

Construção de uma Interface Tangível com Feedback Multimodal para Apoio à Alfabetização de Crianças com Dislexia

Title: Design of a Tangible Interface with Multimodal Feedback to Support the Literacy of Children with Dyslexia

Título: Construcción de una Interfaz Tangible con Retroalimentación Multimodal para Apoyar la Alfabetización de Niños con Dislexia

Laura Quevedo Jurgina
Universidade Federal de Pelotas
ORCID: 0000-0002-3050-8855
lqjurgina@inf.ufpel.edu.br

Leomar Soares da Rosa Júnior
Universidade Federal de Pelotas
ORCID: 0000-0002-7150-5685
leomar.rosa@ufpel.edu.br

Marilton Sanchotene de Aguiar
Universidade Federal de Pelotas
ORCID: 0000-0002-5247-6022
marilton@inf.ufpel.edu.br

Tiago Thompsen Primo
Universidade Federal de Pelotas
ORCID: 0000-0003-3870-097X
tiago.primo@ufpel.edu.br

Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento e a validação do Alfaba, um dispositivo multissensorial com interface tangível voltado ao processo de alfabetização de crianças com dislexia. O projeto foi fundamentado em literatura especializada sobre alfabetização, neuroplasticidade, dislexia e tecnologia educacional, com ênfase em abordagens multissensoriais. O Alfaba foi desenhado para mobilizar estímulos auditivos, visuais, táteis, articulatórios e motores, promovendo a associação entre fonemas e grafemas por meio da manipulação de letras físicas dotadas de Radio-Frequency Identification (RFID). O desenvolvimento seguiu seis etapas: fundamentação teórica, desenho do projeto, construção do protótipo não funcional, teste de projeto com especialistas, construção do protótipo funcional e validação com usuários finais. A validação envolveu um grupo focal com seis educadoras e sete crianças e testes individuais de usabilidade com sete crianças (7–10 anos), permitindo analisar acessibilidade, compreensão das funcionalidades, interpretação dos sinais visuais e sonoros e aplicabilidade pedagógica. Os resultados indicaram compreensão das funções básicas e apontaram ajustes prioritários no material e nos vãos de encaixe das letras, na simbologia dos botões e na legibilidade da tela. Estão previstas modificações no material da caixa, adoção de tela colorida de maior nitidez, revisão de ícones, botões maiores e controle de volume. O projeto considera restrições de custo e manutenção de escolas públicas e dialoga com a BNCC quanto ao uso pedagógico de tecnologias digitais.

Palavras-chave: Alfabetização; Dislexia; Interface Tangível; Usabilidade; Tecnologia Educacional; Multissensorialidade; Acessibilidade.

Abstract

This paper presents the development and validation of Alfaba, a tangible multisensory device designed to support literacy, with attention to children with dyslexia. The project was grounded in literature on literacy, dyslexia, neuroplasticity, and educational technology, emphasizing multisensory approaches. Alfaba combines physical letter tiles identified by Radio-Frequency Identification (RFID), LED light cues, and audio to connect manipulation, phonology, and grapheme representation. Development comprised six stages: theoretical groundwork, design, non-functional

prototype, expert-oriented design testing, functional prototype, and user validation. Validation involved a focus group with six teachers and seven children and individual usability tests with seven children (ages 7-10), enabling analysis of accessibility, understanding of functions, interpretation of visual and auditory signals, and pedagogical applicability. Results indicated understanding of basic operations and highlighted priority adjustments: slot tolerances for letter insertion, screen legibility at oblique angles, button iconography, and power-button placement. Planned modifications include a rigid enclosure, a larger color display, refined icons, larger buttons, and volume control. The project addresses cost and maintenance constraints in public schools and aligns with Brazil's BNCC regarding the pedagogical use of digital technologies.

Keywords: Literacy; Dyslexia; Tangible interface; Usability; Educational technology; Multisensory; Accessibility.

Resumen

Este artículo presenta el desarrollo y la validación de Alfaba, un dispositivo multisensorial con interfaz tangible diseñado para apoyar la alfabetización de niños con dislexia. El proyecto se fundamentó en literatura sobre alfabetización, dislexia, neuroplasticidad y tecnología educativa, con énfasis en enfoques multisensoriales. Alfaba integra letras físicas identificadas por Identificación por Radiofrecuencia (RFID), señales luminosas por LED y audio para articular manipulación, fonología y representación gráfica. El desarrollo se organizó en seis etapas: fundamentación teórica, diseño, prototipo no funcional, prueba de diseño con especialistas, prototipo funcional y validación con usuarios. La validación combinó un grupo focal con seis docentes y siete niños y pruebas individuales de usabilidad con siete niños (7-10 años), lo que permitió analizar accesibilidad, comprensión de funcionalidades, interpretación de señales visuales y sonoras y aplicabilidad pedagógica. Los resultados señalaron comprensión de las operaciones básicas e identificaron ajustes prioritarios: tolerancias de los encajes de las letras, legibilidad de la pantalla bicolor en ángulos oblicuos, iconografía de los botones y ubicación del botón de encendido. Se prevén modificaciones en el material de la caja, adopción de pantalla a color de mayor nitidez, revisión de íconos, botones de mayor tamaño y control de volumen. El proyecto contempla restricciones de costo y mantenimiento propias de escuelas públicas y dialoga con la BNCC en cuanto al uso pedagógico de tecnologías digitales.

Palabras clave: Alfabetización; Dislexia; Interfaz Tangible; Usabilidad; Tecnología educativa; Multisensorialidad; Accesibilidad.

1 Introdução

O processo de alfabetização é amplamente reconhecido como um dos pilares do desenvolvimento educacional e social das crianças, influenciando o desempenho em todas as áreas do conhecimento ao longo da vida escolar (Soares, 2004, 2020). No Brasil, esse processo enfrenta obstáculos históricos relacionados à desigualdade de acesso à educação, à precariedade de recursos pedagógicos e à formação docente (B. L. D. Costa & Brandao, 2024; Nogueira, 2021). Tais fatores impactam negativamente a aprendizagem da leitura e da escrita desde os primeiros anos do ensino fundamental. A pandemia de COVID-19 agravou esse quadro, com suspensão média de 287 dias de aulas presenciais em escolas públicas, intensificando as dificuldades no desenvolvimento de habilidades fundamentais de alfabetização (Almeida & Alves, 2020; INEP, 2020).

Segundo o Ministério da Educação, a alfabetização envolve o reconhecimento global de palavras, a construção do conhecimento alfabético e a capacidade de estabelecer relações entre fonemas e grafemas (Ministério da Educação - MEC, 2017). A interrupção prolongada do ensino presencial ampliou lacunas, em especial entre estudantes em situação de vulnerabilidade, afetando a qualidade da aprendizagem nos anos iniciais.

Nesse contexto, crianças com dislexia enfrentam desafios adicionais. A dislexia é descrita como um transtorno de origem neurobiológica, caracterizado por dificuldades no reconhecimento preciso e fluente de palavras, além de déficits em decodificação e ortografia (International Dyslexia Association, 2002). Essas dificuldades, não explicadas pela idade ou pelo nível intelectual, demandam intervenções que considerem necessidades específicas (Davis & Braun, 2010). Para além dos aspectos fonológicos, são frequentes dificuldades perceptivas, como a inversão de letras semelhantes (por exemplo, “d” e “b”) (Assunção, 2018). A literatura aponta que abordagens que integrem estímulos multissensoriais, visuais, auditivos e tangíveis, podem favorecer o aprendizado de crianças com dificuldades de leitura (Associação Brasileira de Dislexia, 2016).

A necessidade de práticas pedagógicas inclusivas encontra respaldo na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que orienta a adoção de tecnologias digitais como mediadoras do processo de ensino e aprendizagem (Ministério da Educação - MEC, 2023). Nesse cenário, ganham espaço soluções que combinem manipulação de objetos físicos com recursos digitais, ampliando as possibilidades de mediação docente e de engajamento dos estudantes em tarefas de composição de palavras.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a validação do Alfaba, um dispositivo multissensorial com interface tangível voltado ao apoio à alfabetização de crianças, com atenção à dislexia. O sistema integra letras físicas identificadas por *Radio-Frequency Identification* (RFID), iluminação por LEDs e áudio, articulando manipulação, fonologia e representação gráfica. O desenvolvimento foi organizado em seis etapas: fundamentação teórica, projeto, protótipo não funcional, teste de projeto com especialistas, protótipo funcional e validação com usuários. A etapa de validação combinou um grupo focal com seis educadoras e sete crianças e testes individuais de usabilidade com sete crianças (7-10 anos), com procedimentos éticos observados (TCLE/TALE, autorização de registros e anonimização). O estudo foi desenvolvido em parceria com a rede municipal de ensino de Pelotas (RS), no âmbito de ações de inovação pedagógica em alfabetização.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o conjunto de fundamentos conceituais que orientam o estudo, abrangendo contribuições da alfabetização, da neurologia do aprendizado, da dislexia e das interfaces tangíveis no contexto educacional. A Seção 3 examina trabalhos nacionais e internacionais que abordam recursos digitais e tangíveis voltados à aprendizagem da leitura e da escrita, situando o Alfaba nesse panorama. A Seção 4 descreve o processo de desenvolvimento do dispositivo, incluindo concepção, projeto, prototipagem e implementação. A Seção 5 discute a etapa de validação com docentes e crianças, com base no grupo focal, nos testes individuais de usabilidade e na análise integrada das interações observadas. Por fim, as Considerações Finais sintetizam as contribuições alcançadas e delineiam perspectivas para continuidade da pesquisa.

2 Fundamentação Teórica e Tecnológica

Esta seção apresenta os fundamentos conceituais que sustentaram o desenvolvimento do Alfaba, com foco em quatro eixos: alfabetização, neurologia do aprendizado, dislexia e interfaces tangíveis aplicadas à educação.

2.1 Alfabetização

A alfabetização corresponde à apropriação de práticas sociais de leitura e escrita, constituindo uma competência central para a participação plena em diferentes contextos sociais (UNESCO, 2017). Diferentemente da linguagem oral, que emerge de forma espontânea, a leitura e a escrita exigem instrução formal e sistemática. O processo inicia-se pela compreensão de que símbolos gráficos representam sons e que a combinação desses sons forma palavras (Araújo, 2011; Foorman et al., 1998). A consciência fonológica e o domínio do princípio alfabético são, portanto, pilares do desenvolvimento da fluência leitora.

