

Design e internet das coisas para o TEA: caminhos, desafios e perspectivas de inclusão

Rogério Lopes Vieira Cesar

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Iguatu
<http://lattes.cnpq.br/6675597084597927>
rogerio.cesar@ifce.edu.br

Ariel Barbosa Gonçalves

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/5120544338567227>
leirapsic@gmail.com

Rita Aparecida da Conceição Ribeiro

Universidade do Estado de Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/5074309517644166>
rita.ribeiro@uemg.br

Resumo

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma condição do neurodesenvolvimento que compromete a comunicação e a interação social, acarretando desafios significativos para os indivíduos afetados e suas famílias. Com o avanço das tecnologias, especialmente da Internet das Coisas (IoT), novas oportunidades têm surgido para o desenvolvimento de soluções voltadas à melhoria da qualidade de vida dessas pessoas. Este estudo tem como objetivo explorar a aplicação da IoT enquanto ferramenta de suporte para indivíduos com TEA, destacando a relevância do design centrado no usuário. A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão narrativa da literatura, abrangendo três bases de dados (*PubMed*, *IEEE Xplorer* e *ScienceDirect*) e considerando publicações no período de 2014 a 2024. Após uma busca criteriosa, foram selecionados nove estudos relevantes que abordam a integração da IoT no contexto do TEA. Os resultados evidenciam uma variedade de aplicações, que buscam facilitar a comunicação, promover a autonomia e aprimorar a interação social de pessoas com autismo. Este estudo, além de identificar lacunas existentes na produção científica atual, aponta direções para pesquisas futuras voltadas ao desenvolvimento de tecnologias assistivas que respondam às demandas específicas desse público, enfatizando a necessidade de um design inclusivo e adaptativo.

Palavras-chave

Transtorno do Espectro Autista; Internet das Coisas; Tecnologias Assistivas;

Design and Internet of Things for ASD: Approaches, Challenges, and Perspectives on Inclusion

Abstract

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a neurodevelopmental condition that compromises communication and social interaction, leading to significant challenges for affected individuals and their families. With technological advancements, particularly the Internet of Things (IoT), new opportunities have emerged for the development of solutions aimed at improving the quality of life of this population. This study aims to explore the application of IoT as a support tool for individuals with ASD, highlighting the relevance of user-centered design. A narrative literature review was conducted, covering three databases (PubMed, IEEE Xplorer, and ScienceDirect) and including publications from 2014 to 2024. After a rigorous search process, nine relevant studies addressing the integration of IoT in the context of ASD were selected. The results reveal a variety of applications that seek to facilitate communication, promote autonomy, and enhance social interaction among individuals with autism. In addition to identifying gaps in the current scientific literature, this study points to future research directions for the development of assistive technologies that address the specific needs of this population, emphasizing the importance of inclusive and adaptive design.

Keywords

Keywords: Autism Spectrum Disorder; Internet of Things; Assistive Technologies.

1 Introdução e contextualização

Os avanços tecnológicos, especialmente na área de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), têm despertado o interesse da academia e da indústria para investigação e aplicação desses conhecimentos nos mais diversos setores da sociedade, incluindo a saúde e a qualidade de vida. Nesse contexto, destacam-se as Tecnologias Assistivas, cuja notoriedade advém principalmente da promoção da acessibilidade, o qual se torna elemento fundamental para o acesso equitativo à informação, a responsabilidade social e a inclusão digital (LI et al., 2015).

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é descrito como uma condição do neurodesenvolvimento caracterizada por alterações na comunicação e na interação social, padrões comportamentais repetitivos e restritos, além de elevada carga de resposta sensorial — hiper ou hipo reatividade (PARELLADA et al., 2023). A manifestação do TEA varia de indivíduo para indivíduo, afetando desde capacidades cognitivas (incluindo deficiências intelectuais até superdotação) e habilidades de comunicação típica, podendo ainda ser acompanhada de comorbidades médicas e de saúde mental. Tais condições acarretam dificuldades no ambiente acadêmico, de atenção, ansiedade, hiperatividade, dificuldades emocionais, impulsividade e variações de humor (OCHOA-LUBINOFF et al., 2023).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que, em todo o mundo, uma em cada 100 pessoas está dentro do espectro do autismo; no Brasil, essa estimativa é de uma para cada 160 pessoas (DE SOUZA FREIRE; NOGUEIRA, 2023).

No cenário atual, as tecnologias emergentes têm destacado a Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things* – IoT) como uma alternativa promissora de apoio a pessoas com autismo. Esse paradigma baseia-se na conexão física entre diferentes dispositivos para atingir objetivos específicos, por meio da coleta e processamento de dados por sensores e atuadores. Tal característica tem transformado aspectos fundamentais da vida cotidiana, desde tarefas simples, como controlar uma cafeteira elétrica, até o monitoramento da saúde de pessoas acamadas. Com a popularização dos dispositivos conectados, a IoT é frequentemente entendida como uma síntese de comunicação inteligente entre pessoas e coisas (YAMINI et al., 2024).

