

INTERFACES TANGÍVEIS PARA UMA EDUCAÇÃO INCLUSIVA: DESAFIOS E POTENCIALIDADES NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

TANGIBLE INTERFACES FOR AN INCLUSIVE EDUCATION:
CHALLENGES AND POTENTIALITIES IN TEACHER EDUCATION

INTERFACES TANGIBLES PARA LA EDUCACIÓN INCLUSIVA:
DESAÍOS Y POTENCIALIDADES EN LA FORMACIÓN DOCENTE

*Evandro Preuss¹, Alexandra Lorandi², Sheyla Werner³,
Renato Ventura Bayan Henriques⁴, Sandra Baldassarri⁵*

RESUMO

O uso de interfaces tangíveis para fins educacionais é um recurso de tecnologia assistiva que apresenta forte potencial para a educação, podendo proporcionar um incremento no engajamento e motivação dos estudantes. Os principais problemas encontrados na aplicação de mesas tangíveis no ambiente educacional são os altos custos dos produtos comerciais, a ausência de softwares para sua programação e adaptação às necessidades educacionais, e a dificuldade de utilização e criação de aplicações. Este artigo apresenta a utilização de uma plataforma digital para a produção de recursos educacionais tangíveis, destinada ao uso na educação inclusiva, baseada numa mesa tangível de baixo custo, juntamente com a avaliação e validação da aplicação. Uma metodologia foi estabelecida para desenvolver as aplicações. Participaram dela 35 estudantes de cursos de licenciatura que, na prática, criaram aplicações no editor para mesas tangíveis visando a educação inclusiva. Eles demonstraram forte interesse e avaliaram positivamente a utilidade da tecnologia, assim como a usabilidade do editor. A plataforma é uma solução de tecnologia assistiva que utiliza um editor intuitivo e de fácil manipulação para a criação de recursos educacionais, permitindo a execução das aplicações em mesas tangíveis e também de forma simulada em computadores e dispositivos móveis. As aplicações para mesa tangível podem ser aplicadas na educação inclusiva como um instrumento de mediação tecnológica, com atividades pedagógicas para realizar experimentações, apresentar conteúdos e narrativas, além de resolver desafios e jogos.

PALAVRAS-CHAVE: Mesa tangível. Educação inclusiva. Formação de professores. Tecnologia assistiva.

¹ Doutor em Informática na Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professor adjunto da Universidade Federal de Santa Maria, RS - Brasil. E-mail: evandro.preuss@gmail.com

² Doutora em Informática na Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professora Adjunta da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS - Brasil. E-mail: alexandra@ufrgs.br

³ Doutora em Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Especialista em Educação em Saúde Mental Coletiva pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Docente no Centro Universitário Ritter dos Reis. Porto Alegre, RS - Brasil. E-mail: sheylawerner@gmail.com

⁴ Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professor Adjunto na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS - Brasil. E-mail: renatobayan@gmail.com

⁵ Doutora em Engenharia da Informação pela Universidade de Zaragoza. Professora assistente na Universidade de Zaragoza - Espanha. E-mail: sandra@unizar.es

Submetido em: 16/05/2022 - **Aceito em:** 20/08/2024 - **Publicado em:** 19/09/2024

ABSTRACT

The use of tangible interfaces for educational purposes represents an assistive technology resource with significant potential for enhancing education by increasing student engagement and motivation. The primary challenges associated with the use of tangible tabletops in educational settings are the high costs of commercial products, the lack of software for programming and utilization tailored to educational needs, and the difficulty in using and creating applications. This paper presents a digital platform designed for producing tangible educational resources aimed at inclusive education, based on a low-cost tangible tabletop, along with the evaluation and validation of its application. A methodology was developed for creating applications, and 35 undergraduate students participated in the process, utilizing the editor to create applications for tangible tabletops focused on inclusive education. They exhibited strong interest and provided positive feedback on the technology's utility and the editor's usability. The platform serves as an assistive technology solution that employs an intuitive and user-friendly authoring tool for creating educational resources, enabling applications to be run on tangible tabletops and simulated on computers and mobile devices. Tangible tabletop applications can be utilized in inclusive education as a technological mediation tool, supporting pedagogical activities for conducting experiments, presenting content and narratives, and solving challenges and games.

KEYWORDS: Tangible tabletop. Inclusive education. Teacher education. Assistive technology.

