



## ***UX/UI baseada em IA para Crianças com TEA como Apoio ao Aprendizado e à Elaboração de Planos de Ensino***

William Conceição <sup>1</sup>, Marcelo Morandini <sup>1</sup>



<https://doi.org/10.36557/2009-3578.2025v11n2p1649-1687>

Artigo recebido em 15 de Julho e publicado em 25 de Agosto de 2025

### ***Artigo Original***

#### **RESUMO**

Esta pesquisa tem como objetivo principal analisar de que forma os elementos multimídia utilizados em aplicações educacionais digitais podem ser incorporados e adaptados aos planos de ensino voltados para crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA), com o intuito de favorecer a melhoria de seus processos de aprendizagem. O estudo parte da análise das concepções sobre o uso de tecnologias na educação inclusiva, investigando como os recursos digitais podem ser empregados estrategicamente para estimular maior engajamento e satisfação por parte dos usuários finais. Para alcançar esse propósito, foram coletados dados por meio de um survey aplicado a usuários proxy, professores que atuam diretamente com crianças com TEA e que observaram suas reações durante o uso de diferentes ferramentas educacionais digitais. No que diz respeito ao aspecto teórico-metodológico, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, com abordagem qualitativa e caráter exploratório. A análise dos dados foi conduzida a partir da técnica de Análise de Correspondência Simples (ANACOR), uma abordagem de inteligência artificial não supervisionada voltada para variáveis categóricas. Os resultados obtidos indicam associações estatisticamente relevantes entre certos elementos multimídia e as respostas comportamentais observadas, sugerindo que essas interações seguem padrões específicos, e não ocorrem de maneira aleatória. Além disso, os mapas perceptuais e de calor utilizados reforçaram visualmente essas relações estatísticas. Conclui-se que a customização dos elementos multimídia pode exercer um papel significativo na promoção da eficácia do ensino para crianças com TEA, favorecendo práticas pedagógicas mais inclusivas e eficientes.

**Palavras-chave:** Transtorno do Espectro Autista. Multimídia Educacional. Análise de Correspondência. Inteligência Artificial. Tecnologia Assistiva.



# AI-Based UX/UI for Children with ASD to Support Learning and Teaching Plan Development

## ABSTRACT

The main objective of this research is to analyze how multimedia elements used in digital educational applications can be incorporated and adapted into teaching plans for children with Autism Spectrum Disorder (ASD), with the aim of improving their learning processes. The study begins by analyzing concepts regarding the use of technologies in inclusive education, investigating how digital resources can be strategically employed to encourage greater engagement and satisfaction among end users. To achieve this goal, data were collected through a survey administered to proxy users, teachers who work directly with children with ASD and observed their reactions while using different digital educational tools. Regarding the theoretical and methodological aspect, this is a bibliographic study with a qualitative approach and exploratory character. Data analysis was conducted using Simple Correspondence Analysis (ANACOR), an unsupervised artificial intelligence approach focused on categorical variables. The results indicate statistically significant associations between certain multimedia elements and the observed behavioral responses, suggesting that these interactions follow specific patterns and do not occur randomly. Furthermore, the perceptual and heat maps used visually reinforced these statistical relationships. It is concluded that the customization of multimedia elements can play a significant role in promoting the effectiveness of teaching children with ASD, favoring more inclusive and efficient pedagogical practices.

**Keywords:** Autism Spectrum Disorder. Educational Multimedia. Correspondence Analysis. Artificial Intelligence. Assistive Technology.

Instituição afiliada – EACH (USP Leste) Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo

Autor correspondente: William Conceição [willtotal1990@hotmail.com](mailto:willtotal1990@hotmail.com)

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os fundamentos da Interação Humano-Computador<sup>1</sup> (IHC) têm ganhado destaque na criação e no aprimoramento de sistemas interativos voltados para pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Esse cenário evidencia uma limitação nas diretrizes tradicionais de usabilidade, que se mostram inadequadas para o desenvolvimento de interfaces realmente funcionais em aplicações digitais voltadas a públicos com necessidades específicas. Diante desta premissa, percebe-se que se ampliam os desafios para os docentes na elaboração de atividades adaptadas para discentes dentro do espectro autista, já que isso se intensifica devido às particularidades e ao ambiente dinâmico dessas aplicações digitais, o que exige um cuidado especial no *design* da interface do usuário (*User Interface – UI*).

Dessa forma, observa-se como relevante que o desenvolvimento dessas aplicações considere aspectos de usabilidade, com foco especial nas demandas de crianças com autismo, a fim de promover avanços em suas habilidades sociais, comunicativas e cognitivas, colaborando na elaboração do plano de ensino. No âmbito do autismo, as aplicações que incorporam recursos multimídia têm se revelado ferramentas valiosas. Elementos visuais, sonoros e interativos são pensados para apoiar o desenvolvimento de crianças autistas, facilitando a aprendizagem de competências emocionais, sociais e cognitivas de forma mais acessível e estimulante.

O TEA impacta aproximadamente 60 milhões de indivíduos globalmente, incluindo diagnósticos como o 'Autismo' e a 'Síndrome de Asperger'. Apesar de algumas comunidades, como o Movimento pelos Direitos do Autismo, enxergarem o TEA não como um transtorno, mas como uma expressão da diversidade natural do cérebro humano, conhecida como 'neurodiversidade', ainda assim, o TEA costuma representar um desafio significativo para pais, familiares e amigos (Spiel; Frauenberger; Keyes; Fitzpatrick, 2019).

Recentemente, a ascensão da tecnologia revolucionou profundamente a

---

<sup>1</sup> A Interação Humano-Computador (IHC) é uma área multidisciplinar que estuda a interação entre pessoas e computadores. O objetivo é criar interfaces intuitivas, eficientes e agradáveis de se usar.



maneira como as pessoas se comunicam, aprendem, trabalham, passam seu tempo livre e interagem socialmente. A chegada de dispositivos como *tablets* e *smartphones*, como o *iPad*, trouxe consigo novas e cruciais ferramentas de comunicação. No entanto, esse avanço rápido também teve um impacto significativo na vida cotidiana das pessoas com deficiência (Keefe-Cooperman, 2016). Diversas funcionalidades e progressos na computação integrada aos dispositivos trazem benefícios para várias áreas.

Devido à crescente oferta das aplicações destinadas a crianças autistas, é crucial examinar o design da *UI* para atender às necessidades específicas dessas crianças. As crianças autistas, reconhecidas como aprendizes visuais, demonstram uma resposta excepcional à interação visual durante o processo de aprendizagem (Khowaja e Salim, 2015). É plausível se afirmar que a personalização dos elementos multimídias em aplicativos pode atender às necessidades individuais de cada criança, garantindo uma experiência mais inclusiva e eficaz. Assim, a pesquisa em IHC desempenha um papel crucial na criação de aplicativos adaptativos e eficazes para crianças com autismo, contribuindo para melhorar sua qualidade de vida e oportunidades de aprendizado.

O estudo em Britto e Pizzolato (2018), indica que existe uma falta de recursos que orientem os profissionais de Tecnologia da Informação (TI) no planejamento e implementação de soluções computacionais de hipermídia adaptadas às necessidades de pessoas com TEA. Existem muitos *websites* e aplicativos educacionais para pessoas com TEA, mas ainda não sabemos quais soluções de *design* de interação e interface foram consideradas no desenvolvimento desses recursos e por quê. Desconhecemos as barreiras de interação ponderadas e quais estratégias destes *designs* são mais eficazes. Muitas soluções computacionais para melhorar as habilidades de pessoas com TEA vêm de artigos científicos, que podem ter acesso restrito, linguagem complexa para profissionais da indústria, ou falta de aplicabilidade prática. Esses fatores dificultam que projetistas de *softwares* conheçam o desenvolvimento de soluções acessíveis para pessoas com deficiências cognitivas.

Dessa forma, busca-se por intermédio do estudo fornecer diretrizes que orientem os usuários *proxy*, como professores e cuidadores, no planejamento e na seleção de aplicações educacionais inclusivas adaptadas às especificidades de crianças com TEA. Além disso, intui-se promover maior engajamento e satisfação dos alunos por



meio de soluções que atendam às suas necessidades individuais, contribuindo para um ambiente educacional mais inclusivo e eficaz.

Diante da crescente inserção de debates a respeito do uso da Inteligência Artificial (IA) no cotidiano educacional e da convivência com uma geração que já nasceu inserida nesse contexto axiológico social, surgiu a questão norteadora de pesquisa: de que maneira os elementos multimídia, assim como áudio, botões e menus, em aplicações educacionais podem ser adaptados junto ao plano de ensino de crianças com TEA para melhorar seus processos formativos?

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho é contextualizar de que maneira os elementos multimídia em aplicações educacionais podem ser adaptados junto ao plano de ensino de crianças com TEA para melhorar seus processos formativos. Por conseguinte, os objetivos específicos são: i) apresentar as concepções sobre a tecnologia e sua relação junto aos processos formativos; ii) coletar dados a partir de *survey* com os usuários *proxy* considerando as observações durante o uso de aplicações educacionais digitais por crianças com TEA, verificando se existe associação entre estas especificidades e os elementos multimídias das aplicações em geral, utilizando inteligência artificial não supervisionada com Análise de Correspondência Simples (ANACOR), e; iii) apresentar os resultados obtidos buscando orientar e auxiliar o cotidiano dos usuários *proxy* no planejamento e seleção de aplicações, promovendo engajamento e satisfação dos usuários finais.

