



SADIARV - SISTEMA PARA ASSISTÊNCIA DE DIAGNÓSTICO DE AUTISMO COM REALIDADE VIRTUAL

SadiAVR - System for Autism Diagnostic Assistance with Virtual Reality

Enzo Bucchi Oliveira Silva¹; Andrea Sayuri Murata²; Armênio Alcântara Ribeiro³; Isabella Bucchi Oliveira Silva⁴; Robson Augusto Siscoutto⁵

^{1,5}Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE. ^{1,5}Faculdade de Informática de Presidente Prudente. ^{2,3}Faculdade de Medicina de Presidente Prudente. ⁴Instituto Superior de Ensino Celso Lisboa

e-mail: enzo.bucchi@outlook.com, robson@unoeste.br; armenioalcantara@gmail.com, andreasayurimurata@gmail.com; isabucchi@hotmail.com

RESUMO – O uso de tecnologias interativas que utilizam Realidade Virtual (RV) em favor dos pacientes na área da saúde mental tem sido seriamente expandido e valorizado, tendo em vista que se obtém bons resultados, como: tratamentos com maior eficácia e menor custo, além da diversidade de dados que se pode colher para a melhor compreensão desses indivíduos. Entretanto, pesquisas e estudos sobre Transtornos do Espectro Autista (TEA) ainda são muito recentes, mas sabe-se que com o diagnóstico precoce o tratamento e desenvolvimento do paciente se torna muito mais eficiente, neste sentido uma ferramenta que auxilie, especificamente, o diagnóstico do autismo se vê necessária. Diante disso, este trabalho apresenta um aplicativo computacional que faz uso da Realidade Virtual e Visão Computacional para auxiliar os profissionais da área no diagnóstico de pacientes com TEA. Os ambientes virtuais foram avaliados, pelos pesquisadores do projeto, por meio de um questionário de usabilidade específico, em conjunto com um sistema de escala de usabilidade (SUS - *System Usability Scale*), obtendo média final de 4,63 de 5,0, sendo considerado apto para uso, no futuro, em pacientes reais.

Palavras-chave: Realidade Virtual, Transtorno do Espectro Autista, Diagnóstico, Tecnologia.

ABSTRACT – The use of interactive technologies that use Virtual Reality (VR) in favor of patients in the area of mental health has been seriously expanded and valued, considering that good results are obtained, such as: treatments with greater effectiveness and lower cost, in addition to diversity of data that can be collected to better understand these individuals. However, research and studies on autism spectrum disorders (ASD) are still very recent, but it is known that with early diagnosis the treatment and development of the patient becomes much more efficient, in this sense a tool that specifically helps with diagnosis of autism there is a need. Therefore, this work presents a computational application that makes use of Virtual Reality and Computer Vision to assist professionals in the field in diagnosing patients with ASD. The virtual environments were evaluated by the project researchers, using a specific usability questionnaire, together with a usability scale system (SUS - *System Usability Scale*), obtaining a final average of 4.63 out of 5.0, being considered suitable for future use on real patients.

Keywords: Virtual Reality, Autism Spectrum Disorder, Diagnosis, Technology.

1. INTRODUÇÃO

Os Transtornos do Espectro Autista (TEA) são um grupo diversificado de condições e são caracterizados por algum grau de dificuldade com a interação social (manter o contato visual, identificar expressões faciais e compreender gestos comunicativos) e a comunicação (caracterizado por uso repetitivo da linguagem e dificuldade para iniciar e manter um diálogo), bem como, padrões atípicos de atividades e comportamentos, como dificuldade na transição de uma atividade para outra, foco em detalhes e reações incomuns às sensações (OMS, 2022).

O TEA pode limitar, significativamente, a capacidade de um indivíduo para realizar atividades diárias e participar da sociedade. Muitas vezes influencia negativamente as conquistas educacionais e sociais da pessoa, enquanto alguns indivíduos são capazes de viver de forma independente, outros têm graves incapacidades e exigem cuidados e apoio ao longo da vida (OPAS, 2022).

Segundo Zeidan *et al.* (2022), estima-se que em todo o mundo cerca de uma em cada cem crianças tenha autismo e as evidências científicas disponíveis sugerem que, provavelmente, existem muitos fatores que tornam uma criança mais propensa a ter autismo, incluindo fatores ambientais e genéticos.

Dessa forma, no último Censo Demográfico realizado pelo IBGE em 2010, estimou-se que o Brasil, com 200 milhões de habitantes, tinha cerca de 2 milhões de autistas. Apesar do autismo possuir um número relativamente grande de incidência, somente em 1993 que a síndrome foi adicionada à Classificação Internacional de Doenças da Organização Mundial da Saúde. A recente inclusão do autismo nesta lista é reflexo do pouco conhecimento que se tem sobre a questão (IBGE, 2012).

Oliveira (2016) discorre que existe uma série de graus de autismo, a intensidade dos sintomas pode variar, onde uma criança no extremo do espectro tem seu comportamento bastante comprometido, enquanto a pessoa de grau leve pode ser extremamente brilhante. Além disso, enquanto alguns não falam nem se comunicam, alguns autistas são muito inteligentes e uma criança pode evoluir se diagnosticada cedo e submetida a tratamento adequado. O diagnóstico e tratamento precoces, com a criança de até um ano e meio é o grande salto nos países desenvolvidos.

Atualmente, o diagnóstico do autismo é, essencialmente, clínico, realizado por meio de observação direta do comportamento do paciente e de uma entrevista com os pais ou cuidadores. Os sintomas característicos do TEA estão sempre presentes antes dos 3 anos de idade, com um diagnóstico possível por volta dos 18 meses. Normalmente, os pais começam a se preocupar entre os 12 e os 18 meses, na medida em que a linguagem não se desenvolve (AMA, 2022).

Na quinta edição do manual do DSM (Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais) foram realizadas mudanças significativas nos critérios diagnósticos do autismo, incluindo: Inabilidade persistente na comunicação social, déficits na reciprocidade emocional e nos comportamentos não verbais de comunicação, padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividade, manifestados por movimentos, falas e manipulação de objetos de forma repetitiva e/ou estereotipada, insistência na rotina; interesses restritos e fixos com intensidade; hiper ou hipo atividade a estímulos sensoriais (APA, 2013).

De acordo com Neurosaber (2021) um dos estímulos sensoriais mais notáveis é o contato visual, já que esse por sua vez tem um lugar significativo na comunicação não verbal. Geralmente, a falta de contato visual é considerada um ato de desatenção, falta de empatia, de interesse ou grosseria. Entretanto, um dos sinais e sintomas característicos do Transtorno do Espectro Autista é a dificuldade de fazer contato visual, essa característica pode ser observada em crianças a partir dos seis meses de idade, independentemente do ambiente cultural em que o sujeito se encontra.

Com o conceito de inclusão escolar, digital e social, as escolas estão se adaptando cada vez mais para atender às demandas específicas por meio das tecnologias, incorporando diversos softwares para o auxílio educacional de alunos e pacientes autistas, tais como Jade (Jade Autism, 2018), ABC Autismo (AgênciaBrasil, 2015), First Then (Good-Karma-Applications, 2010), PictoTEA (PictoTEA, 2017), Autis (Takapy-Digital-Art, 2019), Aiello (Cunha, 2015), dentre outros. Basicamente, os softwares são utilizados para auxiliar no processo de aprendizagem de crianças autistas por meio de atividades interativas e pedagógicas. O foco é promover diálogo, reflexão e desenvolvimento das crianças através das mais diversas linguagens: imagens, sons, audiovisual e jogos.