A aprendizagem da leitura e da escrita depende da atuação coordenada de diferentes canais sensoriais e motores. A audição contribui para a discriminação fonêmica; a visão para o reconhecimento de grafemas e padrões ortográficos; o tato e a cinestesia para os movimentos gráficos; e a articulação vocal para reforçar as associações entre som e grafema (Björn et al., 2014). Essa integração favorece a consolidação de redes neurais envolvidas no processamento da linguagem escrita.

O desenvolvimento da fluência leitora decorre da integração de habilidades fonológicas, semânticas e ortográficas. O modelo proposto por Ehri (1995) descreve fases sucessivas que vão do reconhecimento visual rudimentar à automatização de padrões ortográficos. Elementos prosódicos, como ritmo e musicalidade, também contribuem para a percepção das estruturas sonoras da fala, fortalecendo a consciência fonológica (Goswami, 2019).

Entre os métodos de ensino mais conhecidos, o método fônico enfatiza as correspondências fonema-grafema e a decodificação gradual das palavras (Ehri, 2014); o método silábico privilegia a combinação de sílabas, mais comum em línguas de ortografia transparente (Caravolas et al., 2012; Goswami, 2005); e o método global baseia-se no reconhecimento visual de palavras inteiras, mostrando melhores resultados quando associado à prática fonológica (Ricketts et al., 2015).

Modelos cognitivos da leitura distinguem duas rotas principais: a fonológica, acionada na decodificação de palavras novas, e a lexical, mobilizada no reconhecimento imediato de palavras familiares (Castles et al., 2018). Estratégias que associam segmentação e fusão de fonemas a atividades multissensoriais reforçam essas rotas, favorecendo a consolidação das relações grafema–fonema (Sebra & Dias, 2011). Nesse contexto, a *memória de trabalho* exerce papel essencial ao manter e manipular temporariamente unidades fonológicas e ortográficas durante a leitura e a escrita, permitindo o processamento simultâneo de sons, letras e significados (Baddeley, 1992; Gathercole et al., 2004; Rotta et al., 2015).

Em síntese, práticas pedagógicas que integram estímulos visuais, auditivos, táteis e motores contribuem para o fortalecimento de múltiplas vias cognitivas de acesso à linguagem escrita. Esse entendimento sustenta o desenvolvimento de recursos educacionais capazes de atender à diversidade de ritmos e estilos de aprendizagem.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece que a alfabetização deve ocorrer prioritariamente nos dois primeiros anos do ensino fundamental, estruturando-se em torno do desenvolvimento da consciência fonológica e da compreensão das relações entre fonemas e grafemas. Segundo Gontijo et al. (2020), essa formulação aproxima-se do modelo funcional de alfabetização adotado pela UNESCO, em que o aprendizado da leitura e da escrita é concebido como domínio de uma técnica voltada à adaptação social e produtiva. Tal perspectiva, embora busque garantir resultados mensuráveis, pode reduzir a alfabetização à aquisição mecânica do código escrito. Em contraponto, abordagens que valorizam a alfabetização como prática sociocultural, integrando leitura, escrita e produção de sentidos, reforçam o papel da escola como espaço formativo, crítico e inclusivo, em consonância com o ideal de uma educação equitativa e de qualidade, como preconiza a própria BNCC.

2.2 Neurologia do Aprendizado

A alfabetização envolve modificações estruturais nas redes cerebrais responsáveis pelo processamento visual, fonológico e linguístico (Jurgina et al., 2024). A neuroplasticidade, entendida como a capacidade do cérebro de reorganizar conexões sinápticas em resposta a novos estímulos, sustenta o aprendizado da leitura e da escrita (Pascual-Leone et al., 2005). Durante a infância, a elevada plasticidade neural facilita o fortalecimento de circuitos dedicados à linguagem, especialmente em ambientes ricos em estímulos (Greenough et al., 1987; Knudsen, 2004).

Diversas áreas cerebrais participam do processamento da leitura. O córtex pré-frontal contribui para o controle atencional e o planejamento; a área de Broca, para a articulação e a fluência; a área de Wernicke, para a compreensão da linguagem; e o hipocampo, para a consolidação da memória (Eichenbaum, 2004). A *memória de trabalho*, conforme Baddeley (1992), integra e manipula fonemas, grafemas e significados, articulando informações de diferentes naturezas durante o ato de ler e escrever. Com a prática, ocorre especialização progressiva em regiões como o córtex occipitotemporal, o giro angular e a região temporoparietal, o que aumenta a eficiência do processamento e reduz a carga cognitiva necessária à decodificação (Dehaene, 2010; Swingler et al., 2015).

Métodos de ensino que mobilizam estímulos auditivos, visuais, táteis e motores ativam simultaneamente essas redes, favorecendo a consolidação das rotas neurais da leitura. Mesmo quando a alfabetização ocorre fora do período ideal, a plasticidade cerebral oferece oportunidades

de reestruturação cognitiva, desde que a intervenção pedagógica promova experiências multissensoriais significativas.

2.3 Dislexia

A dislexia é um transtorno específico de aprendizagem de origem neurobiológica, caracterizado por dificuldades na precisão e fluência da leitura e na decodificação ortográfica (International Dyslexia Association, 2002). Essas dificuldades não decorrem de déficits intelectuais ou sensoriais, mas de particularidades no processamento linguístico.

Assunção (2018) descreve a dislexia como uma diferença nos mecanismos de associação entre sons e símbolos. Manifesta-se precocemente por dificuldades em atividades de consciência fonológica e inconsistências no desenvolvimento do vocabulário (Associação Brasileira de Dislexia, 2016). Em contexto escolar, são comuns trocas de letras, leitura silabada e erros ortográficos persistentes. O diagnóstico requer abordagem multidisciplinar e análise do histórico de desenvolvimento e desempenho acadêmico, no Brasil, a LDB e a BNCC determinam a adoção de práticas inclusivas que contemplem esse público (Ministério da Educação - MEC, 2017).

Intervenções educacionais voltadas à dislexia geralmente combinam ensino explícito, estratégias multissensoriais e adaptações metodológicas. O desenvolvimento da consciência fonológica e o reforço das relações grafema–fonema constituem eixos centrais dessas práticas (Jurgina, Borges et al., 2023).

2.4 Interfaces Tangíveis no Contexto Educacional

Interfaces tangíveis, ou *Tangible User Interface* (TUI), integram a manipulação de objetos físicos à interação digital, permitindo que ações concretas sejam associadas a representações computacionais (Ishii & Ullmer, 2008). No contexto educacional, essas interfaces favorecem o envolvimento ativo dos estudantes ao combinar estímulos visuais, auditivos e táteis (Falcão & Gomes, 2007).

O uso de TUI em ambientes de aprendizagem tem sido associado ao desenvolvimento de atenção, memória e coordenação motora (dos Reis & dos Santos Gonçalves, 2016). A manipulação física aliada ao retorno visual e auditivo amplia as possibilidades de abordagem de conteúdos linguísticos, em especial nos processos de alfabetização. Exemplos de aplicação incluem o apoio à construção de narrativas (Gutiérrez Posada et al., 2014), a integração com recursos de realidade aumentada (Cheung et al., 2020) e o ensino de matemática na educação infantil (Alves et al., 2020). Iniciativas como o *Doce Labirinto* (Cardoso et al., 2016) e o *Block Talks* (Fan, Baishya et al., 2018) ilustram o potencial das TUI na mediação de conteúdos escolares.

No âmbito da alfabetização, a manipulação de letras físicas associada a estímulos multimodais favorece a consolidação das correspondências grafema–fonema e amplia as oportunidades de aprendizagem para diferentes perfis de estudantes.

3 Trabalhos Relacionados

Esta seção apresenta o levantamento e a análise de soluções educacionais voltadas ao apoio à alfabetização de crianças com dislexia, considerando iniciativas brasileiras e internacionais. O foco recai sobre propostas que utilizam recursos digitais, tangíveis ou multissensoriais, com atenção especial ao estímulo de habilidades fundamentais à leitura e à escrita. Os trabalhos apresentados foram selecionados por meio de uma revisão exploratória em bases nacionais e internacionais (*SciELO*, *Scopus* e *IEEE Xplore*) utilizando combinações dos descritores “*tangible interface*”, “*literacy*”, “*assistive technology*” e “*educational device*”. A seleção priorizou pesquisas recentes e aplicações voltadas à alfabetização e à inclusão.

3.1 Contexto Brasileiro

No cenário nacional, Stolk et al. (2013) descrevem o software “Aprendendo com Sílabas”, que propõe atividades de formação de palavras associadas a imagens e tarefas de identificação de sílabas iniciais e finais. O aplicativo Ararumo (Leite, 2012) adapta o formato de palavras cruzadas, utilizando sílabas em vez de letras e incorporando dicas auditivas para apoiar a associação fonológica. O EduEdu (ABCD, 2022), desenvolvido pelo Instituto ABCD, realiza avaliações diagnósticas e propõe atividades personalizadas de reforço em língua portuguesa e matemática. O jogo “Desembaralhando” (Cidrim et al., 2018) aborda dificuldades na diferenciação de letras visualmente semelhantes, como “b” e “d”, combinando recursos visuais e auditivos. Já o aplicativo Sonata (G. A. d. Costa et al., 2022) trabalha a associação grafema–fonema, oferecendo exercícios voltados ao reconhecimento de sons iniciais de palavras.

As principais características desses desenvolvimentos estão sintetizadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características de Softwares Educacionais Brasileiros.

Características	1	2	3	4	5
Audição	X	Sim	Sim	X	X
Visão	X	Sim	Sim	Sim	X
Cinestesia/Tátil	X	X	X	X	X
Articulação	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Interface Tangível	X	X	X	X	X
Feedback Visual	X	X	X	X	X

Legenda: [1] Aprendendo com Sílabas; [2] Ararumo; [3] EduEdu; [4] Desembaralhando; [5] Sonata.

A análise mostra a predominância de soluções baseadas em recursos digitais convencionais, com foco em estímulos visuais e auditivos. Nenhuma das ferramentas revisadas integra abordagens tangíveis ou multissensoriais combinadas, restringindo as possibilidades de estimulação simultânea de múltiplos sistemas sensoriais: audição, visão e tato, elementos fundamentais no processo de alfabetização e de fortalecimento da plasticidade neural.