Do ponto de vista teórico-metodológico, a pesquisa se compõe por duas abordagens complementares: uma parte teórica, com uma pesquisa bibliográfica, de caráter exploratório e outra empírica a partir de *survey* com análise qualitativa. Como marco regulatório aborda-se a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei n.º 9.394 de 1996, que ao tratar da educação especial, estabelece que essa modalidade de ensino deve atender aos estudantes que possuem deficiência, transtornos globais do desenvolvimento ou altas habilidades/superdotação. A legislação orienta que o atendimento educacional a esses alunos deve ocorrer, preferencialmente, no contexto da rede regular de ensino, promovendo a inclusão escolar e garantindo que todos tenham acesso à aprendizagem e à convivência no mesmo ambiente educacional. Assim, a LDB reforça o compromisso com uma educação inclusiva, equitativa e que respeita as



diferenças individuais no processo de ensino-aprendizagem (Brasil, 1996).

A Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (PNE, 2008) entende a educação inclusiva como um paradigma fundamentado nos direitos humanos, que valoriza simultaneamente a igualdade e o respeito às diferenças. De acordo com esse documento, é essencial que todos os estudantes — com ou sem deficiência — tenham garantido o acesso, a participação e a aprendizagem no ensino regular, assegurando um sistema educacional inclusivo que reconheça e responda à diversidade presente nas escolas (PNE, Brasil, 2008).

O artigo foi organizado de forma estruturada e sequencial, iniciando-se pela Introdução, na qual se apresentou o tema da pesquisa, seus objetivos e a justificativa para sua realização. Em seguida, na seção de Metodologia, foram descritos os métodos adotados, bem como os procedimentos para a coleta e análise dos dados. A Fundamentação Teórica contemplou três eixos: as especificidades de crianças com TEA, os princípios da interação homem-computador e *UX/UI*, e os fundamentos da ANACOR, oferecendo a base conceitual que sustentou a pesquisa. No Desenvolvimento da Pesquisa, relatou-se o contexto da unidade escolar (UE) polo de Atendimento Educacional Especializado (AEE) no município de Barueri, a pesquisa exploratória realizada, além da estruturação e pré-processamento dos dados coletados. A seção de Resultados e Conclusões apresentou os achados do estudo, com destaque para as tabelas de contingência, os resultados da associação entre variáveis categóricas com o teste  $\chi^2$  e a análise de resíduos, bem como a visualização dos dados por meio de mapas de calor e mapas perceptuais. Por fim, nas Considerações Finais, foram discutidas as implicações dos resultados, as limitações da pesquisa e sugestões para estudos futuros, e a seção de Referências Bibliográficas reuniu as obras consultadas para embasar teoricamente o estudo.

## **METODOLOGIA**

O estudo, de caráter exploratório e de natureza qualitativa, emprega uma abordagem metodológica composta por duas dimensões interligadas: uma abordagem teórica, voltada para o embasamento conceitual e analítico do tema e uma abordagem empírica, direcionada à coleta e à análise de dados obtidos diretamente com os



participantes da investigação. A etapa teórica consistiu em uma pesquisa bibliográfica e documental, com o objetivo de fundamentar conceitualmente o estudo, discutindo autores e legislações pertinentes à temática abordada. Já a parte empírica envolveu a coleta de dados por meio da aplicação de questionários (*survey*), realização de grupos focais e observações sistemáticas no ambiente investigado. Essas técnicas foram utilizadas de forma integrada, buscando captar percepções, comportamentos e práticas relacionadas ao objeto de estudo.

A pesquisa empírica se desenvolveu com a participação de pessoas diretamente envolvidas com o contexto analisado, sempre respeitando os princípios éticos de pesquisa com seres humanos, conforme as diretrizes estabelecidas pelos comitês de ética, assegurando o bem-estar, a privacidade e o consentimento livre e esclarecido dos participantes.

A análise qualitativa, segundo Bardin (1977), é um processo sistemático de leitura e interpretação dos dados que permite extrair significados e compreender os sentidos presentes nas falas, textos ou comportamentos observados. Esse método busca organizar o conteúdo de forma estruturada, identificando categorias temáticas e padrões recorrentes que possibilitam uma leitura aprofundada da realidade investigada. Para a autora, a análise de conteúdo é uma técnica que se propõe a ir além da superfície dos dados, promovendo uma leitura crítica e criteriosa, permitindo que o pesquisador interprete as manifestações explícitas e implícitas nos discursos dos sujeitos.

A organização do trabalho composta na metodologia da pesquisa se estruturou por intermédio de três etapas principais. Primeiramente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de identificar e analisar as abordagens existentes em *UX/UI* que se concentram nas necessidades e especificidades das crianças com TEA. Esse levantamento possibilitou a compreensão das principais aplicações, recomendações e lacunas nas pesquisas sobre o tema, oferecendo subsídios para o desenvolvimento de interfaces mais inclusivas e eficazes.

Na segunda etapa, elaborou-se para aplicação uma pesquisa (*survey*) direcionada a usuários *proxy*, indivíduos que possuem conhecimento sobre as interações dessas crianças com interfaces digitais. Esse *survey* tem como objetivo captar percepções e experiências relacionadas a elementos de *design* que influenciam, de



maneira positiva ou negativa, a usabilidade para crianças com TEA.

Por fim, para analisar os dados coletados no *survey*, foi utilizada a ANACOR, implementada em *Python*. Essa técnica permitiu verificar associações entre variáveis categóricas, explorando as relações entre diferentes elementos de *User Experience / User Interface - UX/UI* e as experiências de uso reportadas. Com base nesses resultados, foi possível fornecer uma fundamentação estatística para recomendações de *design* inclusivo voltadas a esse público.

Estudos voltados ao TEA têm se intensificado nos últimos anos, promovendo avanços significativos tanto na identificação precoce quanto no reconhecimento tardio da condição. O autismo é compreendido como uma condição permanente, cujos impactos e demandas podem se modificar ao longo das fases da vida, variando conforme o estágio de desenvolvimento da pessoa, a estrutura familiar em que está inserida e os recursos de apoio disponíveis. Conforme descrito no Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5), pessoas com TEA geralmente enfrentam dificuldades no desenvolvimento da comunicação e da interação social, além de apresentarem comportamentos repetitivos e padrões restritivos de interesse. O transtorno é classificado em três níveis distintos de suporte, que variam de acordo com a intensidade das necessidades: Nível 1, para aqueles que precisam de apoio; Nível 2, para os que demandam apoio substancial; e Nível 3, para indivíduos que requerem apoio muito substancial. Ainda que essa categorização indique graus variados de comprometimento, é fundamental ressaltar que todos os indivíduos com TEA têm direito a um processo de escolarização adequado, em ambientes inclusivos e com estratégias pedagógicas ajustadas às suas especificidades (Leite & Carmo, 2022).

De acordo com os autores, ao longo da história, pessoas com TEA foram, em grande parte, excluídas do sistema de ensino regular, sendo comumente direcionadas para instituições especializadas, afastadas do convívio com os demais estudantes. No entanto, com o avanço das discussões sobre os direitos das pessoas com deficiência, especialmente no que se refere à inclusão educacional, diversas mudanças legais foram promovidas com o objetivo de assegurar o acesso à educação inclusiva e equitativa.

Nesse contexto, torna-se essencial que o poder público desenvolva políticas que estimulem as instituições de ensino a investirem na formação continuada dos docentes.



A qualificação profissional dos professores é indispensável para que eles estejam preparados não apenas para ensinar, mas também para contribuir positivamente no desenvolvimento e bem-estar dos estudantes com TEA. Ainda que alguns indivíduos com autismo apresentem avanços significativos ao longo do tempo, isso não deve ser interpretado como uma justificativa para a diminuição da oferta de serviços, apoios e intervenções. Muitos desses indivíduos continuam a necessitar de auxílio frequente para a realização de atividades cotidianas, demonstrando que a necessidade de suporte persiste, mesmo diante de progressos observados.

A temporalidade deste projeto de pesquisa compreendeu uma varredura de fontes e publicações dos últimos 10 anos (2015 a 2025) e um período de um semestre letivo para aplicação do instrumento empírico, durante o qual foram desenvolvidas todas as etapas metodológicas previstas, desde a coleta até a análise dos dados e elaboração dos resultados. Inicialmente, realizou-se o planejamento das atividades e a organização dos instrumentos de coleta, tais como questionários, roteiros de observação e orientações para os grupos focais. Em seguida, deu-se início à fase de coleta de dados, que envolveu o contato direto com os participantes e a realização das atividades empíricas no ambiente delimitado pela pesquisa. Após essa etapa, os dados obtidos foram cuidadosamente organizados e sistematizados, de modo a permitir uma leitura aprofundada e coerente com os objetivos do estudo. A análise foi conduzida com base em referenciais teóricos previamente definidos, permitindo interpretar os dados de forma crítica e fundamentada. Por fim, com base nas evidências analisadas, foram elaborados os resultados e as conclusões da pesquisa, os quais sintetizam as contribuições do estudo e possibilitam reflexões relevantes sobre a temática investigada. Todo esse processo foi desenvolvido de forma contínua e articulada ao longo do semestre, respeitando os prazos e objetivos estabelecidos no cronograma inicial.

A seguir o capítulo aborda as diversas concepções acerca da tecnologia e sua intrínseca relação com os processos formativos. Ao explorar as diferentes perspectivas sobre o papel da tecnologia na educação, o texto se propõe a analisar como as ferramentas e os recursos tecnológicos influenciam e moldam as práticas pedagógicas e o desenvolvimento dos indivíduos ao longo de sua jornada educacional.



## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **1. CONCEPÇÕES SOBRE A TECNOLOGIA E SUA RELAÇÃO JUNTO AO PROCESSOS FORMATIVO**

A tecnologia tem desempenhado um papel cada vez mais significativo no processo formativo, especialmente ao proporcionar meios inovadores e acessíveis de aprendizagem. No contexto educacional, é essencial considerar as especificidades de crianças com TEA, cujas necessidades cognitivas e sensoriais demandam abordagens diferenciadas. Nesse cenário, a IHC e os princípios de *UX/UI* ganham destaque ao oferecerem interfaces adaptadas que facilitam o engajamento e a comunicação dessas crianças. Para analisar a efetividade dessas tecnologias e compreender padrões de interação, a ANACOR surge como uma ferramenta estatística valiosa, permitindo identificar relações entre variáveis e orientar melhorias no desenvolvimento de recursos educacionais.

