o papel de instrutora e usou vestimentas em tons sóbrios, sem acessórios e evitou quaisquer fragrâncias como hidratantes corporais, águas de colônias e/ou perfumes com o objetivo de não distrair ou comprometer o conforto das crianças durante as sessões. As sessões tiveram duração média de 10 minutos com cada aluno. Nessas sessões as crianças eram estimuladas a interagir com o STI com o objetivo de detectar temas que pudessem promover o engajamento dessas crianças com o STI, resolvendo os exercícios apresentados a elas, além de promover a interação com a pesquisadora/instrutora e pessoas presentes no ambiente.

A avaliação do nível de AC foi realizada usando as orientações do *Early Social Communication Skills*, o ESCS, um instrumento de avaliação em uma versão gratuita e adaptada para o uso no Brasil. A partir da versão adaptada, utilizou-se apenas os pontos de avaliação diretamente relacionados com a AC, que são a *Inicialização de AC (IAC)* e *Resposta de AC (RAC)* apresentados na Tabela 2 e na Tabela 3, respectivamente.

O cálculo do nível de AC a partir das tabelas de cotação foi realizado através de uma planilha criada baseando-se na planilha do ESCS, contudo considerando apenas

Tabela 2 – Tabela de cotação para IAC.

Comportamento	Nível	Código	Tarefas	Descrição
IAC	Inferior	Objeto	Objeto	<p>Criança estabelece Contato Ocular com o investigador enquanto manipula ou toca num brinquedo mecânico inativo.</p> <p>Não cotar contato ocular se desencadeado por movimento ou ruído provocado pelo investigador</p>
IAC	Inferior	Objeto	Objeto	<p>A criança alterna o olhar entre um objeto ativo e os olhos do investigador</p> <p>Normalmente ocorre quando o objeto está ativo na mesa ou nas mãos do investigador, mas também registrar se a criança olha para o investigador depois de um objeto ficar ativo nas suas próprias mãos.</p>
IAC	Superior	Apontar	Objeto Livro	<p>Antes do investigador apontar:</p> <p>A criança aponta para um objeto ativo OU</p> <p>A criança aponta para imagens no livro OU</p> <p>A criança aponta para os posters na parede</p> <p>Pode ocorrer com ou sem contato ocular</p>
IAC	Superior	Mostrar	Objeto	<p>A criança ergue um brinquedo no ar na direção da face do investigador.</p> <p>Normalmente sugestões rápidas com a criança a recolher o objeto oferecido</p> <p>Se a criança resistir quando o investigador tenta recuperar o objeto cotar como Mostrar.</p>

Tabela 3 – Tabela de cotação para RAC.

Comportamento	Nível	Código	Tarefas	Descrição
RAC	Inferior	Seguir apontar/-toque proximal	Livro	Investigador aponta para 6 imagens Dar crédito se a criança orientar a cabeça e olhos para a imagem
RAC	Superior	Seguir linha de Referência	Olhar	Para os ensaios à esquerda e à direita: a criança recebe crédito se virar os olhos ou a cabeça o suficiente para mostrar que está a olhar na direção correta e para além da ponta do dedo indicador do investigador. Para os ensaios atrás: a criança recebe crédito se mostrar um movimento de virar a cabeça mais de 90 graus para indicar que está a olhar para a área atrás da criança É necessário um movimento definido de virar a cabeça nos casos em que o dedo indicador do investigador não é visível.

IAC e RAC, conforme mostra a Figura 23. A planilha calcula o IAC (Iniciando AC), considerando quantas vezes houve contato ocular da criança com o avaliador (Contato ocular) e alternância entre o contato ocular com avaliador e o objeto (Alternar). Também contabiliza quantas vezes a criança apontou para figuras do livro ou objetos (Apontar), fazendo contato ocular ou não com o avaliador (Apontar e fazer contato ocular) e se ela teve a iniciativa de mostrar algum objeto para o avaliador (Mostrar). O total do IAC é calculado a partir do somatório entre o *Total Nível Inferior* e *Total Nível Superior*.

A planilha também calculou RAC (Respondendo AC), que pontua quantas vezes a criança olha para cada uma das figuras apontadas pelo avaliador (Seguir apontar/toque proximal) e quando olha para os objetos na sala apontados pelo avaliador (Seguir linha de Referência). Desse modo, o cálculo do RAC é feito através do somatório entre o *Nível Inferior* e *Nível Superior*, conforme mostra a Figura 23.

Ainda sobre RAC, o *Nível Inferior* é a quantidade de vezes que em **10 apontamentos (cinco apontamentos divididos em duas tentativas)** a criança respondeu o *Seguir apontar/toque proximal*. Esses valores foram convertidos para valores entre 0 e 1

e, em seguida, multiplicados por 100. O *Nível Superior* é a quantidade de vezes entre **3 apontamentos (convertidos para valores entre 0 e 1)** em que a criança respondeu o *Seguir linha de Referência* e, em seguida, multiplicado por 100. Todas as avaliações de AC foram gravadas para serem cotadas e, após isso, avaliadas pelos orientadores da pesquisadora com o objetivo de ratificar os resultados.

Inicializando AC		25		
Contato ocular:	2			
Alternar:	1			
Total Nivel Inferior:	3			
Apontar:	18			
Apontar e fazer contato ocular:	4			
Mostrar:	0			
Total Nivel Superior:	22			
Respondendo AC		83		
Seguir apontar/toque proximal:	1		Nivel Inferior:	50
Seguir linha de Referência:	0,33		Nivel Superior:	33

Figura 23 – Exemplo de planilha para cálculo de nível de AC.

O STI foi apresentado aos grupos após a avaliação do nível de AC de cada criança e foi dividida em duas fases: avaliação de preferência e avaliação de desempenho. Este STI consistiu em uma aplicação web que, a nível de *front-end* foi desenvolvida usando *Linguagem de Marcação de HiperTexto (HTML)*, *Javascript* e recursos como *Folhas de Estilo em Cascata (CSS)*. A nível de *back-end* a aplicação foi desenvolvida na linguagem Python, utilizando *framework* Django. O armazenamento dos dados foi por meio do banco de dados *Sqlite3*.

É importante ressaltar que esta pesquisa não criou ou treinou uma nova CNN. O modelo disponibilizado pelos autores em Barsoum et al. (2016) foi considerado para realizar as classificações, onde a detecção de emoções faciais foi realizada usando *OpenCV*, conforme descrito na Seção 4.1. A motivação para escolha do trabalho dos autores foi, primeiramente, a dificuldade para encontrar trabalhos que realizaram detecção de emoções faciais, compatíveis com esta pesquisa. Além disso, os resultados apresentaram boa acurácia para as emoções.

Os detalhes do funcionamento da CNN podem ser vistos no Algoritmo *ImageClassifier* (Algoritmo 4). Os experimentos deste trabalho tiveram imagens analisadas para a classificação proposta de "Satisfeito", "Insatisfeito" e "Neutro". As imagens rotuladas como *anger*, *fear*, *disgust* e *sadness* foram analisadas para a classificação proposta de "insatisfeito". As imagens rotuladas como *happy* e *surprise* foram analisadas para a classificação proposta de "satisfeito". As imagens rotuladas como *neutral* foram analisadas para a classificação

proposta de "neutro". As imagens 24, 25, 26 mostram as imagens capturadas durante a interação com o STI de três crianças da amostra e a classificação de emoções faciais dessas respectivas imagens.

A Figura 24 mostra a imagem capturada de uma criança da amostra que sorria enquanto interagiu com o STI e teve sua classificação de emoção facial "*happy*", ou seja, classificada como "Satisfeito" pelo Algoritmo *ImageClassifier* (Algoritmo 4).

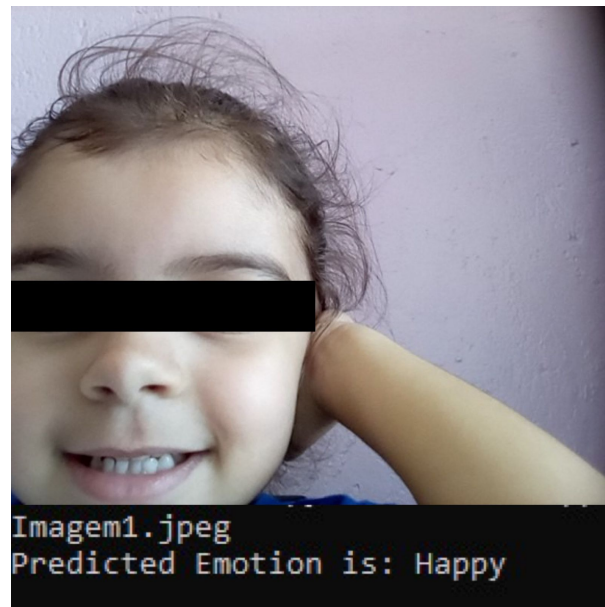


Figura 24 – Detecção de emoção facial "Satisfeito".

A Figura 25 mostra a imagem capturada de uma criança da amostra enquanto interagiu com o STI. Nesta situação, a expressão facial da criança sem esboçar emoção relevante fez com que sua classificação de emoção facial fosse "*neutral*", ou seja, classificada como "Neutro" pelo Algoritmo *ImageClassifier* (Algoritmo 4).

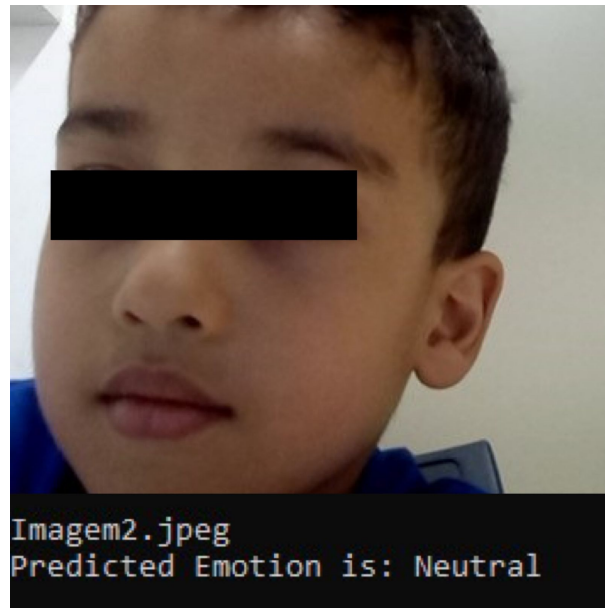


Figura 25 – Detecção de emoção facial "Neutro".

A Figura 26 mostra a imagem capturada de uma criança da amostra enquanto interagia com o STI. Nesta situação a criança estava com uma expressão facial de tristeza, especialmente com as sobrancelhas com o ponto final mais baixo que o ponto inicial e teve sua classificação de emoção facial "*sad*", ou seja, classificada como "Insatisfeito" pelo Algoritmo *ImageClassifier* (Algoritmo 4).



Figura 26 – Detecção de emoção facial "Insatisfeito".

No STI, objetivando a personalização da rota de exercícios da sessão, o Algoritmo *CalcPerform* 3 determinou a melhor rota de exercícios para cada aluno, tendo como base o valor do cálculo de desempenho de acordo com a Fórmula 1. Conforme relatado na Seção 4.1.1, cada exercício possui valores que estavam dentro de um intervalo de pontuação.

Tabela 4 – Tabela de relação entre pontuação e exercícios.

Intervalo de Pontuação	Exercício	Nível
0	1	1
4	2	1
8	3	1
12	4	1
16	5	1
20	6	1
24	1	2
28	2	2
32	3	2
36	4	2
40	5	2
44	6	2
48	1	3
52	2	3
56	3	3
60	4	3
64	5	3
68	6	3
72	1	4
76	2	4
80	3	4
84	4	4
88	5	4
92	6	4

No estudo, este intervalo foi definido como 4 e os detalhes podem ser vistos na Tabela 4. Caso o aluno estivesse com o resultado do cálculo de desempenho entre 0 e 4, o STI apresentou o primeiro exercício do primeiro nível até que seu resultado ultrapassasse 4 e assim sucessivamente. Sendo um total de 24 exercícios, distribuídos em 4 níveis de complexidade. Como critério de parada da sessão, há a configuração da pontuação final. Esta configuração pode ser realizada pelo respectivo instrutor e neste estudo foi definida como 95. Para atingir esta pontuação, na medida que o cálculo de desempenho foi realizado a cada exercício, o seu resultado foi somado ao resultado anterior, ou seja, uma pontuação acumulada. Ao atingir a pontuação final, o STI encerra a rota de exercícios.

O *Dashboard* para o acesso de profissionais foi desenvolvido utilizando a linguagem *Javascript*, com a biblioteca *React* para o desenvolvimento do *front-end* e *NodeJS* para o desenvolvimento do *back-end*. O armazenamento dos dados foi meio do banco de dados *PostgreSQL*. O *Middleware* foi desenvolvido utilizando a linguagem *Java*, para permitir que o *Dashboard* tenha acesso ao banco de dados *Sqlite3*, utilizado no STI para armazenamento de informações sobre cada criança. Este acesso é feito através do resgate dos dados do aluno que ficam armazenados no *Sqlite3* e transferidos para o banco de dados *PostgreSQL* do

Dashboard, considerando o vínculo entre o profissional e o aluno. Utilizou-se o *ElephantSQL*, uma aplicação web que disponibiliza 20MB gratuitos para realizar armazenamento no banco de dados *PostgreSQL*

A motivação para que o *Dashboard* tenha acesso aos dados do STI é para obter gráficos de desempenho de cada sessão em que a criança interagiu com o STI. Os detalhes sobre o cálculo do desempenho de cada sessão são detalhados no Capítulo 7. Essas informações possibilitam o acompanhamento da criança, apoiando o profissional, por exemplo, na condução de atendimentos e em tomadas de decisão sobre as atividades estabelecidas para a criança no ambiente escolar.