Além disso, as clínicas de psicologia também estão buscando alternativas de ferramentas que possam auxiliar o processo de diagnóstico, que, geralmente, pode durar meses ou até anos. Um exemplo disto é o aplicativo *Cognoa ASD Diagnosis*, que auxilia no diagnóstico precoce de pacientes entre as idades de 15 meses a 5 anos, e obtém dados por meio de questionários respondidos por familiares, cuidadores,

professores e outros profissionais que tenham convivência com aquele paciente em avaliação. Além disso, eles podem desbloquear informações clinicamente relevantes ocultas nos dados de saúde e identificar padrões não lineares complexos entre as características do paciente e o diagnóstico (MARTINS, 2022).

Portanto, novas tecnologias podem ser aplicadas como auxiliadoras no diagnóstico precoce de pacientes com autismo, dentre essas tecnologias pode-se citar a Realidade Virtual (RV). Freeman (2017) realizou um estudo da literatura sobre RV em saúde mental existente até o final de 2016, com a finalidade de analisar e compilar os avanços dessa área. Este estudo concluiu que a manipulação da RV pode informar a compreensão dos distúrbios e tratamentos psicológicos mais simples podem ser administrados com sucesso na RV.

Apesar dos muitos estudos para o uso de tecnologias e ferramentas com o objetivo da intervenção e tratamento de pessoa com TEA, ainda é muito pequeno o número de pesquisas no âmbito do diagnóstico, bem como, em determinadas situações, essas ferramentas não oferecem o portfólio necessário para atender este tipo de paciente, o que dificulta o diagnóstico em si. Portanto, o diagnóstico de pessoas com autismo ainda é difícil, desafiador e demorado. Defronte disso, gera-se muitas oportunidades para pesquisas nesta área, concedendo um desafiador campo de aplicação para o diagnóstico de pessoas com autismo.

Dentre as principais contribuições vislumbrada neste projeto pode-se citar:

- Aplicativo de Realidade Virtual e Visão Computacional para auxiliar no diagnóstico de pacientes com TEA;
- Avatares e Ambientes Virtuais Tridimensionais personalizados de acordo com a necessidade de cada paciente, permitindo a individualidade da análise;
- Resultados com elementos gráficos, incluindo um avatar humano simulando o movimento ocular e um Heatmap que destaca as áreas mais observadas pelo paciente. Recursos visuais que contribuem para uma análise eficaz dos dados obtidos.

O restante deste artigo está estruturado da seguinte maneira: a Seção 2 aborda trabalhos correlatos; a Seção 3 oferece uma exposição sobre a ferramenta SadiARV, abrangendo sua arquitetura e funcionalidades; a Seção 4 ilustra o teste de usabilidade conduzido, juntamente com os resultados obtidos; por fim, as conclusões deste trabalho são discutidas na Seção 5.

2. TRABALHOS CORRELATOS

A metodologia utilizada para o levantamento dos trabalhos relacionados, seguiu a revisão sistemática de literatura (RSL) indicada por Kitchenham *et al.* (2009), fazendo uso dos temas: Realidade Virtual e Captura de Movimentos Oculares para o auxílio no diagnóstico do autismo. Sendo assim, duas hipóteses foram elaboradas:

1. Foram desenvolvidas aplicações de realidade virtual e/ou rastreamento visual voltadas para o diagnóstico do autismo?
2. Quais equipamentos, abordagens e quais os resultados que foram obtidos?

As buscas foram realizadas considerando apenas artigos publicados entre o período de 2018 a 2023. Nas bases de dados ACM Digital Library, BVS, Capes, IEEE Xplore, ScienceDirect e Medline (PubMed) foi utilizada a lógica de busca com a seguinte estrutura: "*autistic disorder*" AND "*diagnosis*" AND ("*eye-tracking technology*" OR "*virtual reality*"). Já na base Google Acadêmico, para especificar mais as buscas foi utilizada uma lógica diferente: "*autistic disorder*" AND "*diagnosis*" AND "*eye-tracking technology*". Por fim, na base SciELO foi elaborada uma terceira lógica bem mais geral: "*autistic disorder*" AND "*diagnosis*".

Foram encontrados um total de 84 artigos, que passaram pelo processo de triagem, sendo aprovados 16 trabalhos, conforme Tabela 1. O processo de triagem e avaliação dos estudos foi dividido em três partes: remoção de duplicados, remoção de artigos fora do tema e a leitura completa. Para aprovação, os artigos deveriam estar relacionados ao diagnóstico do espectro TEA; informar a metodologia(s) utilizada(s); apresentar análise sobre os resultados obtidos e possuir informações que justifiquem a pesquisa no contexto da realidade virtual e tecnologias de rastreamento visual aplicados no diagnóstico do autismo.

Tabela 1. Lista de Trabalhos Relacionados.

Autores	País
Alves, J. H. R., et al. (2021)	Brasil
Andreou, G., & Raxioni, K. (2022).	Grécia
Czajeczny D. et al. (2022).	Polônia
de Vries, L. et al. (2021).	Bélgica
Howard, P. L., Zhang, L., & Benson, V. (2019).	Suíça
Laskowitz, S., et al. (2021).	USA
Lin, Y., et al (2022)	China
Malihi, M., et al. (2020)	Canadá
Nayar, K., et al. (2022).	USA
Putnam, O. C., et al. (2023).	USA
Robles M, et al. (2022).	Alemanha
Shic F, et al. (2022).	USA
Vacas Ruiz, J. (2022).	Argentina
Wen T. H., et al. (2022).	USA
Yaneva, V., et al. (2020).	Reino Unido
Zhao, Z., et al. (2021).	China

Fonte: Os autores.

Após a leitura dos artigos aprovados algumas estatísticas foram coletadas visando responder às hipóteses propostas. Dos 16 estudos, 14 não utilizaram dispositivos de Realidade Virtual; 13 não especificaram o sistema utilizado para o Rastreamento Ocular e 2 mostram que utilizaram dispositivos da marca Tobii; Já em relação à análise dos dados coletados, 8 utilizam testes estatísticos, 2 softwares especializados e 6 análises específicas dos dados. Portanto, respondendo às hipóteses propostas:

1. Foram desenvolvidas algumas aplicações práticas em torno do assunto, porém não para diagnóstico e sim, focadas em validar o movimento ocular como marcador do transtorno, que se mostra totalmente válido.
2. A grande maioria dos trabalhos não especifica qual equipamento e medidas foram utilizadas no desenvolvimento do mesmo.

Diante disso, algumas decisões de projeto foram tomadas, dentre elas, ficou decidido em não utilizar dispositivos de Realidade Virtual (RV) imersivo, uma vez que muitos pacientes com TEA não aceitam tal recurso. Para o rastreamento ocular, optou-se pela utilização da biblioteca *Webgazer.js* (Papoutsaki, 2016) a qual emprega dados de dispositivos Tobii sem a necessidade do dispositivo físico, uma vez que este é de alto custo. Por fim, a escolha foi realizar o tratamento dos dados por meio de análises específicas, considerando a ausência de dados estatísticos relacionados a esse tipo de projeto.