#### **3.1 Especificidades De Crianças Com TEA**

O TEA é uma condição neurológica de natureza permanente, que impacta diferentes aspectos do funcionamento cognitivo e comportamental do indivíduo. Entre os principais domínios afetados estão o aprendizado, a capacidade de comunicação verbal e não verbal, a memória e as habilidades de interação social. As manifestações do TEA são altamente variadas, tanto em termos de sintomas quanto de intensidade, o que resulta em um espectro amplo de características e necessidades específicas para cada pessoa diagnosticada.

Essa diversidade torna essencial uma abordagem personalizada no acompanhamento e tratamento do transtorno. Felizmente, nas últimas décadas, houve um avanço significativo na conscientização da sociedade em relação ao autismo, o que contribuiu para diagnósticos mais precoces e intervenções mais eficazes. A adoção de estratégias terapêuticas adequadas, aliada ao acesso a serviços especializados, tem demonstrado um papel crucial na promoção do desenvolvimento de habilidades funcionais e sociais.



Esses fatores são determinantes para a melhoria da qualidade de vida das pessoas com TEA, favorecendo sua autonomia, inclusão e participação mais plena na sociedade. Intervenções bem direcionadas desde os primeiros anos de vida podem fazer uma diferença substancial na trajetória de desenvolvimento dessas pessoas, contribuindo para sua adaptação e bem-estar ao longo da vida (Sofian, Hashim & Sarlan, 2021).

O TEA é geralmente definido por uma série de alterações neurológicas complexas que afetam, em diferentes níveis, a comunicação, a linguagem, as habilidades de interação social e o comportamento. Entre as características mais comuns estão os comportamentos repetitivos e estereotipados, bem como a dificuldade de compreender e responder adequadamente a estímulos sociais e comunicativos. Esses sinais podem ser percebidos ainda nos primeiros anos de vida, muitas vezes sendo identificados inicialmente por familiares próximos da criança. Com a evolução dos critérios diagnósticos, a antiga classificação baseada apenas na intensidade dos sintomas deu lugar a uma nova categorização mais funcional. Agora, o grau de comprometimento do indivíduo com TEA é descrito em termos do nível de suporte necessário: 'requerendo suporte', 'requerendo suporte substancial' e 'requerendo suporte muito substancial'. Essa abordagem mais descritiva permite um planejamento mais adequado de intervenções e estratégias educacionais.

Paralelamente a essas mudanças diagnósticas, a forma como as crianças com TEA aprendem também passou por transformações significativas. O modelo tradicional de ensino, centrado em livros impressos e aulas expositivas, vem sendo progressivamente substituído por métodos mais interativos e tecnológicos. Ferramentas como computadores, tablets e quadros brancos digitais têm sido cada vez mais utilizadas no ambiente educacional, promovendo experiências de aprendizagem mais envolventes, visuais e adaptadas às necessidades específicas dessas crianças, contribuindo para um maior engajamento e desenvolvimento de suas habilidades cognitivas e sociais (T; Selvarani, 2022).

De acordo com Sofian, Hashim e Sarlan (2021), diversos estudiosos concordam que a usabilidade de *softwares* pode ser significativamente aprimorada para indivíduos com transtornos mentais, especialmente aqueles no espectro autista, por meio da



personalização de aspectos visuais da interface. Entre os elementos que podem ser ajustados estão o tipo de fonte, a cor e o tamanho do texto. Essa flexibilidade no *design* permite uma adaptação mais adequada às preferências e às necessidades sensoriais das crianças com TEA, o que favorece o uso mais eficiente e confortável das aplicações digitais.

O desenvolvimento da interface de usuário deve levar em consideração que as preferências visuais de crianças neurotípicas, como o uso comum de fontes no tamanho 14, nem sempre são apropriadas para crianças autistas. Isso ocorre porque indivíduos com TEA possuem características cognitivas e sensoriais singulares, que influenciam diretamente a forma como interagem com os elementos visuais. Dessa forma, o *design* ideal deve ser construído com base em avaliações feitas por pessoas próximas à criança, como pais, professores ou profissionais de saúde mental, que compreendam suas necessidades específicas.

A cor, em particular, desempenha um papel fundamental na construção de uma interface eficaz. Ela não apenas ajuda a atrair e direcionar a atenção do usuário, como também pode indicar estados ou ações dentro da aplicação, além de tornar o ambiente mais visualmente agradável. O estudo destaca que a escolha de cores apropriadas é crucial para manter o foco de crianças com TEA, uma vez que elas frequentemente apresentam dificuldades de concentração. Recomenda-se, portanto, o uso de uma paleta de cores limitada, evitando tonalidades como o preto, que pode provocar desconforto ou rejeição. A adoção de alternativas cromáticas bem planejadas pode aumentar o engajamento da criança e melhorar sua compreensão das tarefas apresentadas em contextos de tecnologia assistiva.

Além disso, o uso de botões interativos e de elementos visuais, como ícones ou imagens que reagem a toques ou cliques, contribui para a criação de uma interação mais eficaz, intuitiva e motivadora. Esses recursos tornam o uso da aplicação mais acessível e agradável, promovendo uma experiência de aprendizagem mais significativa e inclusiva para crianças no espectro autista.

### 3.1.1. Interação homem computador e *UX/UI*

Nos últimos anos, os princípios da IHC têm assumido um papel cada vez mais relevante no desenvolvimento de sistemas interativos voltados para o público com TEA.



Essa área do conhecimento, que estuda a forma como os usuários interagem com tecnologias digitais, tornou-se fundamental no processo de criação de interfaces acessíveis e funcionais para pessoas com necessidades específicas. Entretanto, as diretrizes de usabilidade atualmente disponíveis, embora úteis em contextos gerais, ainda se mostram limitadas quando aplicadas ao desenvolvimento de aplicações voltadas para indivíduos com autismo. Isso se deve principalmente às particularidades comportamentais, cognitivas e sensoriais que caracterizam esse público, além da natureza dinâmica e diversificada das situações em que esses sistemas são utilizados. Como resultado, projetar interfaces realmente eficazes e inclusivas para esse grupo representa um desafio significativo para designers e desenvolvedores.

Diante desse contexto, torna-se imprescindível que o design dessas aplicações seja realizado com um foco direcionado à usabilidade específica para o TEA. Isso significa ir além dos padrões convencionais, considerando cuidadosamente os fatores que influenciam a experiência do usuário autista. O objetivo é não apenas garantir a acessibilidade, mas também promover o desenvolvimento de competências importantes, como habilidades de comunicação, interação social e capacidades cognitivas. Para alcançar tais resultados, é necessário adotar abordagens sensíveis e adaptáveis, que coloquem as necessidades do usuário no centro do processo de concepção da interface (Punchoojit; Hongwarittorn, 2017).

A Experiência do Usuário (UX) diz respeito à forma como uma pessoa percebe e vivência a interação com um produto, sistema ou serviço ao longo de todo o processo de uso. Esse conceito abrange diversos fatores que influenciam essa experiência, tais como a facilidade de uso (usabilidade), a capacidade de acesso por diferentes públicos (acessibilidade), a eficiência e rapidez do sistema (desempenho), bem como os aspectos estéticos e emocionais relacionados à interface. Por outro lado, a Interface do Usuário (UI) concentra-se especificamente nos elementos visuais e interativos que compõem a camada gráfica com a qual o usuário mantém contato direto. Isso inclui componentes como botões, menus, ícones, tipografia, esquemas de cores e organização visual das informações na tela.

É importante compreender que, embora UX e UI estejam intimamente relacionados, eles não são sinônimos. O UI está mais voltado à aparência e à interação



imediate, enquanto o UX envolve uma abordagem mais ampla, contemplando toda a trajetória do usuário desde o primeiro contato até a adoção, o uso contínuo e a satisfação final com a solução oferecida.

De acordo com Roth (2017), o *design* voltado para UI/UX constitui-se de um conjunto estruturado de conceitos, princípios e práticas que orientam a criação de produtos interativos. Essa metodologia incentiva uma análise crítica sobre como esses produtos são concebidos e utilizados, independentemente do contexto em que estão inseridos, sejam eles ferramentas baseadas em sistemas geográficos ou outras plataformas digitais. A proposta de Roth ressalta que tanto a interface gráfica quanto a experiência global de uso devem ser consideradas de forma integrada, pois são essenciais para desenvolver soluções que verdadeiramente atendam às expectativas e necessidades dos usuários.

### **3.2 Análise de Correspondência Simples (ANACOR)**

A Análise de Correspondência (AC) é uma técnica investigativa amplamente utilizado em diversas áreas do conhecimento, como engenharia, psicologia, ciências sociais, entre outras. No contexto das ciências sociais e do comportamento, essa técnica se encontra solidamente estabelecida e é amplamente empregada para examinar e interpretar as relações existentes entre variáveis categóricas. Sua principal aplicação consiste na investigação de comportamentos e associações a partir de duas ou mais variáveis que organizam os dados de maneira qualitativa, sendo essas variáveis do tipo nominal ou ordinal. Por meio da AC, torna-se possível explorar a estrutura das relações entre categorias, evidenciando padrões de associação e revelando conexões relevantes dentro dos dados analisados. Isso permite ao pesquisador obter uma visão mais clara e aprofundada sobre a dinâmica entre os elementos estudados (Khangar e Kamalja, 2017).