Capítulo 7

Resultados Obtidos

Os experimentos tiveram início no mês de outubro do ano de 2022, e foram realizados em dois centros educacionais localizados na cidade de Uberlândia. As crianças do centro educacional do bairro Laranjeiras foram identificadas como *L1*, *L2* e *L3*. As crianças do centro educacional do bairro Vigilato Pereira foram identificadas como *V1*, *V2* e *V3*. As crianças *V2* e *V3* do Grupo 2 eram crianças que não vocalizavam e precisaram de maior auxílio de professores e cuidadores para a realização das sessões iniciais do que as demais crianças.

Em AC1, a maiores dificuldades das crianças foram relacionadas a IAC, mesmo as com menores níveis de deficit de AC, não mostraram nenhum objeto para o avaliador e apresentaram dificuldades em fazer contato visual com o avaliador, alternado ou não. Em relação a RAC, as crianças *L1*, *L2*, *L3* do Grupo 1 tiveram menos dificuldades, respondendo a maioria dos apontamentos, toques proximais e linhas de referência. As crianças *V2* e *V3* apresentaram grandes dificuldades tanto para IAC quanto para RAC, tendo o nível de AC consideravelmente menor do que as demais crianças.

Em AC2, o Grupo 1 teve uma melhora em relação ao Grupo 2 no nível de AC, com considerável melhora relacionado a IAC. Além disso, o tempo de duração da AC2 com o Grupo 1 teve uma média de 2 minutos a mais com cada criança em relação ao tempo em AC1, isso indica uma melhoria na interação e socio comunicação com a avaliadora. O Grupo 2 teve sutis alterações em relação a AC, porém ainda não havia o contato com o STI.

Em AC3, após um período de sete dias após a última sessão, o Grupo 1 apresentou alterações em relação a AC2, havendo uma diminuição nos níveis de AC tanto relacionado a IAC quanto a RAC. O Grupo 2, por sua vez, apresentou uma relevante melhoria nos níveis de AC, onde a AC3 foi aplicada logo após todas as sessões em que houve o contato com o STI.

A pesquisadora questionou os Centros Educacionais responsável pelos Grupos para ter conhecimento se as alterações de AC Total das crianças, ainda que sutis, foram decorrentes de alguma intercorrência com as crianças no intervalo entre AC2 e AC3, no

caso do Grupo 1, e AC1 e AC2, no caso do Grupo 2, porém não obteve resposta. Supõe-se então que um provável motivo no caso do Grupo 1 foi o intervalo de 7 dias sem nenhum contato com a pesquisadora e com o STI entre a AC2 e AC3. Quanto ao Grupo 2, um provável motivo seja o fato de que AC2 foi realizada em uma sexta-feira, onde as crianças poderiam apresentar alguma indisposição.

A Fase 2 foi subdividida em duas outras fases. A primeira sub-fase consistiu na **Avaliação de Preferência** de cada criança, visando detectar personagens prediletos para seus tutores virtuais e temas que mais as agradavam. A avaliação de preferência foi realizada através do STI se inspirando na sugestão da *Terapia ABA* (CARVALHO; MOREIRA, 2022), esta que se refere ao termo em inglês *Applied Behavior Analysis* e pode ser traduzido para o português como *Análise do Comportamento Aplicada*. No STI foram apresentados seis personagens e quatro temas diversificados. Os personagens podem ser identificados como: Menino, Menina, Bebê, Coelho, Cachorro e Smile. Os temas foram identificados como: Doce, Carro, Livro e Bola.

A segunda sub-fase da Fase 2 consistiu na **Avaliação de Desempenho** dos alunos. Esta avaliação continha exercícios variados, com quatro níveis de complexidade diferentes. Nesta sub-fase, as imagens dos alunos enquanto eles resolviam os exercícios foram capturadas e enviadas para a *CNN* com o objetivo de classificar as imagens como "neutro", "satisfeito" ou "insatisfeito", servindo de entrada, assim como o tempo de resposta e a distância dos itens dos exercícios em relação ao local correto na tela, para calcular o desempenho de cada aluno a cada exercício. A partir deste desempenho, o algoritmo criado se baseando no *Q-Learning* realizou a personalização das rotas de exercícios. O somatório do cálculo de desempenho realizado a cada exercício permitiu outro cálculo, de pontuação acumulada de cada aluno. Esta pontuação foi o critério de parada da rota de exercícios de cada sessão, onde esta rota era encerrada ao atingir a pontuação máxima. Desse modo, o número e a complexidade de exercícios podiam variar de acordo com o desempenho de cada exercício, ou seja, quanto maior o desempenho, mais rápido se atingia a pontuação máxima e, conseqüentemente, a rota continha menos exercícios.

A partir da quantidade de exercícios resolvidos em cada sessão, também foi possível calcular o **Desempenho da Sessão**, visando analisar o desempenho geral de cada criança ao longo das sessões. Este cálculo é realizado a partir do inverso de número de exercícios que cada aluno resolveu a cada sessão. Pois quanto maior o desempenho do aluno no exercício, mais rápido ele chegou a Pontuação Final e, conseqüentemente, resolveu menos exercícios.

O desempenho de cada sessão de cada criança foi transformado em pontos de coordenadas em um gráfico que pode ser acessado pelo profissional que acompanha a criança, através do *Dashboard* desenvolvido e que foi detalhado na Seção 4.2.

Reforça-se que o Grupo 1 foi submetido às três fases consecutivamente, enquanto o Grupo 2 não foi submetido à Fase 2 em um primeiro momento, apenas às Fases 1 e 3.

Em um último momento, os dois grupos passaram novamente pela Fase 3, conforme já mostrado na Figura 16, com o objetivo de detectar novas alterações nos níveis de AC após o contato com o STI. Os detalhes dos resultados obtidos para cada aluno serão relatados neste Capítulo nas Seções a seguir.

7.1 Resultados - Aluno L1

7.1.1 Avaliações de Nível de Atenção Compartilhada (AC1, AC2 e AC3)

Em AC1, a criança *L1* teve o nível de AC igual a 108, com IAC igual 25 e RAC igual a 83. Quanto ao IAC, a criança fez pouco contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo e também não alternou o olhar com a pesquisadora significativamente enquanto o brinquedo estava ativo. No entanto, a criança não demonstrou dificuldades em apontar imagens, especialmente sem contato ocular. Quanto a RAC, ou seja, acompanhar apontamentos feitos pela pesquisadora, a criança também não demonstrou muitas dificuldades.

Em AC2, após as sessões usando o STI, a criança *L1* teve o nível de AC igual a 164, com considerável aumento no nível de AC em relação à AC1, onde o IAC foi igual a 14 e RAC igual a 150. Quanto ao IAC, a criança fez ainda menos contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo e também não alternou o olhar com a pesquisadora significativamente enquanto o brinquedo estava ativo. Contudo, a criança continuou não demonstrando dificuldades em apontar imagens espontaneamente, especialmente sem contato ocular. Quanto a RAC, ou seja, para acompanhar apontamentos feitos pela pesquisadora, a criança teve uma significativa melhoria, se inclinando para todos os objetos e imagens que foram apontados.

Em AC3, com intervalo de uma semana sem contato com o STI, a criança *L1* teve o nível de AC igual a 175, onde o IAC foi igual a 25 e RAC igual a 150. Quanto ao IAC, a criança aumentou o contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo e também aumento o alternar o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo, interagindo mais com a pesquisadora. Além disso, a criança continuou não demonstrando dificuldades em apontar proativamente (IAC) ou responder ao apontar de imagens (RAC).

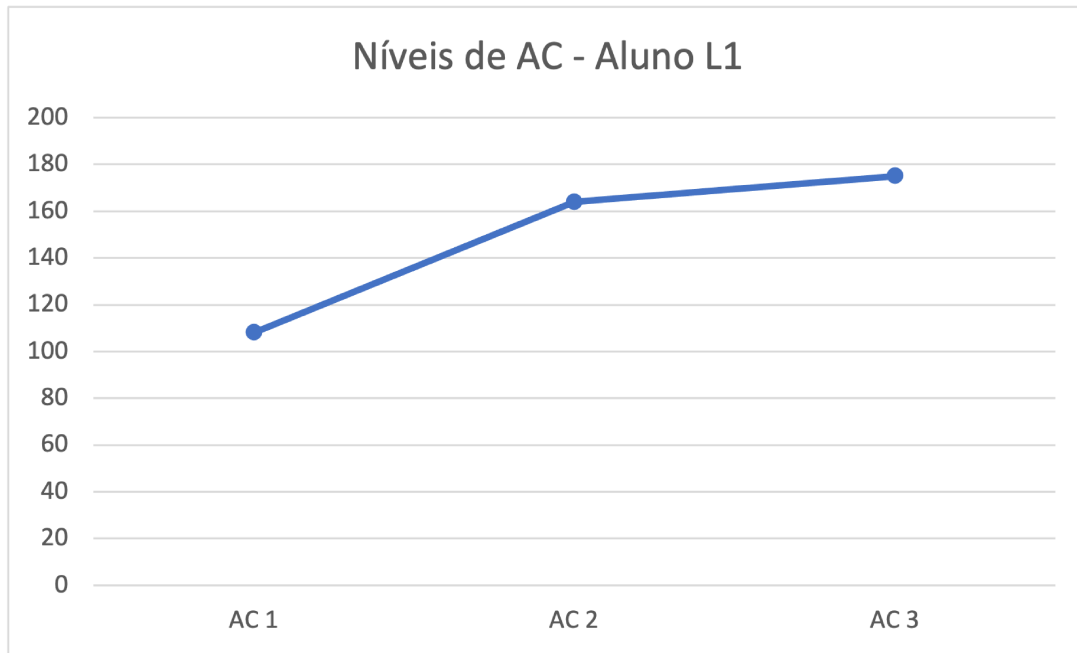


Figura 27 – Resultado das avaliações de níveis de AC do aluno L1.

A Figura 27 mostra como os níveis de AC evoluíram nas avaliações AC1, AC2 e AC3. Percebe-se que entre AC1 e AC2 houve um aumento do nível. Em nenhuma das avaliações a criança mostrou objetos para a pesquisadora (IAC). Em conversa entre a pesquisadora e a pedagoga responsável pelo centro educacional, esta reportou que, durante a semana antecedente a AC2, o aluno teve algumas dificuldades pessoais, não compareceu às sessões continuamente, o que pode ter impedido que o seu nível de AC fosse ainda mais alto. Assim, a AC3 a criança teve um leve aumento no nível de AC em relação à AC2, mesmo após sete dias sem contato com a pesquisadora e com o STI, porém sem indícios de dificuldades pessoais, justificando assim a melhora do seu nível de AC em relação à AC2.

7.1.2 Avaliação de Preferência

A tabela 5 mostra a sequência de escolhas da criança *L1*.

Tabela 5 – Avaliação de preferência do aluno L1 durante as cinco sessões.

	Personagem:	Tema:
Sessão 1	Cachorro	Carro
Sessão 2	Menina	Carro
Sessão 3	Menina	Doce
Sessão 4	Menina	Livro
Sessão 5	Coelho	Carro

Usando o número de escolha de cada personagem e de cada tema ao longo das cinco sessões e, além disso, usando a classificação das imagens das crianças, conclui-se que o

personagem preferido de *L1* foi "Menina". Quanto ao tema, concluiu-se que o preferido foi "Carro".

7.1.3 Avaliação de Desempenho

O resultado da avaliação de desempenho geral do aluno *L1* pode ser observada na Figura 28. Na sessão 1 o aluno teve um desempenho geral menor que 0,04, enquanto em sua última sessão o desempenho geral foi superior a 0,07, indicando um aumento de aproximadamente a 102,8% em seu desempenho, comparando-se a primeira e a última sessões.

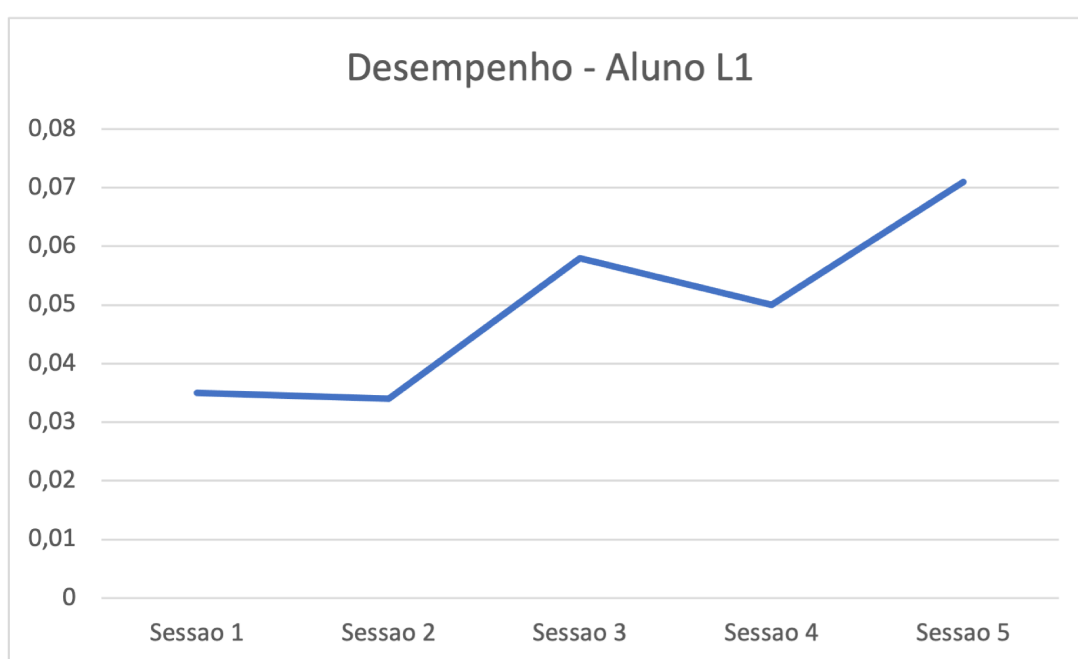


Figura 28 – Resultado da avaliação de desempenho geral do aluno L1.

