

AUTISMALG: Aplicativo para Auxiliar no Ensino da Identificação e Contagem de Algarismos para Crianças com Transtorno do Espectro Autista

**Fábio J. Alves¹, Emerson A. Carvalho¹, Josué M. Leite¹, Emerson R. Paiva¹
Guilherme S. Bastos²**

¹ IFSULDEMINAS – Campus Machado

Rodovia Machado – Paraguaçu – KM 3 – Santo Antônio – Machado – MG – Brasil

² Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Av. B P S, 1303 – Pinheirinho, Itajubá – MG – Brasil

{fabio.alves, emerson.carvalho}@ifsuldeminas.edu.br

{josuemelquileite, emersonrenaki0}@gmail.com, sousa@unifei.edu.br

Abstract. *Autism Spectrum Disorder (ASD) poses challenges to child development, especially in learning basic skills such as mathematics. This article presents the results of a project that developed AUTISMALG, an educational application based on Applied Behavior Analysis (ABA) and the ALVINA Protocol, aimed at teaching auditory-visual identification and counting numbers from 1 to 10 to children with ASD. The solution includes a mobile application and an integrated web system, both evaluated by a multidisciplinary team in terms of usability, therapeutic applicability, and pedagogical potential. The evaluations indicated high acceptance and highlighted aspects such as interface clarity, effectiveness of reinforcers, adherence to ABA, and alignment with the target audience needs. The results reinforce the potential of AUTISMALG as an accessible, effective, and evidence-based assistive technology, suitable for empirical studies with children with ASD.*

Resumo. *O Transtorno do Espectro Autista (TEA) impõe desafios ao desenvolvimento infantil, especialmente na aprendizagem de habilidades básicas como conceitos matemáticos. Este artigo apresenta os resultados de um projeto de extensão que desenvolveu o AUTISMALG, um aplicativo educacional baseado na Análise do Comportamento Aplicada (ABA) e no Protocolo ALVINA, voltado ao ensino da identificação auditivo-visual e contagem de números de 1 a 10 para crianças com TEA. A solução inclui um aplicativo móvel e um sistema web integrado, ambos avaliados por uma equipe multidisciplinar quanto à usabilidade, aplicabilidade terapêutica e potencial pedagógico. As avaliações apontaram alta aceitação e destacaram aspectos como clareza das interfaces, eficácia dos reforçadores, aderência à ABA e alinhamento às necessidades dos usuários. Os resultados reforçam o potencial do AUTISMALG como ferramenta assistiva acessível, eficaz e baseada em evidências, estando apta à realização de estudos empíricos com crianças com TEA.*

1. Introdução

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma condição do neurodesenvolvimento caracterizada por déficits na comunicação e na interação social, padrões restritos de comporta-

mento, interesses específicos e atividades repetitivas [Carvalho et al. 2023]. Os sintomas geralmente surgem entre um e três anos de idade e tendem a persistir ao longo da vida. O Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5) classifica esses déficits em três níveis — leve, moderado e severo — de acordo com o grau de suporte necessário [Association 2013], estando esses níveis associados a diferentes padrões de atividade cerebral [Rodrigues et al. 2022].

Considerando a ampla variabilidade de características entre pessoas com TEA, torna-se essencial adotar abordagens pedagógicas adaptáveis e centradas nas necessidades individuais, promovendo uma aprendizagem mais efetiva e inclusiva [Grossi et al. 2020, Camargo et al. 2020]. Nesse contexto, a Tecnologia da Informação (TI), especialmente no campo das Tecnologias Assistivas (TAs), tem-se destacado como uma aliada importante no desenvolvimento de ferramentas de apoio.

As primeiras investigações sobre o uso de tecnologias para pessoas com TEA remontam à década de 70 [Colby 1973, Panyan 1984]. Desde então, pesquisas vêm demonstrando a eficácia desses recursos na promoção de avanços na comunicação, na aprendizagem e na socialização de indivíduos com TEA [Alves et al. 2022, Carvalho et al. 2024]. Tais evidências reforçam o papel das TAs como catalisadoras de práticas terapêuticas e educacionais mais acessíveis, personalizadas e baseadas em evidências.

Entre as abordagens terapêuticas com maior respaldo científico destaca-se a Análise do Comportamento Aplicada (ABA), uma ciência que investiga o comportamento humano com base em princípios experimentais e propõe intervenções que visam promover novos repertórios e reduzir comportamentos que interferem no desenvolvimento [Cooper et al. 2019, Steinbrenner et al. 2020]. Devido ao seu rigor metodológico, a ABA tem sido amplamente incorporada ao desenvolvimento de TAs, fornecendo diretrizes sólidas para a criação de recursos eficazes e adaptados às necessidades dos usuários.

Nesse cenário, destaca-se o protocolo ALVINA, proposto por [Alves et al. 2022], que oferece um conjunto estruturado de orientações para o desenvolvimento e validação de TAs fundamentadas nos princípios da ABA. O protocolo busca assegurar que os recursos desenvolvidos atendam às dimensões da ABA e estejam alinhados às demandas clínicas e educacionais das pessoas com TEA.

Fundamentado nas diretrizes do protocolo ALVINA, este trabalho apresenta o AUTISMALG, um aplicativo móvel desenvolvido para apoiar o ensino da identificação auditivo-visual e da contagem dos algarismos de 1 a 10 para crianças com TEA. A ferramenta foi pensada para ser utilizada por pais, responsáveis, analistas do comportamento e profissionais da educação, promovendo uma aprendizagem estruturada, lúdica, personalizada e baseada em evidências.

Este estudo integra as ações de um projeto de extensão promovido por uma Instituição da Rede Federal de Educação Profissional, em parceria com uma entidade especializada no atendimento terapêutico de crianças com TEA e outras deficiências. A colaboração visa fortalecer a inclusão educacional e oferecer suporte à formação continuada de profissionais da área.