Ao explorar tais tecnologias, torna-se essencial considerar o papel do design, entendido como uma atividade de projeto que exige a integração de diferentes áreas do conhecimento (VIEIRA; PACHECO, 2016). Conforme a World Design Organization (WDO), o design consiste em um processo estratégico de resolução de problemas, impulsionado pela inovação, voltado à construção de produtos, sistemas, serviços e experiências que promovam a qualidade de vida (WDO, 2024).

Diante desse cenário, é imprescindível que as propostas de soluções tecnológicas inovadoras adotem o indivíduo com autismo como foco central do processo de design, levando em conta suas características, necessidades e limitações específicas. À medida que a tecnologia se torna cada vez mais presente no cotidiano dessas pessoas, intensifica-se a necessidade de abordagens que resultem em produtos eficientes e eficazes direcionados a esse público.

A abordagem que orienta o desenvolvimento de soluções a partir da adaptação do produto às necessidades e características dos usuários, e não o contrário, é conhecida como Design Centrado no Usuário (DCU) (DE SOUZA; SAVI, 2015). Essa perspectiva busca criar produtos mais úteis, relevantes e acessíveis, colocando o usuário no centro de todo o processo de concepção e desenvolvimento.

No contexto da Internet das Coisas, pesquisas ressaltam a importância dessa perspectiva. Por exemplo, estudos com tecnologias vestíveis para crianças com TEA destacam o valor da observação direta em campo e da aplicação de métodos de design centrado no humano (HCD), capazes de converter percepções reais em oportunidades de inovação tecnológica (WICK et al., 2020).

Ao aplicar o DCU no desenvolvimento de soluções em IoT, as tecnologias são configuradas de acordo com as rotinas e preferências dos usuários, resultando em sistemas mais adequados às suas realidades. O estudo de Rodrigues e Fortes (2019) aponta que a adoção de design universal e centrado no usuário no desenvolvimento de protótipos IoT permite identificar problemas de interação que diretrizes convencionais de acessibilidade não capturam.

O panorama de utilização da IoT tem ampliado as possibilidades do design inclusivo, especialmente quando aliado a outras tecnologias emergentes, como inteligência artificial, realidade virtual e realidade aumentada, que podem ser utilizadas para acomodar diferentes habilidades. Em aplicações práticas, Rodrigues e Fortes (2019) também desenvolvem protótipos de IoT para ambientes de saúde com foco em interfaces acessíveis, tornando-os mais proativos e interativos.

Assim, o presente estudo tem como objetivo explorar e sistematizar criticamente as abordagens de design discutidas na literatura, bem como analisar os processos envolvidos no desenvolvimento de aplicações em IoT voltadas para o suporte a indivíduos com autismo. Para tanto, busca-se responder à seguinte questão: **quais direcionamentos e características relacionadas ao design, no contexto dessas soluções, são abordadas pela literatura?**

A estrutura deste artigo está organizada em quatro seções: O primeiro com a parte introdutória, relacionando tema, justificativa, objetivos e questões de pesquisa; a segunda descreve a metodologia adotada nesta pesquisa; o terceiro apresenta os resultados e a discussões sobre os mesmos; e, finalmente, o quarto traz as considerações e sugestões para trabalhos futuros.

2 Metodologia

O presente trabalho consiste em uma revisão da literatura cujo objetivo principal é sintetizar, de forma narrativa e sistematizada, o conhecimento sobre o processo de design aplicado ao desenvolvimento de sistemas baseados em IoT para o apoio a usuários com autismo, com base em publicações científicas. Dessa forma, busca-se identificar lacunas nos estudos analisados, consolidar o conhecimento sobre a temática e apontar novas direções para pesquisas futuras (MARSH et al., 2024).

Considerando a inexistência de prerrogativas formalmente reconhecidas para a elaboração de revisões desse tipo, foram adotadas boas práticas e recomendações que incluem a definição de critérios claros de inclusão e exclusão de estudos, bem como uma avaliação crítica dos artigos selecionados (FERRARI, 2015). Foram analisados os objetivos, as ferramentas tecnológicas empregadas no desenvolvimento dos sistemas, as abordagens de design, os principais resultados, as limitações e as conclusões.