Este resultado mostra que apesar das intercorrências por conta das dificuldades pessoais que o aluno enfrentou durante o período dos experimentos, é possível observar um avanço em seu respectivo desempenho ao longo das cinco sessões, onde houve uma ligeira queda de desempenho na sessão 4, porém com aumento significativo na sessão 5.

7.2 Resultados - Aluno L2

7.2.1 Avaliações de Nível de Atenção Compartilhada (AC1, AC2 e AC3)

Em AC1, a criança *L2* teve o nível de AC igual a 104, com IAC igual 13 e RAC igual a 91. Quanto ao IAC, a criança fez, por apenas uma vez, contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo. Além disso, não alternou

o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo. No entanto, apesar da criança ter demonstrado dificuldades em apontar imagens, especialmente com contato ocular. Quanto a RAC, ou seja, acompanhar apontamentos feitos pela pesquisadora, ela não apresentou dificuldades.

Em AC2, após as sessões usando o STI, a criança *L2* teve o nível de AC igual a 171, com considerável aumento no nível de AC em relação à AC1, onde o IAC foi igual a 21 e RAC igual a 150. Quanto ao IAC, a criança aumentou, significativamente, o contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo e, desta vez, alternou o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo, o que não havia feito em AC1. Contudo, apesar da criança ter apresentado menos dificuldade em apontar, espontaneamente, imagens e fazendo contato ocular, houve uma diminuição no apontar sem contato ocular. Quanto a RAC, ou seja, para acompanhar apontamentos feitos pela pesquisadora, a criança teve uma significativa melhoria, se inclinando para todos os objetos e imagens que foram apontados.

Em AC3, com intervalo de uma semana sem contato com o STI, a criança *L2* teve o nível de AC igual a 131, onde o IAC foi igual a 31 e RAC igual a 100. Quanto ao IAC, a criança apresentou melhorias em relação a AC2. Houve aumento o contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo e também aumento o alternar o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo, interagindo mais com a pesquisadora. Houve diminuição para apontar, espontaneamente, imagens e fazendo ou não contato ocular. Contudo, em relação a RAC, a criança apresentou dificuldades responder ao apontar de imagens.

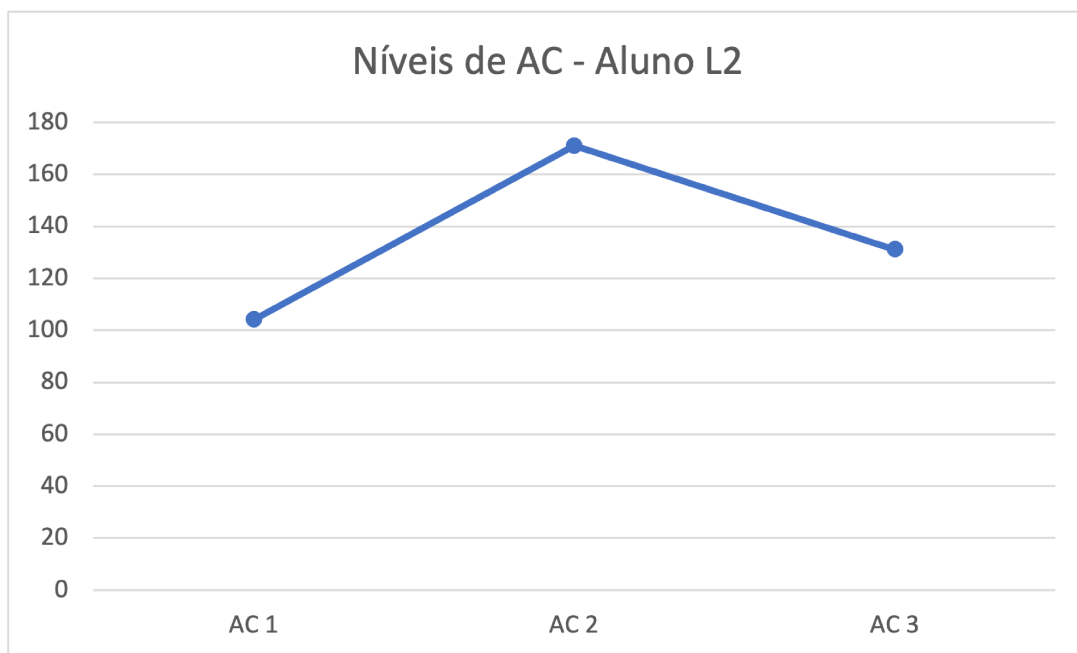


Figura 29 – Resultado das avaliações de níveis de AC do aluno L2.

A Figura 29 mostra como os níveis de AC evoluíram nas avaliações AC1, AC2 e

AC3. Percebe-se que entre AC1 e AC2 houve um aumento do nível. Em nenhuma das avaliações a criança mostrou objetos para a pesquisadora (IAC). Contudo, em AC3 a criança teve uma queda no nível de AC em relação à AC2, após sete dias sem contato com a pesquisadora e com o STI, esta sendo uma provável justificativa para a diminuição no seu nível de AC.

7.2.2 Avaliação de Preferência

A tabela 6 mostra a sequência de escolhas da criança *L2*.

Tabela 6 – Avaliação de preferência do aluno L2 durante as cinco sessões.

	Personagem:	Tema:
Sessão 1	Menino	Doce
Sessão 2	Menino	Bola
Sessão 3	Menino	Doce
Sessão 4	Menino	Bola
Sessão 5	Menino	Bola

Usando o número de escolha de cada personagem e de cada tema ao longo das cinco sessões e, além disso, usando a classificação das imagens das crianças, conclui-se que o personagem preferido de *L2* foi "Menino". Quanto ao tema, concluiu-se que o preferido foi "Bola".

7.2.3 Avaliação de Desempenho

O resultado da avaliação de desempenho geral do aluno *L2* pode ser observada na Figura 30. Na sessão 1 o aluno teve um desempenho geral menor que 0,04. Na sessão 3 o aluno teve o seu mais alto desempenho, sendo igual a 0,09. Contudo, apesar da queda nas sessões 4 e 5, ainda assim, manteve um desempenho geral superior em relação às sessões 1 e 2. Na última sessão, o desempenho geral foi superior a 0,08, indicando um aumento de aproximadamente a 118,4% em seu desempenho, comparando-se a primeira e a última sessões.

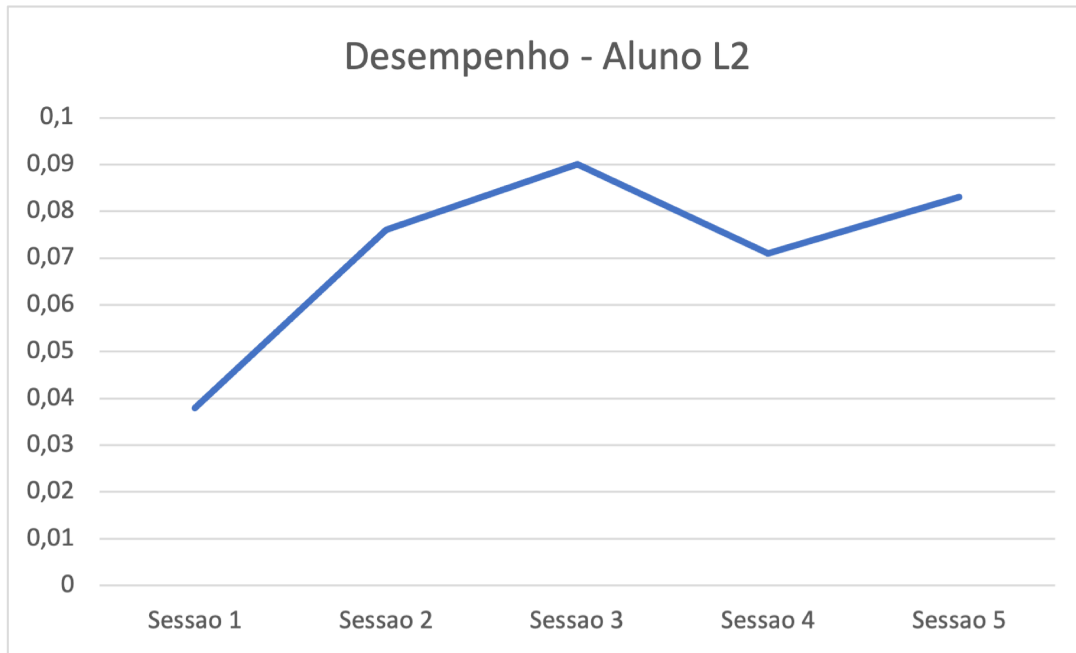


Figura 30 – Resultado da avaliação de desempenho geral do aluno L2.

Este resultado permite observar um avanço em seu respectivo desempenho ao longo das cinco sessões, onde houve uma ligeira queda de desempenho na sessão 4, porém com aumento significativo na sessão 5. A pesquisadora questionou à pedagoga se houve alguma intercorrência para justificar a queda de desempenho, ainda que ligeira, porém não obteve respostas.

7.3 Resultados - Aluno L3

7.3.1 Avaliações de Nível de Atenção Compartilhada (AC1, AC2 e AC3)

Em AC1, a criança *L3* teve o nível de AC igual a 103, com IAC igual a 2 e RAC igual a 101. Quanto ao IAC, a criança fez, por apenas uma vez, contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo. Além disso, não alternou o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo. Além disso, a criança demonstrou dificuldades em apontar imagens, fazendo-o apenas uma vez, sem contato ocular. Quanto a RAC, ou seja, acompanhar apontamentos feitos pela pesquisadora, a criança não apresentou maiores dificuldades, contudo, não respondeu a todos os apontamentos.

Em AC2, após as sessões usando o STI, a criança *L3* teve o nível de AC igual a 174, com considerável aumento no nível de AC em relação à AC1, onde o IAC foi igual a 24 e RAC igual a 150. Quanto ao IAC, a criança aumentou, significativamente, o contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo

e, desta vez, alternou o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo, o que não havia feito em AC1. Além disso, a criança apresentou menos dificuldade em apontar, espontaneamente, imagens e fazendo ou não contato ocular. Quanto a RAC, ou seja, para acompanhar apontamentos feitos pela pesquisadora, a criança teve uma significativa melhoria, se inclinando para todos os objetos e imagens que foram apontados.

Em AC3, com intervalo de uma semana sem contato com o STI, a criança L3 teve o nível de AC igual a 161, onde o IAC foi igual a 11 e RAC igual a 150. Quanto ao IAC, a criança apresentou mais dificuldades em relação a AC2. Houve diminuição no contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo e também no alternar o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo. Também houve diminuição para apontar, espontaneamente, imagens e fazendo ou não contato ocular. Contudo, em relação a RAC, a criança apresentou estabilidade em responder ao apontar de imagens.

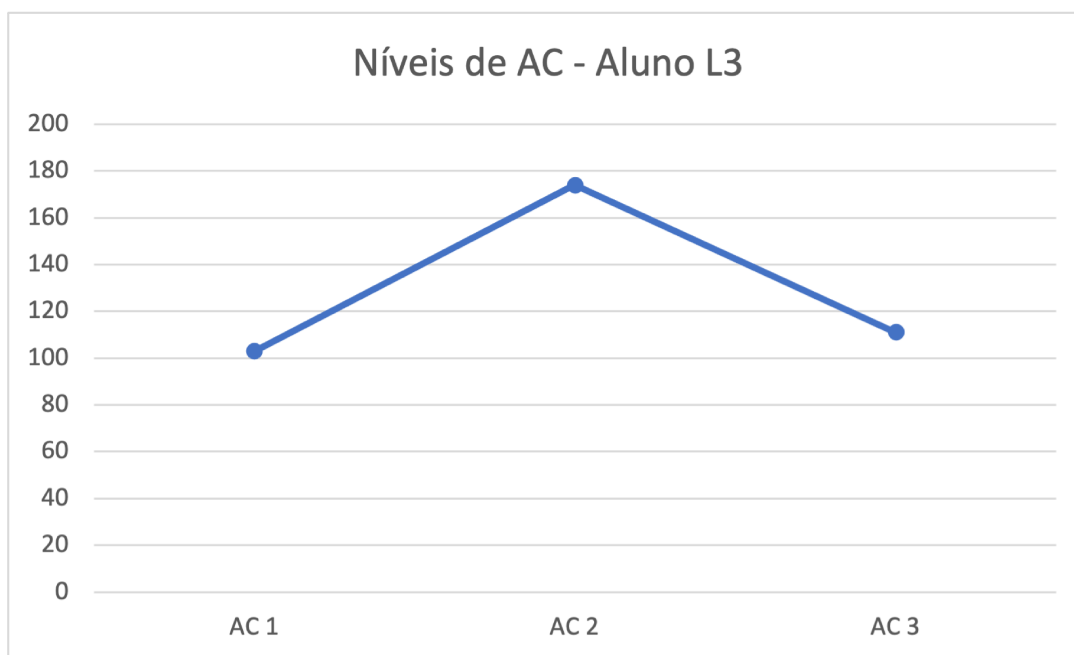


Figura 31 – Resultado das avaliações de níveis de AC do aluno L3.