3.2 Contexto Internacional

No cenário internacional, Chanchí et al. (2020) apresentam um jogo educativo baseado na plataforma GDevelop, no qual a progressão de um personagem depende da ortografia correta das palavras, promovendo o reconhecimento ortográfico em ambiente lúdico. A proposta “Varinha Mágica” (Ojeda-Zamalloa et al., 2020) consiste em um dispositivo físico que estimula a coordenação motora fina de crianças por meio de desafios progressivos de dificuldade. O projeto PhonoBlocks (Fan, Antle et al., 2018) desenvolve uma interface tangível tridimensional, cujas letras mudam de cor para destacar relações fonológicas, incentivando a associação visual e sonora entre grafemas e fonemas.

A pesquisa de Isa et al. (2019) propõe um sistema automático de detecção de dislexia com base na análise de padrões de caligrafia, enquanto Alghabban et al. (2017) introduzem uma ferramenta multiplataforma que personaliza estímulos auditivos e visuais, oferecendo suporte adaptativo à aprendizagem.

As características dessas iniciativas estão resumidas na Tabela 2.

Tabela 2: Características de Projetos Internacionais de Apoio Educacional.

Características	1	2	3	4	5
Audição	X	X	X	X	Sim
Visão	Sim	X	Sim	X	Sim
Cinestesia/Tátil	X	Sim	Sim	X	X
Articulação	Sim	X	Sim	X	X
Interface Tangível	Sim	Sim	Sim	X	Sim
Feedback Visual	X	X	Sim	X	X

Legenda: [1] GDevelop; [2] Varinha Mágica; [3] PhonoBlocks; [4] Sistema de Detecção de Dislexia; [5] Ferramenta Multiplataforma.

A análise das propostas internacionais indica o uso crescente de tecnologias tangíveis associadas a abordagens fonológicas específicas. Contudo, a integração simultânea de múltiplas modalidades sensoriais ainda é limitada, restringindo o aproveitamento do potencial da neuroplasticidade para reabilitar ou fortalecer rotas neurais comprometidas no processo de alfabetização.

Tanto no contexto nacional quanto internacional, a maioria das soluções revisadas concentra-se em estímulos isolados, como visão ou audição, sem explorar de forma coordenada as possibilidades da estimulação multissensorial. A alfabetização, como discutido anteriormente, depende da ativação integrada de sistemas auditivos, visuais, táteis e articulatórios. A ausência dessa combinação limita estratégias de intervenção que poderiam favorecer a recuperação de trajetórias de aprendizagem interrompidas, mediante a ativação de mecanismos de neuroplasticidade (Dehaene et al., 2010; Pascual-Leone et al., 2005).

Projetos como o Alfaba surgem nesse cenário como alternativas capazes de integrar estímulos multissensoriais de forma articulada, promovendo o reforço de habilidades fundamentais à leitura e à escrita. A utilização combinada de audição, visão, tato e articulação em atividades estruturadas oferece não apenas suporte à aquisição inicial da alfabetização, mas também potencializa a recuperação de processos atrasados ou comprometidos, contribuindo para uma educação mais inclusiva e eficaz.

4 Desenvolvimento do Dispositivo Alfaba

Esta seção descreve o processo de desenvolvimento do Alfaba, um dispositivo tangível voltado ao apoio à alfabetização de crianças, com ênfase em estudantes com dislexia. O projeto foi concebido a partir de fundamentos das ciências cognitivas, da neurologia do aprendizado e da neuroplasticidade, articulados às diretrizes pedagógicas vigentes e às necessidades de inclusão educacional. O objetivo foi criar um recurso acessível, de baixo custo e fácil manutenção, capaz de integrar estímulos auditivos, visuais, táteis e articulatórios no processo de aprendizagem da leitura e da escrita (Jurgina, Aquini et al., 2023).

O ciclo de desenvolvimento do dispositivo foi estruturado em seis etapas interdependentes: (1) fundamentação teórica; (2) projeto conceitual e técnico; (3) construção do protótipo não funcional; (4) teste de projeto; (5) construção do protótipo funcional; e (6) validação com usuários. Cada uma dessas etapas é apresentada nas subseções seguintes, acompanhada da respectiva justificativa pedagógica e técnica.

A Figura 1 sintetiza o processo completo, desde a concepção teórica até a validação empírica do dispositivo em contextos educacionais, evidenciando a natureza iterativa e colaborativa do desenvolvimento.



Figura 1: Etapas de desenvolvimento do Alfaba.

4.1 Etapa 1: Fundamentação

A etapa inicial do desenvolvimento do Alfaba consistiu em uma investigação teórica voltada à compreensão dos processos de alfabetização e das dificuldades enfrentadas por crianças com dislexia. Foram revisadas publicações especializadas sobre consciência fonológica, rotas de leitura, métodos de ensino, funcionamento neurobiológico da linguagem e princípios de neuroplasticidade, com o objetivo de orientar o desenho pedagógico e funcional do dispositivo.

Autores como Ehri (1995) e Foorman et al. (1998) argumentam que a alfabetização envolve a aquisição progressiva de habilidades fonológicas, a compreensão do princípio alfabético e a formação de representações ortográficas. A leitura é, portanto, concebida como uma competência construída gradualmente, mediada por mecanismos cognitivos distintos, como as rotas fonológica e lexical (Castles et al., 2018).

No caso da dislexia, estudos como os de Goswami (2019) e Shaywitz et al. (2003) descrevem alterações nos circuitos neuronais responsáveis pela decodificação e pelo reconhecimento automatizado de palavras. Evidências indicam que a estimulação simultânea de diferentes canais sensoriais pode favorecer a reorganização dessas redes, contribuindo para estratégias compensatórias baseadas na neuroplasticidade (Dehaene et al., 2010; Pascual-Leone et al., 2005).

Com base nessas premissas, definiu-se que o dispositivo deveria mobilizar cinco estímulos principais: audição, visão, articulação, tato e cinestesia, integrados de modo coordenado para oferecer experiências multissensoriais de leitura e escrita. Essa integração busca especialmente apoiar estudantes que não consolidaram tais habilidades nos períodos críticos do desenvolvimento (Greenough et al., 1987; Knudsen, 2004).

A fundamentação teórica, portanto, orientou as decisões tomadas nas etapas subsequentes, assegurando que o design pedagógico e tecnológico do Alfaba se mantivesse alinhado a evidências empíricas provenientes da psicologia cognitiva, das ciências da linguagem e da neurociência educacional.

4.2 Etapa 2: Projeto

A segunda etapa concentrou-se na modelagem do Alfaba a partir dos fundamentos teóricos previamente estabelecidos. O objetivo foi estruturar um dispositivo capaz de integrar estímulos auditivos, visuais, táteis e articulatórios, em consonância com abordagens multissensoriais de alfabetização e com evidências sobre a reorganização cortical associada a intervenções educacionais (Birsh, 2011; Dehaene, 2010).

A análise de soluções tecnológicas existentes indicou predominância de ferramentas baseadas em telas, centradas principalmente nos estímulos visuais e auditivos. Iniciativas que incorporam manipulação física ou integração tátil ainda são pontuais (Cidrim & Madeiro, 2017; Fan, Antle et al., 2018). Buscando superar essa limitação, o Alfaba foi projetado para operar por meio de uma interface tangível composta por letras físicas, cada uma equipada com etiqueta RFID, lida por sensores dispostos sob a superfície do dispositivo. Essa configuração associa a manipulação ativa à codificação fonológica, promovendo uma conexão direta entre estímulo sensorial e representação simbólica.

O sistema foi dimensionado para acomodar até oito letras simultaneamente. Cada unidade, confeccionada em acrílico de 5 mm de espessura, possui iluminação individual por LEDs RGB e está vinculada a uma saída sonora programável. A Figura 2 apresenta as letras.

Para organizar a progressão das atividades de leitura e escrita, as palavras utilizadas nas etapas iniciais foram classificadas conforme o número de letras, como apresentado no Quadro 1.

Essa organização serviu de base para a programação inicial do protótipo funcional e foi empregada nos primeiros testes com docentes e especialistas. Em etapas posteriores, a seleção



Figura 2: Modelo físico de letra em acrílico com etiqueta RFID.

Quadro 1: Organização preliminar de palavras por número de letras.

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5	Nível 6
BEM	BOLA	ASSIM	ABELHA	AMIZADE	APRENDER
BOM	CASA	BRUXA	COLEGA	ASSALTO	BATIZADO
DAR	DADO	CARRO	ESCOLA	BERMUDA	BORRACHA
DOM	DEDO	CERTO	FAROFA	CANTORA	CACHORRO
DOR	GALO	GENTE	GIRAFÁ	EMBAIXO	CAMISETA
FAZ	GATO	HOMEM	GORILA	ESTRELA	GELATINA
FEZ	LUPA	JEITO	JANELA	FUTEBOL	NATUREZA
GOL	MALA	LEGAL	MACACO	PADARIA	PENSADOR
VAI	PATO	TEMPO	PETECA	SAUDADE	PESCARIA
VEZ	TATU	VIAJAR	TOMATE	SORRISO	PRINCESA

e reordenação dos vocábulos passou a considerar critérios fonológicos, definidos com apoio de profissionais da área de linguagem e alfabetização.

A etapa de projeto consolidou as decisões técnicas e pedagógicas, estabelecendo o formato tangível, os mecanismos de resposta sensorial e a lógica de funcionamento do sistema. O processo foi guiado por princípios da neurociência cognitiva e da psicologia da aprendizagem, assegurando coerência entre as dimensões tecnológica e educacional do dispositivo.

4.3 Etapa 3: Protótipo Não Funcional

A partir das definições técnicas e pedagógicas estabelecidas na etapa anterior, elaborou-se um protótipo físico não funcional com o objetivo de avaliar ergonomia, proporções e possibilidades de interação com a ferramenta, em conformidade com os princípios do design centrado no usuário

(Baxter, 2015; Sesso, 2018). Essa etapa buscou antecipar ajustes de formato e usabilidade antes da implementação eletrônica do sistema.

Foram utilizados materiais acessíveis, como papelão, MDF e isopor, garantindo fidelidade dimensional ao modelo original e permitindo modificações rápidas durante os testes. As letras foram confeccionadas em MDF para simular o manuseio tangível, enquanto a base reproduzia os encaixes e pontos de inserção correspondentes aos sensores RFID. Um dispositivo móvel simulava a emissão sonora, e o retorno visual foi representado por letras coloridas, antecipando o comportamento previsto para o modelo funcional.