RESUMEN

El uso de interfaces tangibles con fines educativos es un recurso de tecnología de asistencia que presenta un fuerte potencial para la educación, proporcionando un aumento en el compromiso y la motivación de los estudiantes. Los principales problemas encontrados para el uso de mesas tangibles en el entorno educativo son los altos costos de los productos comerciales, la falta de software para su programación y uso de acuerdo con las necesidades educativas, y la dificultad para utilizar y crear aplicaciones. Este artículo presenta el uso de una plataforma digital para la producción de recursos educativos tangibles asequibles para su uso en la educación inclusiva, basada en una mesa tangible de bajo costo, junto con la evaluación y validación de la aplicación. Se estableció una metodología para desarrollar las aplicaciones, en la cual participaron 35 estudiantes de cursos de licenciatura que, en la práctica, crearon aplicaciones en el editor para mesas tangibles con el objetivo de la educación inclusiva. Ellos demostraron un fuerte interés y evaluaron positivamente la utilidad de la tecnología, así como la usabilidad del editor. La plataforma es una solución de tecnología de asistencia que utiliza un editor intuitivo y fácil de usar para crear recursos educativos, permitiendo ejecutar las aplicaciones en mesas tangibles y también en simulación en computadoras y dispositivos móviles. Las aplicaciones para mesa tangible pueden ser utilizadas en educación inclusiva como un instrumento de mediación tecnológica con actividades pedagógicas para realizar experimentos, presentar contenidos y narrativas, y resolver desafíos y juegos.

PALABRAS CLAVE: Mesa tangible. Educación inclusiva. Formación de profesores. Tecnología de asistencia.

1 INTRODUÇÃO

Significativos avanços tecnológicos têm favorecido o desenvolvimento de recursos educacionais digitais capazes de contribuir para a ação docente, exigindo, desta forma, que o professor acompanhe tal evolução para atender a diversidade de demandas dos estudantes. Quando se trata de educação em contextos inclusivos, um dos importantes desafios é criar meios capazes de eliminar barreiras e ampliar possibilidades para o desenvolvimento de estudantes da Educação Especial em todos os níveis de ensino.

Diversas políticas públicas asseguram o direito à educação para todas as pessoas. Quando se trata de alunos com deficiência ou com transtorno do espectro autista, há normativas que garantem a oferta do Atendimento Educacional Especializado (AEE) para complementar ou suplementar a formação dos alunos (Brasil, 2011). No entanto, mesmo com as diretrizes legais e uma ampla oferta do AEE nos diferentes níveis de ensino, o contexto inclusivo requer uma qualificação e, até mesmo, uma transformação das práticas pedagógicas para garantir o acesso, a permanência e a aprendizagem de todos os alunos. Uma escola inclusiva deve proporcionar oportunidades equitativas para todos, necessitando de estratégias personalizadas para cada aluno, de modo que todos os participantes possam desenvolver plenamente suas potencialidades.

Muitas vezes, os recursos educacionais e tecnológicos não estão disponíveis de forma equitativa para todos os alunos, especialmente para aqueles com necessidades especiais. Isso pode incluir a falta de acesso a dispositivos tecnológicos adequados, software adaptativo e materiais de aprendizagem acessíveis. Entre as estratégias viáveis, destaca-se o uso de interfaces tangíveis desenvolvidas para mesas tangíveis, um tema que será explorado mais detalhadamente neste texto como uma potente ferramenta para o planejamento educacional em diversas áreas do conhecimento. No entanto, o grande desafio reside na necessidade de os professores se familiarizarem com esses recursos técnicos e metodologias para integrar eficazmente essa tecnologia em sua prática pedagógica.

Este estudo⁶ propõe uma metodologia para o desenvolvimento de aplicações baseadas em mesa tangível por meio de um editor de aplicações interativas especialmente elaborado para esse fim, além da avaliação da viabilidade, utilidade e usabilidade dessa abordagem. Trata-se de uma solução tecnológica acessível e fácil de implementar em interfaces tangíveis, voltada para a criação de aplicações destinadas a estudantes da Educação Especial, abrangendo também aplicações de acesso universal. Nesse contexto, são apresentados e discutidos os aspectos técnicos e metodológicos para que os próprios educadores possam criar e executar as aplicações na mesa tangível, utilizando objetos reais ou simuladores em computadores e dispositivos móveis.

2 TECNOLOGIA PARA EDUCAÇÃO INCLUSIVA

A Educação Especial inclusiva é uma modalidade educacional que se baseia na compreensão da diversidade humana, valorizando e respeitando diferenças culturais, étnico-raciais, sexuais, físicas, sensoriais, intelectuais, emocionais, linguísticas, entre outras. Para promover igualdade de oportunidades para pessoas com deficiência, transtornos globais do

⁶ Este estudo é parte da pesquisa de uma tese em Informática na Educação.

desenvolvimento e altas habilidades e/ou superdotação - público-alvo da Educação Especial - foi estabelecido o Atendimento Educacional Especializado (AEE) (Brasil, 2011). O AEE tem como objetivo complementar e/ou suplementar a educação regular, não substituindo o ensino comum, mas tornando-o possível e acessível. É importante entender que a inclusão dos educandos não é apenas responsabilidade do AEE, pois a educação inclusiva permeia todas as práticas educacionais e processos sociais. Portanto, é essencial que o espaço, os recursos, as propostas e o ensino como um todo sejam acessíveis.