A Figura 31 mostra como os níveis de AC evoluíram nas avaliações AC1, AC2 e AC3. Percebe-se que entre AC1 e AC2 houve um aumento do nível. Em nenhuma das avaliações a criança mostrou objetos para a pesquisadora (IAC). Contudo, em AC3 a criança teve uma queda no nível de AC em relação à AC2, após sete dias sem contato com a pesquisadora e com o STI, esta sendo uma provável justificativa para a diminuição no seu nível de AC.

7.3.2 Avaliação de Preferência

A tabela 7 mostra a sequência de escolhas da criança L3.

Tabela 7 – Avaliação de preferência do aluno L3 durante as cinco sessões.

	Personagem:	Tema:
Sessão 1	Cachorro	Doce
Sessão 2	Cachorro	Bola
Sessão 3	Coelho	Bola
Sessão 4	Cachorro	Carro
Sessão 5	Coelho	Bola

Usando o número de escolha de cada personagem e de cada tema ao longo das cinco sessões e, além disso, usando a classificação das imagens das crianças, conclui-se que o personagem preferido de *L3* foi "Cachorro". Quanto ao tema, concluiu-se que o preferido foi "Bola".

7.3.3 Avaliação de Desempenho

O resultado da avaliação de desempenho geral do aluno *L3* pode ser observada na Figura 32. Na sessão 1 o aluno teve um desempenho geral ligeiramente maior que 0,04. Nas sessões 2, 3 e 4 o desempenho geral aumentou gradativamente. Na última sessão, o desempenho geral teve um significativo aumento, sendo superior a 0,16, indicando um aumento de aproximadamente a 386% em seu desempenho, comparando-se a primeira e a última sessões.

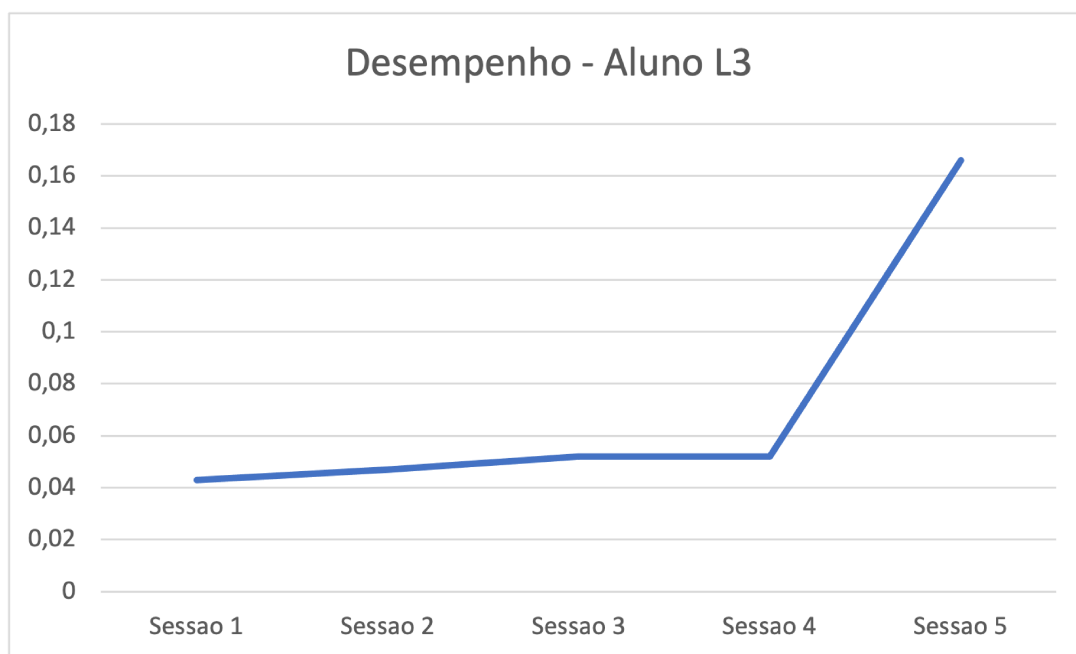


Figura 32 – Resultado da avaliação de desempenho geral do aluno L3.

Este resultado permite observar um avanço em seu respectivo desempenho ao longo das cinco sessões, onde houve uma ligeira queda de desempenho na sessão 4, porém com aumento significativo na sessão 5.

7.4 Resultados - Aluno V1

7.4.1 Avaliações de Nível de Atenção Compartilhada (AC1, AC2 e AC3)

Em AC1, a criança *V1* teve o nível de AC igual a 137, com IAC igual 20 e RAC igual a 117. Quanto ao IAC, a criança fez contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo por 14 vezes. Porém, alternou o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo somente duas vezes. Além disso, a criança demonstrou dificuldades em apontar imagens, fazendo-o quatro vezes, porém nenhuma delas com contato ocular. Quanto a RAC, ou seja, acompanhar apontamentos feitos pela pesquisadora, a criança apresentou menores dificuldades, contudo, não respondeu a todos os apontamentos.

Em AC2, ainda sem participar de sessões usando o STI, a criança *V1* teve o nível de AC igual a 143, com uma pequena variação no nível de AC em relação à AC1, onde o IAC foi igual a 9 e RAC igual a 140. Quanto ao IAC, a criança apresentou mais dificuldades em relação a AC1, diminuindo o contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo de 14 para nove vezes e, desta vez, alternou o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo apenas uma vez. Além disso, a criança não apontou, espontaneamente, imagens e fazendo ou não contato ocular. Quanto a RAC, ou seja, para acompanhar apontamentos feitos pela pesquisadora, a criança teve uma significativa melhoria, se inclinando para quase todos os objetos e imagens que foram apontados.

Em AC3, após participar de todas as sessões com o STI, a criança *V1* teve o nível de AC igual a 175, onde o IAC foi igual a 25 e RAC igual a 150. Quanto ao IAC, a criança apresentou menos dificuldades em relação a AC2. Houve aumento no contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo e também no alternar o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo. Também houve melhorias para apontar, espontaneamente, imagens e fazendo ou não contato ocular. Além disso, em relação a RAC, a criança apresentou melhorias, respondendo ao apontar de todas as imagens.

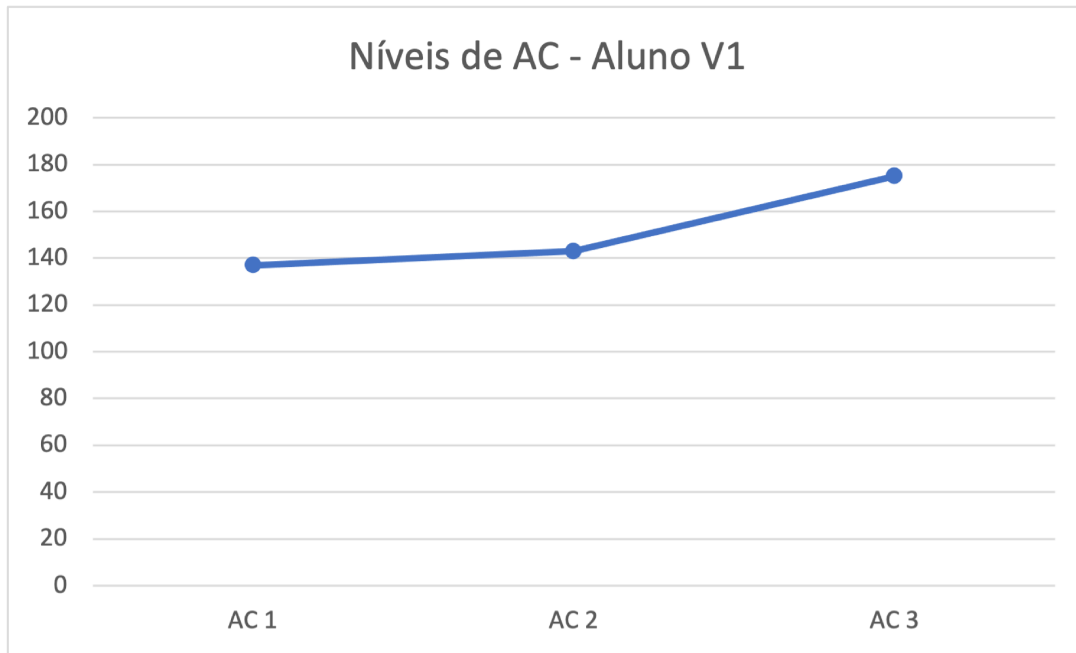


Figura 33 – Resultado das avaliações de níveis de AC do aluno V1.

A Figura 33 mostra como os níveis de AC evoluíram nas avaliações AC1, AC2 e AC3. Percebe-se que entre AC1 e AC2 houve estabilidade do nível de AC. Este momento foi após sete dias sem contato com a pesquisadora e sem nenhum contato com o STI. Em nenhuma das avaliações a criança mostrou objetos para a pesquisadora (IAC). Contudo, em AC3, após a realização de todas as sessões com o STI, a criança teve uma melhora no nível de AC em relação à AC1 e AC2, esta sendo uma provável justificativa para o aumento no seu nível de AC.

7.4.2 Avaliação de Preferência

A tabela 8 mostra a sequência de escolhas da criança V1.

Tabela 8 – Avaliação de preferência do aluno V1 durante as cinco sessões.

	Personagem:	Tema:
Sessão 1	Menino	Carro
Sessão 2	Menina	Carro
Sessão 3	Menina	Carro
Sessão 4	Menina	Carro
Sessão 5	Menina	Carro

Usando o número de escolha de cada personagem e de cada tema ao longo das cinco sessões e, além disso, usando a classificação das imagens das crianças, conclui-se que o personagem preferido de V1 foi "Menina". Quanto ao tema, concluiu-se que o preferido foi "Carro", sendo sua única escolha em todas as sessões.

7.4.3 Avaliação de Desempenho

O resultado da avaliação de desempenho geral do aluno *V1* pode ser observada na Figura 34. Na sessão 1 o aluno teve um desempenho geral igual a 0,1, sendo o maior desempenho na primeira sessão entre todas as crianças da amostra. Na sessão 2 o desempenho geral aumentou ligeiramente. Porém, a criança esteve ausente por quatro dias consecutivos, apresentando uma queda de desempenho na Sessão 3. Contudo, nas duas últimas sessões a criança apresentou gradativas melhorias.

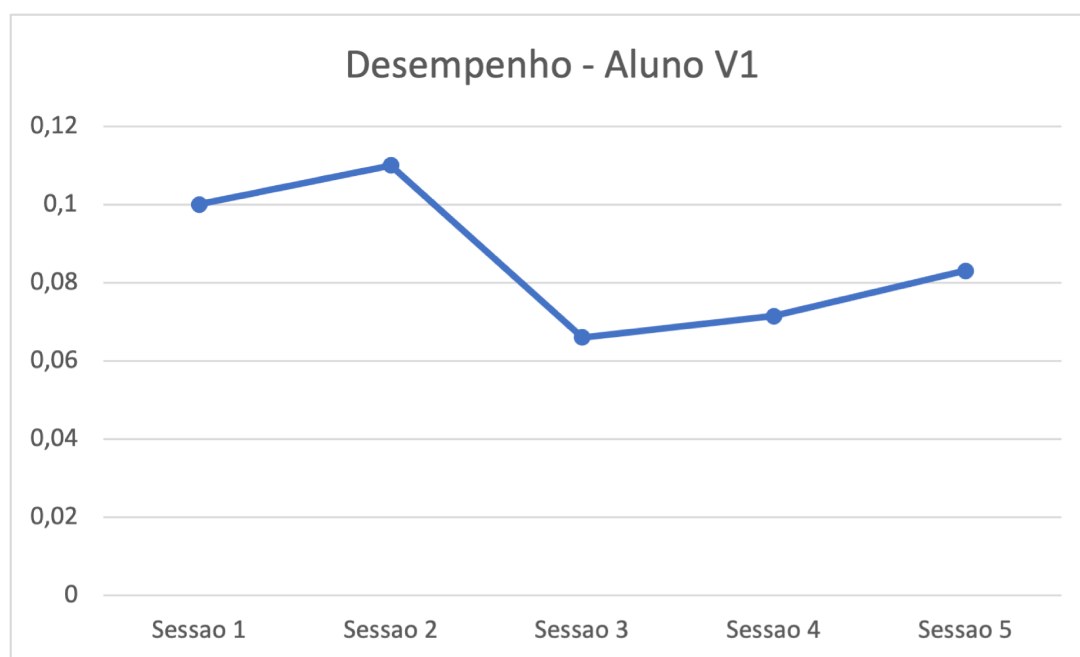


Figura 34 – Resultado da avaliação de desempenho geral do aluno *V1*.