A Figura 3 ilustra a montagem da palavra “PATO”, com erros intencionais e suas respectivas correções. As cores utilizadas simulam o sistema de resposta visual planejado: vermelho para erro, azul para espelhamento e verde para acerto.



Figura 3: Protótipo não funcional: montagem da palavra “PATO” com e sem erros.

A atividade teve três propósitos principais: testar a disposição dos componentes físicos, antecipar possíveis barreiras de usabilidade e subsidiar a preparação das sessões de avaliação com especialistas e docentes. A representação física e visual do modelo permitiu uma análise concreta da proposta, mesmo sem circuitos eletrônicos ativos, assegurando o alinhamento entre a concepção teórica e a experiência prática.

A elaboração deste modelo segue princípios de desenvolvimento iterativo em tecnologia educacional, nos quais protótipos físicos preliminares contribuem para a validação de hipóteses de design antes da implementação técnica definitiva.

4.4 Etapa 4: Teste de Projeto

Esta etapa buscou avaliar o projeto conceitual e físico do Alfaba por meio de interações com dois grupos distintos: especialistas em educação e docentes da rede pública. O uso de protótipos não funcionais como instrumento avaliativo possibilitou identificar ajustes necessários antes da implementação técnica completa (Baxter, 2015).

4.4.1 Fase 1: Avaliação com Especialistas

A primeira fase foi conduzida em parceria com o Centro Tecnológico Educacional de Pelotas e contou com a participação de quatro profissionais: um pedagogo, um psicopedagogo, um neuropsicopedagogo e um especialista com experiência em alfabetização de estudantes com dislexia.

Durante a análise, os avaliadores questionaram o critério inicial de organização das palavras, que se baseava apenas no número de letras, apontando a ausência de gradação fonológica. Como alternativa, recomendaram uma reorganização pautada na introdução fonêmica progressiva, conforme práticas pedagógicas que consideram estrutura silábica e frequência de fonemas na língua portuguesa (Sebra & Dias, 2011; Soares, 2004).

O Quadro 2 apresenta a nova estrutura proposta, com níveis graduais de complexidade fonêmica.

Quadro 2: Grupos de palavras organizados por complexidade fonêmica.

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5	Nível 6
AI	FACADA	LATA	CASACO	CHAPÉU	CESTA
EI	JOIA	LUVAS	CAVALO	BOLACHA	CEBOLA
OI	JAULA	SAPO	PANELA	GALINHA	AVIÃO
UI	MOLA	SUCO	DOMINÓ	DINHEIRO	BRUXA
	MALA	RATO	DITADO	JOELHO	TREM
	NAVIO	RÁDIO	TUBARÃO	MEDALHA	AQUÁRIO
	NEVE	XUXA	TOMATE	CARRO	LIVRO
	VACA	XALE	GAIOLA	PÊSSEGO	ESCADA
	VELA	BOCA	BOLA	ÁGUA	FOGUETE

A equipe também sugeriu a inclusão de um recurso visual complementar, como uma tela, para exibição de imagens associadas às palavras. Essa proposta está em consonância com estudos que destacam a relação entre estímulos visuais e a ativação da memória episódica e do reconhecimento lexical (Birsh, 2011; Schoen, 2022).

4.4.2 Fase 2: Avaliação com Professores da Rede Pública

A segunda fase envolveu vinte docentes do ensino fundamental, com atuação em salas de recursos e atendimento educacional especializado. A atividade teve início com um encontro formativo conduzido por uma neuropsicopedagoga do Centro Tecnológico Educacional de Pelotas, abordando fundamentos da neurociência da aprendizagem e desafios enfrentados por estudantes com dislexia.

Em seguida, os participantes realizaram três tarefas com o protótipo: iniciar o Alfaba, selecionar um grupo de palavras e montar uma palavra com as letras físicas. Os relatos indicaram que a interface tangível e os estímulos sensoriais facilitaram a compreensão da lógica do sistema. A simplicidade dos comandos e a resposta visual por cores foram apontadas como elementos facilitadores, inclusive por docentes com pouca familiaridade com tecnologias interativas.

Uma sugestão recorrente foi a de marcar graficamente o número de sílabas nas imagens das palavras. Para atender a essa demanda, foram inseridos indicadores visuais nos materiais. A Figura 4 ilustra esse recurso.

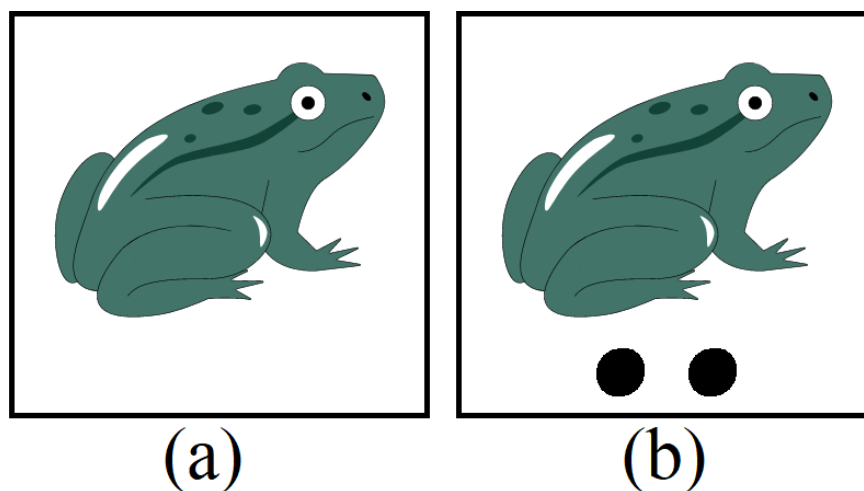


Figura 4: Imagem da palavra “Sapo”: (a) sem marcação silábica e (b) com indicação gráfica de sílabas.

As contribuições desta etapa reforçaram o alinhamento do projeto com demandas pedagógicas das escolas públicas e evidenciaram a importância de dispositivos acessíveis, de operação intuitiva e compatíveis com as condições de infraestrutura e formação técnica dos profissionais envolvidos.

4.5 Etapa 5: Desenvolvimento e Implementação do Protótipo Funcional

Esta etapa consistiu na consolidação dos ajustes identificados nas fases anteriores e na implementação do protótipo funcional do Alfaba. O trabalho foi organizado em duas subetapas: aprimoramento do design e montagem física do dispositivo com todas as funcionalidades integradas.

4.5.1 Fase 1: - Aprimoramento do Design

O redesenho do sistema buscou garantir a viabilidade técnica das modificações propostas, considerando critérios de usabilidade, manutenção e durabilidade. Os principais ajustes envolveram o redimensionamento das letras tangíveis em acrílico para compatibilidade com os sensores RFID, mantendo a ergonomia; o reposicionamento dos LEDs RGB para diferenciar erros de posição e espelhamento; a inclusão de uma tela de suporte visual, conforme sugestão de especialistas; e a reorganização dos circuitos internos (Arduino Mega, leitores RFID, LEDs e fontes) para facilitar a montagem e manutenção.

A Figura 5 apresenta a versão final do dispositivo, projetada para interação direta com as letras físicas.

O funcionamento do sistema baseia-se no sorteio de uma palavra dentro de um grupo previamente selecionado. A base do Alfaba indica a quantidade de letras por meio de iluminação branca, e o aluno posiciona as peças com etiquetas RFID sobre os encaixes correspondentes. Os

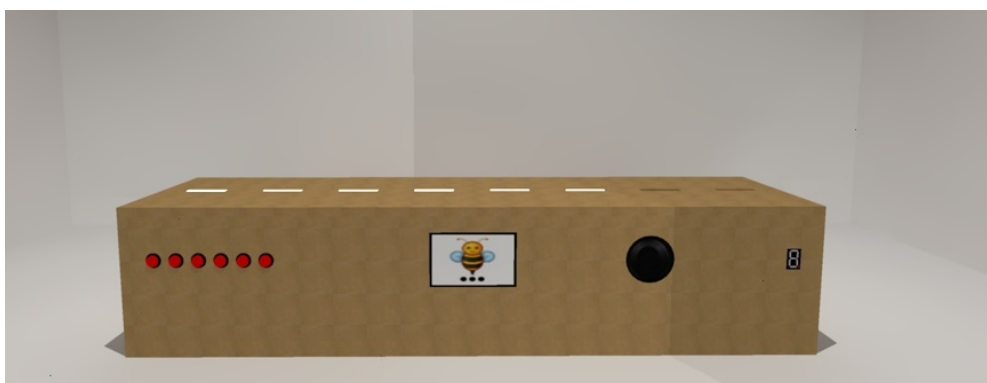


Figura 5: Disposição frontal do Alfaba com espaços ativáveis conforme a palavra sorteada.

sensores realizam a leitura e o sistema compara a entrada com o dicionário interno, fornecendo retorno imediato por meio de LEDs localizados sob cada encaixe: verde para letra correta, vermelho para incorreta e azul para letra espelhada.

A Figura 6 exemplifica uma tentativa de montagem da palavra “ABELHA”, com erros de posicionamento e espelhamento, e a Figura 7 mostra o resultado final com a palavra corretamente formada.

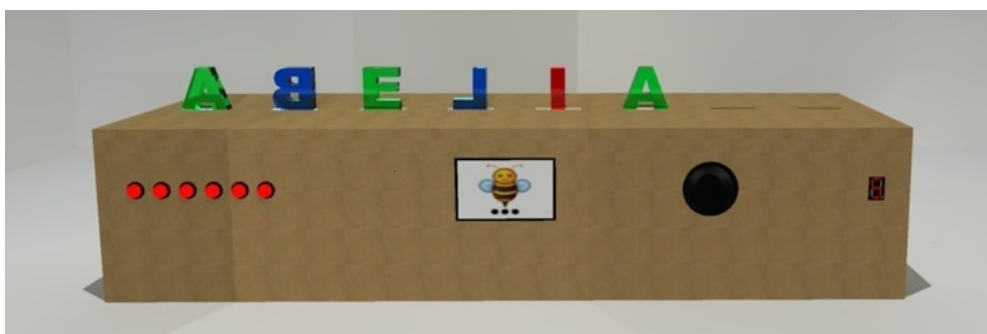


Figura 6: *Feedback* visual do sistema: letras espelhadas em azul, incorreta em vermelho e corretas em verde.



Figura 7: Palavra corretamente formada: iluminação verde em todos os encaixes.