Para ser verdadeiramente inclusiva, uma escola precisa primordialmente ser acessível. Para tanto, deve contar com recursos de tecnologia assistiva (TA), que engloba todos os produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços criados especificamente para compensar os impedimentos de uma pessoa e melhorar sua capacidade funcional (Brasil, 2015). A escola comum se torna inclusiva quando reconhece as diferenças dos alunos no processo educativo e busca a participação e o progresso de todos com novas práticas pedagógicas (Ropoli *et al.*, 2010).

A presença dos recursos tecnológicos na sociedade e na educação favorece o uso de tecnologias assistivas, impulsionando e exigindo uma mudança de paradigma nos processos educacionais das escolas. É indispensável valorizar e prestar atenção às particularidades de cada processo individual na construção do conhecimento dos estudantes, respeitando e atendendo às necessidades específicas de cada um, independentemente de possuírem alguma deficiência (Galvão Filho, 2004).

Embora alguns estudos indiquem que a utilização da tecnologia na educação, por si só, não necessariamente melhore o rendimento educacional, seu uso e domínio são considerados indispensáveis. A questão principal sobre a tecnologia na educação reside em como integrar o conhecimento pedagógico com o tecnológico em um mundo globalizado e diversificado, visando o melhor desenvolvimento sociocognitivo dos alunos (Passerino, 2010).

O conhecimento pedagógico envolve a compreensão do conteúdo e dos conceitos utilizados na disciplina pelo docente. Além disso, é necessário ter conhecimento tecnológico não apenas das tecnologias convencionais, como livros, giz e quadro negro, mas também das tecnologias mais avançadas, como internet e vídeo digital, além das habilidades necessárias para utilizá-las. O conhecimento pedagógico da tecnologia engloba a compreensão dos diversos componentes e recursos tecnológicos, bem como a maneira como podem ser aplicados no processo de ensino e aprendizagem. Isso inclui a habilidade de utilizar eficazmente as ferramentas disponíveis, selecionando a opção mais adequada para cada uma delas, além de desenvolver e aplicar estratégias pedagógicas com o uso das tecnologias (Mishra; Koehler, 2006).

Para criar um ambiente inclusivo na escola, é fundamental integrar o trabalho pedagógico aos ambientes digitais e às tecnologias. Esse ambiente constitui a essência das atividades escolares e da prática dos professores. A docência requer fundamentação em práticas específicas que demandam o domínio de conhecimentos integrados a conhecimentos científicos e humanistas, visando atender às necessidades das novas gerações, incluindo o uso de diversas linguagens, tecnologias e interpretações no processo educacional (Gatti *et al.*, 2019).

2.1 Interfaces Tangíveis

Considerando o contexto digital, a integração de tecnologias tangíveis às práticas pedagógicas pode ampliar as possibilidades de aprimorar o ensino e o aprendizado, promovendo a acessibilidade das ações e dos conteúdos tanto na sala de aula comum – para todos os alunos – quanto no Atendimento Educacional Especializado (AEE), sob a supervisão de profissionais especializados. O foco não reside na sofisticação das tecnologias, mas sim nas formas inovadoras de interatividade que elas permitem e nas novas oportunidades de aprendizado que proporcionam (O’Malley; Fraser, 2004).

O uso combinado de artefatos físicos e ação física coloca os próprios estudantes no centro da atividade, proporcionando imersão e envolvimento ativo, ao invés de apenas observar o desenvolvimento. O uso de objetos tangíveis pode aumentar a disposição das crianças para explorar diferentes temas por meio de eventos inesperados, levando-as a descobrir novas maneiras de alcançar os objetivos. Isso promove a reflexão sobre o tema, suas próprias ações e os efeitos produzidos (Price *et al.*, 2003).

As interações tangíveis, que permitem a manipulação de objetos reais para interagir com sistemas computacionais, emergem como uma aliada importante para educadores, oferecendo um recurso tecnológico diferenciado para mediação. Essas interações são capazes de proporcionar uma educação ampla e acessível, superando barreiras e promovendo o desenvolvimento de todos os estudantes, independentemente de deficiências (Xie *et al.*, 2008; Bonillo *et al.*, 2019).

As principais pesquisas sobre o uso de mesas tangíveis em educação e atividades colaborativas demonstram sua viabilidade, utilidade e potencial significativo para pessoas com necessidades educacionais especiais. Destacam-se, entre elas, o desenvolvimento da aprendizagem e habilidades de raciocínio espacial através de jogos sérios em matemática (Kubicki *et al.*, 2016), os estudos de Bonillo *et al.* (2019), que exploraram as possibilidades das mesas tangíveis na terapia de crianças com problemas de desenvolvimento, os jogos de computador utilizados para avaliar o desenvolvimento de crianças com Transtorno do

Espectro Autista (Chen *et al.*, 2019), além das investigações envolvendo crianças com deficiência intelectual em processos de descoberta (Falcão, 2018).