De forma geral, as pesquisas científicas frequentemente organizam suas observações por meio da categorização dos dados, contabilizando a frequência com que determinadas variáveis ocorrem. A partir da década de 1960, observou-se um avanço expressivo no interesse e no desenvolvimento de métodos voltados à análise de dados categóricos. Esse tipo de análise tem como objetivo central explorar as possíveis associações entre variáveis dentro de um contexto experimental ou investigativo. Ao



longo dos anos, diversas abordagens metodológicas foram propostas, sendo que a AC se consolidou como uma das técnicas mais utilizadas em diferentes áreas do conhecimento.

O matemático britânico Karl Pearson (1857–1936) desempenhou um papel fundamental nesse campo ao desenvolver ferramentas estatísticas que chamou de correlação, inspirando-se nos estudos pioneiros de Francis Galton (1822–1911). As contribuições de Pearson foram fundamentais para o avanço de diversas disciplinas, como psicologia, antropologia, medicina e sociologia. Além disso, ele foi responsável por criar importantes testes estatísticos, como a regressão linear e o teste do Qui-Quadrado (Schneider, 2005). Esses métodos estatísticos formaram a base teórica que mais tarde possibilitou o desenvolvimento da Análise de Correspondência, conforme apontam (Fávero & Belfiore, 2015 & Khangar & Kamalja, 2017).

Durante a década de 1960, o matemático e linguista francês Jean-Paul Benzécri realizou contribuições relevantes ao introduzir a aplicação prática da AC em estudos de casos concretos, o que impulsionou o desenvolvimento da técnica. Posteriormente, outros pesquisadores, como Jan de Leeuw e Chikio Hayashi, também desempenharam papéis fundamentais ao expandir e refinar os fundamentos teóricos e metodológicos da AC. Contudo, foi somente em 1984 que o pesquisador M. J. Greenacre deu maior visibilidade internacional à técnica, por meio da publicação de sua obra *Theory and Applications of Correspondence Analysis*, que se tornou uma referência central para estudiosos da área.

No contexto da análise de dados categóricos, quando o objetivo é explorar e compreender as relações entre categorias pertencentes a duas variáveis qualitativas, utiliza-se a ANACOR. Essa técnica estatística tem caráter exploratório e é adequada apenas quando se trabalha com dois conjuntos de variáveis categóricas, o que a caracteriza como uma ferramenta bivariada. Sua principal função é revelar padrões de associação entre essas variáveis por meio da visualização gráfica dos dados (Fávero & Belfiore, 2015).

A ANACOR utiliza técnicas estatísticas bivariadas para investigar a relação existente entre duas variáveis qualitativas. Essa abordagem busca identificar e analisar as categorias de cada variável, bem como a intensidade e a natureza das associações



entre elas. Para isso, a ANACOR se baseia na construção de uma tabela de contingência, também conhecida como tabela de cruzamento (*cross-tabulation*), que organiza os dados de forma a permitir a visualização conjunta das frequências observadas para as combinações das categorias das duas variáveis. Essa estrutura facilita a identificação de padrões de associação entre os elementos analisados.

Para compreender em profundidade os fundamentos matemáticos que sustentam o funcionamento e a aplicação da ANACOR, recomenda-se a consulta à obra de Fávero e Belfiore (2015, pp. 179–191), que apresenta uma explicação técnica e sistemática do método. Neste estudo, a aplicação da ANACOR teve como referência central uma variável categórica específica, que representa o nível de suporte disponibilizado à criança com TEA. Essa variável foi utilizada como ponto de partida para investigar possíveis associações com outras variáveis também categóricas, tais como: a frequência com que determinados recursos foram utilizados, o nível de atenção demonstrado pela criança durante a interação, e o grau de interatividade observado no uso de botões e menus. O principal objetivo dessa abordagem foi identificar padrões de relação entre o tipo de suporte oferecido e os comportamentos ou respostas observadas, buscando compreender como diferentes níveis de suporte podem influenciar a maneira como a criança interage com os recursos disponibilizados.

## **2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E O ATENDIMENTO EDUCACIONAL ESPECIALIZADO**

A IA tem se mostrado uma aliada promissora no AEE, ao possibilitar recursos personalizados e apoio na inclusão de estudantes com necessidades específicas. No município de Barueri, a unidade escolar polo de AEE desempenha um papel fundamental nesse processo, oferecendo suporte especializado e integrando tecnologias no ambiente educacional. Para aprofundar a compreensão sobre o tema, foi realizada uma revisão exploratória da literatura, visando mapear práticas e avanços no uso da IA no AEE. Complementarmente, a estruturação e o pré-processamento dos dados coletados constituem etapas essenciais para garantir a qualidade das análises e a efetividade das soluções tecnológicas aplicadas ao contexto educacional inclusivo.



#### 4.1. Sobre A Unidade Escolar Polo De AEE No Município De Barueri

O presente estudo foi realizado em uma UE situada no município de Barueri, integrante da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A referida instituição educacional atende alunos do Ensino Fundamental, abrangendo tanto os anos iniciais quanto os finais, estando inserida em um contexto urbano com ampla diversidade sociocultural. Sua atuação educacional vai além do currículo regular, destacando-se por oferecer um polo de Atendimento Educacional Especializado (AEE), voltado ao suporte de estudantes com necessidades educacionais especiais, em especial aqueles com TEA.

No *locus* de pesquisa, o serviço de AEE ocorre sistematicamente no contraturno escolar, o que viabiliza um atendimento individualizado, paralelo às atividades curriculares convencionais. Essa estrutura permite que os alunos frequentem as aulas regulares com seus pares e, simultaneamente, recebam apoio pedagógico direcionado às suas necessidades específicas, sem prejuízo à sua rotina escolar. Tal organização contribui significativamente para a inclusão educacional e o desenvolvimento integral dos estudantes, promovendo avanços tanto acadêmicos quanto sociais.

Além de atender sua própria comunidade discente, a UE *locus* em questão, também acolhe alunos encaminhados por outras unidades escolares do município de Barueri/SP, ampliando sua atuação inclusiva e fortalecendo a rede de apoio educacional especializada da região. Nesse sentido, o compromisso com a inclusão é evidenciado pela oferta de recursos didáticos adaptados, uso de recursos vinculados a Tecnologias Assistiva e estratégias pedagógicas diferenciadas, que têm como objetivo assegurar a aprendizagem significativa e a participação plena de todos os estudantes, respeitando suas singularidades e promovendo a equidade no processo de ensino e aprendizagem.

A utilização de tecnologias educacionais adaptadas para estudantes com TEA desempenha um papel central no AEE oferecido por unidades escolares inclusivas. Essas aplicações são desenvolvidas com o objetivo de atender às demandas específicas de aprendizagem, comunicação e interação social de cada aluno, promovendo sua autonomia e ampliando suas possibilidades de desenvolvimento. No contexto da escola estudada, observa-se a aplicação prática e eficaz de recursos de Tecnologia Assistiva, tais como *softwares* interativos e jogos educativos voltados ao desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais. Esses recursos contribuem de forma significativa para a



personalização do ensino, viabilizando um processo de aprendizagem mais acessível, funcional e adaptado às características de cada discente.

No ambiente do AEE da instituição, duas professoras atuam diretamente com os alunos diagnosticados com TEA, exercendo a função de usuárias *proxy*, ou seja, representantes diretas das experiências e necessidades dos estudantes em relação ao uso das tecnologias. Com conhecimento aprofundado das particularidades de cada um dos 28 alunos atendidos, nos períodos da manhã e da tarde, essas profissionais desempenham um papel fundamental na mediação entre as ferramentas tecnológicas e o processo pedagógico. A prática pedagógica dessas educadoras é pautada na observação contínua, no planejamento individualizado e na adaptação das atividades, permitindo que o uso das aplicações digitais seja não apenas funcional, mas também significativo para os aprendizes.

Esse uso intencional e bem direcionado das tecnologias no AEE favorece não apenas o desempenho acadêmico, mas também aspectos emocionais e sociais dos alunos com TEA. Através da interação com essas ferramentas, os estudantes desenvolvem maior confiança em suas capacidades, participam de forma mais ativa das atividades propostas e sentem-se mais integrados ao ambiente escolar. Dessa forma, a tecnologia passa a ser um instrumento de inclusão, não somente no sentido pedagógico, mas também como suporte ao desenvolvimento de vínculos, à construção de identidade e à participação plena no espaço educacional. A experiência da instituição reforça a importância da formação docente contínua no uso de recursos digitais adaptados, assim como da valorização do conhecimento prático das educadoras como elemento essencial no sucesso das práticas inclusivas.

#### **4.2. Revisão Exploratória**

A etapa inicial da presente pesquisa foi dedicada à realização de uma revisão exploratória da literatura científica, com o intuito de levantar e analisar os aspectos sobre o tema em questão. Essa etapa foi fundamental para estabelecer os alicerces teóricos e conceituais do estudo, permitindo não apenas o aprofundamento no campo de investigação, mas também a delimitação das abordagens e práticas contemporâneas mais relevantes.



A pesquisa teve como foco identificar produções acadêmicas que abordassem o uso de tecnologias, metodologias inovadoras e práticas educacionais associadas ao contexto específico do projeto. Para tanto, foi utilizado como principal fonte de pesquisa o repositório digital *IEEE Xplore*, amplamente reconhecido pela qualidade e abrangência de suas publicações nas áreas de tecnologia, engenharia e educação. O *IEEE Xplore* oferece acesso a uma vasta quantidade de artigos, anais de conferências, periódicos e trabalhos científicos de alto impacto, o que o torna uma plataforma confiável e adequada para estudos que envolvam recursos tecnológicos aplicados à educação.