4.5.2 Fase 2: Montagem do Protótipo Funcional

A construção da estrutura física foi realizada com o apoio da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal de Pelotas. Utilizou-se papel Paraná, material que oferece resistência e facilidade de corte, permitindo acomodar a tela, alto-falantes e controles em uma base modular. A Figura 8 mostra o projeto da caixa, com disposição planejada dos elementos.

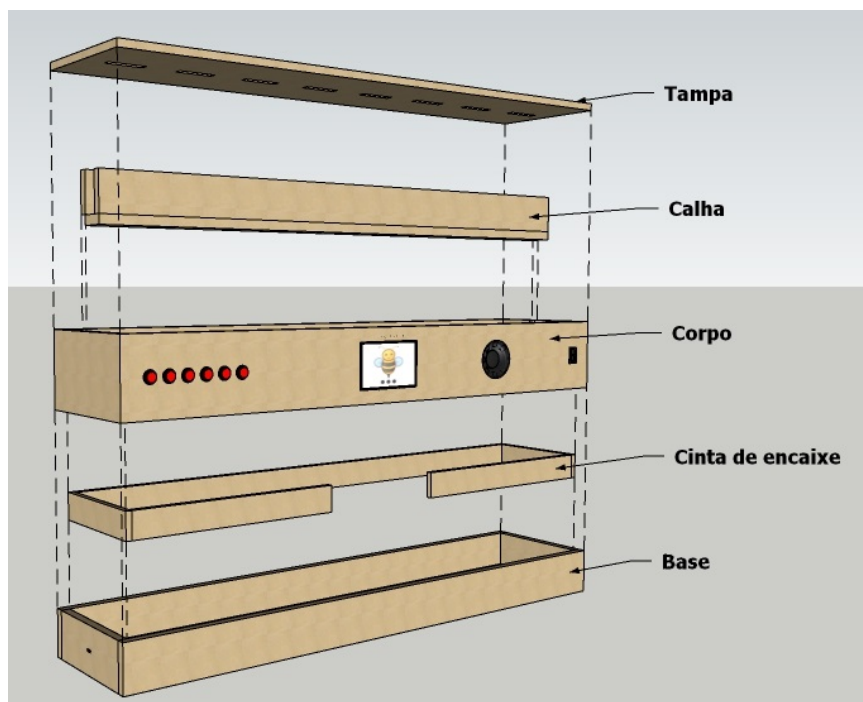


Figura 8: Estrutura física do Alfaba: vista da caixa com encaixes e dispositivos.

A Figura 9 compara o protótipo não funcional, em primeiro plano, com a versão final implementada, ao fundo.



Figura 9: Comparação entre protótipo não funcional (frente) e funcional (fundo).

A montagem foi conduzida de forma iterativa, com testes parciais dos componentes eletrônicos: etiquetas RFID, LEDs, sistema de áudio e controle via microcontrolador. Cada letra foi testada individualmente para garantir leitura consistente e integração com o vocabulário do sistema. A Figura 10 apresenta o Alfaba em funcionamento com a palavra “AQUÁRIO”, uma das mais complexas do conjunto.



Figura 10: Protótipo funcional em uso com a palavra “AQUÁRIO”.

O funcionamento final do Alfaba materializa os fundamentos teóricos apresentados na seção sobre neurologia do aprendizado. Ao integrar estímulos visuais (LEDs), auditivos (áudio das palavras) e táteis (letras físicas), o sistema ativa múltiplas rotas de processamento, reforçando conexões fonológicas e ortográficas (Dehaene et al., 2010; Goswami, 2019). Esse arranjo multissensorial está alinhado a abordagens reconhecidas na literatura como favoráveis à neuroplasticidade e ao desenvolvimento de habilidades de leitura em crianças com dificuldades de aprendizagem (Kilpatrick, 2015).

4.6 Etapa 6: Validação

A etapa final do desenvolvimento do Alfaba compreendeu a definição do procedimento metodológico destinado à validação do dispositivo em contexto educacional. Essa fase teve como objetivo estruturar as condições de coleta, identificar os perfis dos participantes e estabelecer os instrumentos de observação necessários para analisar a interação com o protótipo funcional. Foram planejadas duas modalidades de envolvimento de usuários: um encontro coletivo, organizado sob

a forma de grupo focal com docentes e crianças, e sessões individuais de avaliação de usabilidade conduzidas com crianças em fase de alfabetização.

Os critérios de seleção dos participantes, o roteiro preliminar de atividades, os instrumentos de registro e as medidas éticas aplicadas foram definidos previamente, garantindo condições adequadas para a análise sistemática da experiência de uso. Como essa etapa está vinculada diretamente à interpretação das interações observadas, a descrição detalhada do procedimento, bem como a apresentação dos dados e sua discussão, é desenvolvida em conjunto na Seção 5. Essa organização permite articular a metodologia à interpretação dos achados empíricos, preservando a coerência entre o planejamento e as evidências analisadas.

5 Resultados e Discussões

Conforme ilustrado na Figura 1, esta etapa corresponde à validação do protótipo em contexto educacional, integrando o ciclo metodológico do desenvolvimento do Alfaba. A fase envolveu a análise da interação com usuários e a identificação de aspectos a serem aprimorados.

A validação foi realizada por meio de duas abordagens complementares: (1) um grupo focal com docentes e especialistas, voltado à análise coletiva e dialógica da proposta, e (2) testes de usabilidade individuais com crianças, destinados a observar a interação autônoma com a interface tangível. Essa combinação permitiu reunir impressões qualitativas sobre a aplicabilidade pedagógica do dispositivo e indicadores preliminares sobre sua adequação ergonômica e funcional.

5.1 Aspectos Éticos

Todos os procedimentos seguiram os preceitos éticos estabelecidos para pesquisas envolvendo seres humanos. Os responsáveis legais das crianças participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), e os próprios participantes, quando em idade adequada, assinaram o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE). Foi obtida autorização formal para a captação de áudio e vídeo durante as sessões, e a privacidade dos participantes foi preservada por meio da anonimização dos dados.

5.2 Estratégia de Avaliação

A validação do dispositivo foi conduzida em dois formatos complementares: coletivo, por meio de grupo focal com docentes e especialistas, e individual, com crianças em situação de uso autônomo. O grupo focal buscou reunir diferentes perfis profissionais em uma sessão colaborativa, promovendo discussões orientadas por questões abertas derivadas de métodos participativos. Essa configuração favoreceu o levantamento de dimensões práticas e pedagógicas relacionadas ao uso do Alfaba no ambiente escolar.

Nos testes individuais, a atenção concentrou-se na observação sistemática da interação das crianças com o dispositivo, identificando aspectos que nem sempre são verbalizados, como dificuldades de manipulação física, reconhecimento das letras e interpretação dos sinais sonoros e visuais. A presença de mediadores especializados durante essas sessões seguiu recomendações metodológicas para pesquisas com crianças em contextos educacionais (Fane et al., 2018).

5.3 Teste com Grupo Focal

A primeira etapa de validação do Alfaba consistiu em um grupo focal conduzido no laboratório CriarLab, localizado no Parque Tecnológico de Pelotas. A atividade teve duração aproximada de uma hora e contou com a participação de treze pessoas: sete crianças (uma delas com diagnóstico de dislexia e Transtorno do Espectro Autista - TEA) e seis educadoras da rede pública, com formações e experiências distintas, incluindo atuação em salas de recursos e especialização em educação inclusiva. As crianças tinham entre sete e dez anos, faixa etária correspondente à fase inicial da alfabetização, conforme discutido por Ehri (1995).

A composição do grupo buscou contemplar a diversidade de interações possíveis em sala de aula. Nenhuma das crianças havia tido contato prévio com recursos tecnológicos voltados à alfabetização, o que evidenciou a importância da mediação no processo de apropriação do dispositivo. Do lado das educadoras, observou-se a ausência de uso de tecnologias tangíveis no cotidiano escolar, o que corrobora a baixa difusão de recursos multissensoriais no contexto educacional brasileiro, conforme apontado na seção de trabalhos relacionados.

As atividades seguiram um roteiro pré-definido, composto pelas seguintes etapas: apresentação do projeto, demonstração guiada das funcionalidades, experimentação livre pelas crianças, discussão dirigida com os participantes e coleta de sugestões. A Tabela 3 resume essas fases.

Tabela 3: Etapas do Encontro com o Grupo Focal.

Etapas	Descrição
Apresentação	Contextualização do projeto e boas-vindas aos participantes
Exploração guiada	Demonstração das funções do Alfaba com mediação didática
Experimentação livre	Interação espontânea das crianças com o dispositivo, sob observação
Discussão dirigida	Rodada de perguntas abertas com crianças e educadoras
Encerramento	Coleta de sugestões e percepções finais

Durante a atividade, foram observados aspectos como a manipulação das letras, a compreensão dos botões, a leitura das cores emitidas pelos LEDs e a interpretação das imagens exibidas na tela. As crianças demonstraram interesse e engajamento, mesmo aquelas com menor fluência verbal, participando ativamente da montagem das palavras e da interpretação dos sinais audiovisuais.

Um dos pontos levantados foi a baixa legibilidade das letras em acrílico transparente quando dispostas sobre superfícies planas. A Figura 11 ilustra essa dificuldade. A sugestão do grupo envolveu a aplicação de contornos adesivos nas peças e a criação de um suporte vertical para facilitar a visualização e o manuseio durante o uso em sala de aula.

Outro aspecto discutido foi a estrutura da caixa do protótipo, produzida em papel paraná. Devido à fragilidade do material, foram identificadas falhas nos encaixes e na fixação dos sensores. O desgaste pelo uso e a absorção de umidade comprometeram parte da funcionalidade. A substituição por material mais rígido já estava prevista para a próxima versão, conforme informado às participantes.

Houve também sugestões de melhoria na simbologia dos botões, pois alguns participantes relataram dificuldade em compreender os ícones utilizados para as funções de iniciar, repetir,



Figura 11: Visão das letras do Alfaba dispostas sobre superfície plana.

verificar e trocar o grupo de palavras. Em resposta, a equipe planejou uma nova rodada de testes com ícones baseados em pictogramas infantis e nas diretrizes de design instrucional acessível.