Uma mesa tangível é uma interface computacional com uma superfície horizontal em que a saída do computador é exibida ou projetada e sobre a qual objetos físicos podem ser posicionados e movidos para executar as interações, atuando como controle. Para que os objetos sejam devidamente identificados e seus posicionamentos e movimentações possam ser captados pelo sistema computacional, marcadores fiduciais podem ser fixados neles. Diferentemente de um tablet ou smartphone, ao invés de simplesmente tocar ou clicar numa determinada área, é a colocação ou movimentação de um objeto específico na superfície da mesa que proporciona a interação. A mesa pode ser utilizada em tarefas cognitivas que envolvem representações visuais, sonoras, táteis e simbólicas de objetos para realizar experimentações, apresentar narrativas e resolver desafios e jogos (Preuss, 2021).

Uma mesa tangível pode ser um produto comercial ou pode ser desenvolvida a partir de produtos convencionais. Existem poucas opções de mesas tangíveis comerciais e seus custos são elevados (superiores a cem mil reais), além de dependerem de importação e exigirem um alto grau de conhecimento para seu uso e criação de aplicativos. Uma alternativa às mesas tangíveis comerciais é a possibilidade de construir uma mesa tangível utilizando materiais como madeira (MDF) com tampo de acrílico, um projetor multimídia, uma webcam e iluminação infravermelha em seu interior. Nesse modelo, a imagem pode ser projetada na superfície da mesa através de um espelho, enquanto uma webcam captura o posicionamento dos objetos e envia as informações para um computador com um software de visão computacional, responsável pela identificação dos objetos e pelo rastreamento de seus posicionamentos e movimentos sobre a superfície (fig. 1). Essa opção de construção de mesa, utilizando materiais encontrados em lojas especializadas, é viável e de baixo custo, podendo variar de três a cinco mil reais, dependendo do modelo de projetor escolhido (Preuss, 2021).

2.2 Ferramenta de autoria para aplicações tangíveis

Ao criar aplicações para a mesa tangível, é necessário empregar uma ferramenta de autoria que inclua cenas, áudios, vídeos, imagens, textos e animações. As opções comerciais disponíveis para essa finalidade exigem um alto grau de conhecimento técnico em lógica de programação, o que pode tornar as aplicações inviáveis para uso por parte dos professores. Entre as ferramentas de autoria desenvolvidas em projetos de pesquisa, destacam-se o KitVision (Bonillo *et al.*, 2020), o TIES - Tangible Interaction in Educational Scenario (Artola *et al.*, 2015) e o ISAR (Hodaie *et al.*, 2019). Todas são específicas para uso com mesas tangíveis em cada projeto e não oferecem as funcionalidades necessárias para que professores sem domínio em lógica de programação possam desenvolver suas próprias aplicações. Diante

dessa necessidade, foi desenvolvido um editor que não demanda habilidades de programação e pode ser empregado em aplicações executadas tanto em mesas tangíveis quanto em computadores ou dispositivos móveis



Figura 1 - Mesa tangível
Fonte: Adaptado de (Preuss, 2021)

O editor desenvolvido – Eduba – permite o desenvolvimento de recursos educacionais de modo intuitivo e interativo, sem a necessidade de programação explícita, em computadores e dispositivos móveis. No editor, as aplicações são formadas por um conjunto de cenas e em cada uma é escolhida a imagem de fundo, o áudio de narração ou explicação e pode, ainda, ter outros elementos, como: texto, imagem com possibilidade de animações, área de interação baseada nos marcadores fiduciais, vídeos e feedback (Preuss *et al.*, 2019).

Para possibilitar a interação com objetos tangíveis, são definidas as áreas dessa interação, configurados os marcadores fiduciais corretos e incorretos, e fornecido o respectivo feedback sonoro ou visual para cada resposta. Ao final da edição, uma aplicação é gerada para ser executada na mesa tangível, projetando a imagem na superfície da mesa e respondendo ao posicionamento e movimento dos objetos com marcadores fiduciais (fig. 2).