Tendo em vista o contexto e os objetivos da revisão, optou-se por limitar as buscas a três bases de dados, a saber: *PubMed*¹, direcionada a pesquisas nas áreas de ciências da saúde e biomedicina; *IEEE Xplorer*², voltada à engenharia elétrica, ciência da computação e tecnologia da informação; e *ScienceDirect*³, que abrange estudos multidisciplinares. Inicialmente, foram selecionados trabalhos publicados entre 2014 e 2024, redigidos nos idiomas inglês e português.

Como estratégia de busca para a base *PubMed*, foram utilizados os descritores IoT e TEA, seguindo a metodologia de estudos de casos e controles proposta pela Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), resultando em 11 produções. Para os repositórios *IEEE Xplorer* e *ScienceDirect*, foi empregada a seguinte *string* de busca: “(IoT OR ‘Internet of Things’) AND (Autism OR ‘Autism Spectrum Disorder’ OR ASD) AND (Design OR Usability OR Accessibility OR Personalization)”. Além disso, os estudos

¹ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

² <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

³ <https://www.sciencedirect.com/>

foram filtrados quanto ao tipo (artigos de pesquisa, diretrizes de práticas, publicações de softwares e outros) e também por áreas temáticas (Ciência da Computação, Engenharia, Ciências Sociais, Psicologia e Neurociência). Os resultados encontrados totalizaram 28 estudos para a *IEEE Xplorer* e 284 para a *ScienceDirect*. Entre os resultados iniciais, 40 estudos foram identificados em duplicidade.

Após leitura criteriosa dos títulos e resumos dos trabalhos, nove estudos foram selecionados. Considerando o recorte temático, foram incluídos seis artigos da *IEEE Xplorer*, dois da *ScienceDirect* e um da *PubMed*, conforme sintetizado abaixo na Figura 1. Todo o processo de importação e seleção dos estudos foi realizado por meio da plataforma *Parsifal*⁴.

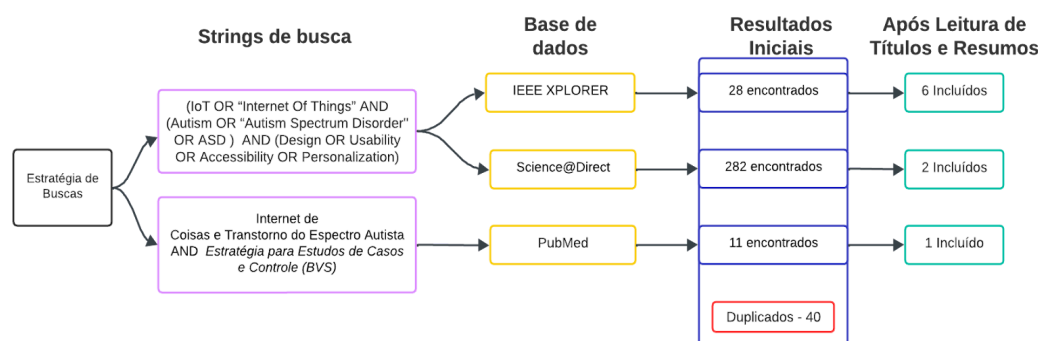


Figura 1: Fluxo da estratégia de busca.

Fonte: Próprio Autor.

Após a leitura detalhada dos artigos, procedeu-se à extração de atributos e características pertinentes aos objetivos da pesquisa. Para tal, foram sumarizadas as ferramentas tecnológicas utilizadas (protocolos de comunicação, sensores, equipamentos, softwares, etc.), o procedimento metodológico referente ao design do produto, o contexto de aplicação, os principais resultados, os desafios encontrados, bem como as conclusões e direcionamentos futuros, que serão discutidos nos resultados a seguir.

Do ponto de vista ético, o parecer do Comitê de Ética em Pesquisa não se faz necessário para este estudo, uma vez que não houve envolvimento direto de pessoas ou instituições. Todas as fontes de pesquisa utilizadas foram devidamente citadas, assegurando o devido reconhecimento aos autores dos artigos incluídos nesta revisão bibliográfica.

3 Resultados e Discussões

Os trabalhos selecionados apresentam uma ampla variedade de aplicações e abordagens no uso do conceito de IoT para o suporte a pessoas com autismo. O Quadro 1 apresenta as particularidades de cada artigo, destacando seus objetivos e principais conclusões.

⁴ <https://parsif.al/>

Quadro 1: Fluxo da estratégia de busca.

Fonte: Fonte Própria.