Dessa forma, a presente proposta busca contribuir não apenas para o avanço no uso de tecnologias assistivas baseadas em evidências no contexto educacional e clínico, mas também para a integração entre ciência, prática profissional e inovação tecnológica,

promovendo o desenvolvimento de recursos acessíveis, eficazes e alinhados aos princípios da educação inclusiva.

2. Fundamentação Teórica

Esta seção apresenta os principais fundamentos que sustentam este estudo. Primeiramente, abordam-se o TEA e suas principais características clínicas e comportamentais. Em seguida, discute-se a ABA, reconhecida como uma das abordagens mais eficazes para intervenções com indivíduos com TEA. Por fim, explora-se o papel das TAs como ferramentas de apoio à aprendizagem e inclusão, destacando sua contribuição para práticas terapêuticas e educacionais mais personalizadas, acessíveis e baseadas em evidências.

2.1. O Transtorno do Espectro Autista

O termo “autismo”, derivado das palavras gregas *autos* (auto) e *ismos* (ação), foi introduzido pelo psiquiatra Eugen Bleuler em 1911 para descrever a perda de contato com a realidade e a consequente dificuldade na comunicação com o meio social [Szatmari 2000]. Posteriormente, em 1943, Leo Kanner utilizou o termo ao estudar crianças que apresentavam isolamento social, dificuldades na comunicação e incapacidade de estabelecer vínculos interpessoais [Kanner et al. 1943]. No ano seguinte, Hans Asperger descreveu crianças com dificuldades semelhantes na interação social, mas com preservação das capacidades intelectuais [Rutter and Schopler 1992]. Em 1978, Michael Rutter contribuiu para o aprimoramento dos critérios diagnósticos ao definir o autismo como um distúrbio do desenvolvimento cognitivo, considerando movimentos estereotipados, déficits de interação e comunicação social, além do início precoce dos sintomas, antes dos 30 meses de idade [Rutter 1978].

Atualmente, o TEA é reconhecido como um transtorno do neurodesenvolvimento caracterizado por déficits persistentes na comunicação e interação social, bem como por padrões repetitivos e restritos de comportamento, interesses e atividades [Bai et al. 2019]. O uso do termo “espectro” reflete a ampla variedade de manifestações e níveis de suporte dos sintomas.

Anteriormente, o autismo era classificado pela American Psychiatric Association (APA) em diferentes subtipos no grupo dos Transtornos Globais do Desenvolvimento, incluindo Síndrome de Asperger, Transtorno Desintegrativo da Infância, Autismo Clássico, Síndrome de Rett e Transtorno Global do Desenvolvimento Sem Outra Especificação (TGD-SOE) [Lacerda 2017]. Com a publicação do *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders — Fifth Edition* (DSM-5), em 2013, esses diagnósticos foram agrupados sob a designação geral de TEA, com exceção da Síndrome de Rett, excluída por apresentar etiologia genética específica. Essa reformulação buscou alinhar a classificação às evidências neurobiológicas, embora cada caso ainda exija abordagem individualizada [Lacerda 2017].

Estudos apontam que a prevalência do TEA tem aumentado significativamente. Entre 2004 e 2025, nos Estados Unidos, passou de um caso a cada 166 crianças para um a cada 31, segundo o relatório do CDC¹, representando um crescimento de aproximadamente 436%. No Brasil, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

¹<https://www.cdc.gov/autism/data-research>

(IBGE) estimam que 2,4 milhões de pessoas têm o diagnóstico de TEA. Esses números, coletados pela primeira vez no Censo de 2022, revelam a abrangência do autismo no país. Globalmente, estima-se uma prevalência entre 1,1% e 2,1%, com maior incidência entre meninos [Carvalho et al. 2023]. Esse crescimento pode ser atribuído à ampliação dos critérios diagnósticos, à maior conscientização e à antecipação do diagnóstico [Almeida and Neves 2020].

A etiologia do TEA é multifatorial, com forte componente genético. Estima-se que até 97% dos casos estejam relacionados a fatores genéticos, sendo cerca de 81% atribuídos à hereditariedade [Bai et al. 2019]. Essa predisposição envolve interações entre variantes comuns e raras, sendo as primeiras responsáveis por grande parte da herdabilidade [Gaugler et al. 2014, Rosti et al. 2014].

O diagnóstico é clínico, baseado na observação do comportamento e no relato dos cuidadores, pois não existem exames laboratoriais específicos [Lord et al. 2018]. A detecção precoce e as intervenções individualizadas são essenciais para o desenvolvimento global e para a qualidade de vida das pessoas com TEA [Hazlett et al. 2017, Landa 2018].

Dentre as abordagens para o tratamento do TEA com maior respaldo científico, destacam-se aquelas baseadas na ABA, como a *Early Intensive Behavioral Intervention* (EIBI) e as *Naturalistic Developmental Behavioral Interventions* (NDBIs), que combinam estratégias da análise do comportamento com fundamentos do desenvolvimento infantil. Ambas têm demonstrado impacto positivo na cognição, adaptação social e redução de comportamentos desafiadores [Peters-Scheffer et al. 2012, Kodak and Bergmann 2020].

2.2. Análise do Comportamento Aplicada

A Análise do Comportamento Aplicada (ABA, do inglês *Applied Behavior Analysis*) reúne um conjunto de práticas baseadas em evidências para o tratamento do TEA [Foxx 2008, Center 2015]. Reconhecida tanto como ciência quanto como intervenção educacional, a ABA possui fundamentação metodológica sólida e fundamenta pelo menos 23 das 28 principais intervenções baseadas em evidências voltadas ao tratamento do TEA [Steinbrenner et al. 2020]. Suas estratégias incluem tanto abordagens altamente estruturadas quanto intervenções naturalísticas [Schreibman and Ingersoll 2005].

A ABA é aplicada para investigar, explicar e modificar o comportamento humano com base nos princípios do condicionamento operante [Skinner 1965]. Seu foco está na relação entre comportamento, ambiente e consequências, buscando identificar variáveis funcionais e desenvolver intervenções eficazes [Cooper et al. 2019, Falcomata 2015].