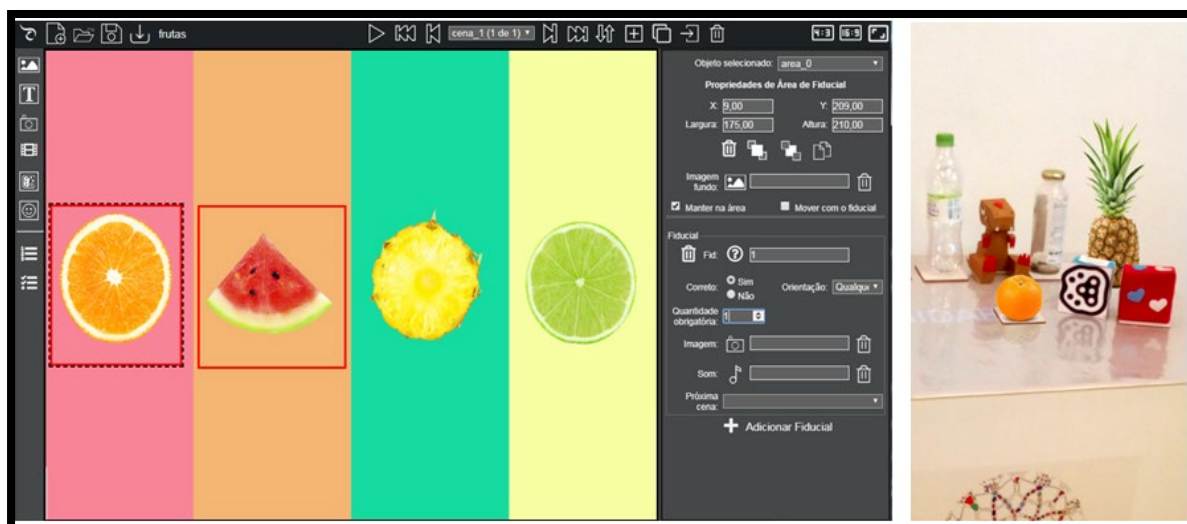


Figura 2 - Interface do editor e objetos com marcadores fiduciais

Fonte: Autores

O editor inclui um módulo de execução simulada (fig. 3) projetado para ser usado em computadores e dispositivos móveis, dispensando a necessidade de uma mesa tangível. Nesse modo, as cenas da aplicação são exibidas com uma representação simulada dos objetos na parte inferior da tela, em que podem ser colocados, movidos ou girados sobre as áreas de interação correspondentes da aplicação. Para acessar a aplicação no simulador, um link ou QRCode é disponibilizado.

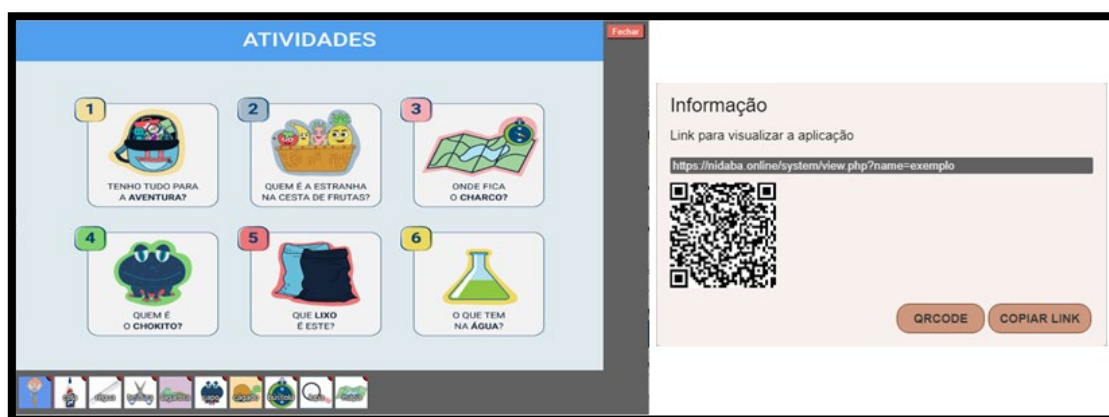


Figura 3 - Simulador de aplicações para mesa tangível

Fonte: Adaptado de (Preuss, 2021)

Com o uso da ferramenta de autoria, há diversas possibilidades para criar aplicações tanto para mesas tangíveis quanto para uso em ambientes simulados em computadores e dispositivos móveis. Essas aplicações podem ser voltadas para estudantes com ou sem deficiência, seguindo o princípio do design para todos ou design universal, e também podem servir como tecnologia assistiva, garantindo acessibilidade para alunos com deficiência física,

auditiva, visual, intelectual ou autismo:

- a) **deficiência intelectual ou autismo:** o educador pode criar aplicações que explorem o uso de objetos reais e sua interação com a aplicação, estimulando a generalização e a formação de conceitos. A aplicação pode utilizar instruções sequenciais e passo a passo, repetir explicações, corrigir comportamentos inadequados quando necessário, oferecer dicas e feedbacks sonoros e visuais baseados nos interesses e preferências de cada estudante;
- b) **deficiência auditiva:** o educador pode elaborar aplicações e atividades que utilizem, em todas as cenas, elementos que favoreçam a compreensão dos alunos, como feedback com imagens significativas, vídeos com legenda, uso de Libras como complemento e alternativa aos áudios e vídeos;
- c) **baixa visão:** o educador tem a possibilidade de criar uma aplicação com imagens grandes, em alto contraste, letras em caixa alta e tamanho grande;
- d) **cegueira:** a aplicação precisa ter, em todas as cenas, um áudio de instrução com audiodescrição de cada uma delas e de seus elementos. Em ambos os casos, pode-se fazer uso de objetos tangíveis em relevo, dispostos antecipadamente ao estudante. A interação desses objetos com a mesa pode fornecer informações na forma de audiodescrição. As áreas de interação da mesa, nestes casos, podem explorar os conceitos de lateralidade e posição sobre a superfície da mesa;
- e) **deficiência física ou neuromotora:** podem ser desenvolvidas aplicações que estimulam a motricidade fina, com movimentos de seguir linha ou caminho, girar, segurar ou mover objetos, além de explorar aplicações que envolvam o reconhecimento e identificação de cores, formas, números, tamanhos, natureza e semelhança entre objetos.