Durante a pesquisa, foram empregadas estratégias de busca combinando palavras-chave específicas, como por exemplo: *assistive technology*, *inclusive education*, *autism spectrum disorder*, *educational applications* e *special education*, entre outras variações pertinentes ao escopo do trabalho. O uso de operadores booleanos e filtros temporais também foi aplicado para refinar os resultados, priorizando publicações recentes, com foco nos últimos cinco anos, a fim de garantir a atualidade e relevância dos dados coletados.

Como resultado desse levantamento, foi possível reunir um conjunto significativo de materiais que serviram como base teórica para o desenvolvimento do projeto. Além disso, a análise do conteúdo selecionado permitiu observar tendências emergentes, identificar abordagens metodológicas recorrentes, bem como apontar lacunas no conhecimento científico atual que ainda precisam ser exploradas. Essas informações foram essenciais para o direcionamento das etapas posteriores da pesquisa, contribuindo para a construção de uma proposta fundamentada, atualizada e alinhada às melhores práticas documentadas na literatura especializada.

### **4.3. Estruturação e Pré-Processamento Dos Dados**

Após a conclusão da etapa inicial de pesquisa bibliográfica, o estudo avançou para a fase empírica, por meio da aplicação de um *survey* estruturado, com o propósito de coletar dados diretamente relacionados ao comportamento e desenvolvimento de alunos com TEA no contexto do AEE. Essa investigação teve como foco compreender de forma mais precisa como os discentes respondiam às intervenções pedagógicas mediadas por tecnologias educacionais, especialmente no que diz respeito



a elementos de usabilidade e experiência do usuário *UX/UI* presentes nas aplicações utilizadas durante o contraturno escolar.

O questionário desenvolvido continha um total de 10 questões de múltipla escolha, formuladas com base em uma escala de *likert*, que permitia mensurar níveis de concordância ou frequência em relação a comportamentos observados e à eficácia percebida dos recursos digitais empregados. As perguntas abordavam diferentes dimensões do desenvolvimento dos alunos, como engajamento com os aplicativos, facilidade de navegação, autonomia nas interações, compreensão das tarefas propostas, e mudanças observadas em aspectos comunicacionais, cognitivos e sociais.

As respostas foram fornecidas por duas professoras responsáveis pelo AEE da unidade escolar, as quais desempenharam o papel de usuárias *proxy*. Esse conceito refere-se ao uso de participantes que respondem com base em sua experiência próxima e contínua com os sujeitos de pesquisa, neste caso, os alunos com TEA, devido à sua convivência diária e conhecimento aprofundado sobre as necessidades, capacidades e particularidades de cada discente. As educadoras responderam ao questionário individualmente para cada um dos 28 alunos atendidos durante os turnos da manhã e da tarde, assegurando uma análise personalizada e fundamentada na prática cotidiana.

Como resultado desse processo metodológico, foi gerada uma base de dados composta por 28 entradas individuais, representando cada aluno de maneira única. Essa base tornou-se uma fonte rica de informações qualitativas e quantitativas sobre as percepções das docentes quanto ao impacto das tecnologias adotadas no AEE. As respostas permitiram avaliar de forma indireta, porém precisa, como os elementos de *UX/UI* influenciam na receptividade, compreensão e participação dos alunos nas atividades pedagógicas. Dessa forma, o *survey* contribuiu significativamente para embasar a análise do estudo, fornecendo evidências empíricas que conectam a teoria à prática e permitindo *insights* relevantes para a proposição de melhorias em tecnologias voltadas à educação inclusiva.

Este estudo adotou uma abordagem qualitativa, utilizando como principal fonte de dados as respostas obtidas por meio de um *survey* aplicado às professoras do AEE, atuando como usuárias *proxy*. Essas educadoras, por seu contato direto e constante com os alunos com TEA, forneceram informações ricas e contextualizadas, expressando suas



percepções quanto ao comportamento, desenvolvimento e interação dos estudantes com diferentes tecnologias educacionais. A natureza subjetiva das respostas, interpretadas com base na observação empírica das profissionais, caracteriza os dados coletados como predominantemente qualitativos, embora organizados de forma a permitir interpretações quantitativas complementares.

Após a coleta das informações, deu-se início ao processo de *data wrangling*, que consiste em uma série de etapas voltadas à preparação dos dados para análise. Esta fase incluiu tarefas como extração, limpeza, organização, visualização e modelagem exploratória dos dados, possibilitando uma compreensão mais precisa e estruturada do conteúdo obtido. Inicialmente, os dados brutos foram organizados em planilhas eletrônicas no *'Microsoft Excel'*, ferramenta escolhida pela sua praticidade e acessibilidade para o manejo inicial e pré-processamento das informações. Esse primeiro passo permitiu uma visão geral dos dados, facilitando a identificação de eventuais inconsistências, duplicidades ou lacunas a serem tratadas antes das análises mais profundas.

Em seguida, os dados foram exportados e carregados no ambiente de desenvolvimento *Spyder IDE* (versão 5.4.3), uma interface amplamente utilizada na área de ciência de dados, especialmente por sua integração com a linguagem *Python* (neste caso, a versão 3.11.7). A partir desse ambiente, foi possível aplicar um conjunto de técnicas de análise exploratória de dados, assim como realizar testes estatísticos e gerar visualizações interpretativas.

Para alcançar esses objetivos, foram empregadas bibliotecas robustas e bem consolidadas no ecossistema *Python*. A biblioteca *Pandas* foi utilizada para manipulação de estruturas de dados tabulares; *NumPy* para operações numéricas de alto desempenho; *Matplotlib* e *Seaborn* para a criação de gráficos e visualizações que facilitaram a interpretação dos padrões e tendências; *Scipy* e *Statsmodels* para análise estatística e testes de hipóteses; além da biblioteca *Prince*, que permitiu a aplicação de técnicas de análise fatorial mista, contribuindo com insights multivariados sobre o comportamento dos alunos analisados.

Esse tratamento minucioso dos dados possibilitou a geração de representações visuais significativas, essenciais para a identificação de padrões de resposta,



agrupamentos de comportamento e possíveis relações entre o uso das tecnologias educacionais e as respostas observadas nos alunos com TEA. Ao final, a metodologia de análise adotada se mostrou eficaz para garantir a integridade e a relevância dos dados, permitindo extrair conclusões fundamentadas e apoiar a proposição de estratégias mais inclusivas no contexto educacional estudado.

A seção de Resultados e Conclusões apresenta os principais achados obtidos a partir da análise dos dados, destacando relações significativas no contexto do uso da tecnologia no AEE. Inicialmente, foram aplicados testes estatísticos, como a associação entre variáveis categóricas por meio do teste  $\chi^2$  e a análise de resíduos, para identificar padrões relevantes. Em seguida, os mapas de calor foram utilizados como recurso visual para representar a intensidade dessas associações de forma clara e acessível. Por fim, os mapas perceptuais contribuíram para uma compreensão mais intuitiva das relações entre os elementos analisados, facilitando a interpretação e direcionando conclusões mais precisas sobre a eficácia das tecnologias aplicadas no ambiente educacional inclusivo.

### 2.1. Tabelas de Contingência

As Tabelas 1, 2 e 3 exibem as frequências absolutas resultantes da associação entre variáveis categóricas, utilizando como base de comparação o nível de suporte fornecido ao discente e outra variável categórica medida em escala *likert*. Essas tabelas correspondem às chamadas tabelas de contingência ou cruzamento de variáveis (*cross-tabulation*).

Tabela 1: Análise da frequência absoluta observada sobre a Frequência de Uso

Frequência absoluta observada - Frequência de Uso				
NívelSup	Diário	Ocasional	Semanal	Total
Nível 1	9	0	3	12
Nível 2	3	1	9	13
Nível 3	2	0	1	3
Total	14	1	13	28

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados originais da pesquisa.



A Tabela 1 mostra a frequência absoluta de uso de um recurso ou sistema por níveis de usuários. Observa-se que o nível 1 tem maior uso diário, o nível 2 se destaca no uso semanal, e o nível 3 apresenta uso muito baixo em todas as categorias. A maioria dos usuários usa o sistema diariamente ou semanalmente, com pouquíssimos registros de uso ocasional.

Tabela 2: Análise da frequência absoluta observada sobre o Grau de Atenção

Frequência absoluta observada - Grau de Atenção					
NívelSup	Alto	Baixa	Média	Total	
Nível 1	6	0	6	12	
Nível 2	0	2	11	13	
Nível 3	2	0	1	3	
Total	8	2	18	28	

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados originais da pesquisa.

A Tabela 2 apresenta a distribuição do grau de atenção entre os diferentes níveis de usuários. O nível 1 se divide igualmente entre atenção alta e média, enquanto o nível 2 concentra-se majoritariamente na atenção média. Já o nível 3 tem predominância de atenção alta, apesar de sua baixa frequência geral. No total, a maior parte dos usuários demonstrou atenção média, seguida pela alta, com poucos casos de atenção baixa.

Tabela 3: Análise da frequência absoluta observada sobre a Interação com Botões e Menu

Frequência absoluta observada - Interação com botões e Menu					
NívelSup	Alto	Baixa	Moderada	Total	
Nível 1	7	0	5	12	
Nível 2	0	2	11	13	
Nível 3	1	1	1	3	
Total	8	3	17	28	



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados originais da pesquisa.

A Tabela 3 apresenta a frequência de interação com botões e menus segundo os níveis dos usuários. O nível 1 destaca-se com maior ocorrência de interação alta, enquanto o nível 2 apresenta predominância de interação moderada. O nível 3 tem distribuição uniforme entre os três níveis de interação, mas com baixa representatividade. No total, observa-se que a maioria das interações foi moderada, seguida pela alta, sendo a baixa interação a menos frequente.