3. SadiARV

O SadiAVR é um aplicativo que utiliza Realidade Virtual e Visão Computacional para auxiliar no diagnóstico de indivíduos com autismo. Para isso, permite a captura e rastreio dos movimentos oculares dos pacientes por meio de tecnologias de visão computacional, bem como, são disponibilizados ambientes virtuais tridimensionais compostos por avatares e recursos visuais. Além disso, é possível personalizar os dados de entrada da aplicação, como a aparência física do avatar e configurar cenários virtuais específicos para casos particulares, promovendo uma interação mais natural e confortável para o paciente. Os dados coletados são analisados e exibidos de maneira a facilitar a observação, utilizando gráficos (*Heatmap*) e avatares 3D para facilitar a interpretação das informações obtidas.

Na seção 3.1 é destacado as funcionalidades e requisitos utilizados no desenvolvimento do aplicativo, bem como, na seção 3.2 é apresentada a arquitetura do sistema, a seção 3.3 apresenta as interfaces 2D e 3D, a seção 3.4 detalha o processo de captura e rastreamento.

3.1. Requisitos Essenciais

O aplicativo apresenta diversas funcionalidades essenciais especificadas e definidas em reuniões com os pesquisadores (professores e pesquisadores especialistas em TEA), bem como, por meio dos métodos utilizados na clínica da Faculdade de Medicina da Universidade do Oeste Paulista.

Os cadastros básicos definidos foram o de profissionais e de pacientes. O cadastro de profissionais inclui os campos: Nome, Registro Acadêmico e Cargo (discente ou docente), projetado para o uso inicial na clínica da Faculdade. Já o cadastro de pacientes abrange informações como: Nome, Registro Geral, Idade e Gênero. Este último também está integrado à escala CARS (*Childhood Autism Rating Scale*) (Schopler, 1988), que visa avaliar a presença do autismo e seu grau de severidade, conforme detalhado na seção 3.4.2. Ambos os cadastros são gerenciados por tabelas que permitem a edição ou exclusão de registros.

Para que seja possível o rastreamento dos movimentos oculares do paciente, o aplicativo disponibiliza uma funcionalidade para gerenciamento da Calibragem da câmera de vídeo em relação à distância do paciente. A seção 3.4.1 destaca como esse processo é realizado.

Outra funcionalidade é o gerenciamento de uma Sessão Clínica, onde um profissional pode criar uma sessão que será aplicada a um paciente. Escolhido um paciente, uma sessão pode ser customizada escolhendo um ambiente virtual tridimensional, avatares específicos e recursos visuais, proporcionando um contexto imersivo para a interação com o paciente. Com a sessão criada, esta pode ser executada, permitindo a captura e rastreio, em tempo real, dos movimentos oculares dos pacientes por meio de tecnologias de visão computacional. A seção 3.3 destaca essa funcionalidade.

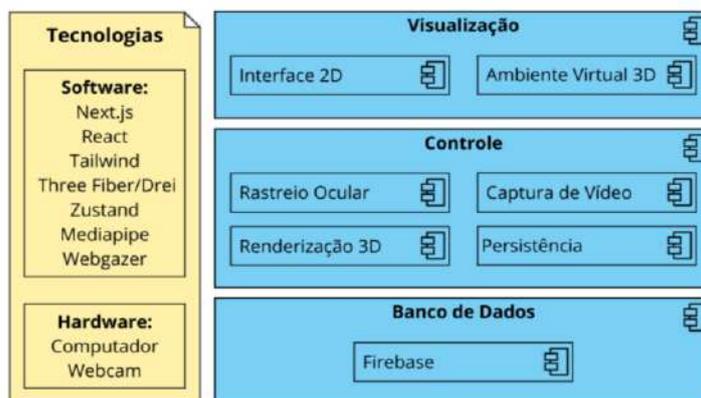
O aplicativo permite a exibição dos dados gerados durante uma sessão com o paciente, simplificando o acesso e a interpretação das informações obtidas. Por meio desta funcionalidade, o profissional pode simular as informações capturadas do rastreio dos movimentos oculares em um avatar virtual, facilitando a compreensão e garantindo uma abordagem holística para os usuários envolvidos no diagnóstico de pessoas com autismo. Além disso, é apresentado um gráfico Heatmap das áreas mais visualizadas pelo paciente. A seção 3.3 detalha essa funcionalidade.

3.2. Arquitetura SadiARV

A Figura 1 oferece uma visão detalhada da arquitetura do aplicativo SadiARV, destacando seus módulos principais que são estruturados com base nas bibliotecas e tecnologias específicas. Estes módulos fundamentais são:

- Módulo de Visualização: permite a interação do usuário com o aplicativo. Este módulo utiliza as bibliotecas Three/fiber e Three/drei (NPM, 2023) para criar interfaces 2D e ambientes virtuais 3D de forma integrada. Detalhes específicos sobre este módulo estão disponíveis na seção 3.3.
- Módulo de Controle: responsável pela gestão das funções essenciais do sistema, como execução, renderização e controle. Este Módulo é construído utilizando a biblioteca Zustand (2019) para o gerenciamento de estado. Além disso incorpora também as funcionalidades de Processamento de Imagem e Rastreamento de Olhos: com Mediapipe (Google, 2023), utilizado para realizar tarefas específicas de visão computacional, permitindo a análise de dados visuais e Webgazer (Papoutsaki, 2016) integrado para oferecer recursos avançados de rastreamento ocular baseados em JavaScript e modificado para capturar as previsões. Informações mais detalhadas sobre as capacidades deste módulo podem ser encontradas na seção 3.4.
- Módulo de Banco de Dados, é fundamental para a persistência e armazenamento de dados gerados pelos cadastros básicos e pelo sensor de batimento cardíaco. Essa funcionalidade é alcançada utilizando a biblioteca e Banco de Dados Firebase.

Figura 1. Arquitetura do aplicativo SadiARV.



Fonte: Os autores.

Tecnologias Utilizadas: A construção da interface, menus e ambientes virtuais do aplicativo SadiARV é realizada utilizando as bibliotecas Next.js (Vercel, 2016), React (Meta, 2013), e Tailwind (Wathan et al, 2017). A linguagem de programação TypeScript é empregada para adicionar tipos ao JavaScript, garantindo maior robustez ao código. Foi utilizado um computador Dell XPS 8920, Windows 10, processador Intel i7, 16GB de memória RAM, placa de vídeo NVIDIA GTX 1070 e SSD de 256GB, bem como uma Webcam Microsoft Lifecam Hd-5000.

3.3. Módulo de Visualização

Através da interface 2D, o aplicativo oferece funcionalidades para o cadastro de usuários (professores/monitores e pacientes), permitindo também a configuração de parâmetros do cenário para sessões de pacientes. Destaca-se ainda a presença de botões de ajuda em cada tela, proporcionando orientações sobre os componentes específicos e garantindo uma experiência intuitiva e acessível aos usuários. Além disso, a interface possibilita uma tela para visualização de representações com os dados capturados durante o rastreo. Nessa tela, um ambiente 3D permite uma observação mais detalhada do movimento ocular por meio de um avatar.