Uma das ferramentas fundamentais da ABA é o modelo **A-B-C**: (A) Antecedente, o evento que precede o comportamento; (B) Comportamento, a resposta emitida; e (C) Consequência, o estímulo que segue a resposta e influencia sua recorrência futura [Morris 2008]. O uso sistemático desse modelo permite compreender as contingências que mantêm os comportamentos e orientar estratégias de intervenção [Mace and Critchfield 2010].

Segundo [Skinner 1965], comportamentos reforçados têm maior probabilidade de ocorrer novamente. [Cameron and Pierce 1994] e [Maag 2001] destacam a eficácia do reforço positivo na promoção de repertórios desejáveis e na redução de comportamentos problemáticos.

A ABA é definida por sete dimensões, propostas por [Baer et al. 1968], que devem estar presentes em qualquer intervenção com base nessa abordagem: aplicada, comportamental, analítica, tecnológica, conceitualmente sistemática, efetiva e generalizável. Essas dimensões continuam sendo os principais critérios para avaliação e aplicação da ABA na prática [Cooper et al. 2019], assegurando consistência e efetividade no desenvolvimento de intervenções personalizadas.

2.3. Tecnologias Assistivas como Suporte à Aprendizagem de Pessoas com TEA

As TAs compreendem um conjunto de produtos, metodologias, serviços e práticas que visam ampliar a funcionalidade de pessoas com deficiência, promovendo independência, inclusão e participação social [Bersch 2008]. Tais tecnologias incluem desde recursos simples, como bengalas e lápis adaptados, até sistemas avançados de comunicação augmentativa, próteses eletrônicas e aplicativos educacionais [Cook et al. 2019].

Em relação às pessoas com TEA, as TAs vêm se destacando como ferramentas versáteis e eficazes. Seu uso tem contribuído para o desenvolvimento de habilidades de comunicação, socialização, autorregulação e aprendizagem, além de auxiliar no manejo de comportamentos repetitivos [Alves et al. 2020, Carvalho et al. 2024].

O avanço dessas tecnologias tem possibilitado o acesso a novos modelos de atendimento, superando abordagens exclusivamente presenciais e permitindo estratégias híbridas, personalizadas e interativas [Kumm et al. 2021]. Para que tais recursos sejam efetivos, é fundamental a colaboração entre profissionais das áreas de saúde, computação e educação, garantindo soluções que considerem as especificidades cognitivas, sensoriais e motoras dos usuários [Porayska-Pomsta et al. 2012, Sharmin et al. 2018, Aguiar et al. 2020].

Além do suporte clínico, as TAs desempenham papel relevante no ambiente escolar. Evidências indicam que a introdução de recursos como aplicativos interativos, jogos educacionais e dispositivos adaptados pode aumentar a motivação, melhorar a concentração e favorecer a aprendizagem de estudantes com TEA [Maia and Jacomelli 2020].

Em síntese, a popularização das TAs ao longo das últimas décadas tem impulsionado a inclusão digital e social das pessoas com deficiência. A maior acessibilidade — tanto econômica quanto operacional — desses dispositivos tem favorecido sua adoção no cotidiano de crianças com TEA, promovendo autonomia, desenvolvimento funcional e qualidade de vida [Carvalho et al. 2024].

3. Metodologia

Este estudo metodológico, de abordagem aplicada e caráter exploratório, visa produzir inovação e gerar conhecimento científico por meio de um conjunto de etapas bem definidas, voltadas à obtenção de dados confiáveis e ao desenvolvimento de uma TA digital, fundamentada nos princípios da ABA e nas diretrizes do Protocolo ALVINA [Gil 2017, Vergara 2006]. O recurso proposto — o aplicativo AUTISMALG — tem como objetivo apoiar o ensino de habilidades básicas de identificação e contagem dos algarismos de 1 a 10 para crianças com TEA, promovendo práticas pedagógicas personalizadas, interativas e baseadas em evidências.

Considerando que o TEA apresenta manifestações diversas e exige abordagens adaptadas, torna-se essencial adotar uma metodologia estruturada, que assegure

a eficácia e a adequação dos recursos desenvolvidos para esse público específico [Spooner et al. 2019]. Assim, a metodologia foi organizada em cinco fases: (1) prototipagem; (2) modelagem de dados e arquitetura; (3) desenvolvimento das aplicações; (4) revisão técnica e terapêutica; e (5) análise das revisões.

3.1. Fase 1 – Prototipagem

A etapa inicial do desenvolvimento do AUTISMALG consistiu na criação de um protótipo de alta fidelidade, elaborado na plataforma Figma². Essa etapa teve como objetivo traduzir os requisitos funcionais e conceituais do sistema em interfaces gráficas interativas e navegáveis, capazes de simular de maneira realista o comportamento esperado do aplicativo. O protótipo foi desenvolvido com base nas diretrizes do protocolo ALVINA, observando-se princípios de usabilidade e acessibilidade voltados ao público infantil com TEA.

O protótipo foi submetido à avaliação de seis profissionais vinculadas a uma entidade especializada em apoio terapêutico, parceira do projeto, com atuação reconhecida na promoção da inclusão educacional e na formação continuada de profissionais da área. As avaliadoras atuam nas áreas de Psicologia, Psicopedagogia, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, todas com experiência clínica no atendimento a crianças com TEA.

Os critérios de inclusão para participação foram: (i) disponibilidade para participação voluntária; (ii) formação em áreas correlatas à intervenção para o TEA; (iii) experiência mínima de dois anos utilizando ABA em práticas clínicas; e (iv) familiaridade com TAs aplicadas ao ensino de habilidades para pessoas com TEA.