## 5.2. Associação Entre Variáveis Categóricas, Teste $\chi^2$ E Análise De Resíduos

Após gerar as tabelas de contingência (*cross-tabulation*) com as frequências absolutas observadas, torna-se viável calcular as tabelas correspondentes de frequências absolutas esperadas, os resíduos e os valores do qui-quadrado ( $\chi^2$ ), conforme descrito nas equações (1), (2) e (3), de acordo com a abordagem apresentada por Fávero e Belfiore (2017).

$$Freq. absoluta esperada_{11} = \frac{(\sum L1 \times \sum C1)}{N} \quad (1)$$

$$Resíduo_{11} = n_{11} - \frac{(\sum L1 \times \sum C1)}{N} \quad (2)$$

$$\chi^2_{11} = \frac{(resíduo_{11})^2}{(freq. absoluta esperada_{11})} \quad (3)$$

Com base nos mesmos autores, os valores da estatística  $\chi^2$  têm como finalidade avaliar se existe uma associação estatisticamente significativa entre duas variáveis, sendo que as variáveis observadas para este estudo é sempre o nível de suporte do discente associado ao recurso multimídia observado, por meio da soma dos valores de  $\chi^2$  observados. As hipóteses são formuladas da seguinte maneira:

- H0: as variáveis não possuem associação significativa, sendo sua relação considerada aleatória.



- H1: existe uma associação significativa entre as variáveis, ou seja, a relação entre elas não é aleatória.

A partir do nível de significância adotado e do cálculo dos graus de liberdade, se o valor calculado da estatística  $\chi^2$  superar o valor crítico correspondente, conclui-se que há uma associação estatisticamente significativa entre as variáveis, aceitando-se a hipótese alternativa (H1). Os graus de liberdade utilizados nessa análise são obtidos conforme a equação (4):

$$\text{Graus de liberdade} = (I - 1) \times (J - 1) \quad (4)$$

Dessa forma, neste estudo, o número de graus de liberdade corresponde a 4.

A Tabela 4 apresenta tanto o valor total da estatística  $\chi^2$  (calculado a partir da soma dos valores individuais de  $\chi^2$ ) quanto o p-valor, que indica o resultado obtido por meio do teste de qui-quadrado:

Tabela 4: Valores de  $\chi^2$  total e Teste  $\chi^2$  (p-valor)

	Freq. Uso	Interação	
		Grau de Atenção	Botão Menu
$\chi^2$ total	7,46	11,14	12,75
p-valor	0,1135	0,0251	0,0126

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados originais da pesquisa (2025).

A Tabela 4 apresenta os valores do teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) aplicados às variáveis analisadas nas tabelas anteriores. Os resultados mostram que há associação estatisticamente significativa entre o nível dos usuários e tanto o grau de atenção ( $p = 0,0251$ ) quanto a interação com botões e menus ( $p = 0,0126$ ), pois os p-valores são inferiores a 0,05. Já a variável frequência de uso ( $p = 0,1135$ ) não apresenta associação significativa, indicando que o uso não varia de forma relevante entre os níveis dos usuários.



### 5.3. Mapas de Calor

Para compreender melhor a relação entre as duas variáveis, neste estudo, o nível de suporte do discente associado ao recurso multimídia observado, é fundamental aprofundar a análise de suas interações específicas, examinando as categorias individualmente. Isso pode ser feito por meio da avaliação dos resíduos padronizados e dos resíduos padronizados ajustados.

Enquanto o teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) permite identificar se a distribuição das frequências entre as categorias Nível 1, Nível 2 e Nível 3 referente ao suporte do discente de uma variável em relação à outra variável com sua categoria *likert*, ocorre de forma aleatória ou segue algum padrão de dependência, a análise dos resíduos padronizados ajustados, conforme apontam Batista, Escuder e Pereira (2004), possibilita identificar detalhes importantes em cada combinação categórica entre o nível de suporte substancial de cada discente e a categoria *likert* da variável de multimídia observado. Essa abordagem evidencia se há um número de ocorrências superior ou inferior ao esperado em cada cruzamento entre as categorias das variáveis, como ilustram as equações (5) e (6):

$$\text{Resíduo Padronizado}_{11} = \frac{\text{resíduo}_{11}}{\sqrt{\text{freq. absoluta esperada}_{11}}} \quad (5)$$

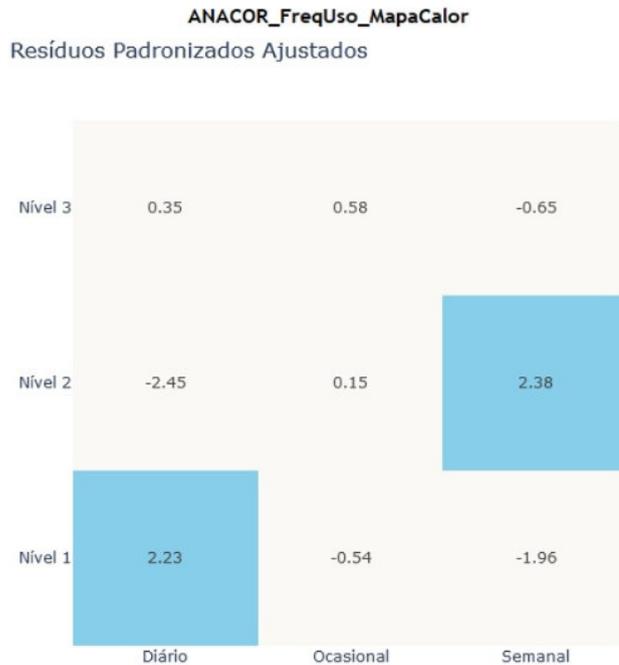
$$\text{Resíduo Padronizado Ajustado}_{11} = \frac{\text{resíduo padronizado}_{11}}{\sqrt{\left[\left(1 - \frac{\sum C_1}{N}\right) \times \left(1 - \frac{\sum L_1}{N}\right)\right]}} \quad (6)$$

Caso o valor do resíduo padronizado ajustado em uma determinada célula seja superior a 1,96, isso indica que há uma associação estatisticamente significativa, ao nível de 5% de significância, entre as duas categorias relacionadas nessa célula. Por outro lado, se o valor for inferior a 1,96, considera-se que não existe uma associação significativa entre as categorias. O valor 1,96 corresponde ao ponto crítico da distribuição normal padrão para um nível de significância de 5%. As Figuras 1, 2 e 3,



exibem os mapas de calor gerados durante a realização deste estudo.

Figura 1: Mapa de calor - Nível de suporte e Frequência de Uso

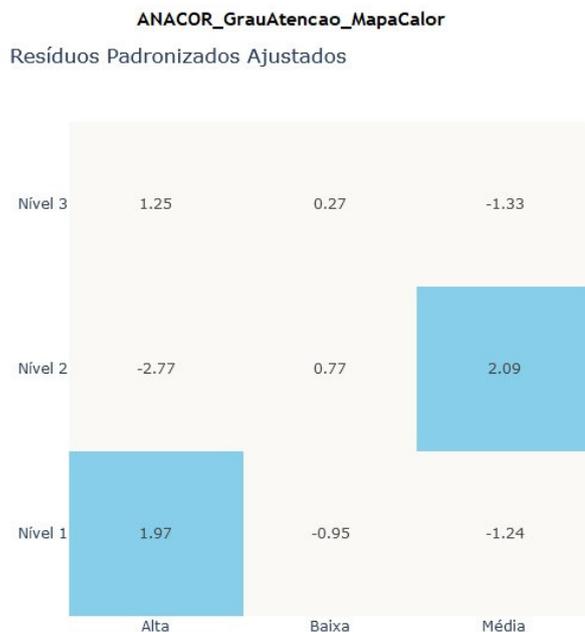


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados originais da pesquisa.

Conforme observado no mapa de calor Figura 1, os resíduos padronizados ajustados indicam associações estatisticamente significativas entre determinados níveis de suporte para discentes com TEA e a frequência de uso recomendada. Especificamente, verifica-se que discentes com nível substancial de suporte leve (TEA nível 1) apresentam um valor de resíduo superior a 1,96 na célula correspondente à frequência diária, o que evidencia uma associação positiva e significativa ao nível de 5% de significância, sugerindo que esse grupo tende a se beneficiar mais do uso diário dos recursos ou intervenções analisadas. Da mesma forma, discentes com nível de suporte moderado (TEA nível 2) mostram associação estatisticamente significativa com a frequência semanal, também indicada por um resíduo superior a 1,96. Esses achados reforçam a importância de considerar o nível de suporte individual ao planejar a frequência das intervenções educacionais.



Figura 2: Mapa de calor - Nível de suporte e Grau de Atenção

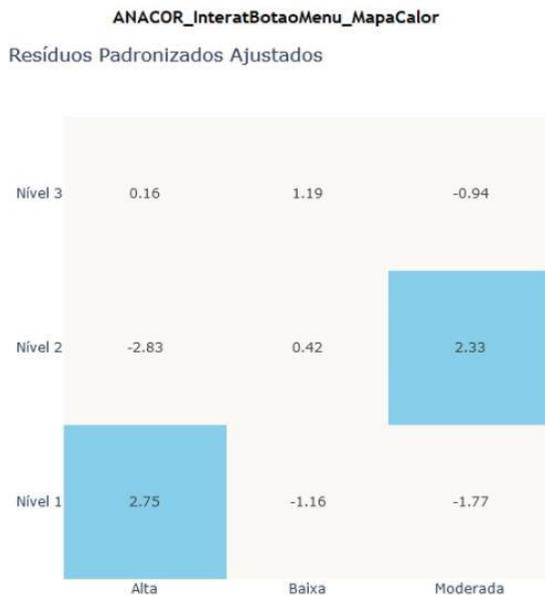


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados originais da pesquisa.