Na última sessão, o desempenho geral foi superior a 0,08, contudo, menor que o desempenho geral da primeira sessão, indicando uma queda de aproximadamente a 20% em seu desempenho, comparando-se a primeira e a última sessões. A ausência da criança por quatro dias consecutivos pode justificar a considerável diminuição de seu desempenho na Sessão 3 e a diferença no seu desempenho na última sessão.

7.5 Resultados - Aluno *V2*

7.5.1 Avaliações de Nível de Atenção Compartilhada (AC1, AC2 e AC3)

Em AC1, a criança *V2* teve baixo nível de AC quando comparado aos níveis de outras crianças dos dois grupos, onde teve o nível de AC igual a 50, com IAC igual 2 e RAC igual a 48. Quanto ao IAC, a criança fez contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo por duas vezes. Porém,

não alternou o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo em nenhum momento. Além disso, a criança demonstrou grandes dificuldades em apontar imagens, com ou sem contato ocular, não o fazendo em nenhum momento. Quanto a RAC, ou seja, acompanhar apontamentos feitos pela pesquisadora, a criança apresentou menores dificuldades, contudo, respondeu a poucos apontamentos.

Em AC2, ainda sem participar de sessões usando o STI, a criança V2 teve exatamente o mesmo nível de AC em relação a AC1, permanecendo igual a 50, com IAC igual 2 e RAC igual a 48. A única diferença foi em relação a IAC por se recusar a entregar o objeto que ela segurava (cotado como *Mostrar* de acordo com o ESCS). Quanto a RAC, a criança continuou respondendo a poucos apontamentos.

Em AC3, após participar de todas as sessões com o STI, a criança V2 teve o nível de AC igual a 91, onde o IAC foi igual a 10 e RAC igual a 81. Quanto ao IAC, a criança apresentou menos dificuldades em relação a AC2 e AC1. O contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo e também no alternar o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo permaneceu constante, sendo realizado apenas uma vez. Contudo, houve significativas melhorias para apontar, espontaneamente, imagens sem contato ocular, sendo realizada nove vezes pela criança. Além disso, em relação a RAC, a criança apresentou melhorias, aumentando a resposta aos apontamentos da pesquisadora, especialmente em relação a seguir a linha de referência.

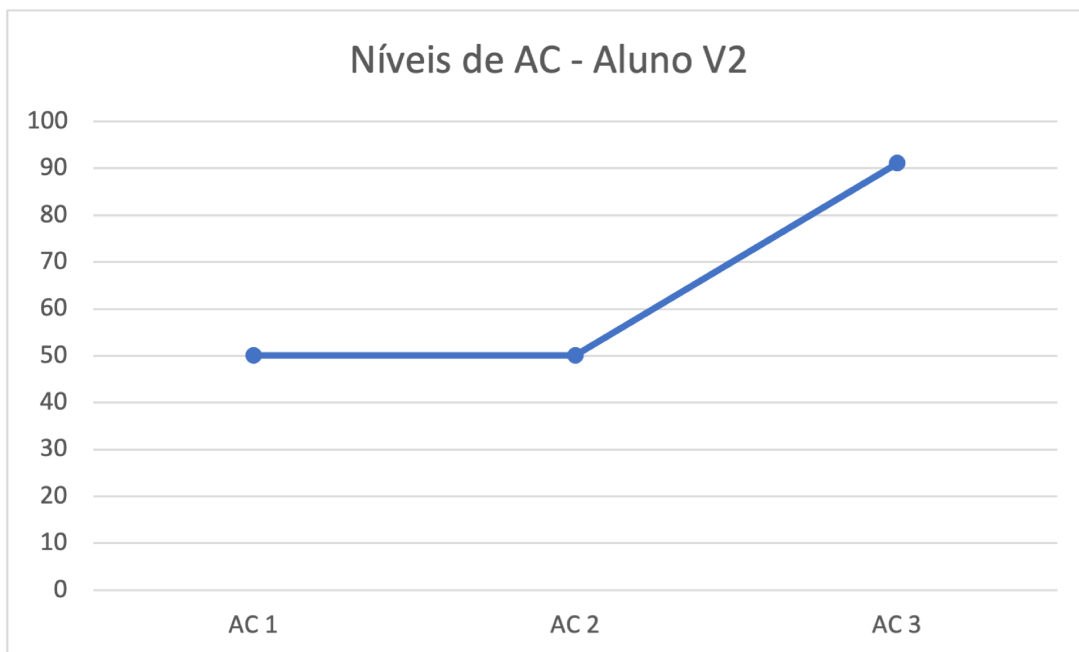


Figura 35 – Resultado das avaliações de níveis de AC do aluno V2.

A Figura 35 mostra como os níveis de AC evoluíram nas avaliações AC1, AC2 e AC3. Percebe-se que entre AC1 e AC2 houve estabilidade do nível de AC. Este momento foi após sete dias sem contato com a pesquisadora e sem nenhum contato com o STI. Em

apenas uma das avaliações a criança mostrou objetos para a pesquisadora (IAC). Contudo, em AC3, após a realização de todas as sessões com o STI, a criança teve uma melhora no nível de AC em relação à AC1 e AC2, esta sendo uma provável justificativa para o aumento no seu nível de AC.

7.5.2 Avaliação de Preferência

A tabela 9 mostra a sequência de escolhas da criança V2.

Tabela 9 – Avaliação de preferência do aluno V2 durante as cinco sessões.

	Personagem:	Tema:
Sessão 1	Cachorro	Bola
Sessão 2	Coelho	Bola
Sessão 3	Cachorro	Carro
Sessão 4	Cachorro	Bola
Sessão 5	Cachorro	Bola

Usando o número de escolha de cada personagem e de cada tema ao longo das cinco sessões e, além disso, usando a classificação das imagens das crianças, conclui-se que o personagem preferido de V2 foi "Cachorro". Quanto ao tema, concluiu-se que o preferido foi "Bola".

7.5.3 Avaliação de Desempenho

O resultado da avaliação de desempenho geral do aluno V2 pode ser observada na Figura 36. Ressalta-se que a criança não vocaliza e, por isso, a presença da professora durante todas as sessões para dar suporte à pesquisadora. Na sessão 1, o aluno teve um desempenho geral próximo a 0,08, sendo o maior desempenho entre todas as sessões. Contudo, esta foi a única sessão em que a criança contou com o apoio da professora para interagir com o STI. Na sessão 2 o desempenho geral teve uma significativa queda, porém interagindo com o STI sem apoio da professora. Nas sessões 3 e 4 houve um gradativo e ligeiro aumento do desempenho geral. Na última sessão, o desempenho geral teve uma nova queda, sendo igual a 0,05, contudo, após a sessão 4, a criança V2 ficou oito dias ausente por motivos de saúde.

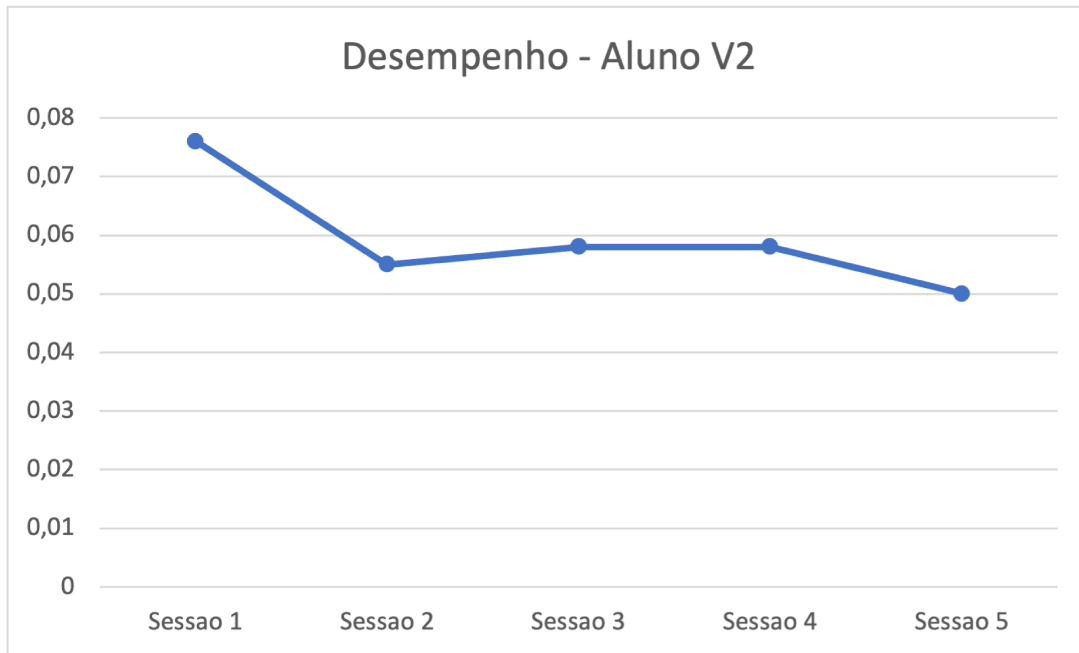


Figura 36 – Resultado da avaliação de desempenho geral do aluno V2.

Nota-se uma queda de aproximadamente a 29% em seu desempenho, comparando-se a primeira e a última sessões. A ausência da criança por motivos de saúde pode justificar a considerável diminuição de seu desempenho na última sessão.

7.6 Resultados - Aluno V3

7.6.1 Avaliações de Nível de Atenção Compartilhada (AC1, AC2 e AC3)

Em AC1, a criança *V3* teve o menor nível de AC quando comparado aos níveis de outras crianças dos dois grupos, onde teve o nível de AC igual a 35, com IAC igual 2 e RAC igual a 33. Quanto ao IAC, a criança fez contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo por duas vezes. Porém, não alternou o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo em nenhum momento. Além disso, a criança demonstrou grandes dificuldades em apontar imagens, com ou sem contato ocular, não o fazendo em nenhum momento. Quanto a RAC, ou seja, acompanhar apontamentos feitos pela pesquisadora, a criança apresentou menores dificuldades, contudo, respondeu a poucos apontamentos e apenas em relação a seguir a linha de referência.

Em AC2, ainda sem participar de sessões usando o STI, a criança *V3* teve um ligeiro aumento no nível de AC em relação a AC1, sendo igual a 39, com IAC igual 1 e RAC igual a 38. Em relação a IAC a criança fez contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo por apenas uma vez. Porém,

continuou a não alternar o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo. Além disso, a criança continuou com grandes dificuldades em apontar imagens, com ou sem contato ocular, não o fazendo em nenhum momento. Quanto a RAC, ou seja, acompanhar apontamentos feitos pela pesquisadora a criança apresentou menores dificuldades, contudo, continuou respondendo a poucos apontamentos.

Em AC3, após participar de todas as sessões com o STI, a criança V3 teve o nível de AC igual a 76, onde o IAC foi igual a 5 e RAC igual a 71. Quanto ao IAC, a criança apresentou menos dificuldades em relação a AC2 e AC1. O contato ocular com a pesquisadora enquanto manipulava ou tocava o brinquedo mecânico inativo aumentou para cinco vezes. Porém, a criança não realizou por nenhuma vez o alternar o olhar com a pesquisadora enquanto o brinquedo estava ativo e o apontar, espontaneamente, imagens com ou sem contato ocular. Além disso, em relação a RAC, a criança apresentou melhorias em relação a AC2 e AC1, aumentando a resposta aos apontamentos da pesquisadora, especialmente em relação a seguir a linha de referência.

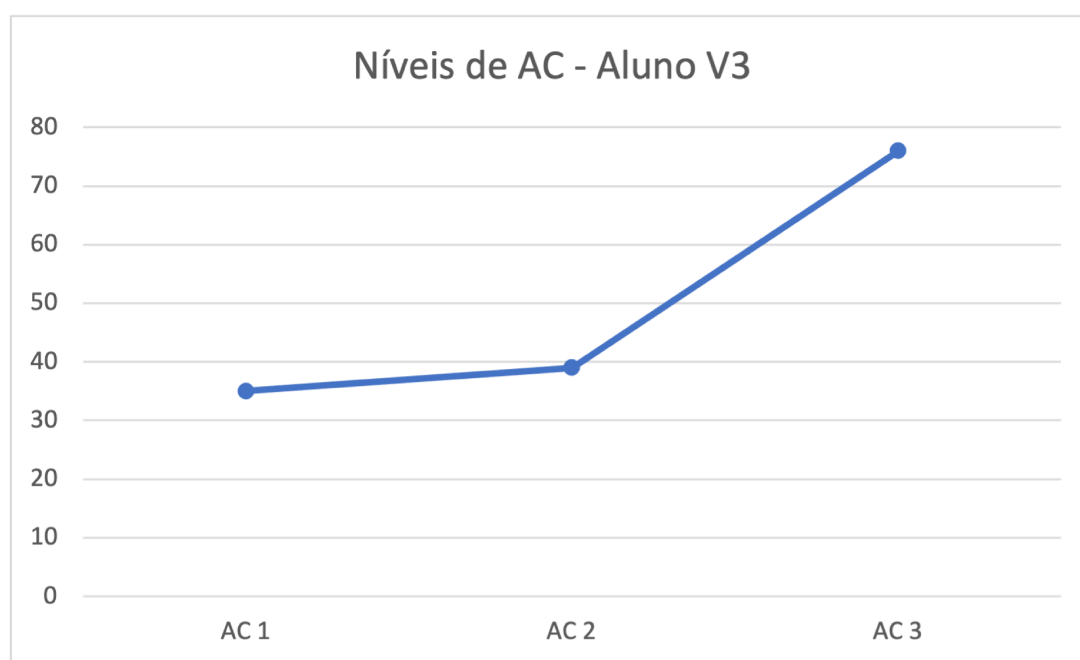


Figura 37 – Resultado das avaliações de níveis de AC do aluno V3.