As profissionais responderam a um questionário estruturado com o intuito de mensurar a adequação do protótipo quanto aos objetivos terapêuticos, usabilidade, atratividade visual e pertinência dos estímulos apresentados. Os resultados indicaram uma aceitação positiva em relação à interface intuitiva, à clareza visual e ao potencial educacional do aplicativo. Paralelamente, foram identificadas oportunidades de refinamento, como ajustes nos reforçadores e correções de precisão em determinadas atividades, as quais foram devidamente incorporadas nas versões subsequentes do protótipo e aplicativo.

3.2. Fase 2 – Modelagem de Dados e Arquitetura

A modelagem de dados e a definição da arquitetura do sistema representam etapas fundamentais no desenvolvimento de soluções tecnológicas eficazes e escaláveis. Uma modelagem bem estruturada permite organizar e relacionar as informações de maneira eficiente, facilitando a manutenção, a recuperação e a integridade dos dados. A definição de uma arquitetura adequada impacta diretamente na modularidade, desempenho e interoperabilidade do sistema, garantindo que os diferentes componentes se comuniquem de forma fluida e segura.

A arquitetura do AUTISMALG foi dividida em três componentes principais: (i) um Gerenciador Web, responsável pelo cadastro de usuários, crianças, responsáveis, configuração de atividades, estímulos, reforçadores, gestão administrativa etc; (ii) um Banco de Dados (BD) como Serviço, para sincronização de dados e gerenciamento seguro de arquivos; e (iii) o Aplicativo Móvel, componente público principal que provê as atividades interativas às crianças com TEA.

²<https://bit.ly/FigmaAutismAlgTCC>

3.3. Fase 3 – Desenvolvimento das Aplicações

Com a validação do protótipo de alta fidelidade e a definição da modelagem de dados e da arquitetura do sistema, teve início o desenvolvimento efetivo dos sistemas que compõem o AUTISMALG. O processo de desenvolvimento seguiu um modelo flexível e iterativo, com ênfase na prototipação evolucionária — abordagem adequada para sistemas cujos requisitos não podem ser completamente definidos desde o início. Essa estratégia permitiu a incorporação progressiva de novas funcionalidades, adaptando o sistema às necessidades reais dos usuários ao longo do tempo.

Para operacionalizar esse processo, adotou-se a metodologia ágil Kanban [Alaídos et al. 2021], implementada por meio da ferramenta Trello³. Essa abordagem favoreceu a organização e a priorização das tarefas, além de proporcionar uma visão clara do andamento do projeto e promover entregas incrementais e contínuas.

O AUTISMALG foi desenvolvido na linguagem Kotlin⁴, com suporte nativo para a plataforma Android, priorizando aspectos de responsividade, acessibilidade e desempenho. A arquitetura adotada foi modular, visando facilitar a manutenção e futuras evoluções do sistema. Já o Gerenciador Web foi implementado com as tecnologias HTML, CSS e JavaScript no front-end, com back-end na linguagem Java, integrando-se ao ecossistema Firebase por meio do Cloud Firestore e do Firebase Storage.

3.4. Fase 4 – Revisão Técnica e Terapêutica do Aplicativo

A Revisão Técnica e Terapêutica teve como objetivo avaliar a usabilidade, funcionalidade e o potencial terapêutico do AUTISMALG, com base nas diretrizes do protocolo ALVINA e nos princípios da ABA. Para essa etapa, foram convidadas as seis profissionais que participaram da avaliação do protótipo de alta fidelidade na Fase 1. Entretanto, apenas quatro tiveram disponibilidade para a avaliação. Após o aceite, foi realizada uma reunião virtual via Google Meet, na qual foram apresentados os objetivos do estudo, as características do AUTISMALG e as instruções para o processo de avaliação.

A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário estruturado, elaborado na plataforma Google Forms, por se tratar de uma ferramenta gratuita, acessível e com suporte à análise automatizada das respostas. O instrumento foi composto por 19 questões objetivas, organizadas em cinco eixos de avaliação: (i) usabilidade, acessibilidade e navegação (6 questões); (ii) estímulos e reforçadores (4 questões); (iii) qualidade das ajudas (2 questões); (iv) potencial de ensino da contagem e da discriminação auditivo-visual (5 questões); e (v) aplicabilidade terapêutica (2 questões). As respostas foram registradas em uma escala Likert de 5 pontos: 1 – Discordo totalmente, 2 – Discordo parcialmente, 3 – Neutro, 4 – Concordo parcialmente e 5 – Concordo totalmente [Brown 2011, Sullivan and Artino Jr 2013].

Adicionalmente, o questionário incluiu uma questão aberta para sugestões, observações ou críticas. Essa etapa foi fundamental para captar percepções quantitativas e qualitativas das profissionais sobre o uso do aplicativo, bem como suas possíveis contribuições clínicas e educacionais.

³<https://trello.com/>

⁴<https://kotlinlang.org/>

3.5. Fase 5 – Análise dos Dados da Revisão Técnica e Terapêutica

Concluída a aplicação do questionário, procedeu-se à análise dos dados, com abordagem predominantemente quantitativa, complementada por interpretações qualitativas oriundas das respostas abertas.

Seguindo os princípios metodológicos de [Vergara 2006, Gil 2017], o objetivo da análise foi organizar e interpretar os dados de forma sistemática, relacionando os resultados aos objetivos da pesquisa. De acordo com [Creswell 2007], essa etapa envolve a preparação dos dados, a codificação das respostas e sua posterior interpretação.

A análise estatística descritiva das 19 questões foi conduzida com base na escala de Likert, enquanto as respostas abertas foram analisadas qualitativamente, permitindo identificar percepções, críticas e sugestões relevantes.

4. Resultados e Discussões

Esta seção apresenta os principais resultados obtidos a partir do desenvolvimento e avaliação do . Os resultados estão organizados em três seções: (i) arquitetura das aplicações; (ii) interfaces desenvolvidas; e (iii) análise dos dados provenientes da revisão técnica e terapêutica. As discussões evidenciam a adequação do aplicativo aos princípios da ABA e às diretrizes do protocolo ALVINA, além de sinalizar aspectos relevantes para a melhoria contínua da solução proposta. A diferença entre o AUTISMALG, por estar fundamentado no ALVINA, das outras TAs fundamentadas na ABA é que as TAs até então desenvolvidas não se preocuparam em atender às dimensões da ABA [Alves et al. 2020].