Em relação à tela, a versão LCD bicolor utilizada apresentou baixa legibilidade em certos ângulos, dificultando o uso simultâneo por mais de uma criança. A equipe de desenvolvimento acolheu a recomendação de substituição por uma tela maior, colorida, com maior nitidez e ângulo de visão. Também foi sugerida a inclusão de simbologia em LIBRAS, ampliando a acessibilidade. A Figura 12 mostra o teste com a nova tela, que já incorpora esses aprimoramentos.



Figura 12: Nova tela em teste com a palavra “FADA” e a simbologia em LIBRAS.

Durante o encontro, as crianças interagiram entre si, corrigiram erros de montagem e sugeriram novas funcionalidades, como controle de volume e opção de uso com fones de ouvido. As educadoras destacaram a relevância da progressão fonológica por níveis de dificuldade e sugeriram a ampliação do vocabulário com temas específicos, como datas comemorativas e esportes, em consonância com abordagens defendidas por Ehri (2014) e Goswami (2005).

A interação entre educadoras e crianças, registrada na Figura 13, evidenciou um ambiente de colaboração próximo ao de atividades didáticas em sala de aula. As observações feitas durante o grupo focal indicam que o Alfaba foi compreendido como um recurso promissor de apoio à alfabetização, com potencial de aplicação em diferentes contextos escolares, incluindo o atendimento educacional especializado.



Figura 13: Interação entre criança e professora durante o uso do Alfaba.

5.4 Teste de Usabilidade com Crianças

A usabilidade do Alfaba foi examinada em sessões individuais com sete crianças, de 7 a 10 anos, já alfabetizadas. As atividades ocorreram no laboratório Maker CriarLab (Parque Tecnológico de Pelotas), em ambiente silencioso, com mediação baseada em roteiro previamente definido (Quadro 3).

As tarefas buscaram observar a interação com as funcionalidades do dispositivo. O Quadro 4 sintetiza objetivos e respectivas atividades.

Para o questionário pós-uso, adotou-se uma escala do tipo Likert representada por emojis, como pode ser observado na Figura 14, prática descrita em estudos com crianças (Fane et al., 2018; Massey, 2021). As respostas foram registradas em tablet pela própria criança, com leitura

Quadro 3: Roteiro do teste individual com o Alfaba.

Etapa	Descrição
Boas-vindas e acolhimento	Recepção inicial para garantir conforto e segurança durante a sessão.
Explicação do procedimento	Apresentação breve do objetivo, informando que não há respostas certas ou erradas.
Atividades	Execução das tarefas do roteiro, com observação sistemática pelo mediador.
Retorno e conversa final	Questionário breve e diálogo sobre a experiência de uso.

Quadro 4: Objetivos e atividades do teste individual.

Objetivo	Atividade
Examinar a abordagem espontânea	Exploração livre inicial, registrando ações e dúvidas.
Verificar reconhecimento/manipulação de letras	Identificar P, B, D e M; observar pega, tamanho e forma.
Checar uso de funções básicas	Selecionar o grupo 2 e montar duas palavras.
Interpretar retornos visuais/sonoros	Explicar luzes e áudio após a montagem de uma palavra.
Observar uso autônomo	Escolher um grupo e montar duas palavras de forma independente.
Explorar funções adicionais	Trocar para o grupo 6 e montar duas palavras.
Registrar percepções pós-uso	Questionário e conversa final.

e explicação prévias das questões e da escala. O Quadro 5 apresenta a relação entre objetivos analíticos e perguntas.



Figura 14: Emojis utilizados na escala do questionário.

Quadro 5: Relação entre objetivos analíticos e perguntas do questionário.

Objetivo	Pergunta
Manipulação das letras	São fáceis de pegar e colocar?
Funções dos botões	Você entendeu o que cada botão faz?
Alcance físico	É fácil alcançar todas as partes?
Clareza do áudio	É fácil ouvir e entender o que o Alfaba diz?
Luzes indicativas	É fácil entender o que as cores das luzes significam?
Legibilidade da tela	As imagens e textos são fáceis de ver?
Escolha de grupos de palavras	É fácil escolher um grupo de palavras para jogar?
Percepção lúdica	É divertido montar as palavras com as letras?

A Tabela 4 apresenta a distribuição percentual das respostas.

Tabela 4: Distribuição percentual das respostas do questionário.

Pergunta	Muito feliz (%)	Feliz (%)	Neutro (%)	Triste (%)	Muito triste (%)
As letras são fáceis de pegar?	57,14	42,86	–	–	–
As letras são fáceis de encaixar no Alfaba?	–	14,29	71,43	14,29	–
É fácil alcançar todas as partes do Alfaba?	85,71	14,29	–	–	–
É fácil ouvir e entender o que o Alfaba diz?	71,43	14,29	14,29	–	–
É fácil entender o que as cores das luzes significam?	85,71	–	14,29	–	–
As imagens são fáceis de ver na tela?	85,71	–	14,29	–	–
É fácil escolher um grupo de palavras para jogar?	71,43	28,57	–	–	–
É divertido montar as palavras com as letras?	71,43	14,29	14,29	–	–
O que você achou do Alfaba?	71,43	28,57	–	–	–

5.5 Discussões sobre o teste individual com as crianças

Algumas crianças iniciaram exploração sem instruções e, após cerca de 30 segundos, solicitaram explicações. No reconhecimento de letras em superfície plana, o tempo médio para identificar todas as peças (incluindo espelhadas) foi de aproximadamente 20 segundos; uma criança apresentou dificuldade pontual. Observou-se exploração tátil dos contornos e acentos, sem distração por componentes internos (sensores RFID e ímãs).

A pega foi bem avaliada; a satisfação parcial concentrou-se na etapa de busca pelas letras, convergindo com o grupo focal. As dimensões foram aprovadas por todas. O encaixe apresentou mais restrições: o material do protótipo comprometeu a precisão dos vãos; a próxima versão adotará material rígido e tolerâncias revisadas.

Não houve dificuldade de alcance aos elementos do dispositivo. O botão de ligar, no lado oposto à tela, foi considerado pouco acessível; será reposicionado para a lateral. O volume não gerou queixas; duas crianças repetiram o áudio para revisar a construção. A versão seguinte incluirá alto-falante com controle de volume.

Em dois casos (10 anos, alfabetização consolidada) não ocorreram erros de montagem. Houve um episódio de mau contato (luz azul em vez de verde). Uma criança manifestou preferência por tela colorida; as demais não apresentaram incômodo com a versão bicolor.

A seleção de grupos ocorreu sem obstáculos. Duas crianças que não marcaram “muito feliz” referiram incômodo com a simbologia de um botão. Entre as mais velhas, a percepção de menor desafio sugere ampliar tarefas para esse perfil.

Mesmo entre alfabetizados, surgiram erros de espelhamento. A Figura 15 ilustra um caso na palavra “ESCADA”: inserções espelhadas de “E”, “D” e “C” foram corrigidas com base nas luzes e na repetição de áudio/contagem silábica.

A contagem de sílabas auxiliou a identificação de acentuação em um caso (reconhecimento de proparoxítona). Erros com diacríticos foram comuns e a sinalização em vermelho levou à correção imediata; será incluído um grupo específico de palavras acentuadas.

As funcionalidades mais apreciadas foram luzes, letras e botões. Houve boa aceitação dos botões físicos, opção que também reduz custos de manutenção. A versão seguinte incorporará

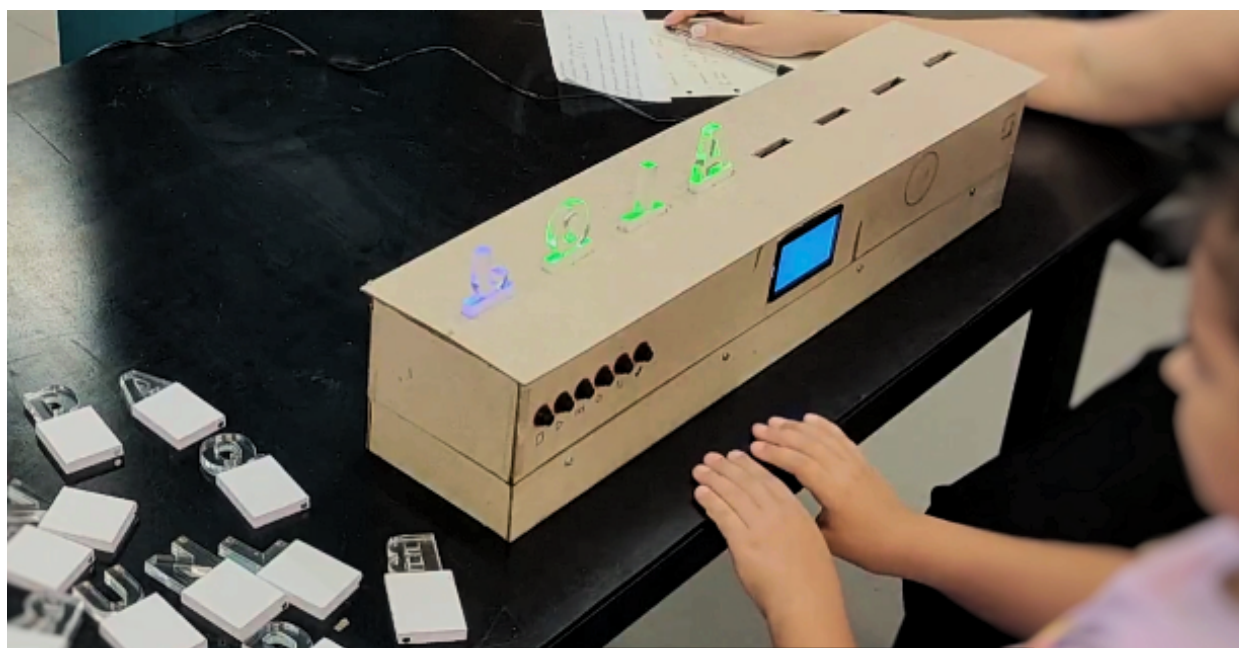


Figura 15: Exemplo de inserção espelhada e correção guiada pelas luzes.

botões maiores, com apelo lúdico (formato arcade) e maior resistência mecânica, dado o padrão de pressão observado.

Em síntese, os testes individuais forneceram elementos para ajustes técnicos e pedagógicos da próxima versão, envolvendo precisão de encaixes, ergonomia de controles, áudio com regulação e ampliação de atividades para perfis com maior domínio de leitura e escrita.