Título/Autor	Objetivos	Conclusões
<i>Personalized Learning Materials for Children With Special Needs Using Machine Learning</i> (Banik et al. 2015)	Apresentar pesquisa que utilize aprendizado de máquina para oferecer materiais para aprendizagem personalizados a crianças com necessidades especiais, melhorando sua experiência e desenvolvimento educacional.	Os algoritmos de aprendizado de máquina são eficazes na identificação do nível de aprendizagem de crianças com necessidades especiais, permitindo a personalização dos materiais de estudos ajustados.
<i>IoT-Support Systems for Parents With ADHD and Autism</i> (Einarson et al. 2016)	Examinar de que maneira a IoT pode auxiliar no cotidiano de pessoas com TDAH (Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade) e autismo.	O projeto demonstrou que criar sistemas de suporte baseados em IoT para pais de crianças com TDAH e autismo é viável e essencial, destacando a importância de atender às necessidades dos usuários e utilizando protótipos como validação para desenvolver soluções eficazes e impulsionar novas pesquisas na área.
<i>IoT Based Assistive Companion for Hypersensitive Individuals (ACHI) With Autism Spectrum Disorder</i> (Khullar et al. 2019)	Apresentar uma intervenção assistiva que ajude a lidar com as reações sensoriais excessivas em indivíduos hipersensíveis com TEA.	O sistema se mostrou eficaz na identificação e controle de gatilhos de sobrecarga sensorial, ajudando a reduzir incidentes de hiperatividade e meltdowns de maneira segura e econômica.
<i>A Support System for Autistic Children Using Internet of Things Technology</i> (Abdullah and AL-Allaf 2021)	Desenvolver um sistema de suporte baseado em tecnologia IoT para crianças com TEA, integrando uma variedade de sensores conectados para facilitar a comunicação com supervisores e pais.	A utilização de IoT para tocar música para crianças autistas durante episódios de hipersensibilidade se mostrou eficiente.

Quadro 1: Fluxo da estratégia de busca.
(Continuação)

Título/Autor	Objetivos	Conclusões
<i>Internet of Things (IoT)-Enhanced Applied Behavior Analysis (ABA) for Special Education Needs</i> (Wong et al. 2021)	Apresentar como as tecnologias IoT podem ser aplicadas para aprimorar a terapia de Análise Comportamental Aplicada (ABA) em ambientes de educação especial.	O sistema produzido se mostrou capaz de desenvolver habilidades e promover mudanças comportamentais, conectando dados de sensores IoT com resultados de aprendizado, integrando também professores e família.
<i>A Cloud Based Novel Framework for Addressing Repetitive Behavior in Autistic Individuals</i> (Alhalabi et al. 2022)	Desenvolver um aplicativo que utilize dispositivos vestíveis e uma plataforma em nuvem para monitorar comportamentos repetitivos em pacientes com TEA, proporcionando feedback em tempo real para intervenções eficazes.	O framework proposto pode melhorar a detecção de comportamentos repetitivos em TEA, facilitando intervenções e promovendo a inclusão social.
<i>Care-In-A-Cup: A Solution to Tend to the Needs of Autistic and Differently Abled Women</i> (khasnis2022care)	Apresentar uma metodologia eficaz para melhorar a saúde menstrual de mulheres autistas que possam melhorar a atenção adequada à sua saúde menstrual.	Se mostrou uma solução inovadora essencial para melhorar a saúde menstrual de mulheres autistas e com deficiência, promovendo autonomia, prevenindo complicações de saúde e destacando a necessidade de mais pesquisas sobre suas experiências.
<i>Autoy: Adaptive and Reconfigurable IoT Toy for Autistic Children</i> (Miranda et al. 2023)	Apoiar o aprendizado de crianças autistas por meio de um brinquedo que automatiza exercícios, permitindo que os profissionais analisem o progresso e a continuidade do tratamento realizado em casa pelos cuidadores.	O projeto desenvolveu um sistema para auxiliar no tratamento de crianças com transtorno do espectro autista, visando tornar o tratamento ABA mais eficaz e consistente no ambiente doméstico, além de melhorar o feedback sobre o desempenho da criança.

Quadro 1: Fluxo da estratégia de busca.
(Continuação)

Título/Autor	Objetivos	Conclusões
<i>Miniature Crane Prototype: A Novel Approach for Recognizing Yoga Postures to Treat Autistic Children</i> (Subramanian et al. 2023)	Ajudar crianças autistas a melhorar suas habilidades mentais e sociais através do yoga .	O protótipo produzido oferece um design atraente, com mobilidade e formato de brinquedo, que ajuda a prender a atenção das crianças, promovendo um aprendizado positivo e demonstrando ser seguro.

3.1 Ferramentas Tecnológicas

De forma geral, as tecnologias identificadas caracterizam-se pelo uso de computação em nuvem, o que possibilita o gerenciamento remoto das informações via internet; microcontroladores de dimensões reduzidas, capazes de processar os dados recebidos pelos sensores e atuar conforme a necessidade da aplicação; e Inteligência Artificial, por meio de algoritmos de aprendizagem de máquina, que permitem a inferência de informações a partir de grandes volumes de dados.