Na Figura 2a é ilustrada a interface de configuração dos parâmetros utilizados no cenário. Nessa interface é possível configurar uma sessão clínica selecionando um personagem entre duas opções (Gnomo ou Robô), uma escolha que é discutida detalhadamente na Seção 3.4.1. Além disso, o usuário pode definir o tempo em segundos que o cenário irá rodar, capturando dados durante esse período. Por fim, a interface permite a seleção do paciente associado a essa configuração específica. Essa abordagem proporciona uma personalização flexível e adaptável de acordo com as necessidades específicas de cada paciente e situação.

Figura 2. a) Interface para a configuração dos parâmetros;

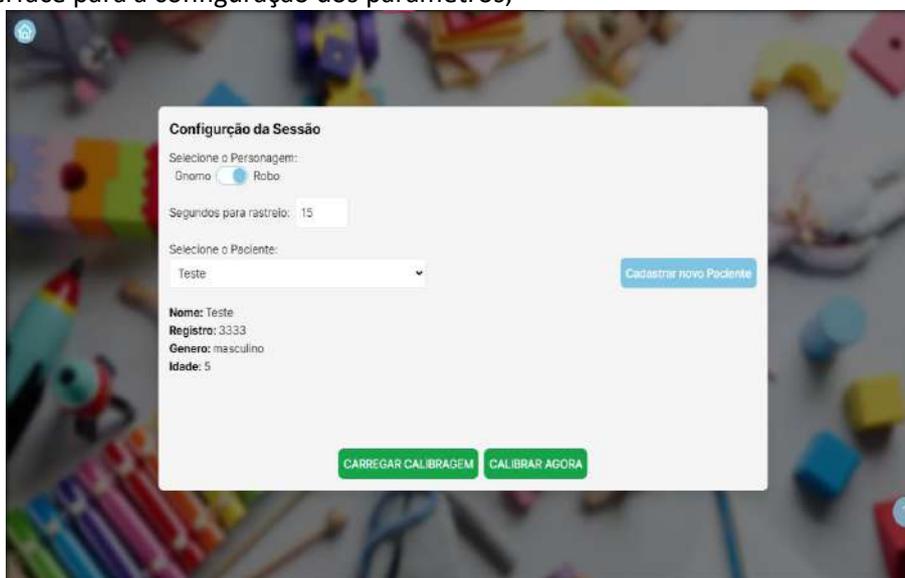
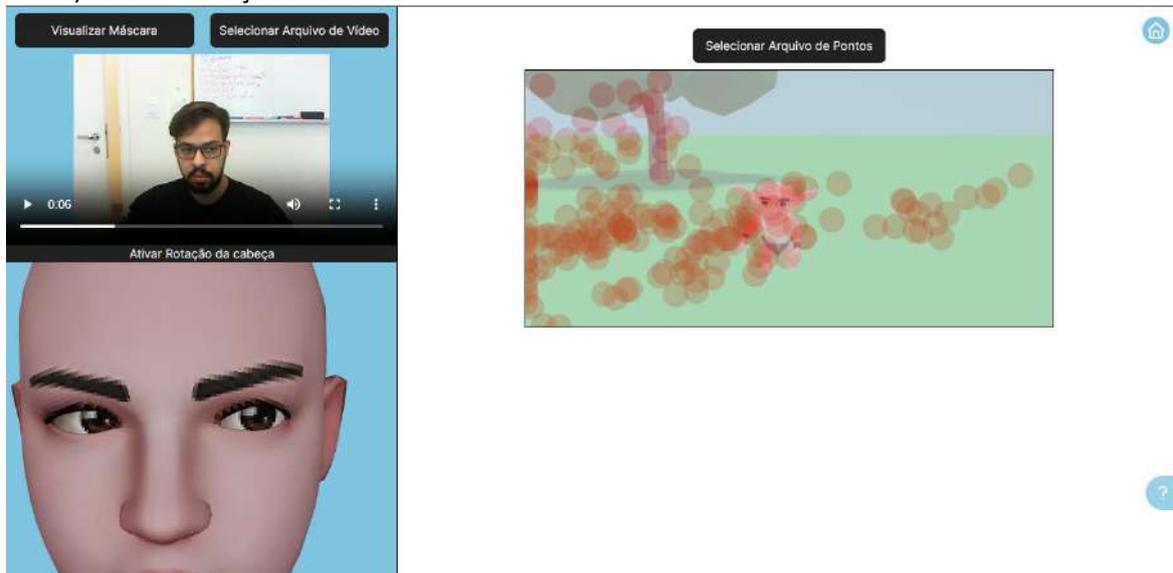


Figura 2. b) Tela de exibição dos resultados utilizando interfaces 2D e 3D.



Fonte: Os autores.

Na Figura 2b é destacado a tela de exibição dos resultados obtidos em uma sessão clínica, onde é possível visualizar o vídeo capturado durante o rastreamento, o avatar humano que simula o movimento ocular e um *Heatmap* que ilustra as áreas mais observadas pelo paciente, sobreposto ao ambiente virtual com o avatar utilizado na sessão, visando facilitar identificação dos locais onde o paciente estava olhando no momento.

3.4. Módulo de Controle

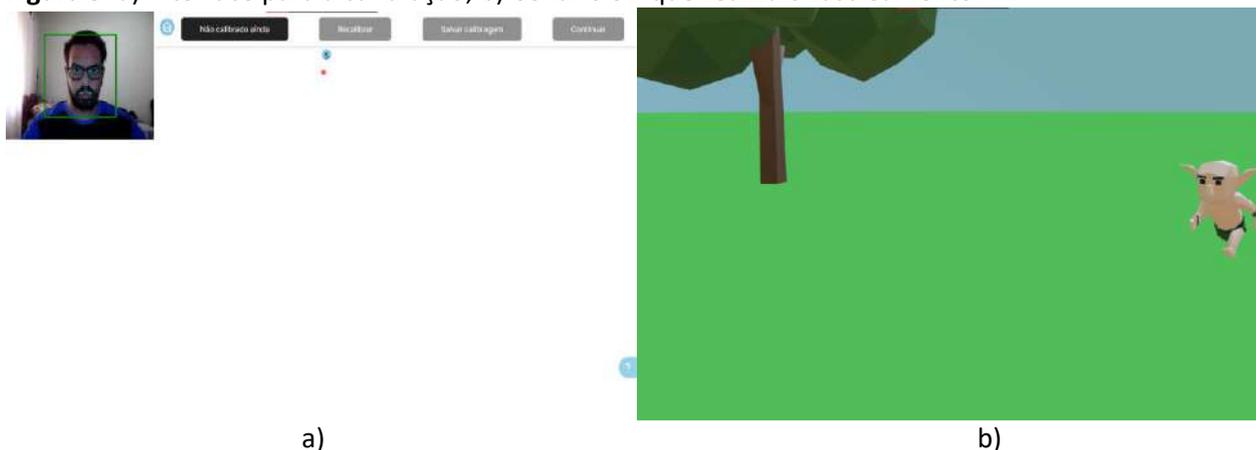
Através da biblioteca Zustand foi possível, eficientemente, criar e gerenciar os estados para controlar as funcionalidades do aplicativo em TypeScript e JavaScript. Isso inclui a capacidade de controlar a animação dos elementos renderizados, utilizando as bibliotecas Three fiber/drei, e assim, realizar a calibração e rastreamento do movimento ocular (seção 3.4.1). Além disso, o submódulo Escala CARS (seção 3.4.2) destaca a automação de uma ferramenta de avaliação adicional, simplificando o processo de avaliação de sintomas do espectro autista.