3 METODOLOGIA

Este estudo descreve a metodologia utilizada para planejar e desenvolver aplicações por meio de uma plataforma digital voltada à produção de recursos educacionais inclusivos no contexto da formação de professores, além de analisar sua viabilidade e utilidade. A pesquisa envolveu 35 estudantes de licenciaturas relacionadas à educação inclusiva e tecnologia assistiva em uma universidade pública. As atividades ocorreram ao longo de dois semestres, utilizando uma mesa tangível e o Eduba Editor (Eduba Editor, 2022), seguidas pela aplicação de questionários para avaliar a motivação intrínseca e a usabilidade do editor.

3.1 Aplicações para mesa tangível na formação de professores

Para a execução da pesquisa e das atividades, foi disponibilizado e apresentado o Eduba Editor (Preuss *et al.*, 2019; Eduba Editor, 2022) e uma metodologia para o desenvolvimento das aplicações foi definida. Durante o desenvolvimento da pesquisa e das atividades, o editor foi avaliado e novas funcionalidades foram incluídas e disponibilizadas conforme as necessidades pedagógicas e sugestões dos usuários.

O editor foi testado, avaliado e aprimorado para verificar a possibilidade de utilização por professores que não dominam lógica de programação, além de assegurar que ele disponibiliza as funcionalidades necessárias para uso em atividades educacionais. Ao final das práticas, que duraram entre seis e oito semanas em cada semestre, os alunos responderam a questionários para avaliar a utilidade e a motivação da atividade e das interfaces tangíveis, bem como a usabilidade do editor.

A metodologia definida para a criação das aplicações é composta por três etapas:

a) **Planejamento:** Planejamento: para o desenvolvimento de uma aplicação para a mesa tangível foi necessário um planejamento com as seguintes definições:

- tema: definir o tema, assunto ou conteúdo da aplicação;
- público-alvo: definir o público-alvo da aplicação, especificando faixa etária, nível de ensino e se a aplicação tem ou não o objetivo de ser uma tecnologia assistiva;
- objetivo: estabelecer o objetivo de cada aplicação e como ele será abordado, seja contextualizando um assunto, apresentando informações de forma interativa ou problematizando o tema. A problematização pode incluir questionamentos e desafios nos quais o estudante demonstra o que já conhece sobre o assunto e pode aprender novos conceitos por tentativa e erro;
- objetos de interação: escolher e definir os objetos reais usados para interagir na mesa tangível e seus respectivos identificadores para os marcadores fiduciais. Os marcadores serão colados na base de cada objeto. O uso de objetos reais para a interação deve ser significativo e coerente com a interação e os objetivos pretendidos, além de ser facilmente identificável pelos estudantes para que a associação do real com o virtual favoreça as metáforas;
- quantidade de cenas: definir a quantidade de cenas e a ordem em que serão exibidas. Uma aplicação pode ser linear, com exibição sequencial das cenas, ou não linear, com escolhas ou menus, conforme os objetos colocados sobre as áreas de interação da aplicação;
- objetivo da cena: definir o objetivo de cada cena, seja para exibir alguma informação com ou sem interação, seja para realizar alguma atividade ou desafio com a interação dos objetos;

- b) **edição dos recursos multimídia:** após o planejamento, escolher, editar e criar as mídias usadas em cada cena da aplicação para a mesa tangível:
- imagens: escolher, editar e produzir as imagens usadas nas cenas, como imagem de fundo, imagens de desenvolvimento da aplicação e imagens para feedback;
 - áudios: escolher, editar e gravar os áudios usados nas instruções de cada cena, como música de fundo e nos feedbacks;
 - vídeos: escolher, editar e produzir os vídeos usados nas cenas, como vídeo de fundo ou parte de uma ou mais cenas;
- c) **criação da aplicação com o editor:** Criação da aplicação com o editor: após o planejamento e a edição das imagens, áudios e vídeos, o Eduba Editor deve ser utilizado para criar as aplicações. Uma aplicação possui um conjunto de cenas. Para cada cena, deve-se configurar os seguintes aspectos:
- fundo da cena: escolher uma imagem, vídeo ou cor para o fundo da cena;
 - áudio de fundo: inserir um áudio com efeito sonoro ou uma narração para instruir o estudante sobre a atividade;
 - texto: adicionar textos na cena, definindo a cor, tamanho, fonte e localização do texto na área;
 - imagens e vídeos: inserir imagens e vídeos para compor a cena, com a possibilidade de animações de zoom, movimentos e destaque das imagens;
 - áreas de interação: para a interação, inserir uma ou mais áreas na cena, configurando os marcadores fiduciais corretos e incorretos de cada área e escolhendo um áudio ou imagem para ser exibida quando a interação ocorrer;
 - feedback: escolher as imagens e áudios para o feedback de acerto e erro, de acordo com as colocações dos marcadores fiduciais nas áreas de interação.