Um dispositivo vestível é apresentado por Alhalabi et al. (2022) como ferramenta capaz de identificar e monitorar comportamentos repetitivos em pessoas com autismo, por meio de sensores como acelerômetro, giroscópio, sensores de temperatura, de pulso e GPS (Global Positioning System).

No trabalho de Khullar et al. (2019), são utilizados um sensor de gás para monitoramento da qualidade do ar, uma câmera VGA para aferição da intensidade luminosa, um acelerômetro de três eixos para detecção de movimentos táteis e um microfone para mensuração da intensidade do som ambiente. A integração desses dados é gerenciada por meio do microcontrolador *Arduino UNO*, que se comunica com um computador *Raspberry Pi*, responsável pelo processamento e gerenciamento do sistema. Além disso, um servidor IoT é integrado à arquitetura, permitindo a coleta, o armazenamento e o gerenciamento dos dados de maneira eficiente, seja na nuvem ou na borda da rede, o que garante acessibilidade em tempo real e suporte contínuo às necessidades dos usuários.

O estudo apresentado por Abdullah e Al-Allaf (2021) descreve a utilização de uma variedade diversificada de sensores, incluindo sensores de som, luz, gás e chama, além de um acelerômetro de três eixos, para monitoramento das condições ambientais. Para a implementação do sistema, foi utilizado o microcontrolador *Particle Photon*, que oferece conectividade *Wi-Fi* integrada e facilidade na prototipagem de projetos em IoT. A integração com a plataforma *Blynk* permite a criação de aplicativos utilizando a nuvem, por meio de tecnologia *low code* ou programação em blocos.

No projeto desenvolvido por Khasnis et al. (2022), são empregados sensores de força, temperatura e condutividade para monitorar e detectar o preenchimento de um coletor menstrual, bem como para a medição da densidade do líquido. Esses sensores estão conectados a um microcontrolador *ESP32*, responsável pela coleta de dados e comunicação com um aplicativo móvel.

A implementação do sistema *Autoy*, proposta por Miranda et al. (2023), envolve um dispositivo físico composto por um módulo de controle (*ESP-32*), que executa a programação dos exercícios e armazena dados localmente. Além disso, o módulo de leitura de cartões utiliza a tecnologia RFID para registrar as respostas das crianças durante a atividade. A conexão entre o dispositivo físico e o aplicativo de smartphone é realizada por meio de *Bluetooth Low Energy*. O aplicativo foi desenvolvido

como uma PWA (*Progressive Web Application*), garantindo rapidez e responsividade ao sincronizar os dados com o banco de dados na nuvem, possibilitando que terapeutas acompanhem o progresso dos pacientes.

A proposta de pesquisa de Wong et al. (2021) utiliza a pulseira *Empatica E4*, que monitora dados fisiológicos como frequência cardíaca e atividade elétrica, para personalizar o tratamento com base nas respostas emocionais dos alunos. Sensores ambientais, como medidores de temperatura, umidade e CO₂, monitoram as condições adequadas para processos de aprendizagem, enquanto câmeras são empregadas para identificar emoções. Além disso, foi desenvolvida uma plataforma computacional para interface com pais e educadores, proporcionando acesso a dados de desempenho e sugestões de intervenções personalizadas.

O modelo apresentado por Subramanian et al. (2023), em termos de equipamentos, utiliza uma câmera para capturar movimentos e uma tela LCD para exibir instruções. No *software*, é empregado um modelo de aprendizagem profunda *AlexNet* para reconhecer posturas de ioga, por meio de algoritmos de processamento de imagem.

Os protótipos descritos por Einarson et al. (2016) têm como objetivo gerenciar o estresse e organizar a vida diária. O primeiro é um sistema de detecção de estresse que utiliza um smartwatch para medir a frequência cardíaca e enviar os dados a um smartphone via *Bluetooth*. O smartphone também serve como *hub* central para coletar e armazenar informações sobre o estado emocional do usuário. O segundo é um dispositivo de calendário que conecta o equipamento a eventos, utilizando tecnologia RFID para rastrear itens essenciais que o usuário deve carregar.

As tecnologias utilizadas no trabalho de Banik et al. (2015) combinam técnicas de mineração de dados e algoritmos de aprendizado de máquina para identificar as necessidades das crianças e fornecer informações relevantes. Para isso, é utilizada uma rede de sensores que captura dados em tempo real. As especificações dos sensores, entretanto, não são detalhadas pelos autores.

3.2 Abordagens de Design

As seções a seguir apresentam as características relativas aos atributos das soluções propostas pelos autores dos trabalhos selecionados, bem como aspectos específicos das abordagens de design utilizadas e descritas em cada estudo.