Conforme evidenciado no mapa de calor Figura 2, os resíduos padronizados ajustados revelam associações estatisticamente significativas entre o nível de suporte dos discentes com TEA e o grau de atenção observado, com base na escala *likert* utilizada na análise. Especificamente, discentes com nível de suporte substancial (TEA 1 leve) apresentaram valores superiores a 1,96 na célula correspondente ao grau de atenção alto, indicando uma associação positiva e estatisticamente significativa, ao nível de 5% de significância, o que recomenda a utilização de estratégias que favoreçam e mantenham esse nível elevado de atenção. Da mesma forma, os discentes com nível de suporte moderado (TEA 2) mostraram associação significativa com o grau de atenção médio, também com resíduos superiores a 1,96, especialmente quando associados à frequência semanal. Esses resultados sugerem a necessidade de adequação das intervenções conforme o nível de suporte e o padrão de atenção predominante, otimizando o engajamento e a eficácia das práticas educacionais.



Figura 3: Mapa de calor - Nível de suporte e Interação Botão Menu



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados originais da pesquisa.

Conforme observado no mapa de calor Figura 3, a interação dos discentes com os botões e menus apresenta variação significativa de acordo com o nível de suporte. Discentes classificados com nível de suporte TEA 1 (leve) demonstram uma alta interação com esses elementos da interface, conforme indicado pelos resíduos padronizados ajustados superiores a 1,96, sugerindo uma associação estatisticamente significativa entre esse nível de suporte e o engajamento mais intenso com recursos interativos. Por outro lado, discentes com nível de suporte TEA 2 (moderado) apresentam uma interação de intensidade moderada com os botões e menus, também evidenciada no mapa por resíduos próximos ao ponto crítico de 1,96, indicando uma associação relevante, porém menos expressiva. Esses resultados reforçam a importância de adaptar a complexidade e a acessibilidade dos recursos interativos conforme o nível de suporte necessário, a fim de promover uma experiência mais inclusiva e eficaz.



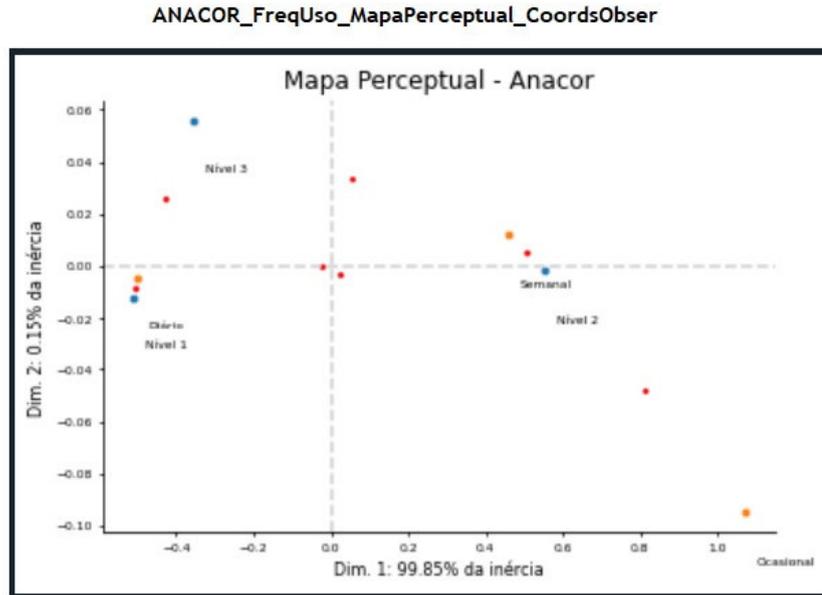
#### **5.4. Mapas Perceptuais**

De acordo com Beh (2004), a decomposição da inércia em uma tabela de contingência é uma ferramenta valiosa que permite ao pesquisador identificar fontes significativas de informação que ajudam a explicar a relação entre duas variáveis categóricas. Essa abordagem pode contribuir para a elaboração de mapas perceptuais. O procedimento mais comum para essa decomposição consiste na obtenção dos autovalores.

Segundo Fávero e Belfiore (2017), com base na tabela de frequências relativas observadas (matriz P), é possível aplicar o conceito de massa, uma medida que representa a relevância ou predominância de uma determinada categoria em comparação com as demais, com base em sua frequência. A partir disso, podem-se calcular as massas correspondentes às categorias da variável disposta nas linhas, bem como, de maneira análoga, às categorias da variável disposta nas colunas da tabela de contingência.

A seguir, as Figuras 4, 5 e 6 exibem o mapa perceptual juntamente com as coordenadas observadas relacionadas às variáveis analisadas no estudo.

Figura 4: Mapa Perceptual e Coordenadas Observadas - Nível de suporte e Frequência de Uso

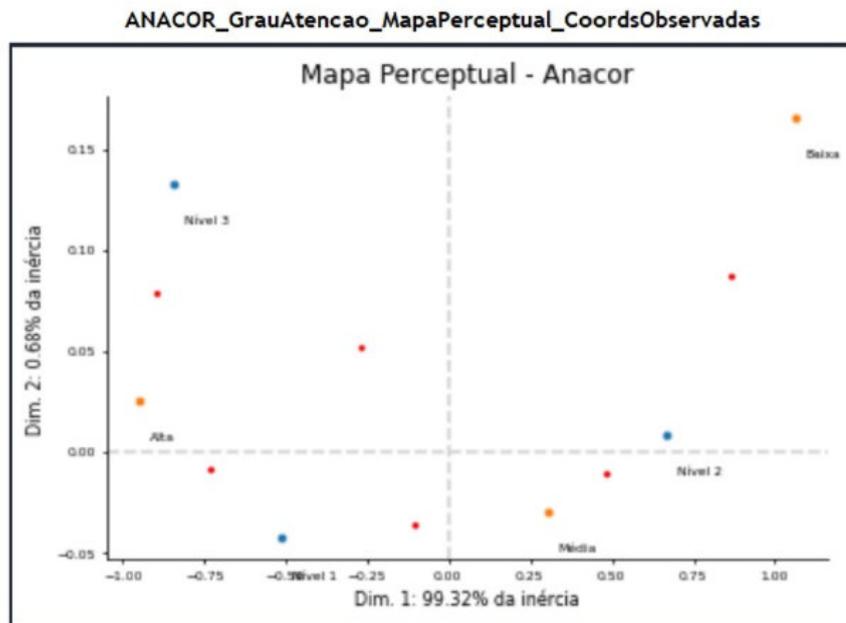


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados originais da pesquisa (2025).

O mapa perceptual mostrado na Figura 4 apresenta a relação entre os níveis de usuários e a frequência de uso do sistema, revelando associações claras entre as categorias. O nível 1 está fortemente associado ao uso diário, enquanto o nível 2 se aproxima do uso semanal, e o nível 3 está mais próximo do uso ocasional. A maior parte da variabilidade (99,85%) é explicada pela Dimensão 1, o que indica que essa dimensão concentra as diferenças mais relevantes entre os perfis de uso. Assim, o mapa confirma visualmente os padrões de comportamento identificados nas análises anteriores.



Figura 5: Mapa Perceptual e Coordenadas Observadas - Nível de suporte e Grau de Atenção

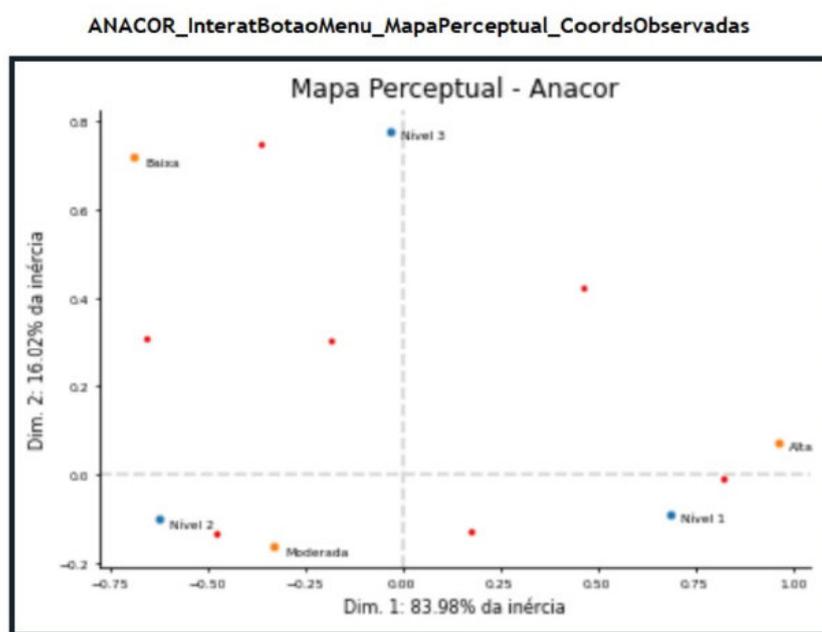


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados originais da pesquisa (2025).

O mapa perceptual mostrado na Figura 5 apresenta a relação entre os níveis de usuários e o grau de atenção, indicando associações distintas entre os grupos. O nível 1 está mais próximo da categoria de atenção alta, sugerindo que esses usuários mantêm maior foco durante o uso. O nível 2 se aproxima da atenção média, indicando um nível intermediário de engajamento, enquanto o nível 3 está mais relacionado à atenção alta, mas com certa distância, refletindo sua menor representatividade. A atenção baixa aparece isolada e associada apenas a poucos pontos, estando mais afastada dos níveis 1 e 3. A Dimensão 1, que representa 99,32% da inércia, concentra quase toda a variabilidade, o que reforça a clareza das associações visuais.



Figura 6: Mapa Perceptual e Coordenadas Observadas - Nível de suporte e interação Botão Menu



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados originais da pesquisa (2025).