4.1. Arquitetura das Aplicações

A arquitetura proposta para as aplicações e a interação entre os principais componentes estão representadas na Figura 1.

O BD utilizado no desenvolvimento do AUTISMALG foi o Firebase⁵, com o Cloud Firestore para sincronização de dados e o Firebase Storage para gerenciamento seguro de arquivos. Usar um BD como o Firebase é importante no desenvolvimento de aplicativos porque oferece uma solução completa, escalável e em tempo real para armazenar e sincronizar dados entre usuários e dispositivos, reduzindo significativamente o tempo de desenvolvimento e a complexidade da infraestrutura. Além disso, por ser mantido pelo Google, proporciona alta disponibilidade, segurança e integração fácil com outros serviços, tornando-se uma escolha eficiente para aplicações móveis modernas.

Embora o Firebase seja uma base de dados não relacional, a modelagem adotada seguiu princípios da modelagem relacional. Essa escolha visou organizar eficientemente as informações, possibilitar consultas complexas e otimizar o compartilhamento de dados entre o Gerenciador Web e o Aplicativo Móvel. Essa abordagem favoreceu a recuperação ágil e a atualização consistente das informações, além de garantir a sincronização em tempo real entre os componentes do sistema. A modelagem da base de dados, destacando as entidades e seus relacionamentos, através de um Diagrama Entidade-Relacionamento (DER), pode ser vista na seção 4.2 do Material Complementar⁶.

⁵<https://firebase.google.com>

⁶Material Complementar (<https://bit.ly/4kWmDSN>)

A integração dos componentes do AUTISMALG foi viabilizada por meio de uma Arquitetura Orientada a Serviços (SOA), promovendo modularidade e escalabilidade. Os serviços se comunicam por meio de requisições HTTP⁷ em formato JSON⁸, permitindo interoperabilidade entre os três principais componentes: o Gerenciador Web, o BD e o Aplicativo Móvel.

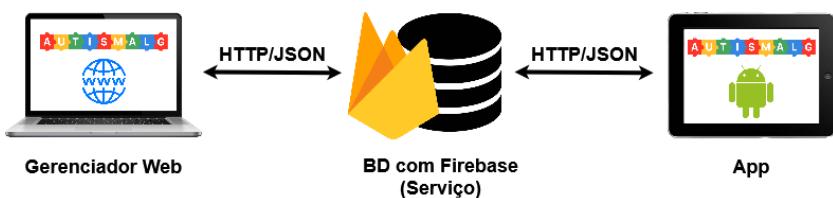


Figura 1. Arquitetura do sistema AUTISMALG e integração entre os módulos.

Para compreender o fluxo de informações entre os módulos, foram utilizados Diagramas de Fluxo de Dados (DFDs), que possibilitaram identificar pontos críticos e aprimorar o desempenho do sistema por meio da visualização clara das interações internas. A partir da seção 4.3 do Material Complementar, os fluxos de Acesso, Atividades e Configurações podem ser compreendidos.

4.2. Interfaces das Aplicações

O AUTISMALG é uma TA desenvolvida com o objetivo de apoiar o ensino de habilidades básicas para crianças com TEA, com foco na identificação auditivo-visual e na contagem de algarismos de 1 a 10. Fundamentado nos princípios da ABA e nas diretrizes do protocolo ALVINA, o aplicativo foi estruturado para oferecer uma experiência de aprendizagem personalizada, acessível e baseada em evidências.

As interfaces do Gerenciador Web e AUTISMALG foram concebidas com foco na usabilidade e na clareza das interações, buscando atender às necessidades específicas dos usuários. O aplicativo apresenta uma navegação intuitiva e responsiva, com elementos visuais adaptados para facilitar a compreensão e a execução das atividades por crianças com TEA, promovendo maior autonomia e engajamento.

Como exemplo de interfaces do aplicativo, ao selecionar a resposta correta em uma atividade, a criança tem acesso à tela de conclusão da tarefa, que apresenta um reforço positivo customizado. A Figura 2 exemplifica o reforço, com os seguintes elementos: o reforço, uma imagem personalizada e um texto descrevendo que realizou a atividade com sucesso, juntamente com um botão de áudio que emite a mesma mensagem do texto, a imagem de algumas estrelas, a quantidade de moedas que ganhou por realizar a tarefa de maneira correta e o botão “Continuar”, que direciona para a próxima tarefa.

Como forma de auxiliar a criança na execução de uma tarefa, o AUTISMALG implementa ajudas e dicas visuais. Conforme ilustrado na Figura 3, em casos de sucessivos erros ou passados dez segundos após a criança iniciar uma tarefa, caso não seja realizada nenhuma ação, uma ajuda é apresentada. Neste caso, o botão de número 1 e a imagem

⁷<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc9113>

⁸<https://www.json.org>

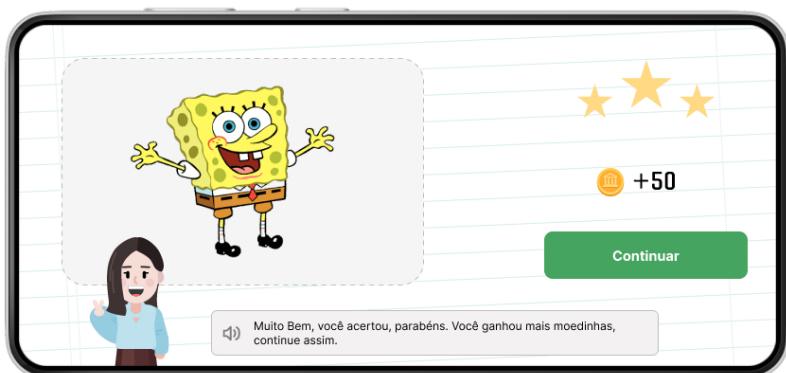


Figura 2. Tela de reforço positivo

do dinossauro ficam tracejados na cor amarela, sinalizando um auxílio para que a criança consiga realizar a atividade. Essa ação é chamada de dica intra-estímulo, em que alguma característica do estímulo é modificada para que se destaque e tenha mais chances de ser selecionado.