3.2.1 Contexto de Aplicação

As características observadas em indivíduos dentro do espectro autista são diversas. A aplicação de tecnologias de IoT para o desenvolvimento de produtos é identificada em três áreas principais: educação, rotina e saúde/qualidade de vida. A Figura 2 apresenta um gráfico com a distribuição percentual dos trabalhos selecionados.

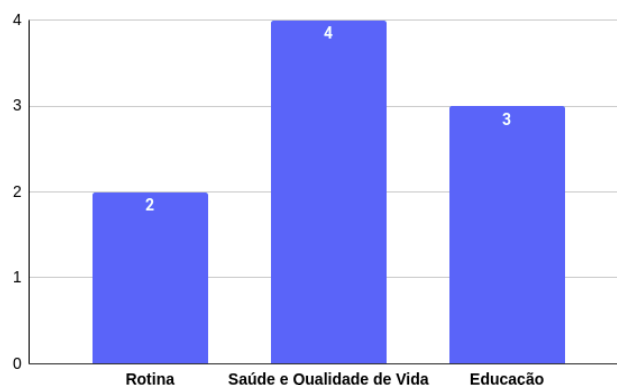


Figura 1: Fluxo da estratégia de busca.
Fonte: Próprio Autor.

3.2.2 Perspectivas de UX, Acessibilidade e Usabilidade

Apesar de todos os trabalhos analisados apresentarem soluções que visam atender às necessidades de pessoas com autismo ou facilitar o acompanhamento por profissionais e pela rede de apoio, de modo geral, os elementos de acessibilidade e usabilidade identificados envolvem feedback em tempo real, interfaces gráficas ou táteis, design centrado no usuário (pacientes, professores, cuidadores, familiares) e personalização.

Os estudos reconhecem que o fator tempo é um requisito importante; assim, as soluções devem incorporar características que possibilitem *feedback* imediato. No protótipo projetado por Subramanian et al. (2023), há captura das ações e comportamentos das crianças por meio de uma câmera, que analisa as posturas de ioga praticadas, fornecendo *feedback* contínuo. No protótipo de coletor menstrual proposto por Khasnis et al. (2022), os dados coletados pelos sensores são analisados por algoritmos, com exibição dos resultados em painel em tempo real e geração de notificações de alerta quando o coletor está cheio ou há irregularidades. O modelo de *feedback* em tempo real também é observado em Abdullah e Al-Allaf (2021), cujo sistema permite a detecção de comportamentos repetitivos (maneirismos), auxiliando terapeutas na compreensão mais aprofundada desses padrões. Em Khullar et al. (2019), o feedback em tempo real ocorre tanto por meio de alertas automáticos enviados aos cuidadores quanto por recursos audiovisuais, otimizando intervenções durante episódios de sobrecarga sensorial em indivíduos com autismo.

Com relação à interação com o usuário, destaca-se a presença de botões (Alhalabi et al., 2022) e visores LCD (Einarson et al., 2016; Subramanian et al., 2023) nos equipamentos. Khullar et al. (2019) enfatiza a importância do desenvolvimento de interfaces gráficas como forma de melhorar a interação tanto para as pessoas com autismo quanto para seus acompanhantes.

O estudo de Miranda et al. (2023) utiliza, como inspiração, o brinquedo conhecido como “Escada de Jacó” ou “traca-traca” como elemento de acessibilidade, possibilitando que crianças ajam de forma intuitiva e interajam de maneira lúdica e tangível ao realizar exercícios. O uso do *smartphone* concentra-se nos terapeutas (Miranda et al., 2023), cuidadores (Khullar et al., 2019) e familiares (Abdullah e Al-Allaf, 2021), que, por meio de interfaces *web* e aplicativos móveis, podem acompanhar a evolução das crianças.

Dispositivos vestíveis também são apresentados como solução para apoiar pessoas com autismo. Alhalabi et al. (2022) ressaltam que tais dispositivos devem ser simples e não interferir nas atividades diárias dos pacientes, possibilitando o uso em suas rotinas. Abdullah e Al-Allaf (2021) destacam a

praticidade como fundamental, citando o desenvolvimento de um dispositivo vestível que pode ser transportado em uma pequena bolsa pela criança com autismo. Khasnis et al. (2022), por sua vez, enfatizam a importância do conforto, confirmando que designs para saúde menstrual devem ser indolores para que os usuários possam usufruir dos benefícios do dispositivo sem restrições. Em suma, aspectos como conforto e praticidade são essenciais para atender às necessidades desse público quando utilizadas essas tecnologias.