3.4.1. Rastreamento

O processo de rastreamento no aplicativo é conduzido pela biblioteca Webgazer, sendo controlado por funções em TypeScript e JavaScript. Esse procedimento é dividido em duas etapas distintas. Na primeira etapa, realiza-se a calibração para ajustar os cálculos de predição, considerando o setup montado e a distância física dos elementos (Figura 3a). A calibração é conduzida em uma tela onde são apresentados vários botões em diversos pontos da tela, exigindo que o profissional olhe para o botão e clique algumas vezes sobre ele para calibrar. Ao término, um cálculo de acurácia é realizado, sendo, o ideal, uma taxa de 70% ou mais. Caso não seja alcançado, a calibração pode ser refeita. Vale ressaltar que a qualidade da calibração pode variar de acordo com a qualidade da câmera utilizada, iluminação ambiente e outros fatores externos.

Na segunda etapa, uma sessão pode ser executada e o rastreamento efetivo é iniciado (Figura 3b). Durante o rastreamento, o cenário é reproduzido enquanto um vídeo do paciente é capturado, juntamente com a previsão dos pontos de interesse do movimento ocular. Vale ressaltar que um avatar específico está disponível no ambiente virtual e se move pelo cenário visando chamar a atenção do paciente. Além disso, a seleção dos tipos de avatares foi fundamentada em estudos como o de Kumazaki et al. (2018), onde este destaca o interesse de crianças com TEA por elementos menos sociais, ou seja, menos humanizados do que personagens humanos. Diante disso, optou-se pela utilização de avatares mais criaturescos, como gnomos ou robôs, alinhando-se com as preferências identificadas nesse contexto específico. Ao final da sessão, os resultados são salvos em dois arquivos, um em formato .mp4 (vídeo do paciente) e outro .json (dados do rastreio). Com a sessão finalizada é possível prosseguir para uma tela onde os resultados são apresentados (Figura 2b) ou iniciar um novo rastreamento.

Figura 3. a) Interface para a calibração; b) Cenário 3D que realiza o rastreamento.



Fonte: Os autores.

3.4.2. Escala CARS

Além dos rastreamentos visuais e captura do movimento ocular, o aplicativo SadiARV também implementa um formulário automatizado para a Escala CARS, apresentada na Figura 4, que é uma ferramenta amplamente reconhecida e utilizada na área de psiquiatria infantil, especificamente para avaliar transtornos do espectro autista (TEA). Desenvolvida por Schopler, Reichler e Renner (1988), a escala é projetada para auxiliar profissionais de saúde na avaliação comportamental de crianças suspeitas de terem autismo, abrangendo uma variedade de áreas, incluindo comportamento social, comunicação, reações sensoriais e padrões de comportamento. Ela fornece uma pontuação total que auxilia na classificação do nível de gravidade dos sintomas do autismo.

Figura 4. Formulário CARS.

Formulário de Escala CARS - Childhood Autism Rating Scale

1. RELAÇÕES PESSOAIS

(1) Nenhuma evidência de dificuldade ou anormalidade nas relações pessoais: O comportamento da criança é adequado à sua idade. Alguma timidez, nervosismo ou aborrecimento podem ser observados quando é dito à criança o que fazer, mas não em grau atípico.

(1.5) Meio termo entre 1 e 2.

Relações levemente anormais: A criança pode evitar olhar o adulto nos olhos, evitar o adulto ou ter uma reação exagerada se a interação é forçada, ser excessivamente tímido, não responder ao adulto como esperado ou agarrar-se ao pais um pouco mais que a maioria das crianças da mesma idade.

(2) Meio termo entre 1 e 2.

(2.5) Meio termo entre 2 e 3.

Relações moderadamente anormais: Às vezes, a criança demonstra indiferença (parece ignorar o adulto). Outras vezes, tentativas persistentes e vigorosas são necessárias para se conseguir a atenção da criança. O contato iniciado pela criança é mínimo.

(3) Meio termo entre 2 e 3.

(3.5) Meio termo entre 3 e 4.

Relações gravemente anormais: A criança está constantemente indiferente ou inconsciente ao que o adulto está fazendo. Ela quase nunca responde ou inicia contato com o adulto. Somente a tentativa mais persistente para atrair a atenção tem algum efeito.

(4) Meio termo entre 3 e 4.

2. IMITAÇÃO

(1) Imitação adequada: A criança pode imitar sons, palavras e movimentos, os quais são adequados para o seu nível de habilidade.

(1.5) Meio termo entre 1 e 2.

Fonte: Os autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta o teste de usabilidade e resultados obtidos na avaliação do SadiARV. A avaliação de usabilidade é uma abordagem crucial para examinar a interação entre usuários, tarefas, dispositivos e aplicativos no contexto do software. Dentre os diversos métodos disponíveis, optou-se por utilizar questionários nesta pesquisa. O questionário foi desenvolvido com o intuito de avaliar a usabilidade da aplicação em diversos aspectos e baseou-se na avaliação heurística proposta por Nielsen (1993), um método reconhecido pela inspeção de usabilidade com custos reduzidos. A abordagem desses autores, incluindo heurísticas que consideram design, facilidade de aprendizado e satisfação, foram incorporadas no

questionário. Além disso, foi empregado o Sistema de Escala de Usabilidade (SUS - *System Usability Scale*) proposto por Brooke (1995), destinado a avaliar a satisfação, eficácia e eficiência da aplicação. Ao término do teste, um questionário foi aplicado para qualificar e quantificar a usabilidade, utilizando uma escala Likert (1932) para as respostas, variando entre: 1 - discordo totalmente, 2 - discordo, 3 - não concordo nem discordo, 4 - concordo, 5 - concordo totalmente.

Para a avaliação, foi designada uma sala equipada com um setup para operar o SadiARV, composto por um notebook, uma televisão e uma webcam. Em uma introdução conduzida por um moderador, que durou aproximadamente 10 minutos, o tema da pesquisa foi apresentado e o método de avaliação foi explicado. Em seguida, durante cerca de 5 minutos, os cinco avaliadores envolvidos no projeto responderam ao pré-teste. Com idades variando entre 27 e 40 anos, de ambos os sexos e com níveis educacionais desde graduados até pós-graduados, esses avaliadores abordaram duas perguntas no pré-teste, expressando a importância do uso de sistemas computacionais, rastreamento ocular e realidade virtual para auxiliar no diagnóstico do autismo.

Após a conclusão do questionário de pré-teste, o moderador conduziu uma apresentação do SadiARV durante 15 minutos. Posteriormente, os avaliadores tiveram a oportunidade de experimentar as funcionalidades do sistema por 20 minutos utilizando o notebook. Após a interação com o sistema, todos os avaliadores responderam a um questionário de pós-teste, durante 5 minutos, composto por 15 questões (a Tabela 2 demonstra cada pergunta e sua heurística), cada uma com o mesmo peso.