5.6 Discussão Integrada dos Testes

A aplicação combinada do grupo focal e dos testes individuais com crianças possibilitou uma análise abrangente do Alfaba, contemplando tanto aspectos coletivos quanto particularidades da experiência de uso. A escolha metodológica por abordagens qualitativas distintas se justifica pela necessidade de investigar não apenas a funcionalidade técnica da ferramenta, mas também sua aceitabilidade entre os usuários e sua consonância com os princípios pedagógicos discutidos na fundamentação teórica.

No grupo focal, a participação de professores com experiência na educação básica e no atendimento a estudantes com dificuldades de aprendizagem possibilitou uma avaliação contextualizada sobre a inserção do Alfaba em práticas escolares. As contribuições dos docentes destacaram elementos relacionados ao planejamento didático, à acessibilidade e à integração com metodologias já presentes no cotidiano escolar. A avaliação favorável quanto à estrutura progressiva dos níveis de dificuldade das palavras corrobora a importância de uma organização gradual dos estímulos fonológicos, aspecto discutido na literatura sobre aquisição da leitura (Ehri, 1995; Goswami, 2005).

As observações das crianças, tanto no grupo focal quanto nos testes individuais, revelaram interesse e curiosidade em relação ao dispositivo. Mesmo diante de erros na montagem das palavras, os participantes demonstraram capacidade de interpretar os sinais luminosos como orientações para revisão, atribuindo função didática ao *feedback* imediato. Tal resposta dialoga com estudos sobre reforço multissensorial e sua associação ao fortalecimento das redes neurais envolvidas no reconhecimento fonográfico (Dehaene, 2010).

As sugestões levantadas pelos participantes indicaram aspectos prioritários para o aperfeiçoamento do protótipo. Questões como o encaixe impreciso das letras, a visibilidade reduzida das simbologias dos botões e a dificuldade de leitura da tela em determinados ângulos foram recorrentes. As propostas envolvem a substituição de materiais, o redesenho da interface física e a incorporação de recursos voltados à acessibilidade, como a inclusão de símbolos em LIBRAS. A Tabela 5 sintetiza as recomendações de ajustes coletadas durante a etapa de validação.

Tabela 5: Melhorias sugeridas a partir dos testes com usuários.

Elemento avaliado	Proposta de ajuste
Estrutura física da caixa	Substituição do papel paraná por material rígido, com melhor acabamento e durabilidade
Encaixe das letras	Readequação dos espaços de inserção e uso de letras com acabamento fosco e contorno adesivado
Botões	Redesenho das simbologias, reposicionamento do botão de energia e uso de botões com elementos táteis lúdicos
Tela	Implementação de display colorido com resolução ampliada e maior nitidez de imagem
Acessibilidade	Inclusão de representação das letras em LIBRAS para ampliar a aplicabilidade
<i>Feedback</i> sonoro	Adição de controle de volume e conector para fone de ouvido

A articulação entre os dados empíricos e a fundamentação teórica apresentada neste trabalho sustenta o Alfaba como um recurso pedagógico tangível de base multissensorial, voltado ao apoio à alfabetização de estudantes com dificuldades específicas de aprendizagem. As estratégias de testagem permitiram examinar tanto a funcionalidade atual do protótipo quanto os requisitos técnicos e pedagógicos para sua adaptação a contextos escolares com diferentes características.

Com base nas evidências obtidas e na receptividade dos participantes, o dispositivo demonstra viabilidade de uso educacional e segue em processo de aprimoramento, orientado por princípios de acessibilidade, usabilidade e coerência com a prática docente.

6 Considerações Finais

Este artigo apresentou o processo de concepção, desenvolvimento e validação do Alfaba, um dispositivo multissensorial voltado ao apoio à alfabetização, com atenção especial às demandas de estudantes com dislexia. A proposta foi fundamentada em princípios pedagógicos e neurocientíficos, articulando conhecimentos de diferentes áreas com o objetivo de elaborar uma solução didática que reconheça a diversidade de trajetórias de aprendizagem.

Durante o desenvolvimento, buscou-se integrar estímulos tangíveis, visuais e auditivos, apoiando-se em evidências sobre o papel da multissensorialidade na aquisição da linguagem escrita (Hulme et al., 1987). O projeto técnico considerou, desde o início, aspectos de viabilidade

para a aplicação em escolas públicas, priorizando soluções de baixo custo e de manutenção simplificada.

A validação do protótipo funcional envolveu duas estratégias complementares: grupo focal com professoras e crianças, e testes individuais com estudantes em fase de alfabetização. As interações coletivas permitiram identificar necessidades de ajustes estruturais no dispositivo, como a revisão dos materiais da caixa, da simbologia dos botões e das características da tela. Os testes individuais possibilitaram observações mais precisas sobre usabilidade, clareza das instruções, adequação dos estímulos e engajamento com as atividades propostas.

Com base nas análises, foram definidos aprimoramentos técnicos e pedagógicos, incluindo modificações no design físico, melhorias na estabilidade do encaixe das letras, substituição da tela LCD por uma versão colorida de maior resolução e incorporação de recursos voltados à acessibilidade, como sinais em LIBRAS. Tais modificações foram fundamentadas em dados empíricos e estão alinhadas a recomendações da literatura sobre alfabetização e inclusão de estudantes com dificuldades específicas de aprendizagem (Cidrim et al., 2018).

Embora concebido com foco na dislexia, o Alfaba demonstrou aplicabilidade mais ampla em situações de alfabetização, abrangendo também alunos com dificuldades decorrentes de fatores externos, como vulnerabilidade social ou defasagens de aprendizagem associadas à pandemia. A adoção de botões físicos, em substituição a interfaces sensíveis ao toque, contribuiu para a durabilidade do equipamento e para a redução de custos, favorecendo sua implementação em redes públicas. Além disso, essa configuração foi bem recebida pelas crianças participantes, que associaram os botões a contextos lúdicos, demonstrando familiaridade e interesse.

A partir dos resultados obtidos, foi estruturado um plano de continuidade da pesquisa. Está prevista a realização de estudo experimental controlado, com aplicação do Teste de Desempenho Escolar (TDE), visando comparar o Alfaba com outro recurso digital utilizado em escolas públicas. O objetivo é verificar possíveis diferenças no desempenho em leitura e escrita entre os grupos. Também estão em planejamento investigações com outros públicos, como pessoas em reabilitação pós-AVC, crianças surdas e idosos, considerando a neuroplasticidade como princípio orientador do desenho das atividades.

Conclui-se que o Alfaba apresenta características compatíveis com o uso pedagógico em contextos que demandam estratégias adaptadas. Sua concepção dialoga diretamente com os princípios da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que orienta o uso de tecnologias digitais como mediadoras do processo educativo. Ao associar multissensorialidade, acessibilidade e baixo custo, o dispositivo contribui para a construção de práticas pedagógicas mais inclusivas e equitativas, promovendo oportunidades de aprendizagem para todos os estudantes.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro das agências de fomento à pesquisa: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), que viabilizaram a execução deste estudo.

Referências

- ABCD, I. (2022). EduEdu: o melhor aplicativo de alfabetização para crianças! Educação e diversão na palma da sua mão. [EduEdu](#).
- Alghabban, W. G., Salama, R. M., & Altalhi, A. H. (2017). Mobile Cloud Computing: An Effective Multimodal Interface Tool for Students with Dyslexia. *Computers in Human Behavior*, 75, 160–166. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.05.014> [\[GS Search\]](#).
- Almeida, B. O., & Alves, L. R. G. (2020). Letramento digital em tempos de COVID-19: uma análise da educação no contexto atual. *Debates em Educação*, 12(28), 1–18. [\[GS Search\]](#).
- Alves, A., Chaves, J., & Cordeiro, A. (2020). Interface tangível com material dourado em jogo digital de aprendizagem de matemática. *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, 612–621. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2020.612> [\[GS Search\]](#).
- Araújo, A. (2011). *Aprendizagem infantil: uma abordagem da neurociência, economia e psicologia cognitiva*. Academia Brasileira de Ciências. [\[GS Search\]](#).
- Associação Brasileira de Dislexia. (2016, setembro). O que é dislexia? Recuperado agosto 20, 2021, de <https://www.dislexia.org.br/o-que-e-dislexia/>
- Assunção, G. S. (2018). *A dislexia e os desafios no processo de aprendizagem da língua portuguesa* [Monografia (Licenciatura em Língua Portuguesa e Literaturas)]. Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus V. [\[GS Search\]](#).
- Baddeley, A. (1992). Is working memory working? The fifteenth Bartlett lecture. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44(1), 1–31. <https://doi.org/10.1080/14640749208401281> [\[GS Search\]](#).
- Baxter, M. (2015). *Projeto de Produto: Guia Prático para o Design de Novos Produtos*. Edgard Blucher. [\[GS Search\]](#).
- Birsh, J. R. (2011). *Multisensory teaching of basic language skills*. ERIC. [\[GS Search\]](#).
- Björn, P. M., Kakkuri, I., Karvonen, P., & Leppänen, P. H. (2014). Accelerating early language development with multi-sensory training. Em *Early Child Care and Education in Finland* (pp. 145–161). Routledge. [\[GS Search\]](#).
- Caravolas, M., et al. (2012). Common patterns of prediction of literacy development in different alphabetic orthographies. *Psychological Science*, 23(6), 678–686. [\[GS Search\]](#).
- Cardoso, R. C., da Costa, V. K., Rodrigues, A. S., Tavares, T. A., Xavier, K. F., Peroba, J. A., Peglow, J., & Quadros, C. (2016). Doce Labirinto: Experiência de jogo utilizando interação baseada em movimentos da cabeça e recursos tangíveis. *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, 563–572. [\[GS Search\]](#).
- Castles, A., Rastle, K., & Nation, K. (2018). Ending the Reading Wars: Reading Acquisition From Novice to Expert. *Psychological Science in the Public Interest*, 19(1), 5–51. <https://doi.org/10.1177/1529100618772271> [\[GS Search\]](#).
- Chanchí, G. E. G., Sierra, L. M. M., & Campo, W. Y. M. (2020). Propuesta de un videojuego educativo como apoyo a las terapias de la dislexia, usando la plataforma GDevelop. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E29), 173–186. [\[GS Search\]](#).
- Cheung, V., Antle, A. N., Sarker, S., Fan, M., Fan, J., & Pasquier, P. (2020). Techniques for augmented-tangibles on mobile devices for early childhood learning. *Proceedings of the Interaction Design and Children Conference*, 589–601. [\[GS Search\]](#).