Para a criação das aplicações para a mesa tangível, pode-se adotar a versão on-line do Eduba Editor. Esta versão possui um simulador para testar as aplicações sem a necessidade de uma mesa tangível física, permitindo também a execução simulada da aplicação em computadores e dispositivos móveis. Para auxiliar nesta etapa, são disponibilizados o manual de uso do software, tutoriais e dicas no site do editor desenvolvido (Eduba Editor, 2022).

3.2 Aplicação dos questionários de motivação intrínseca e usabilidade do editor

Após a produção das aplicações educacionais para mesa tangível, foi utilizado o questionário de motivação intrínseca IMI - *Intrinsic Motivation Inventory* (Mcauley et al., 1989), uma ferramenta psicométrica que permite avaliar a motivação, o interesse genuíno na atividade, a satisfação pessoal e a sensação de competência. Também foi empregado o

questionário SUS - *System Usability Scale* (Brooke, 1996) para avaliar a usabilidade do editor, desenvolvido especificamente para este propósito e aprimorado neste estudo.

Foi utilizada uma versão reduzida do IMI, composta por 21 questões adaptadas para a atividade com o editor. As respostas foram coletadas em uma escala Likert de 7 pontos, variando de 'discordo totalmente' (1) a 'concordo totalmente' (7). As questões foram agrupadas nos seguintes aspectos: competência percebida (4 questões), interesse e satisfação (11 questões), esforço (2 questões), pressão e tensão (3 questões) e utilidade (1 questão). Para calcular as pontuações das escalas do IMI (variando de 1 a 7), as respostas dos participantes foram médias ponderadas de acordo com esses aspectos. O índice resultante, variando de 0 a 1, reflete o percentual de cada aspecto analisado, no qual valores superiores a 0,7 são considerados bons.

Para avaliar a usabilidade do editor e a experiência do usuário, utilizou-se o questionário SUS com 14 questões. As respostas foram coletadas em uma escala Likert de 5 pontos, variando de 'discordo totalmente' (1) a 'concordo totalmente' (5). O questionário abordou diversos aspectos da usabilidade, como facilidade de uso, eficiência, aprendizado e satisfação do usuário. A pontuação total do SUS varia de 0 a 100, sendo que pontuações acima de 68 indicam uma melhor usabilidade percebida do sistema.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

Todos os participantes conseguiram implementar as atividades planejadas empregando o editor para a mesa tangível Eduba e, principalmente, utilizaram o simulador da aplicação através do computador e de dispositivos móveis. Dentre as aplicações criadas, destacam-se os seguintes temas: figuras geométricas, química para Ensino Médio, cores primárias e mistura de cores, árvores nativas e suas sementes e flores, passeio ecológico, vogais, frutas, expedição paleontológica, animais, frações, coronavírus, sistema solar, instrumentos musicais e entidades religiosas. Devido ao ensino remoto, os alunos não tiveram acesso à mesa tangível e as apresentações das aplicações foram através do simulador on-line. Algumas aplicações desenvolvidas são descritas a seguir.

A aplicação 'Conhecendo os Animais Amazônicos' apresenta alguns animais conhecidos e seus nomes, e consiste em identificar quais animais vivem na Amazônia e quais vivem na savana. A aplicação 'Aves do Brasil' apresenta uma descrição e o canto de alguns dos pássaros nativos do Brasil: tico-tico, quero-quero, papagaio e tucano. A aplicação 'Árvores Nativas' oferece informações e desafios sobre as árvores Guapuruvu, Ipê Roxo e Araucária. Já a aplicação 'Solos Brasileiros' apresenta informações sobre alguns tipos de solos do Brasil: terra roxa, massapé e salmorão, além de suas plantações. A figura 4 apresenta uma cena de

cada uma dessas aplicações.