Para apresentar os resultados obtidos, foram utilizadas a média das respostas por pergunta, o desvio padrão e o intervalo de confiança. A inclusão do desvio padrão visa expressar o grau de dispersão e uniformidade dos dados obtidos nas respostas, indicando o quão distantes as respostas estão da média calculada. Além disso, o intervalo de confiança foi avaliado como uma medida que abrange uma variedade de valores, contendo um parâmetro de uma amostra desconhecida. Esse parâmetro baseia-se na média populacional. Para calcular o intervalo de confiança, foram adotados os seguintes parâmetros: um nível de confiança de 95%, proporcionando uma média mais precisa e próxima da realidade, situando-se no meio da curva entre 90% e 99%, representando uma probabilidade de nível de confiança mais realista no espaço amostral. Além disso, o tamanho da amostra foi de 5 para as perguntas e 15 questões para a média geral. Com um nível de confiança de 95%, pode-se afirmar que, em 95% dos experimentos, o intervalo calculado incluirá o valor verdadeiro da média populacional.

Tabela 2. Questionário pós-teste, com as perguntas, médias, desvios padrão e intervalo de confiança

Questões e Heurística	Média Obtida	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
1. Para mim foi fácil entender como utilizar a aplicação e qual era o seu objetivo? <u>Heurística</u> : Facilidade de uso	5,0	0,00	[5,00; 5,00]
2. Quando existiam mensagens na aplicação, a linguagem era entendida facilmente? <u>Heurística</u> : Prevenção de erros	4,8	0,45	[4,41; 5,19]
3. A forma de interação, navegação e representação é compatível com o mundo real e/ou padronizados entre os usuários e outras aplicações. <u>Heurística</u> : Compatibilidade do sistema com o mundo real	4,4	0,55	[3,92; 4,88]
4. Em nenhum momento eu me senti perdido na aplicação, sem saber o que fazer. <u>Heurística</u> : Visibilidade do status do sistema	4,4	0,55	[3,92; 4,88]
5. O fato da interface possuir visualização 2D (menus, botões, cadastros, ajuda, etc) e elementos 3D (como avatar executando exercícios) não gera confusão ao usuário. <u>Heurística</u> : Flexibilidade e Eficiência de uso	4,4	0,89	[3,62; 5,18]
6. Os componentes (como botões de interação, menus, help, login, etc) foram posicionados de forma correta na aplicação. <u>Heurística</u> : Precisão	4,6	0,89	[3,82; 5,38]

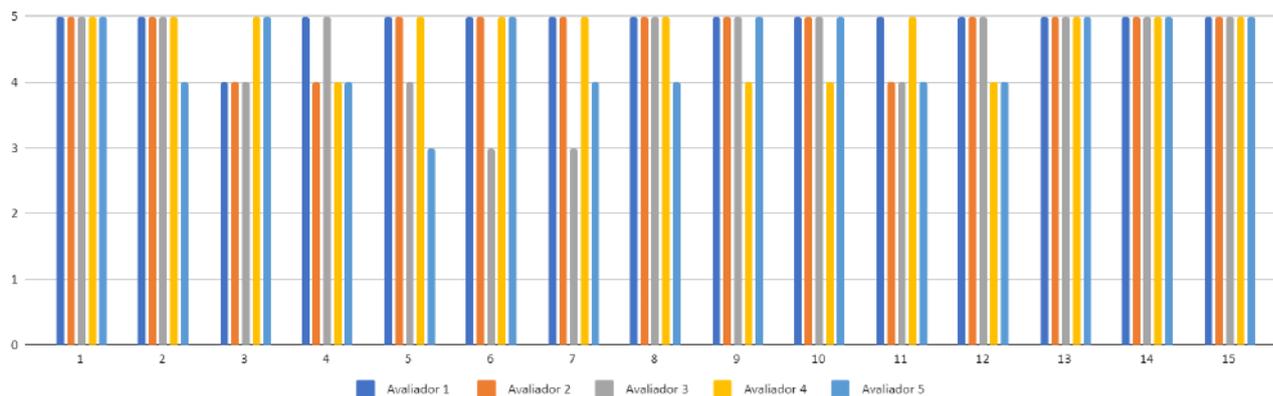
7. Eu sempre executava as mesmas ações para acionar as mesmas funcionalidades. <u>Heurística</u> : Consistência e padrões	4,4	0,89	[3,62; 5,18]
8. Somente me foi apresentado na interface informações apropriadas, sem poluição visual. <u>Heurística</u> : Estética e design minimalista	4,8	0,45	[4,41; 5,19]
9. O sistema disponibilizou um material de ajuda de uso (help). <u>Heurística</u> : Ajuda e Documentação	4,8	0,45	[4,41; 5,19]
10. A sessão de ajuda foi útil e fácil de entender? <u>Heurística</u> : Ajuda e Documentação	4,8	0,45	[4,41; 5,19]
11. O usuário tem liberdade/facilidade para navegar e interagir na aplicação como um todo. <u>Heurística</u> : Controle do usuário e liberdade	4,4	0,55	[3,92; 4,88]
12. A interface foi projetada de tal forma que o usuário consegue utilizar a aplicação de forma fácil, ou seja, exige pouco treinamento. <u>Heurística</u> : Reconhecimento ao invés de relembração	4,6	0,55	[4,12; 5,08]
13. Foi uma experiência bastante agradável utilizar a aplicação. <u>Heurística</u> : Satisfação	5,0	0,00	[5,00; 5,00]
14. Eu utilizaria novamente a aplicação, se fosse possível. <u>Heurística</u> : Satisfação	5,0	0,00	[5,00; 5,00]
15. As funcionalidades do sistema atenderam os requisitos especificados? <u>Heurística</u> : Satisfação	5,0	0,00	[5,00; 5,00]
Geral	4,69	0,44	[4,30; 5,08]

Fonte: Os autores.

A ferramenta alcançou uma média total de 4,69 (em uma escala de 0 a 5), indicando um resultado positivo. Os pontos que demandam maior atenção são as questões 3, 4, 5, 7 e 11, com as menores médias (4,4), abordando de maneira geral o controle e consistência dos elementos presentes na interface. No entanto, esses aspectos podem ser facilmente aprimorados por meio de ajustes no estilo e posicionamento dos mesmos. Por outro lado, de forma positiva, os itens 1, 13, 14 e 15 relacionados à Facilidade de Uso e Satisfação, receberam nota máxima de forma unânime. Esses resultados indicam um bom desempenho geral da ferramenta, com áreas específicas identificadas para melhorias pontuais.

A média do desvio padrão geral foi de 0,44, sobre uma média geral de 4,69, indicando um valor significativo, visto que, quanto mais próximo de 0,0, significa que este resultado é homogêneo, uniforme e próximo de uma situação real. Com isso foi obtido um intervalo de confiança de [4,30; 5,08] com margem de erro de $\pm 0,39$. Este intervalo de confiança médio, demonstra que a verdadeira média da população tem uma alta probabilidade de estar contida nesse intervalo. Em outras palavras, se repetirmos a amostragem e o cálculo do intervalo de confiança muitas vezes, a verdadeira média populacional deverá estar dentro desses limites na maior parte dessas ocasiões.

A Figura 5 apresenta as respostas de cada avaliador para cada questão do teste aplicado de usabilidade do SadiARV.

Figura 5. Respostas dos Avaliadores para Questões de 1 a 15

Fonte: Os autores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o SadiARV, uma aplicação em Realidade Virtual que disponibiliza ambientes virtuais tridimensionais personalizáveis para apoiar o processo de diagnóstico do transtorno do espectro autista, utilizando dados coletados por meio de rastreamento ocular. Esses ambientes são construídos com base em estudos que validam o movimento ocular como um possível marcador do TEA.