A Figura 37 mostra como os níveis de AC evoluíram nas avaliações AC1, AC2 e AC3. Percebe-se que entre AC1 e AC2 houve estabilidade do nível de AC. Este momento foi após sete dias sem contato com a pesquisadora e sem nenhum contato com o STI. Em nenhuma das avaliações a criança mostrou objetos para a pesquisadora (IAC). Contudo, em AC3, após a realização de todas as sessões com o STI, a criança teve uma melhora no nível de AC em relação à AC1 e AC2, esta sendo uma provável justificativa para o aumento no seu nível de AC.

7.6.2 Avaliação de Preferência

A tabela 10 mostra a sequência de escolhas da criança *V3*.

Tabela 10 – Avaliação de preferência do aluno L3 durante as cinco sessões.

	Personagem:	Tema:
Sessão 1	Emoji	Bola
Sessão 2	Emoji	Bola
Sessão 3	Emoji	Bola
Sessão 4	Bebê	Bola
Sessão 5	Emoji	Bola

Usando o número de escolha de cada personagem e de cada tema ao longo das cinco sessões e, além disso, usando a classificação das imagens das crianças, conclui-se que o personagem preferido de *V1* foi "Emoji". Quanto ao tema, concluiu-se que o preferido foi "Bola".

7.6.3 Avaliação de Desempenho

O resultado da avaliação de desempenho geral do aluno *V3* pode ser observada na Figura 38. Ressalta-se que a criança não vocaliza e, além disso, apresentou comportamento agressivo nas primeiras sessões e, por isso, a presença da professora durante todas as sessões para dar suporte à pesquisadora e para ajudar a criança interagir com o STI (tendo a intervenção reduzida a cada sessão). Na sessão 1, o aluno teve um desempenho geral próximo a 0,04, sendo o menor desempenho entre todas as sessões. Nas demais sessões o desempenho geral da criança mostrou oscilações.

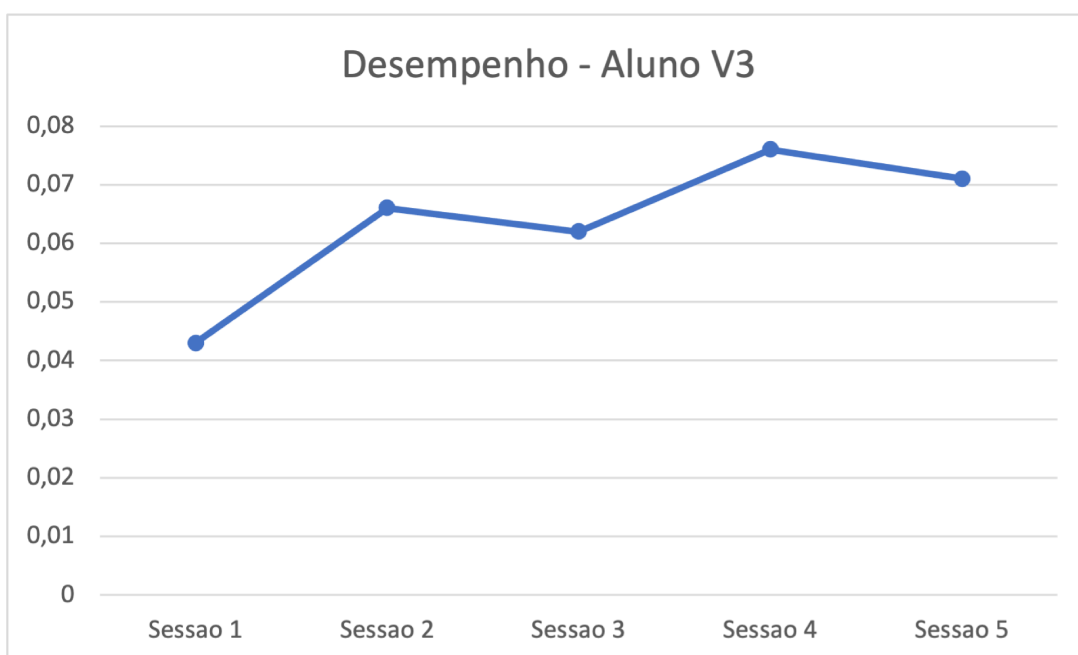


Figura 38 – Resultado da avaliação de desempenho geral do aluno *V3*.

Nota-se um aumento de aproximadamente a 75% em seu desempenho, comparando-se a primeira e a última sessões mesmo com as oscilações. Em conversa entre a pesquisadora e a pedagoga, esta disse que um provável motivo para as oscilações é o fato de a criança apresentar uma instabilidade comportamental.

7.7 Considerações Finais

Este Capítulo apresentou os resultados obtidos dos experimentos realizados para a pesquisa apresentada neste trabalho. Apresentou-se a análise dos resultados das avaliações de nível de AC em *AC1*, *AC2* e *AC3*, dos resultados da avaliação de preferência e dos resultados da avaliação de desempenho das seis crianças da amostra. Os experimentos tiveram início no mês de outubro do ano de 2022, e foram realizados em dois centros educacionais localizados na cidade de Uberlândia. As crianças do centro educacional do bairro Laranjeiras foram identificadas como *L1*, *L2* e *L3*. As crianças do centro educacional do bairro Vigilato Pereira foram identificadas como *V1*, *V2* e *V3*. As crianças *V2* e *V3* do Grupo 2 eram crianças que não vocalizavam e precisaram de maior auxílio de professores e cuidadores para a realização das sessões iniciais do que as demais crianças. Apesar disso, as crianças apresentaram familiaridade com o equipamento utilizado (Tablet) para a interação com o STI.

Sobre os resultados gerais da Avaliação de Preferência tinha como as opções personagens para tutor: Menina, Menino, Emoji, Bebê, Coelho e Cachorro. Para temas, as opções foram: Carro, Doce, Bola e Livro. Percebeu-se que as escolhas das crianças foram variadas, contudo algumas crianças como *L1* e *V2* selecionaram sempre o mesmo tutor e as crianças *V1* e *V3* selecionaram sempre o mesmo tema.

Sobre os resultados gerais da Avaliação de Desempenho, a Figura 39 apresenta um gráfico que mostra que as crianças apresentaram melhorias ao longo das sessões. As crianças *L2* e *L3* tiveram constantes melhorias. A criança *L1* teve uma queda de desempenho na Sessão 4 e que pode ser justificada por ter ficado sem contato com o STI por 3 dias seguidos. A criança *V1* também apresentou queda no seu desempenho na Sessão 3 e que pode ser justificada por ter ficado sem contato com o STI por 4 dias seguidos. A criança *V2*, que não vocaliza, teve uma queda no seu desempenho após a Sessão 1. Contudo, esta foi a única sessão em que foi necessário auxílio da orientadora. Nas demais sessões a criança interagiu com o STI sem auxílio e apresentou melhorias em seu desempenho. A segunda queda de desempenho após a sessão 4 pode se justificar devido a criança ter se afastado da escola por motivos de saúde durante 8 dias seguidos, justificando a variação no seu desempenho. Por fim, a criança *V3*, que também não vocaliza, apesar da variação de desempenho, contou com o auxílio durante todas as sessões, contudo, sendo gradativamente menor a cada sessão.

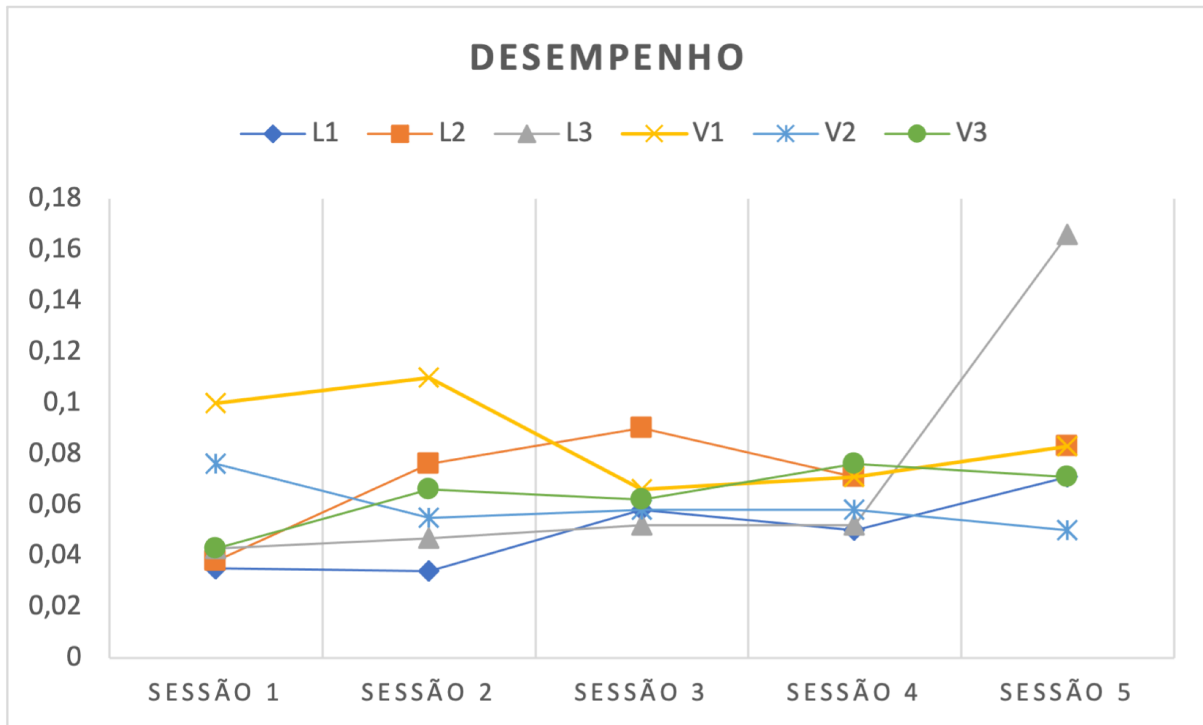


Figura 39 – Resultado da avaliação de desempenho geral dos alunos.

Sobre os resultados gerais dos níveis de AC a Figura 40 mostra que AC1, a maiores dificuldades das crianças foram relacionadas a IAC, mesmo as com menores níveis de deficit de AC, não mostraram nenhum objeto para o avaliador e apresentaram dificuldades em fazer contato visual com o avaliador, alternado ou não. Em relação a RAC, as crianças L1, L2 e L3 do Grupo 1 tiveram menos dificuldades, respondendo a maioria dos apontamentos, toques proximais e linhas de referência. As crianças V2 e V3 apresentaram grandes dificuldades tanto para IAC quanto para RAC, tendo a AC Total consideravelmente menor do que as demais crianças. Em AC2, o Grupo 1 teve uma melhora em relação ao Grupo 2 na AC total, com considerável melhora relacionado a IAC. Além disso, o tempo de duração da AC2 com o Grupo 1 teve uma média de 2 minutos a mais com cada criança em relação ao tempo em AC1, isso indica uma melhoria na interação e socio comunicação com a avaliadora. O Grupo 2 teve sutis alterações em relação a AC, porém ainda não havia o contato com o STI naquele momento.

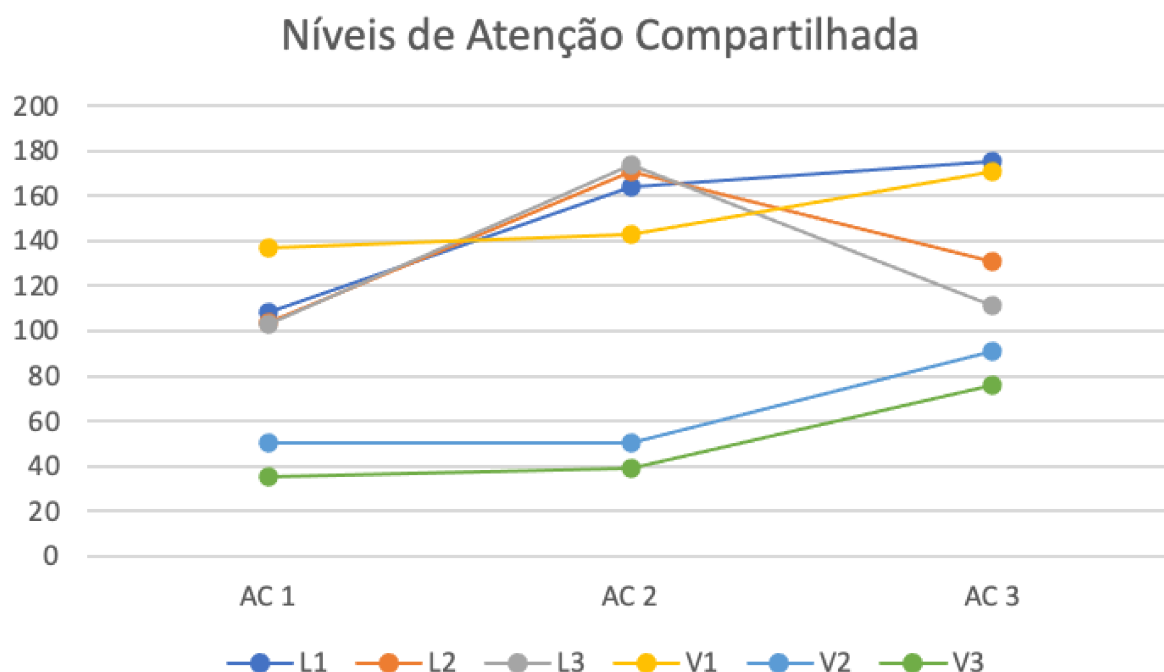


Figura 40 – Resultado da avaliação de níveis de AC dos alunos.