O mapa perceptual mostrado na Figura 6 apresenta a relação entre os níveis de usuários e o grau de interação com botões e menus. O nível 1 está claramente associado à interação alta, indicando um uso mais ativo da interface. O nível 2 aparece próximo da interação moderada, sugerindo um padrão de uso mais equilibrado. Já o nível 3 está relacionado à interação baixa, o que reforça seu menor envolvimento com o sistema. A Dimensão 1, que representa 83,98% da inércia, concentra a maior parte da variabilidade, enquanto a Dimensão 2 (16,02%) complementa a interpretação, reforçando a separação entre os grupos e os tipos de interação. Esses resultados visuais confirmam as tendências observadas nas análises quantitativas anteriores.



As informações apresentadas nos mapas perceptuais são fundamentais para a elaboração de um plano de ensino mais eficaz, personalizado e centrado nas necessidades dos diferentes perfis de usuários. A identificação clara dos padrões de uso (frequência, atenção e interação) permite ao educador compreender como os estudantes em diferentes níveis se relacionam com o sistema educacional digital. Usuários do nível 1, por exemplo, utilizam o sistema diariamente, demonstram atenção elevada e interagem intensamente com botões e menus, o que indica um perfil altamente engajado e preparado para atividades mais desafiadoras, autônomas e de aprofundamento. O nível 2, por sua vez, representa um perfil intermediário: esses usuários têm frequência semanal de uso, mantêm uma atenção moderada e demonstram uma interação também equilibrada com os recursos do sistema. Isso sugere a necessidade de um plano de ensino que inclua estratégias de motivação e estímulo à continuidade no uso, como feedbacks regulares, metas de curto prazo e atividades interativas que promovam maior envolvimento. Já os usuários do nível 3 apresentam uso ocasional, estão relacionados à atenção mais baixa e baixa interação com a interface, o que demanda intervenções mais estruturadas e apoio constante, como tutorias presenciais ou conteúdos mais simples e diretos para facilitar o engajamento. A predominância da Dimensão 1 na explicação da variabilidade em todos os mapas (com mais de 83% de inércia explicada) reforça a consistência e relevância dos padrões comportamentais identificados. Assim, os mapas perceptuais não apenas ilustram os diferentes níveis de engajamento e uso, mas também oferecem subsídios concretos para a construção de metodologias pedagógicas adaptativas, promovendo inclusão, participação ativa e melhores resultados educacionais.

Com base na análise das tabelas de contingência, que evidenciaram as frequências absolutas observadas nas associações entre as variáveis categóricas, sendo para este estudo, o nível de suporte da criança observada e o elemento multimídia associado a frequência de uso, atenção e interação com botões e menus, bem como na comparação com as frequências esperadas, os resíduos e os valores do teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ), foi possível identificar se a distribuição das categorias ocorre de forma aleatória ou se existe um padrão de dependência entre elas. A utilização dos resíduos padronizados ajustados permitiu um exame mais detalhado das interações específicas entre as categorias, revelando combinações com significância estatística.



Complementando essa análise, os mapas de calor e mapas perceptuais reforçaram visualmente as associações identificadas. Assim, conclui-se que há uma associação significativa entre as variáveis categóricas analisadas, indicando que a relação entre elas não é aleatória, mas segue um padrão específico de dependência.

Com base nas informações extraídas dos mapas perceptuais, os elementos multimídia em aplicações educacionais podem ser adaptados de forma estratégica no plano de ensino de crianças com TEA para melhorar seus processos formativos, respeitando os diferentes níveis de engajamento, atenção e frequência de uso identificados. Para usuários do nível 1, que demonstram alta frequência de uso, atenção elevada e intensa interação com a interface, os recursos multimídia podem ser mais complexos e exploratórios, como jogos educativos com múltiplas fases, vídeos interativos e simulações que incentivem a autonomia e a resolução de problemas. Já para o nível 2, que representa um perfil intermediário com atenção e interação moderadas, é recomendável utilizar elementos multimídia que equilibrem estímulo e simplicidade, como animações curtas, *quizzes* com *feedback* visual imediato e atividades gamificadas que reforcem a continuidade do engajamento. Para o nível 3, caracterizado por uso esporádico, atenção reduzida e baixa interação, os elementos multimídia devem ser altamente acessíveis, com comandos simples, reforços visuais e auditivos claros, rotinas visuais consistentes e estímulos sensoriais que auxiliem na compreensão e mantenham o foco da criança, sem sobrecarga cognitiva. Além disso, considerando que a maior parte da variabilidade dos comportamentos é explicada por uma única dimensão em cada mapa, é possível adaptar os recursos multimídia com base nessas diferenças centrais, promovendo acessibilidade, motivação e aprendizado significativo. Assim, a integração dos dados perceptuais ao plano de ensino permite que as ferramentas digitais sejam ajustadas às necessidades sensoriais, cognitivas e emocionais das crianças com TEA, contribuindo para sua inclusão, participação ativa e desenvolvimento global.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo principal contextualizar de que maneira os elementos multimídia presentes em aplicações educacionais podem ser adaptados ao plano de ensino de crianças com TEA, com vistas à melhoria dos seus processos formativos. A partir desse foco, buscou-se compreender as concepções sobre tecnologia e sua interface com os processos educativos, além de identificar, por meio de *survey* com usuários *proxy* (docentes que acompanham os discentes na UE), possíveis associações entre as especificidades do uso dessas aplicações e os elementos multimídia nelas presentes.

A análise dos dados coletados, realizada com técnicas estatísticas descritivas e inferenciais, incluindo a ANACOR, permitiu mapear padrões de associação entre as categorias de variáveis observadas, sendo para este estudo o nível de suporte do discente dentro do espectro autista associado aos elementos multimídia como botões e menus, frequência e atenção ao uso, revelando que as interações entre os elementos multimídia e as respostas comportamentais ou atencionais das crianças com TEA não ocorrem de forma aleatória. Os resultados estatisticamente significativos, identificados por meio do teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) e da análise de resíduos padronizados ajustados, indicaram dependência entre determinadas características das aplicações e as reações observadas nas crianças, o que foi reforçado pelas representações gráficas por meio de mapas de calor e mapas perceptuais.

Dessa forma, conclui-se que os elementos multimídia como a o grau de interatividade observado no uso de botões e menus, a frequência com que determinados recursos foram utilizados e o nível de atenção demonstrado pela criança durante a interação, exercem influência sobre o engajamento e a satisfação das crianças com TEA no uso de aplicações digitais. Tais achados oferecem subsídios importantes para os usuários *proxy* no momento de planejar, selecionar ou adaptar tecnologias educacionais, promovendo experiências mais adequadas às necessidades individuais de cada criança. Por fim, destaca-se a importância de ampliar o uso de abordagens baseadas em inteligência artificial, como a ANACOR, no campo educacional e inclusivo, uma vez que essas metodologias se mostraram eficazes na identificação de padrões úteis para a prática pedagógica e para o desenvolvimento de recursos educacionais mais



acessíveis e responsivos.

## REFERÊNCIAS

Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo* (L. A. Reto & A. Pinheiro, Trans.). São Paulo: Edições 70. (Obra original publicada em 1977).

Batista, L. E., Escuder, M. M. L., & Pereira, J. C. R. (2004). A cor da morte: causas de óbito segundo características de raça no Estado de São Paulo, 1999 a 2001. *Revista de Saúde Pública*, 38(5), 630–636.

Beh, E. J. (2004). Simple correspondence analysis: A bibliographic review. *International Statistical Review*, 72(2), 257–284.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. (2008). *Política nacional de educação especial na perspectiva da educação inclusiva*. MEC. <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeducoespecial.pdf>

Brasil. (1996). *Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional*. *Diário Oficial da União*. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm)

Britto, M. F., & Pizzolato, M. E. (2018). Proposta de diretrizes para o projeto de sistemas hiperídia adaptados ao transtorno do espectro autista. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 26(02), 37–56. <https://doi.org/10.5753/rbie.2018.26.02.37>

Fávero, L. P., & Belfiore, P. (2015). *Análise de dados: Técnicas multivariadas exploratórias*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Fávero, L. P. L., & Belfiore, P. P. (2017). *Manual de análise de dados: Estatística e modelagem multivariada com Excel, SPSS e Stata*. Rio de Janeiro: Elsevier.



Keefe-Cooperman, K. (2016). Technology and the autism spectrum disorder: Benefits and drawbacks. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(10), 3380–3383. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2869-6>

Khangar, N. V., & Kamalja, K. K. (2017). Multiple correspondence analysis and its applications. *Electronic Journal of Applied Statistical Analysis*, 10(2), 432–462.

Khowaja, K., & Salim, S. S. (2015). A systematic review of techniques and interventions for improving nonverbal communication skills in children with autism. *Expert Systems with Applications*, 42(6), 2996–3011. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.11.053>

Leite, M. C., & Carmo, G. T. (2022). *Um estudo sobre os fatores que mobilizam a permanência do autista na escola*. Congresso Fluminense de Pós-Graduação – CONPG.

Punchoojit, L., & Hongwarittorn, N. (2017). Usability studies on mobile user interface design patterns: A systematic literature review. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2017(1), Article 6787504.

Roth, R. E. (2017). User Interface and User Experience (UI/UX) Design. *Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge*

Sofian, N. M., Hashim, A. S., & Sarlan, A. (2021). Multimedia elements in designing mobile app interface for autistic children: Proxy user perspective. In *2021 International Conference on Computer Information Sciences (ICCOINS)*. IEEE.

Spiel, K., Frauenberger, C., Keyes, O., & Fitzpatrick, G. (2019). Agency of autistic children in technology research: A critical literature review. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 26(6), 1–40. <https://doi.org/10.1145/3310284>

T, N. S., & Selvarani, A. G. (2022). An interactive number learning augmented reality application for autistic preschool children. In *2022 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)* (pp. 1–4). IEEE.