Os resultados obtidos indicam que a ferramenta atingiu seus objetivos, oferecendo uma solução simples, acessível e de fácil manuseio para programadores e profissionais da área, como médicos e psicólogos. A eficácia e eficiência da solução foram evidenciadas, sugerindo sua aplicabilidade em ambientes clínicos e com pacientes reais.

Para futuras pesquisas, é sugerido ampliar a variedade de cenários e opções de personalização na aplicação, proporcionando ambientes virtuais mais diversos e adaptáveis. A inclusão de outros formulários de avaliação, como ATA (Assumpção *et al.*, 1999) e M-CHAT (Losapio; Pondé, 2008), pode enriquecer as ferramentas diagnósticas. Adicionalmente, a expansão dos tipos de dados a serem coletados e o desenvolvimento de diferentes formas de exibição dos dados obtidos.

REFERÊNCIAS

ACM DIGITAL LIBRARY. **About the ACM Digital Library**. 2019. Disponível em: <https://dlnext.acm.org/about>. Acesso em: 13 mar. 2023.

AGÊNCIA BRASIL. **Aplicativo educacional ABC Autismo**. 1 nov. 2015. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/pesquisa-e-inovacao/noticia/2015-11/aplicativo-educacional-abc-autismo-tem-quase-40-mil-downloads>. Acesso em: 28 nov. 2022.

ALVES, J. H. R.; ARCANJO, F. P. N.; DOS SANTOS, M. D.; DE CARVALHO, C. S. C.; ARCANJO, C. C. Diagnosis of Autism Spectrum Disorders in Infants: A Review on Predictors, Early Markers, and Diagnostic Tests. **International Journal of Medical Reviews**, v. 8, n. 1, p. 32-44, 2021.

AMA - ASSOCIAÇÃO DE AMIGOS DO AUTISTA. **Diagnóstico e características clínicas**, 2022. Disponível em: <https://www.ama.org.br/site/autismo/diagnostico/>. Acesso em: 28 out. 2022.

ANDREOU, G.; RAXIONI, K. Language development, reading and word learning in Autism Spectrum Disorder (ASD): a review on eye tracking studies. **International Journal of Developmental Disabilities**, v. 70, n. 1, p. 2–19, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/20473869.2021.2024404>.

APA. **Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders**. (DSM-V). 5. ed. Arlington, VA: American Psychiatric Association, 2013.

ASSUMPÇÃO JR., F. B.; KUCZYNSKI, E.; GABRIEL, M. R.; ROCCA, C. C. Escala de avaliação de traços autísticos (ATA): validade e confiabilidade de uma escala para a detecção de condutas artísticas. **Arquivos de Neuro-psiquiatria**, v. 57, n. 1, p. 23–29, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0004-282X1999000100005>

BROOKE, J. **SUS**: A “quick and dirty” usability scale. *Usability Eval. Ind.*, 189, 1995. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228593520_SUS_A_quick_and_dirty_usability_scale. Acesso em: 02 dez. 2023.

BVS, BIREME/OPAS/OMS. **Portal do Modelo da BVS**. Disponível em: <http://bvsmodelo.bvsalud.org/>. Acesso em: 10 mar. 2023.

CAPES. **Quem somos**. 2023. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php/sobre/quem-somos.html>. Acesso em: 19 mar. 2023.

CUNHA, R. **Software AieLlo para crianças com autismo**. 2015. Disponível em: <https://especiaismentos.com.br/2015/06/02/jogo-ajuda-na-educacao-de-criancas-com/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

CZAJECZNY, D.; JAROSZKIEWICZ, A.; DAROSZEWSKI, P.; KOPCZYŃSKI, P.; WARCHOŁ-BIEDERMANN, K.; PIGŁOWSKA, A.; SAMBORSKI, W.; WÓJCIAK, R. W.; MOJS, E. Application of Eye-tracking in research on the theory of mind in ASD. **European review for medical and pharmacological sciences**, v. 26, n. 4, p. 1364–1373, 2022.

DE VRIES, L.; FOUQUAET, I.; BOETS, B.; NAULAERS, G.; STEYAERT, J. Autism spectrum disorder and pupillometry: A systematic review and meta-analysis. **Neuroscience and biobehavioral reviews**, v. 120, p. 479–508, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.09.032>.

FREEMAN, D.; REEVE, S.; ROBINSON, A.; EHLERS, A.; CLARK, D.; SPANLANG, B.; SLATER, M. Realidade virtual na avaliação, compreensão e tratamento de transtornos de saúde mental. **Medicina Psicológica**, v. 47, n. 14, p. 2393–2400, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/S003329171700040X>.

GOOD-KARMA-APPLICATIONS. **First Then About**. 2010. Disponível em: <https://www.goodkarmaapplications.com/first-then-visual-schedule.html>. Acesso em: 28 nov. 2022.

GOOGLE. **Face landmark detection guide**, 4 out. 2023. Disponível em: https://developers.google.com/mediapipe/solutions/vision/face_landmarker. Acesso em: 8 dez. 2023.

GOOGLE. **Sobre o Google Acadêmico**. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/intl/pt-BR/scholar/about.html>. Acesso em: 19 mar. 2023.

HOWARD, P. L.; ZHANG, L.; BENSON, V. What Can Eye Movements Tell Us about Subtle Cognitive Processing Differences in Autism?. *Vision (Basel, Switzerland)*, v. 3, n. 2, p. 22, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/vision3020022>.

IBGE. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IEEE. **About IEEE Xplore**. 2019.. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplorehelp/#/overview-of-ieee-xplore/about-ieee-xplore>. Acesso em: 13 mar. 2023

JADE-AUTISM. **Jade Autism Sobre**. 2018. Santa Lucia, Vitória, ES. Disponível em: <https://jadeautism.com/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

KITCHENHAM, B.; BRERETON, O. P.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; BAILEY, J.; LINKMAN S. Systematic literature reviews in software engineering - a systematic literature review. **Inf. Softw. Technol.**, Butterworth-Heinemann, v. 51, n. 1, p. 7–15, jan. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>.

KUMAZAKI, H.; YOSHIKAWA, Y.; YOSHIMURA, Y.; IKEDA, T.; HASEGAWA, C.; SAITO, D. N.; TOMIYAMA, S.; AN, K.-M.; SHIMAYA, J.; ISHIGURO, H.; MATSUMOTO, Y.; MINABE, Y.; KIKUCHI, M. The impact of robotic intervention on joint attention in children with autism spectrum disorders. **Molecular Autism**, v. 9, p. 46, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13229-018-0230-8>.

LASKOWITZ, S.; GRIFFIN, J. W.; GEIER, C. F.; SCHERF, K. S. Cracking the Code of Live Human Social Interactions in Autism: A Review of the Eye-Tracking Literature. **Proceedings of machine learning research**, v. 173, p. 242–264, 2021.

LIKERT, R. **A Technique for the Measurement of Attitudes**, no. No 136-165 in A Technique for the Measurement of Attitudes, publisher not identified, 1932. Disponível em <https://books.google.com.br/books?id=9rotAAAAYAAJ>. Acesso em: 10 nov. 2023.

LIN, Y.; GU, Y.; XU, Y.; HOU, S.; DING, R.; NI, S. Autistic spectrum traits detection and early screening: A machine learning based eye movement study. **Journal of child and adolescent psychiatric nursing**, v. 35, n. 1, p. 83–92, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcap.12346>.