Em AC3, após um período de sete dias após a última sessão o Grupo 1 apresentou alterações em relação a AC2, havendo uma diminuição nos níveis de AC tanto relacionado a IAC quanto a RAC. O Grupo 2, por sua vez, apresentou uma relevante melhoria nos níveis de AC, onde a AC3 foi aplicada logo após todas as sessões em que houve o contato com o STI. Observou-se, especialmente relacionado a IAC, um comportamento de aumento do contato ocular por parte dos alunos presentes na amostra com a pesquisadora, uma vez que este comportamento foi relatado, por meio das professoras, como uma dificuldade. Desse modo, os resultados mostraram indícios de que o STI desenvolvido é uma ferramenta eficaz pois houve um aumento no nível de AC a partir do contato das crianças com o STI, bem como uma queda no nível de AC quando houve o intervalo sem contato das crianças com o STI. Esses indícios apontam como benefício a contribuição de novas habilidades nas crianças autistas, como os repertórios de atenção compartilhada e de linguagem, fomentando o seu processo de aprendizagem. Além disso, como resultados indiretos, as pedagogas dos dois centros educacionais relataram melhorias na interação social das crianças ao longo das sessões realizadas com contato com o STI, respondendo a questão de pesquisa e ratificando as hipóteses desta Tese apresentadas no Capítulo 1.

Capítulo 8

Conclusão

Este capítulo relata as principais contribuições obtidas com o desenvolvimento deste trabalho. A conclusão da proposta de trabalho apresentada aqui trouxe as seguintes contribuições:

- Desenvolvimento de um STI para o fortalecimento da atenção compartilhada em alunos com autismo. Os resultados mostraram que o STI desenvolvido é uma ferramenta eficaz para o fortalecimento da Atenção Compartilhada (AC) em crianças com autismo na fase da pré-escola.
- Extensão da proposta com desenvolvimento de um *Dashboard* para acesso dos profissionais que acompanham as crianças, apoiando-os, por exemplo, na condução de atendimentos e em tomadas de decisão sobre as atividades estabelecidas para a criança no ambiente escolar.
- Constatação de avanços na AC das crianças, de acordo com a avaliação de AC, também são capazes de replicar a melhoria no aprendizado e habilidades socio comunicativas em outras ocasiões que não envolvam o STI. Essas avaliações seguiram as orientações do *Early Social Communication Skills*, o ESCS, um instrumento de avaliação em uma versão gratuita e adaptada para o uso no Brasil.
- Uso de abordagens de IA adequadas para auxiliar a automatização do processo para fomentar o desenvolvimento de AC pouco desenvolvida em crianças com autismo. O STI utilizou recursos de IA, como a detecção de emoções faciais extraídas usando a *OpenCV*, uma biblioteca que inclui um módulo de redes neurais profundas que possui uma CNN pré-treinada;
- Proposta e implementação dos algoritmos *LivApp*, *CalcPerform* e *ImageClassifier* que, além da classificação das imagens realizada pela CNN, utilizam o tempo de resposta e a distância dos itens dos exercícios em relação ao local correto na tela como entradas para o cálculo de desempenho de cada usuário da aplicação e, a partir disso, construir a personalização da jornada de exercícios para cada usuário a cada sessão.
- Disponibilização para a comunidade do STI e *Dashboard* desenvolvidos por meio do

seguinte endereço <<https://github.com/nathyvalentim/livapp.git>>.

- Publicação do artigo *Sistemas Inteligentes para Desenvolvimento de Competências e Diagnóstico de pessoas com o Transtorno do Espectro do Autismo: Uma Revisão Sistemática da Literatura* (VALENTIM et al., 2022) na *Revista Brasileira De Informática Na Educação*(RBIE).
- Publicação do artigo *The Artificial Intelligence as a Technological Resource in the Application of Tasks for the Development of Joint Attention in Children with Autism*. (VALENTIM et al., 2023) no *12th Brazilian Conference on Intelligent Systems* (BRACIS).

O trabalho contou com algumas limitações, onde o número de participantes da amostra permitiram um experimento inicial, onde faz-se importante a realização de trabalhos futuros, considerando outros aspectos como, por exemplo, graus de dificuldade de cada criança, regiões distintas, questões sócio-econômicas, etc. Além disso, algumas crianças participantes estiveram ausentes durante os dias de experimentos, sendo necessário retornar aos CE para continuação dos experimentos. Algumas crianças apresentaram cansaço, irritabilidade, frustração e dificuldade de entendimento, sendo necessário interromper a interação com o STI, iniciar conversas aleatórias e oferecer atividades de preferência da criança, retomando quando a criança voltou a estar disposta a continuar a interação.

Considerando a questão de pesquisa sobre potencializar a Atenção Compartilhada em pessoas com autismo através da utilização de um STI, o trabalho apresentou indícios de contribuição. Trazendo melhorias em novas habilidades nas crianças autistas, como os repertórios de atenção compartilhada e de linguagem. O resultado produzido sugere o fortalecimento de AC das crianças, fomentando o seu respectivo processo de aprendizagem, indicando assim que STI podem ser utilizados para desenvolver a AC em pessoas com autismo. E que, além disso, os resultados deram incícios de que os recursos de Inteligência Artificial constroem um ambiente inteligente para guiar a pessoa com autismo, de forma dinâmica e adaptativa à ela, através de uma sequência de tarefas mais adequada ao seu desenvolvimento, de acordo com o conhecimento de especialistas.

Contudo, este foi um experimento inicial e, por isso, salienta-se a importância de trabalhos futuros, com mais evidências, onde a utilização do STI poderá ser disseminada para outros profissionais que atuam na área. Salienta-se também que, para garantir que uma pessoa com autismo possa generalizar o que aprende no computador para demais atividades, é importante a presença de um profissional pedagógico e/ou psicológico para acompanhar, instruir e acalmar a criança, se for o caso, durante as sessões. Além disso, este profissional está apto para tomada de decisão em relação a criança, como definir a pontuação final a cada rota de exercícios e quantas sessões cada criança necessitará.

Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) - DEMANDA UNIVERSAL Processo: APQ-00837-21.

Referências

ABREU, P. R.; HÜBNER, M. M. C. O comportamento verbal para b. f. skinner e para s. c. hayes: uma síntese com base na mediação social arbitrária do reforçamento. **Acta Comportamentalia: Revista Latina de Análisis del Comportamiento**, v. 20, n. 3, p. 367–381, ene. 2013. Disponível em: <<https://www.revistas.unam.mx/index.php/acom/article/view/35005>>.

ALI, M. R. et al. A virtual conversational agent for teens with autism: Experimental results and design lessons. **arXiv preprint arXiv:1811.03046**, 2018. DOI:10.1145/3383652.3423900.

ALMEIDA, L. G. S. de. **Padrões de Projeto de Análise para Desenvolvimento de Software do Domínio do Transtorno do Espectro Autista (TEA)**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal Fluminense, 2021.

ANIRUDH, R.; THIAGARAJAN, J. J. Bootstrapping graph convolutional neural networks for autism spectrum disorder classification. In: IEEE. **ICASSP 2019-2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)**. [S.l.], 2019. p. 3197–3201. DOI:10.1109/ICASSP.2019.8683547.

APA, A. P. A. **Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5®)**. [S.l.]: American Psychiatric Pub, 2014. DOI:<https://doi.org/10.1176/appi.books>.

ASGARI, M.; Van Santen, J.; PAPADAKIS, K. Automatic scoring of a nonword repetition test. **Proceedings - 16th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications, ICMLA 2017**, v. 2017-Decem, n. 3, p. 304–308, 2017. DOI:10.1109/ICMLA.2017.0-143.

BAMIDIS, P. D. Affective learning: principles, technologies, practice. In: SPRINGER. **International Conference on Brain Function Assessment in Learning**. [S.l.], 2017. p. 1–13. DOI:10.1007/978-3-319-67615-9₁.

BANDURA, A.; WALTERS, R. H. Social learning and personality development. New York, 1963. DOI:10.1177/003463735505200239.

BANNA, M. H. A. et al. A monitoring system for patients of autism spectrum disorder using artificial intelligence. In: SPRINGER. **International Conference on Brain Informatics**. [S.l.], 2020. p. 251–262. DOI:10.1007/978-3-030-59277-6₂₃.

BARRY, M.; PITT, I. Interaction design: a multidimensional approach for learners with autism. In: **Proceedings of the 2006 conference on Interaction design and children**. [S.l.: s.n.], 2006. p. 33–36. DOI:10.1145/1139073.1139086.

BARSOUM. **FER+ (Face Expression Recognition Plus dataset)**. 2017. Disponível em: <<https://github.com/Microsoft/FERPlus>>.

BARSOUM, E. et al. Training deep networks for facial expression recognition with crowd-sourced label distribution. In: **Proceedings of the 18th ACM international conference on multimodal interaction**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 279–283. DOI:10.1145/2993148.2993165.

BATES, E. et al. The emergence of symbols: Cognition and communication in infancy. **New York: AcademicPress**, 1979. DOI:10.1016/C2013-0-10341-8.

BERSCH, R. Introdução à tecnologia assistiva. **Porto Alegre: CEDI**, v. 21, 2008.

BHUYAN, F. et al. Predicting efficacy of therapeutic services for autism spectrum disorder using scientific workflows. **Proceedings - 2017 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2017**, v. 2018-Janua, p. 3847–3856, 2017. DOI:10.1109/BigData.2017.8258388.

BIANCHI, A. L. **As classificações dos algoritmos de Machine Learning**. 2020. <https://www.viceri.com.br/insights/as-classificacoes-dos-algoritmos-de-machine-learning>. Acessado em: Março 2020.

BOS, A. S.; ZARO, M. A.; PIZZATO, M. C. Classificação do estado de atenção do estudante: detectando a mensuração cerebral e as expressões faciais. In: SBC. **Anais do XXVI Workshop de Informática na Escola**. [S.l.], 2020. p. 469–478. DOI:10.5753/cbie.wie.2020.469.

BOWRIN, P.; IQBAL, U. Strengthening behavior and social functioning among persons with autism spectrum conditions using artificial intelligence and behavioral activation: Protocol for the well-being and health for loved ones with asd (whole) psychosocial pilot randomized controlled trial. In: **Digital Personalized Health and Medicine**. [S.l.]: IOS Press, 2020. p. 1399–1400. DOI:10.3233/SHTI200461.

BREUKER, J. **Coaching in help systems**. [S.l.]: University, 1987.

CARDON, T. A.; WILCOX, M. J.; CAMPBELL, P. H. Caregiver perspectives about assistive technology use with their young children with autism spectrum disorders. **Infants & Young Children**, LWW, v. 24, n. 2, p. 153–173, 2011. DOI:10.1097/IYC.0b013e31820eae40.

CARVALHO, R. R.; MOREIRA, M. B. **ABA & TEA: estratégias para reduzir a frequência de comportamentos agressivos utilizando-se reforçamento diferencial de comportamentos alternativos sem extinção**. [S.l.]: Instituto Walden4, 2022.

CHEN, C.-H. et al. The first step toward reconstructing visual perception and cognition in autism. In: IEEE. **2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)**. [S.l.], 2014. p. 1171–1174. DOI:10.1109/SMC.2014.6974072.