A personalização é um aspecto recorrente nas abordagens de design analisadas. Miranda et al. (2023) destacam que, no brinquedo desenvolvido, os terapeutas podem modificar as imagens dos cartões de exercício, adaptando o sistema às necessidades específicas de cada criança e garantindo maior relevância nas intervenções. Em Wong et al. (2021), a personalização ocorre por meio de ambientes de aprendizagem centrados no estudante e de planos de terapia individualizados, garantindo suporte adequado às características de cada aluno. No trabalho de Subramanian et al. (2023), a partir da captura das ações do usuário, são geradas orientações personalizadas, permitindo que o sistema se ajuste ao nível de habilidade de cada criança, proporcionando uma experiência direcionada e eficaz. Por fim, Banik et al. (2015) descrevem a geração de materiais de aprendizado alinhados ao nível e às necessidades individuais, reforçando a ideia de que um design adaptativo não apenas melhora a usabilidade e a eficácia das intervenções, mas também proporciona um aprendizado mais significativo e engajador.

3.3 Cenários e Desafios Encontrados

Os artigos analisados evidenciam desafios sociotécnicos a serem superados para a implementação das soluções propostas. Em relação à coleta e análise de dados, observa-se que os dados provenientes dos sensores apresentam desafios no campo da privacidade e segurança, aspectos intrínsecos à abordagem de IoT, além de questões relacionadas à eficiência e sensibilidade dos sensores (MIRANDA et al., 2023; ABDULLAH; AL-ALLAF, 2021) e à diversidade dos dados, que pode dificultar o processamento das informações (BANIK et al., 2015).

Outro ponto importante refere-se aos custos envolvidos na produção e manutenção das soluções. A inclusão efetiva deve considerar o investimento necessário para a produção dos dispositivos e a manutenção de elementos essenciais para o funcionamento das aplicações, como plataformas em nuvem, fatores que podem elevar o custo final do produto.

No que se refere à comunicação, todos os estudos ressaltam a multidisciplinaridade das soluções como elemento-chave, o que pode dificultar a comunicação, a participação e a colaboração entre os diversos profissionais envolvidos durante o desenvolvimento dos projetos.

A aceitação por parte dos usuários é apontada como fator determinante para a adoção dessas tecnologias. Dispositivos vestíveis, por exemplo, podem ser percebidos como intrusivos ou desconfortáveis (ALHALABI et al., 2022; ABDULLAH; AL-ALLAF, 2021). Questões relacionadas à estética e ao conforto devem ser cuidadosamente avaliadas. Além disso, é fundamental que a rede de apoio, formada por familiares, cuidadores e profissionais, compreenda e aceite o funcionamento dos dispositivos para garantir a eficácia das soluções (WONG et al., 2021).

A sustentabilidade das soluções também merece destaque, uma vez que o desenvolvimento de tecnologias deve contemplar a necessidade de manutenção e atualização ao longo do tempo, bem como considerações sobre a escolha e o descarte adequado dos materiais utilizados.

O desafio da personalização é recorrente, pois, diante da ampla diversidade de características entre indivíduos com autismo, a possibilidade de adaptar as soluções às necessidades específicas de cada usuário demanda tecnologias flexíveis e adaptáveis (BANIK et al., 2015).

Em relação aos testes e à validação, observa-se que poucos estudos realizaram a validação dos sistemas em ambientes reais, o que pode deixar de revelar limitações que só se manifestariam fora de ambientes controlados.

Por fim, destaca-se que poucos trabalhos abordam questões específicas relacionadas ao público autista adulto, levando em consideração suas particularidades. O desenvolvimento de produtos direcionados a essa população representa uma lacuna e uma oportunidade para estudos futuros.

4 Considerações Finais

Tecnologias como a IoT têm potencial para auxiliar a vida de pessoas com autismo, oferecendo soluções capazes de melhorar a comunicação, a interação social e a qualidade de vida. Este artigo revisou a literatura existente sobre o desenvolvimento de aplicações de IoT voltadas ao suporte de indivíduos com autismo, destacando a importância das práticas e características de design abordadas, sempre considerando as necessidades específicas desse público.

Os principais desafios identificados incluem questões sociotécnicas, como a coleta e análise de dados, os custos de implementação, a comunicação entre as partes envolvidas no desenvolvimento das tecnologias e a aceitação por parte dos usuários. Parte dessa aceitação depende da possibilidade de personalização das soluções, adaptando-se às características dos usuários. Além disso, a multidisciplinaridade e a participação efetiva das equipes de desenvolvimento são essenciais para criar soluções eficazes e acessíveis.

Em relação às implicações práticas deste estudo, ressalta-se que, para que as tecnologias de IoT sejam adequadas, é fundamental que os desenvolvedores trabalhem em colaboração com profissionais da saúde, educadores e, principalmente, com as próprias pessoas com autismo e suas famílias. Essa abordagem colaborativa pode levar à criação de produtos que não apenas atendam às necessidades funcionais, mas que também sejam esteticamente agradáveis e confortáveis para os usuários.