Figura 3. Ajuda na atividade de contagem

As demais interfaces do AUTISMALG e do Gerenciador Web podem ser visualizadas na Seção 5 do Material Complementar.

4.3. Resultados da Revisão Técnica e Terapêutica

A fase de interpretação buscou analisar os dados coletados de maneira ampla, relacionando-os ao conhecimento prévio sobre o tema. Conforme descrito por [Gil 2017, Creswell 2007], esse processo envolve a preparação dos dados, sua análise e posterior interpretação, podendo ser conduzido por meio de abordagens quantitativas, qualitativas ou integrativas. Dessa forma, a análise será apresentada por eixo avaliado.

No que se refere ao eixo de usabilidade, acessibilidade e navegação, 87.5% das respostas concordam totalmente que o aplicativo possui uma interface intuitiva e de fácil navegação, que as cores, imagens e elementos visuais são adequados, que a disposição dos elementos na tela facilita a compreensão e uso, que promove a discriminação auditivo-visual de forma eficaz, que o formato digital torna a ferramenta viável e de fácil acesso para os usuários e que foi fácil entender e utilizar o aplicativo.

Em relação aos estímulos e reforçadores, 56% das respostas concordam totalmente que o aplicativo fornece reforçadores que motivam o engajamento do usuário e a continuidade do uso do aplicativo, que os reforçadores são apresentados em momentos e de maneira adequados, que a variação de forma, conteúdo ou de atividades ajuda a manter o foco, e que o tempo para a resposta do usuário é adequado, sem gerar frustração ou desinteresse. Apesar das outras 44% das respostas terem concordado parcialmente com essas características, esse resultado, aliado às respostas qualitativas, remete à possibilidade de melhorias em relação aos estímulos e reforçadores.

No que diz respeito à qualidade das ajudas, 87.5% das respostas concordam totalmente que as ajudas foram facilmente identificadas e que direcionam claramente o usuário às respostas corretas.

Quanto ao potencial de ensino da contagem e da discriminação auditivo-visual, 95% das respostas concordam totalmente que o aplicativo tem o potencial de favorecer o aprendizado da contagem de elementos, que o uso de diferentes estímulos visuais tem potencial para auxiliar na aprendizagem dos números, que a progressão das atividades é coerente com o desenvolvimento das habilidades matemáticas, e que pode ser utilizado como uma ferramenta complementar para intervenções terapêuticas em crianças com TEA, podendo auxiliar as habilidades de discriminação auditivo-visual e contagem.

Por fim, o eixo aplicabilidade terapêutica teve 87.5% das respostas concordando totalmente que o aplicativo tem potencial para incentivar a interação da criança, podendo facilitar o trabalho de analistas do comportamento, dos pais, e de outros profissionais da saúde e educação.

Quantitativamente, a avaliação do aplicativo foi considerada boa, uma vez que os itens que não tiveram concordância total, tiveram ao menos concordância parcial. Dessa forma, as respostas qualitativas complementaram a análise estatística, oferecendo insights importantes para melhorias pontuais. Entre as principais sugestões destacam-se: a substituição do termo genérico “item” por nomes concretos e familiares às crianças (como “borboletas” ou “carrinhos”), tornando as instruções mais claras e contextualizadas; e a correção de inconsistências nas atividades de contagem, observadas por mais de uma profissional, nas quais a quantidade de figuras apresentadas não correspondia à resposta correta esperada. Outro aspecto recorrente foi a necessidade de tornar os reforçadores mais atrativos e lúdicos, com sugestões como inclusão de sons de palmas, elogios verbais ou mensagens como “passou de fase”, a fim de aproximar o aplicativo da lógica de jogos digitais, o que pode aumentar o engajamento infantil. Também foram mencionadas melhorias desejáveis na fala sintetizada do aplicativo, considerada excessivamente robotizada, e no tempo de exibição das pistas, que poderia ser ajustado para favorecer a autonomia da criança antes da intervenção automatizada.

No âmbito pedagógico e terapêutico, todas as profissionais ressaltaram a aderência do AUTISMALG às diretrizes da ABA, conforme estabelecido pelo protocolo ALVINA. O aplicativo foi amplamente reconhecido como um recurso viável, acessível e complementar às práticas clínicas. Além de contribuir para o desenvolvimento de habilidades específicas, foi apontado seu potencial em favorecer a mediação entre criança, família e terapeuta, fortalecendo o ambiente de aprendizagem colaborativo.

Em síntese, os resultados reforçam a robustez da proposta e fornecem diretrizes

para aprimoramentos nas próximas versões. A incorporação dessas sugestões tende a potencializar o impacto educacional e terapêutico da ferramenta, consolidando o AUTISMALG como uma solução inovadora no campo das TAs aplicadas ao TEA.

5. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Este estudo apresentou o desenvolvimento e a avaliação técnica e terapêutica do AUTISMALG, um aplicativo fundamentado nos princípios da ABA e nas diretrizes do Protocolo ALVINA. O aplicativo foi concebido para apoiar o ensino de habilidades de discriminação auditivo-visual e contagem dos algarismos de 1 a 10 para crianças com TEA, por meio de uma abordagem lúdica, acessível e responsável às necessidades específicas dos usuários.