- Cidrim, L., Braga, P. H. M., & Madeiro, F. (2018). Desembaralhando: um aplicativo para a intervenção no problema do espelhamento de letras por crianças disléxicas. *Revista CEFAC*, 20, 13–20. [GS Search].
- Cidrim, L., & Madeiro, F. (2017). Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) aplicadas à dislexia: revisão de literatura. *Revista CEFAC*, 19, 99–108. [GS Search].
- Costa, B. L. D., & Brandao, L. A. d. L. (2024). Capacidade docente e desigualdades educacionais no Brasil: avanços e desafios em uma década. *Revista de Sociologia e Política*, 32, e025. <https://doi.org/10.1590/1678-98732432e025> [GS Search].
- Costa, G. A. d., Aguiar, Y. P. C., Silva, L. F. L. d., & Cardins, D. V. d. A. (2022). Desenvolvimento e Avaliação de Usabilidade e Acessibilidade do Sonata: um Aplicativo para Auxiliar Crianças com Dislexia Auditiva. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 30, 135–156. <https://doi.org/10.5753/rbie.2022.2193> [GS Search].
- Davis, R. D., & Braun, E. M. (2010). *The Gift of Dyslexia: Why Some of the Smartest People Can't Read... and How They Can Learn* (Revised and Expanded). Perigee Books. [GS Search].
- Dehaene, S. (2010). *Reading in the Brain: The New Science of How We Read*. Penguin. [GS Search].
- Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L. W., Ventura, P., Filho, G. N., Jobert, A., Dehaene-Lambertz, G., Kolinsky, R., Morais, J., & Cohen, L. (2010). How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *science*, 330(6009), 1359–1364. [GS Search].
- dos Reis, A. V., & dos Santos Gonçalves, B. (2016). Interfaces Tangíveis: Conceituação e Avaliação. *Estudos em Design*, 24(2). [GS Search].
- Ehri, L. C. (1995). Phases of development in learning to read words by sight. *Journal of research in reading*. [GS Search].
- Ehri, L. C. (2014). Orthographic mapping in the acquisition of sight word reading, spelling memory, and vocabulary learning. *Scientific Studies of Reading*, 18(1), 5–21. [GS Search].
- Eichenbaum, H. (2004). Hippocampus: cognitive processes and neural representations that underlie declarative memory. *Neuron*, 44(1), 109–120. [GS Search].
- Falcão, T. P., & Gomes, A. S. (2007). Interfaces tangíveis para a educação. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, 1(1), 579–589. [GS Search].
- Fan, M., Antle, A. N., Hoskyn, M., & Neustaedter, C. (2018). A design case study of a tangible system supporting young English language learners. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 18, 67–78. [GS Search].
- Fan, M., Baishya, U., McLaren, E.-S., Antle, A. N., Sarker, S., & Vincent, A. (2018). Block talks: a tangible and augmented reality toolkit for children to learn sentence construction. *Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–6. [GS Search].
- Fane, J., MacDougall, C., Jovanovic, J., Redmond, G., & Gibbs, L. (2018). Exploring the use of emoji as a visual research method for eliciting young children's voices in childhood research. *Early Child Development and Care*, 188(3), 359–374. [GS Search].
- Foorman, B. R., Francis, D. J., Fletcher, J. M., Schatschneider, C., & Mehta, P. (1998). The role of instruction in learning to read: Preventing reading failure in at-risk children. *Journal of educational Psychology*, 90(1), 37. [GS Search].
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental psychology*. [GS Search].

- Gontijo, C. M. M., Costa, D. M. V., & Perovano, N. S. (2020). Alfabetização na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). *Pro-Posições*, 31, e20180110. [GS Search].
- Goswami, U. (2005). Synthetic phonics and learning to read: a cross-language perspective. *Educational Psychology in Practice*, 21(4), 273–282. [GS Search].
- Goswami, U. (2019). A neural basis for phonological awareness? An oscillatory temporal-sampling perspective. *Current Directions in Psychological Science*, 28(5), 3–10. [GS Search].
- Greenough, W. T., Black, J. E., & Wallace, C. S. (1987). Experience and brain development. *Child development*, 539–559. [GS Search].
- Gutiérrez Posada, J. E., Baranauskas, M. C. C., & Maike, V. R. (2014). Manipulando histórias: uma investigação sobre o uso de interfaces tangíveis e narrativas na escola. *Proceedings of the 13th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, 160–168. [GS Search].
- Hulme, C., Monk, A., & Ives, S. (1987). Some experimental studies of multi-sensory teaching: the effects of manual tracing on children's paired-associate learning. *British Journal of Developmental Psychology*, 5(4), 299–307. [GS Search].
- INEP. (2020). Dados Finais do Censo Escolar de 2018. Recuperado abril 18, 2021, de http://download.inep.gov.xn--br%20%20censo_escolar%20%202018-qe3npa
- International Dyslexia Association. (2002). Definition of Dyslexia. Recuperado agosto 28, 2021, de <https://dyslexiaida.org/definition-of-dyslexia/>
- Isa, I. S., Rahimi, W. N. S., Ramlan, S. A., & Sulaiman, S. N. (2019). Automated Detection of Dyslexia Symptom Based on Handwriting Image for Primary School Children. *Procedia Computer Science*, 163, 440–449. [GS Search].
- Ishii, H., & Ullmer, B. (2008). Tangible user interfaces: Past, present, and future directions. *Proceedings of the 2008 ACM conference on Computer supported cooperative work*, 1–18. <https://doi.org/10.1145/1460563.1460565> [GS Search].
- Jurgina, L. Q., Aquini, L. G., de Aguiar, M. S., da Rosa, L. S., Lopes, J. P., Mackedanz, T. D., Klein, A. I., Primo, T. T., & Iankowski, R. S. (2024). Neuroplasticity-based literacy rescue: A multisensory and tangible learning methodology for children at risk. *2024 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1–10. [GS Search].
- Jurgina, L. Q., Aquini, L. G., Iankowski, R. S., da Rosa, L. S., de Aguiar, M. S., & Primo, T. T. (2023). Alfaba: A tangible solution to support brazilian dyslexic students in their literacy process. *2023 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1–9. [GS Search].
- Jurgina, L. Q., Borges, V. d. S. A., da Rosa Júnior, L. S., de Aguiar, M. S., & Primo, T. T. (2023). Direcionando Tecnologia para a Dislexia: Um Guia Prático para a Criação de TDICs. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, 1050–1061. [GS Search].
- Kilpatrick, D. A. (2015). *Essentials of Assessing, Preventing, and Overcoming Reading Difficulties*. John Wiley & Sons. [GS Search].
- Knudsen, E. I. (2004). Sensitive periods in the development of the brain and behavior. *Journal of cognitive neuroscience*, 16(8), 1412–1425. [GS Search].
- Leite, A. (2012, setembro). Aramumo: aplicativo para Distúrbio de Aprendizagem. Recuperado outubro 14, 2016, de <https://www.reab.me/aramumo-aplicativo-para-disturbio-de-aprendizagem/>
- Massey, S. (2021). Using Emojis and Drawings in Surveys to Measure Children's Attitudes to Mathematics. *International Journal of Social Research Methodology*. [GS Search].

- Ministério da Educação - MEC. (2017, outubro). Base Nacional Comum Curricular. Recuperado setembro 20, 2021, de <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>
- Ministério da Educação - MEC. (2023). Estudo Internacional de Progresso em Leitura (PIRLS). <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/pirls> Acesso em 16 de maio de 2023.
- Nogueira, M. A. (2021). O capital cultural e a produção das desigualdades escolares contemporâneas. *Cadernos de Pesquisa*, 51(e07468), 1–19. <https://doi.org/10.1590/1980539X7468> [GS Search].
- Ojeda-Zamalloa, I., Serpa-Andrade, L., Garcia, R., Quisi-Peralta, D., Vásquez-Álvarez, G., & Quevedo-Sacoto, S. (2020). Diseño, construcción e implementación de una herramienta para el soporte para ejercicios de grafo-motricidad en niños de cuatro a seis años. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E33), 263–274. [GS Search].
- Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F., & Merabet, L. B. (2005). The plastic human brain cortex. *Annu. Rev. Neurosci.*, 28, 377–401. [GS Search].
- Ricketts, J., Bishop, D. V., & Nation, K. (2015). Developing reading comprehension: combining visual and verbal cognitive processes. *Child Development Perspectives*, 9(2), 91–96. [GS Search].
- Rotta, N. T., Ohlweiler, L., & dos Santos Riesgo, R. (2015). *Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar*. Artmed Editora. [GS Search].
- Schoen, T. (2022). Alfabetização e as Funções Executivas: Um Estudo De Caso. Em *Processos Neuropsicológicos: uma abordagem do desenvolvimento - Volume 2* (pp. 81–97). Editora Científica Digital. <https://doi.org/10.37885/220910360> [GS Search].
- Sebra, A. G., & Dias, N. M. (2011). Métodos de alfabetização: delimitação de procedimentos e considerações para uma prática eficaz. *Revista Psicopedagogia*, 28(87), 306–320. [GS Search].
- Sesso, B. (2018). *Design Centrado no Usuário no Desenvolvimento de Software* [Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação)]. Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo. [GS Search].
- Shaywitz, S. E., Shaywitz, B. A., Wietecha, L., Fletcher, J. M., Stuebing, K. K., Francis, D. J., & ... (2003). Neural systems for compensation and persistence: young adult outcome of childhood reading disability. *Biological psychiatry*. [GS Search].
- Soares, M. (2004). Letramento e alfabetização: as muitas facetas. *Revista brasileira de educação*, 5–17. [GS Search].
- Soares, M. (2020). *Alfaletrar: Toda Criança Pode Aprender a Ler e a Escrever*. Contexto. [GS Search].
- Stolk, A. B., Casagrande, C. E., & Bernhardt, M. d. F. (2013). Aprendendo com as sílabas: software de apoio ao aprendizado de crianças com dislexia. *Anais do XVIII Congresso Internacional de Informática Educativa*, 413–418. [GS Search].
- Swingler, M. M., Perry, N. B., & Calkins, S. D. (2015). Neural plasticity and the development of attention: Intrinsic and extrinsic influences. *Development and Psychopathology*, 27(2), 443–457. [GS Search].
- UNESCO. (2017). Literacy rates continue to rise from one generation to the next. https://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/fs45-literacy-rates-continue-rise-generation-to-next-en-2017%5C_0.pdf Recuperado em dez 2023.