LOSAPIO, M. F.; PONDÉ, M. P. Tradução para o português da escala M-CHAT para rastreamento precoce de autismo. **Revista de Psiquiatria do Rio Grande do Sul**, v. 30, n. 3, p. 221–229, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-81082008000400011>

MALIHI, M.; NGUYEN, J.; CARDY, R. E.; ELDON, S.; PETTA, C.; KUSHKI, A. Short report: Evaluating the safety and usability of head-mounted virtual reality compared to monitor-displayed video for children with autism spectrum disorder. **Autism: the international journal of research and practice**, v. 24, n. 7, p. 1924–1929, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/1362361320934214>.

MARTINS, Y. **Softwares para o auxílio diagnóstico e de educação inclusiva. TEA no Dia a Dia**. 19 ago. 2022. Disponível em: <https://autismoerealidade.org.br/2022/08/19/softwares-para-o-auxilio-diagnostico-e-de-educacao-inclusiva/>. Acesso em: 30 out. 2022.

META. **React: The library for web and native user interfaces**, 2013. Disponível em: <https://react.dev/>. Acesso em: 6 dez. 2023.

NAYAR, K.; SHIC, F.; WINSTON, M.; LOSH, M. A constellation of eye-tracking measures reveals social attention differences in ASD and the broad autism phenotype. **Molecular autism**, v. 13, n. 1, p. 18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13229-022-00490-w>.

NEUROSABER. **Autismo: Como é a dificuldade no contato visual**. 12 fev. 2021, Londrina-PR. Disponível em: <https://institutoneurosaber.com.br/autismo-como-e-a-dificuldade-no-contato-visual/>. Acesso em: 30 out. 2022.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. Cambridge, MA: Academic Press, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-052029-2.50007-3>

NPM. **@react-three/drei**, 2023. Disponível em: <https://www.npmjs.com/package/@react-three/drei>. Acesso em: 6 dez. 2023.

NPM. **@react-three/fiber**, 2023. Disponível em: <https://www.npmjs.com/package/@react-three/fiber>. Acesso em: 6 dez. 2023.

- OLIVEIRA, C. **Um retrato do autismo no Brasil**. Espaço aberto, USP, ed. 170, 2016. Disponível em: <http://www.usp.br/espacoaberto/?materia=um-retrato-do-autismo-no-brasil>. Acesso em: 28 out. 2022.
- OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Newsroom. Autism, World Health Organization**. Newsroom, 30 March 2022 Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>. Acesso em: 16 out. 2022.
- OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. **Transtorno do espectro autista**. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/transtorno-do-espectro-autista>. Acesso em: 28 out. 2022.
- PAPOUTSAKI, A.; GOKASLAN, A.; DE SMET, I.; KOO, X.; TOMPKIN, J.; HUANG, J., **Webgazer.js: Democratizing Webcam Eye Tracking on the Browser**. 2016. Disponível em: <https://webgazer.cs.brown.edu/>. Acesso em: 8 dez. 2023.
- PICTOTEA. **PictoTEA Utilizando la tecnología para la inclusión de personas con TEA**. Buenos Aires, 2017. Disponível em: <https://infopspecs.wixsite.com/app-pictotea>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- PUBMED, NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE (EUA). **PubMed Overview**, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/about/>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- PUTNAM, O. C.; SASSON, N.; PARISH-MORRIS, J.; HARROP, C. Effects of social complexity and gender on social and non-social attention in male and female autistic children: A comparison of four eye-tracking paradigms. **Autism research : official journal of the International Society for Autism Research**, v. 16, n. 2, p. 315–326, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/aur.2851>.
- ROBLES, M.; NAMDARIAN, N.; OTTO, J.; WASSILJEV, E.; NAVAB, N.; FALTER-WAGNER, C.; ROTH, D. A Virtual Reality Based System for the Screening and Classification of Autism. **IEEE transactions on visualization and computer graphics**, v. 28, n. 5, p. 2168–2178, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2022.3150489>
- SCIELO. **About SciELO Data**, 6 set. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.org/en/about-scielo/scielo-data-en/about-scielo-data/>. Acesso em: 19 mar. 2023.
- SCIENCEDIRECT Inc., **Explore scientific, technical, and medical research on ScienceDirect**. 2004. Disponível em: www.sciencedirect.com. Acesso em: 13 mar. 2023.
- SHIC, F.; NAPLES, A. J.; BARNEY, E. C.; CHANG, S. A.; LI, B. The autism biomarkers consortium for clinical trials: evaluation of a battery of candidate eye-tracking biomarkers for use in autism clinical trials. **Molecular autism**, v. 13, n. 1, p. 15, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13229-021-00482-2>.
- SCHOPLER, E.; REICHLER, R.; RENNER, B. R. **The Childhood Autism Rating Scale (CARS)**. 10th ed. Los Angeles, CA: Western Psychological Services, 1988.
- TAKAPY-DIGITAL-ART. **Projeto AUTS**, 2019. Disponível em: <http://eusouauts.com/>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- VACAS RUIZ, J. **Early Differential Diagnosis in Infant Population with Neurodevelopmental Disorders. Psychophysiological Markers Based on Eye Tracking Methodology**. 2022. Tese (Doutorado) – Universidade de Cordoba, Cordoba, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10396/22668>. Acesso em: 6 dez. 2023.
- VERCEL. **Next.js: The React Framework for the Web**, 2016. Disponível em: <https://nextjs.org/>. Acesso em: 6 dez. 2023.

WATHAN, A.; REININK, J.; HEMPHILL, D.; SCHOGER, S. **Tailwind: Rapidly build modern websites without ever leaving your HTML**. 2017. Disponível em: <https://tailwindcss.com/>. Acesso em: 6 dez. 2023.

WEN, T. H.; CHENG, A.; ANDREASON, C.; ZAHIRI, J.; XIAO, Y.; XU, R.; BAO, B.; COURCHESNE, E.; BARNES, C. C.; ARIAS, S. J.; PIERCE, K. Large scale validation of an early-age eye-tracking biomarker of an autism spectrum disorder subtype. **Scientific reports**, v. 12, n. 1, p. 4253, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08102-6>.

YANEVA, V.; HA, L. A.; ERASLAN, S.; YESILADA, Y.; MITKOV, R. Detecting High-Functioning Autism in Adults Using Eye Tracking and Machine Learning. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, v. 28, n. 6, p. 1254–1261, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2020.2991675>.

ZEIDAN, J.; FOMBONNE, E.; SCORAH, J.; IBRAHIM, A.; DURKIN, M. S.; SAXENA, S.; YUSUF, A.; SHIH, A.; ELSABBAGH, M. Global prevalence of autism: A systematic review update. **Official journal of the International Society for Autism Research, Autism Research**, v. 15, n. 5, p. 778-790, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/aur.2696>

ZHAO, Z.; TANG, H.; ZHANG, X.; QU, X.; HU, X.; LU, J. Classification of Children With Autism and Typical Development Using Eye-Tracking Data From Face-to-Face Conversations: Machine Learning Model Development and Performance Evaluation. **Journal of medical Internet research**, v. 23, n. 8, p. e29328, 2021. DOI: <https://doi.org/10.2196/29328>.

ZUSTAND. **Zustand Documentation**, 2019. Disponível em: <https://docs.pmnd.rs/zustand/getting-started/introduction>. Acesso em: 6 dez. 2023.