- Clark-Turner, M.; Begum, M. Deep recurrent q-learning of behavioral intervention delivery by a robot from demonstration data. In: **2017 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1024–1029. DOI:10.1109/ROMAN.2017.8172429.
- COSTA, M. **Sistemas Tutores Inteligentes**. 2002. <http://www.nce.ufrj.br/ginape/publicacoes/trabalhos/t_2002/t_2002_raimundo_ose_macario_costa/Sti.htm>. Acessado em: Setembro 2020.
- CRIMI, A. et al. Case-control discrimination through effective brain connectivity. **Proceedings - International Symposium on Biomedical Imaging, IEEE**, p. 970–973, 2017. ISSN 19458452. DOI:10.1109/ISBI.2017.7950677.
- DANTAS, A. C. et al. Michelzinho: Jogo sério para o ensino de habilidades emocionais em pessoas com autismo ou deficiência intelectual. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. [S.l.: s.n.], 2019. v. 30, n. 1, p. 644. DOI:10.5753/cbie.sbie.2019.644.
- DAVIS, M. et al. Guidelines for researchers and practitioners designing software and software trials for children with autism. **Journal of Assistive Technologies**, Emerald Group Publishing Limited, v. 4, n. 1, p. 38–48, 2010. DOI:10.5042/jat.2010.0043.
- DAWOOD, A.; TURNER, S.; PEREPA, P. Affective computational model to extract natural affective states of students with asperger syndrome (AS) in computer-based learning environment. **IEEE Access**, IEEE, v. 6, p. 67026–67034, 2018. ISSN 21693536. DOI:10.1109/ACCESS.2018.2879619.
- DOMINGOS, D. A.; CORTES, O. A. C.; LOBATO, F. M. F. Evoluindo redes neurais convolucionais na detecção de emoções usando micro ags. **Anais do Computer on the Beach**, v. 13, p. 266–273, 2022. DOI:10.14210/cotb.v13.p266-273.
- DORIGON, L. T. et al. Aplicação do early social communication scale (escs) em bebês de 9 a 15 meses: um estudo sobre atenção compartilhada. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2017.
- ELIAS, N. C. Teorias comportamentais sobre a etiologia do autismo e uma nova proposta. In: _____. [S.l.]: UEL, 2019. cap. 11.
- ENNIS-COLE, D.; SMITH, D. Assistive technology and autism: Expanding the technology leadership role of the school librarian. **School Libraries Worldwide**, v. 17, n. 2, 2011. DOI:10.29173/slw6820.
- FRANZOI, M. A. H. **Intervenção musical como estratégia de cuidado de enfermagem a crianças com transtorno do espectro autista em um centro de atenção psicossocial**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal De Santa Catarina, 2014. DOI:10.1590/0104-070720160001020015.
- FUJIMOTO, I. et al. Mimicking and evaluating human motion to improve the imitation skill of children with autism through a robot. **International Journal of Social Robotics**, Springer, v. 3, n. 4, p. 349–357, 2011. DOI:10.1007/s12369-011-0116-9.
- GAVIDIA JORGE JUAN ZAVALETA, A. L. C. V. d. **Sistemas tutores inteligentes. Trabalho de Conclusão da Disciplina de IA, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro-RJ: UFRJ**, 2003.

GENTRY, T. et al. Reducing the need for personal supports among workers with autism using an ipod touch as an assistive technology: delayed randomized control trial. **Journal of autism and developmental disorders**, Springer, v. 45, n. 3, p. 669–684, 2015. DOI:10.1007/s10803-014-2221-8.

GERA, D.; BALASUBRAMANIAN, S. Landmark guidance independent spatio-channel attention and complementary context information based facial expression recognition. **Pattern Recognition Letters**, Elsevier, v. 145, p. 58–66, 2021. DOI:10.1016/j.patrec.2021.01.029.

GHAHRAMANI, Z. Unsupervised learning. In: SPRINGER. **Summer School on Machine Learning**. [S.l.], 2003. p. 72–112. DOI:10.1007/978-3-540-28650-9₅.

GOODFELLOW, I. et al. **Deep learning**. [S.l.]: MIT press Cambridge, 2016. v. 1. DOI:10.1145/2647868.2654889.

JIA, Y. et al. Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding. **arXiv preprint arXiv:1408.5093**, 2014. DOI:10.48550/arXiv.1408.5093.

JUÁREZ-RAMÍREZ, R. et al. Orchestrating an adaptive intelligent tutoring system: Towards integrating the user profile for learning improvement. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 106, p. 1986–1999, 2013. DOI:10.1016/j.sbspro.2013.12.227.

LARA, A.; ESPINOZA, C. Jiménez de; GONZÁLEZ-MORA, J. **A fast automated diagnosis system for autism spectrum disorders based on eye tracking technology**. 2016. DOI:10.13140/RG.2.2.32220.28809.

LIANG, S. et al. Autism spectrum self-stimulatory behaviors classification using explainable temporal coherency deep features and svm classifier. **IEEE Access**, v. 9, p. 34264–34275, 2021. DOI:10.1109/ACCESS.2021.3061455.

MARCONI, M. d. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. [S.l.]: Atlas São Paulo, 2004. v. 4.

MATSUGU, M. et al. Subject independent facial expression recognition with robust face detection using a convolutional neural network. **Neural Networks**, Elsevier, v. 16, n. 5-6, p. 555–559, 2003. DOI:10.1016/S0893-6080(03)00115-1.

MCTAGGART, J. Intelligent tutoring systems and education for the future. **512X Literature Review April**, v. 30, n. 2, 2001.

MELLIT, A.; KALOGIROU, S. A. Artificial intelligence techniques for photovoltaic applications: A review. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 34, n. 5, p. 574 – 632, 2008. ISSN 0360-1285. DOI:10.1016/j.pecs.2008.01.001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360128508000026>>.

MELO, F. S. Convergence of q-learning: A simple proof. **Institute Of Systems and Robotics, Tech. Rep.**, p. 1–4, 2001.

MENGER, K. Untersuchungen über allgemeine metrik. **Mathematische Annalen**, Springer, v. 100, n. 1, p. 75–163, 1928. DOI:10.1007/BF01448840.

MUNDY, P. et al. Early social communication scales (escs). **Coral Gables, FL: University of Miami**, 2003. DOI:https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1698-3_287.

- MUTY, N.; AZIZUL, Z. Detecting arm flapping in children with Autism Spectrum Disorder using human pose estimation and skeletal representation algorithms. **4th IGNITE Conference and 2016 International Conference on Advanced Informatics: Concepts, Theory and Application, ICAICTA 2016**, IEEE, p. 1–6, 2016. DOI:10.1109/ICAICTA.2016.7803118.
- NUNES, G. M.; AGUIAR, Y. P. C. Emotismo: Um aplicativo para auxiliar crianças no espectro autista a reconhecer e reproduzir emoções. In: SBC. **Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.], 2020. p. 692–701. DOI:10.5753/cbie.sbie.2020.692.
- ONZI, R. d. F. G. F. Z. **Transtorno do espectro autista: a importância do diagnóstico e reabilitação**. third. Lajeado: Caderno pedagógico, 2015. v. 12. DOI:10.34119/bjhrv6n1-244.
- PALESTRA, G.; CAROLIS, B. D.; ESPOSITO, F. Artificial intelligence for robot-assisted treatment of autism. In: IMPEDOVO, D.; PIRLO, G. (Ed.). **Proceedings of the Workshop on Artificial Intelligence with Application in Health co-located with the 16th International Conference of the Italian Association for Artificial Intelligence (AI*IA 2017), Bari, Italy, November 14, 2017**. CEUR-WS.org, 2017. (CEUR Workshop Proceedings, v. 1982), p. 17–24. Disponível em: <<http://ceur-ws.org/Vol-1982/paper3.pdf>>.
- PAN, Y.; HIROKAWA, M.; SUZUKI, K. Measuring K-degree facial interaction between robot and children with autism spectrum disorders. **Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication**, IEEE, v. 2015-Novem, p. 48–53, 2015. DOI:10.1109/ROMAN.2015.7333683.
- PANCERZ, K.; PAJA, W.; GOMULA, J. Random forest feature selection for data coming from evaluation sheets of subjects with ASDs. **Proceedings of the 2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FedCSIS 2016**, v. 8, p. 299–302, 2016. DOI:10.15439/2016F274.
- PAVLOV, N. User interface for people with autism spectrum disorders. **Journal of Software Engineering and Applications**, Scientific Research Publishing, v. 2014, 2014. DOI:10.4236/jsea.2014.72014.
- PENCHINA, B. et al. Deep lstm recurrent neural network for anxiety classification from eeg in adolescents with autism. In: SPRINGER. **International Conference on Brain Informatics**. [S.l.], 2020. p. 227–238. DOI:10.1007/978-3-030-59277-6_21.
- PICARD, R. W. et al. Affective learning—a manifesto. **BT technology journal**, Springer, v. 22, n. 4, p. 253–269, 2004. DOI:10.1023/B:BTTJ.0000047603.37042.33.
- PIMENTA, T. **TEA – Transtorno do Espectro Autista ou Autismo: causas e tratamento**. 2018. <<https://www.vittude.com/blog/transtorno-do-espectro-autista-ou-autismo/>>. Acessado em: Setembro 2020.
- PROENÇA, M. F. R. et al. A tecnologia assistiva aplicada aos casos de transtorno do espectro do autismo (tea). **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, n. 31, p. e541–e541, 2019. DOI:10.25248/reas.e541.2019.

RAD, N. M. et al. Convolutional neural network for stereotypical motor movement detection in autism. **arXiv preprint arXiv:1511.01865**, 2015. DOI:10.48550/arXiv.1511.01865.

SCHAFER, E. C. et al. Assistive technology evaluations: Remote-microphone technology for children with autism spectrum disorder. **Journal of communication disorders**, Elsevier, v. 64, p. 1–17, 2016. doi:10.1016/0017-9310(72)90076-2.

SHAHAMIRI, S. R.; THABTAH, F. Autism AI: a New Autism Screening System Based on Artificial Intelligence. **Cognitive Computation**, Cognitive Computation, v. 12, n. 4, p. 766–777, 2020. ISSN 18669964. DOI:10.1007/s12559-020-09743-3.

SHERKATGHANAD, Z. et al. Automated detection of autism spectrum disorder using a convolutional neural network. **Frontiers in Neuroscience**, Frontiers Media SA, v. 13, 2019. DOI:10.3389/fnins.2019.01325.

SMITH, M. J. et al. Virtual reality job interview training in adults with autism spectrum disorder. **Journal of autism and developmental disorders**, Springer, v. 44, n. 10, p. 2450–2463, 2014. DOI:10.1007/s10803-014-2113-y.

SUTTON, R. S.; BARTO, A. G. **Reinforcement learning: An introduction**. [S.l.]: MIT press, 2018.

SWAPNA. **Convolutional Neural Network - Deep Learning**. 2020. Disponível em: <<https://developersbreach.com/convolution-neural-network-deep-learning/>>.

TAKÇI, H.; YEŞİLYURT, S. Diagnosing autism spectrum disorder using machine learning techniques. In: **2021 6th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)**. [S.l.: s.n.], 2021. p. 276–280. DOI:10.1109/UBMK52708.2021.9558975.

TAMADA, V. K. T. Estudo de caso de deep q-learning. 2019.

TENÓRIO, M.; VASCONCELOS, N. Autismo: a tecnologia como ferramenta assistiva ao processo de ensino e aprendizagem de uma criança dentro do espectro. **CINTEDI-Práticas pedagógicas direitos humanos e interculturalidade**, 2015.

THABTAH, F.; KAMALOV, F.; RAJAB, K. A new computational intelligence approach to detect autistic features for autism screening. **International Journal of Medical Informatics**, v. 117, p. 112–124, 2018. ISSN 1386-5056. DOI:10.1016/j.ijmedinf.2018.06.009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1386505618300546>>.

TOMASELLO, J. T. M. Joint attention and lexical acquisition style. **First Language**, v. 4, n. 12, p. 197–211, 1983. DOI:10.1177/014272378300401202.

TOMASELLO, M. et al. Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition. **Behavioral and brain sciences**, Cambridge University Press, v. 28, n. 5, p. 675–691, 2005. DOI:10.1017/S0140525X05000129.

TUMMALA, S. Deep learning framework using siamese neural network for diagnosis of autism from brain magnetic resonance imaging. In: **2021 6th International Conference for Convergence in Technology (I2CT)**. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1–5. DOI:10.1109/I2CT51068.2021.9418143.

VALENTIM, N. A. et al. Sistemas inteligentes para desenvolvimento de competências e diagnóstico de pessoas com o transtorno do espectro do autismo: Uma revisão sistemática da literatura. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 30, p. 672–696, dez. 2022. DOI:10.5753/rbie.2022.2535.

VALENTIM, N. A. et al. The artificial intelligence as a technological resource in the application of tasks for the development of joint attention in children with autism. In: NALDI, M. C.; BIANCHI, R. A. C. (Ed.). **Intelligent Systems**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 306–320. ISBN 978-3-031-45368-7. DOI:10.1007/978-3-031-45368-7_20.

Vijayan, A. et al. A framework for intelligent learning assistant platform based on cognitive computing for children with autism spectrum disorder. In: **2018 International CET Conference on Control, Communication, and Computing (IC4)**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 361–365. DOI: 10.1109/CETIC4.2018.8530940.

VILARONGA, C. A. R.; MENDES, E. G. Ensino colaborativo para o apoio à inclusão escolar: práticas colaborativas entre os professores. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, SciELO Brasil, v. 95, n. 239, p. 139–151, 2014. DOI:10.1590/S2176-66812014000100008.

WATKINS, C. J.; DAYAN, P. Q-learning. **Machine learning**, Springer, v. 8, n. 3-4, p. 279–292, 1992. DOI:10.1023/A:1022676722315.

YIN, X. et al. Fine-tuning and visualization of convolutional neural networks. In: **2017 12th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1310–1315. DOI:10.1109/ICIEA.2017.8283041.

ZHAO, Y. et al. 3d deep convolutional neural network revealed the value of brain network overlap in differentiating autism spectrum disorder from healthy controls. In: SPRINGER. **International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention**. [S.l.], 2018. p. 172–180. DOI:10.1007/978-3-030-00931-1_20.

ZHENG, Z. et al. Robot-Mediated Imitation Skill Training for Children with Autism. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 24, n. 6, p. 682–691, 2016. ISSN 15344320. DOI:10.1109/TNSRE.2015.2475724.

Anexos

-
- Esta pesquisa tem parecer consubstanciado pelo CEP de número 5.273.182, com CAAE 54880921.7.0000.5152, a Instituição Proponente sendo Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia.
 - Esta pesquisa foi realizada com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) - DEMANDA UNIVERSAL Processo: APQ-00837-21.