Por fim, para trabalhos futuros, verifica-se a necessidade de aprofundar a investigação sobre as experiências dos usuários do público-alvo deste estudo com as tecnologias de IoT, bem como explorar novas abordagens de design que possam facilitar a inclusão e a acessibilidade, considerando, especialmente, soluções tecnológicas viáveis para o apoio a pessoas adultas com autismo.

REFERENCIAS

ABDULLAH, Adnan; AL-ALLAF, Jumana. Internet of Things for Autism Spectrum Disorder: A Survey. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 12, n. 2, p. 482-488, 2021. Disponível em: https://thesai.org/Downloads/Volume12No2/Paper_61-Internet_of_Things_for_Autism_Spectrum_Disorder.pdf. Acesso em: 9 jul. 2025.

ALHALABI, B.; ALHALABI, M.; MAAROOF, A. Design and Implementation of a Wearable Device for Autism Repetitive Behaviors Monitoring. **Sensors**, v. 22, n. 16, p. 6195, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/16/6195>. Acesso em: 9 jul. 2025.

BANIK, P.; GHOSH, S.; DAS, D. Autism Spectrum Disorder and Internet of Things: A Case Study Based Approach. **Procedia Computer Science**, v. 54, p. 284-291, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915010460>. Acesso em: 9 jul. 2025.

DE SOUZA, Caroline Battistello Cavalheiro; SAVI, Rafael. Design centrado no usuário e o projeto de soluções educacionais. **Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial-ISSN-1983-1838**, p. 33-52, 2015.

DE SOUZA FREIRE, Nathália; NOGUEIRA, Maria Goretti David. O Autismo no Brasil: desafios para inclusão. **Cadernos de Educação**, v. 22, n. 2, p. 201-217, 2023. Disponível em: <https://www.seer.ufu.br/index.php/cpce/article/view/67694>. Acesso em: 9 jul. 2025.

EINARSON, P.; SHARMA, V.; WANG, C.; KULKARNI, K. IoT Based Stress Detection and Smart Calendar for Autism Spectrum Disorder. **Procedia Computer Science**, v. 96, p. 1395-1403, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916320144>. Acesso em: 9 jul. 2025.

FERRARI, Rosely. Writing narrative style literature reviews. **Medical Writing**, v. 24, n. 4, p. 230-235, 2015. Disponível em: <https://journal.emwa.org/writing-better/Writing-narrative-style-literature-reviews.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2025.

KHASNIS, A.; JHA, S.; KULKARNI, P.; VARTAK, P. IoT Based Smart Menstrual Collection and Monitoring Device. **Materials Today: Proceedings**, v. 60, p. 283-288, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322023572>. Acesso em: 9 jul. 2025.

KHULLAR, V.; SHARMA, R.; MEHTA, A.; MISHRA, P. IoT Based Assistive Technology for Children with Autism. **2019 IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN)**, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9033774>. Acesso em: 9 jul. 2025.

MIRANDA, L. B.; RISO, E. A.; BARROS, E. N.; CALEGARIO, F. Autoy: Adaptive and Reconfigurable IoT Toy for Autistic Children. In: **2023 15th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON)**, São Paulo: IEEE, 2023. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10347699>. Acesso em: 9 jul. 2025.

PARELLADA, Mara; et al. The Autism Spectrum: A Review of Clinical Features and Diagnosis. **Frontiers in Psychiatry**, v. 14, p. 1225, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyt.2023.1225/full>. Acesso em: 9 jul. 2025.

RODRIGUES, Sandra Souza; FORTES, Renata Pontin de Mattos. Uma revisão sobre acessibilidade no desenvolvimento de Internet das Coisas: oportunidades e tendências. **Revista de Sistemas e Computação-RSC**, v. 9, n. 1, 2019

SUBRAMANIAN, A.; SUKUMAR, R.; KUMAR, S. Design and Development of Yoga Trainer for Autism Spectrum Disorder Using Deep Learning. **Journal of Medical Systems**, v. 47, n. 2, p. 22, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-023-01833-9>. Acesso em: 9 jul. 2025.

WICK, Carla Feder et al. Requisitos para projetos de computação vestível para crianças autistas com base no Design Centrado no Humano. **Human Factors in Design**, v. 9, n. 17, p. 122-136, 2020

WONG, S. W. L.; LAM, C.; LI, C. Application of Internet of Things (IoT) and Wearable Technology for Children with Autism Spectrum Disorder: A Case Study. **Sensors**, v. 21, n. 7, p. 2412, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/7/2412>. Acesso em: 9 jul. 2025.