O processo metodológico, organizado em cinco fases — da prototipagem à análise das avaliações técnicas e terapêuticas —, foi sustentado por uma abordagem estruturada, colaborativa e baseada em evidências. A participação de profissionais com experiência clínica em TEA reforçou a validade das análises realizadas. Os resultados demonstraram um alto grau de aceitação em relação à usabilidade, clareza das interfaces, organização das atividades e potencial educativo do aplicativo, evidenciando sua viabilidade como recurso complementar em contextos clínicos e educacionais.

As análises quantitativas e qualitativas convergiram para a identificação de pontos fortes e oportunidades de melhoria. Entre as sugestões destacam-se: a ampliação e diversificação dos reforçadores, a inclusão de feedbacks lúdicos como "passou de fase", a melhoria na naturalidade da fala sintetizada, o ajuste de tempo das ajudas para favorecer maior autonomia, a substituição de termos genéricos por vocabulário infantil mais acessível e a incorporação de mecanismos de personalização que considerem a diversidade de perfis dentro do espectro autista. Tais recomendações demonstram a importância da escuta ativa dos usuários e da adaptação contínua de Tecnologias Assistivas ao contexto terapêutico real.

Com base nos achados deste estudo, delineiam-se como trabalhos futuros: (i) a implementação das melhorias sugeridas; (ii) a reestruturação do AUTISMALG utilizando a tecnologia Flutter, com o objetivo de torná-lo multiplataforma (Android e iOS); (iii) a ampliação das funcionalidades, por meio de novos níveis de dificuldade, elementos visuais e auditivos personalizados, e reforçadores mais dinâmicos; e (iv) a realização de estudos empíricos com crianças, em situações de uso real, com o objetivo de avaliar a eficácia da ferramenta no desenvolvimento de habilidades cognitivas e comportamentais.

Adicionalmente, propõe-se a futura integração de recursos de Inteligência Artificial ao aplicativo, permitindo correções em tempo real, adaptação automática dos desafios e condução das atividades com base no desempenho individual de cada criança. Essa evolução potencializa a personalização e o engajamento, ampliando o impacto educacional e terapêutico do AUTISMALG.

De maneira geral, os resultados deste trabalho projetam o AUTISMALG como uma TA promissora, alinhada às diretrizes da ABA e do protocolo ALVINA. A articulação entre ciência, prática clínica e inovação tecnológica posiciona o aplicativo como uma solução para apoiar o desenvolvimento, a autonomia e a inclusão de crianças com TEA, contribuindo para o avanço da educação e da terapia mediadas por tecnologia.

Referências

- Aguiar, Y. P. C., Galy, E., Godde, A., Trémaud, M., and Tardif, C. (2020). Autismguide: a usability guidelines to design software solutions for users with autism spectrum disorder. *Behaviour & Information Technology*, pages 1–19.
- Alaidaros, H., Omar, M., and Romli, R. (2021). The state of the art of agile kanban method: challenges and opportunities. *Independent Journal of Management & Production*, 12(8):2535–2550.
- Almeida, M. L. and Neves, A. S. (2020). A popularização diagnóstica do autismo: Uma falsa epidemia? *Psicologia: Ciência e profissão*, 40:e180896.
- Alves, F. J., De Carvalho, E. A., Aguilar, J., De Brito, L. L., and Bastos, G. S. (2020). Applied behavior analysis for the treatment of autism: A systematic review of assistive technologies. *IEEE Access*, 8:118664–118672.
- Alves, F. J. et al. (2022). Alvina: um protocolo para orientar o desenvolvimento e validação de tecnologias baseadas em aba para o tratamento do autismo.
- Association, A. P. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders, fifth edition. *Text Revision*.
- Baer, D. M., Wolf, M. M., and Risley, T. R. (1968). Some current dimensions of applied behavior analysis 1. *Journal of applied behavior analysis*, 1(1):91–97.
- Bai, D., Yip, B. H. K., Windham, G. C., Sourander, A., Francis, R., Yoffe, R., Glasson, E., Mahjani, B., Suominen, A., Leonard, H., et al. (2019). Association of genetic and environmental factors with autism in a 5-country cohort. *JAMA psychiatry*, 76(10):1035–1043.
- Bersch, R. (2008). Introdução à tecnologia assistiva. *Porto Alegre: CEDI*, 21.
- Brown, J. D. (2011). Likert items and scales of measurement. *Statistics*, 15(1):10–14.
- Camargo, S. P. H., SILVA, G. L. D., CRESPO, R. O., OLIVEIRA, C. R. D., and MAGALHÃES, S. L. (2020). Desafios no processo de escolarização de crianças com autismo no contexto inclusivo: diretrizes para formação continuada na perspectiva dos professores. *Educação em revista*, 36:e214220.
- Cameron, J. and Pierce, W. D. (1994). Reinforcement, reward, and intrinsic motivation: A meta-analysis. *Review of Educational research*, 64(3):363–423.
- Carvalho, E., Rodrigues, I. D., Alves, F. J., and Bastos, G. S. (2023). Autism spectrum disorder: A literature review on prevalence and etiology measures. *Revista Eixos Tech*, 10(2).
- Carvalho, E. A., Alves, F. J., Rodrigues, I. D., Souza, T. L., and Moreira, D. d. S. (2024). Autismo e tecnologias assistivas: uma revisão sistemática dos anais do congresso brasileiro de informática na educação. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pages 1084–1098.
- Center, N. A. (2015). Findings and conclusions: National standards project, phase 2.
- Colby, K. M. (1973). The rationale for computer-based treatment of language difficulties in nonspeaking autistic children. *Journal of Autism and Childhood Schizophrenia*, 3(3):254–260.

- Cook, A. M., Polgar, J. M., and Encarnação, P. (2019). *Assistive technologies: Principles & practice*. Elsevier.
- Cooper, J. O., Heron, T. E., and Heward, W. L. (2019). *Applied Behavior Analysis*. Pearson, 3 edition.
- Creswell, J. W. (2007). Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. trad. *Luciana de Oliveira da Rocha*. 2^a ed. Porto Alegre: Artmed.
- Falcomata, T. S. (2015). Defining features of applied behavior analysis. In *Clinical and organizational applications of applied behavior analysis*, pages 1–18. Elsevier.
- Foxx, R. M. (2008). Applied behavior analysis treatment of autism: The state of the art. *Child and adolescent psychiatric clinics of North America*, 17(4):821–834.
- Gaugler, T., Klei, L., Sanders, S. J., Bodea, C. A., Goldberg, A. P., Lee, A. B., Mahajan, M., Manaa, D., Pawitan, Y., Reichert, J., et al. (2014). Most genetic risk for autism resides with common variation. *Nature genetics*, 46(8):881–885.
- Gil, A. C. (2017). *Como elaborar projetos de pesquisa*, volume 6. Atlas São Paulo.
- Grossi, M. G. R., Grossi, V. G. R., and Grossi, B. H. R. (2020). O processo de ensino e aprendizagem dos alunos com tea nas escolas regulares: uma revisão de teses e dissertações. *Cadernos de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento*, 20(1).
- Hazlett, H. C., Gu, H., Munsell, B. C., Kim, S. H., Styner, M., Wolff, J. J., Elison, J. T., Swanson, M. R., Zhu, H., Botteron, K. N., et al. (2017). Early brain development in infants at high risk for autism spectrum disorder. *Nature*, 542(7641):348.
- Kanner, L. et al. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous child*, 2(3):217–250.
- Kodak, T. and Bergmann, S. (2020). Autism spectrum disorder: characteristics, associated behaviors, and early intervention. *Pediatric Clinics of North America*.
- Kumm, A. J., Viljoen, M., and de Vries, P. J. (2021). The digital divide in technologies for autism: Feasibility considerations for low-and middle-income countries. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, pages 1–14.
- Lacerda, L. (2017). *TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA: uma brevíssima introdução*. Editora CRV, Curitiba-Brasil.
- Landa, R. J. (2018). Efficacy of early interventions for infants and young children with, and at risk for, autism spectrum disorders. *International review of psychiatry*, 30(1):25–39.
- Lord, C., Elsabbagh, M., Baird, G., and Veenstra-Vanderweele, J. (2018). Autism spectrum disorder. *The Lancet*, 392(10146):508–520.
- Maag, J. W. (2001). Rewarded by punishment: Reflections on the disuse of positive reinforcement in schools. *Exceptional children*, 67(2):173–186.
- Mace, F. C. and Critchfield, T. S. (2010). Translational research in behavior analysis: Historical traditions and imperative for the future. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 93(3):293–312.

- Maia, M. S. D. and Jacomelli, M. K. (2020). A aprendizagem da criança com transtorno do espectro autista (tear) através do uso das tecnologias da informação e comunicação-tic. *Revista Psicologia & Saberes*, 9(18):16–31.
- Morris, B. (2008). Introduction to applied behavior analysis. *Retrieved from the Autism-help. org website: http://www. autism-help. org/intervention-applied-behavioral-analysis. htm*.
- Panyan, M. V. (1984). Computer technology for autistic students. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 14(4):375–382.
- Peters-Scheffer, N., Didden, R., Korzilius, H., and Matson, J. (2012). Cost comparison of early intensive behavioral intervention and treatment as usual for children with autism spectrum disorder in the netherlands. *Research in developmental disabilities*, 33(6):1763–1772.
- Porayska-Pomsta, K., Frauenberger, C., Pain, H., Rajendran, G., Smith, T., Menzies, R., Foster, M. E., Alcorn, A., Wass, S., Bernadini, S., et al. (2012). Developing technology for autism: an interdisciplinary approach. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(2):117–127.
- Rodrigues, I. D., de Carvalho, E. A., Santana, C. P., and Bastos, G. S. (2022). Machine learning and rs-fmri to identify potential brain regions associated with autism severity. *Algorithms*, 15(6):195.
- Rosti, R. O., Sadek, A. A., Vaux, K. K., and Gleeson, J. G. (2014). The genetic landscape of autism spectrum disorders. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 56(1):12–18.
- Rutter, M. (1978). Diagnosis and definition of childhood autism. *Journal of autism and childhood schizophrenia*, 8(2):139–161.
- Rutter, M. and Schopler, E. (1992). Classification of pervasive developmental disorders: Some concepts and practical considerations. *Journal of autism and developmental disorders*, 22(4):459–482.
- Schreibman, L. and Ingersoll, B. (2005). Behavioral interventions to promote learning in individuals with autism.
- Sharmin, M., Hossain, M. M., Saha, A., Das, M., Maxwell, M., and Ahmed, S. (2018). From research to practice: informing the design of autism support smart technology. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–16.
- Skinner, B. F. (1965). *Science and human behavior*. Number 92904. Simon and Schuster.
- Spooner, F., Root, J. R., Saunders, A. F., and Browder, D. M. (2019). An updated evidence-based practice review on teaching mathematics to students with moderate and severe developmental disabilities. *Remedial and Special Education*, 40(3):150–165.
- Steinbrenner, J. R., Hume, K., Odom, S. L., Morin, K. L., Nowell, S. W., Tomaszewski, B., Szendrey, S., McIntyre, N. S., Yücesoy-Özkan, S., and Savage, M. N. (2020). Evidence-based practices for children, youth, and young adults with autism. *The Uni-*

- versity of North Carolina at Chapel Hill, Frank Porter Graham Child Development Institute, National Clearinghouse on Autism Evidence and Practice Review Team.
- Sullivan, G. M. and Artino Jr, A. R. (2013). Analyzing and interpreting data from likert-type scales. *Journal of graduate medical education*, 5(4):541–542.
- Szatmari, P. (2000). The classification of autism, asperger's syndrome, and pervasive developmental disorder. *The Canadian Journal of Psychiatry*, 45(8):731–738.
- Vergara, S. C. (2006). Projetos e relatórios de pesquisa. *São Paulo: Atlas*.