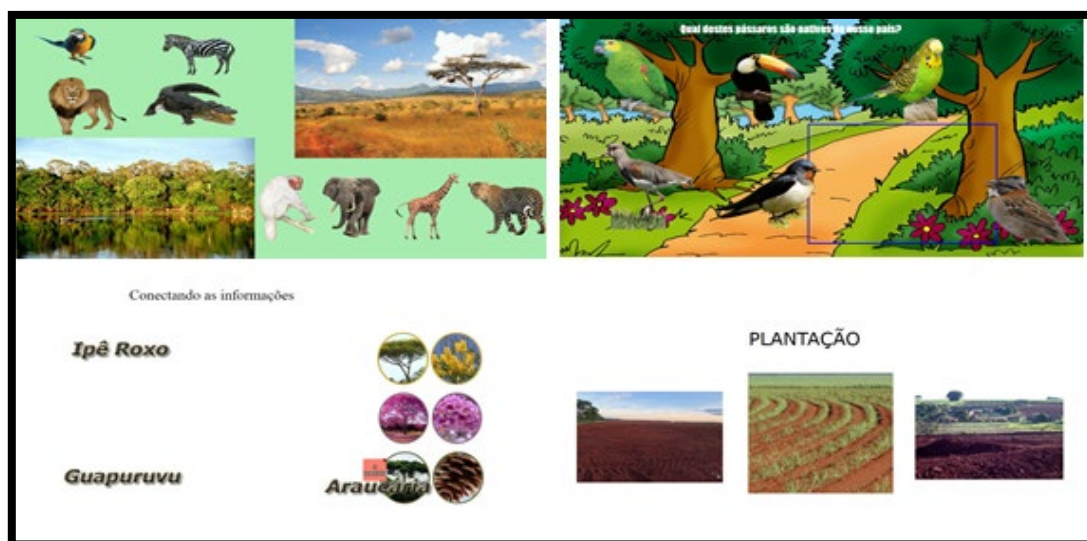


Figura 4 - Cenas das aplicações. Conhecendo os Animais Amazônicos, Aves do Brasil, Árvores Nativas e Solos Brasileiros

Fonte: os autores

A aplicação 'Vidrarias' é destinada a alunos do Ensino Médio e apresenta descrições textuais e audiodescrições das principais vidrarias de um laboratório de química: Béquer, Erlenmeyer e pipeta graduada. Propõe uma atividade que solicita que cada vidraria seja colocada no local adequado, de acordo com a funcionalidade. A aplicação 'Elementos Químicos' apresenta os elementos carbono e hidrogênio, além das cadeias carbônicas metano, etano e propano, com atividades que envolvem a identificação e o reconhecimento dos elementos e das cadeias. A aplicação 'Mundo Microscópico' é destinada a alunos do Ensino Médio e aborda as células e sua formação. A aplicação 'Coronavírus' apresenta informações sobre o coronavírus através de um vídeo e oferece várias atividades com perguntas sobre formas de prevenção, além de fornecer feedback interativo. A figura 5 apresenta uma cena de cada uma das aplicações.

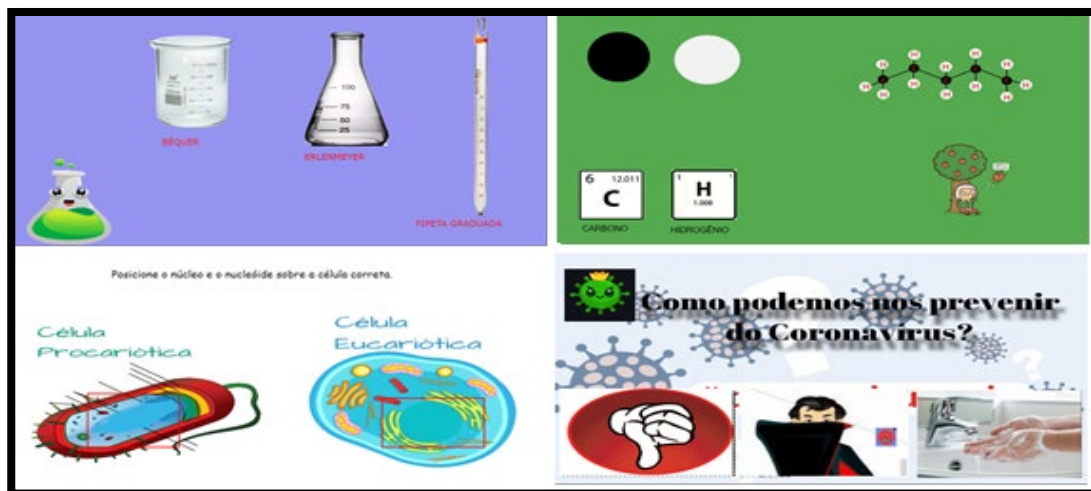


Figura 5 - Cenas das aplicações Vidrarias, Elementos Químicos, Mundo Microscópico e Coronavírus
Fonte: os autores

Os resultados do questionário IMI – *Intrinsic Motivation Inventory* (Mcauley *et al.*, 1989) dos estudantes que participaram da atividade de criação de aplicações para mesa tangível usando o editor (fig. 6) indicam que a utilidade desse tipo de atividade e da mesa tangível (0,89), o interesse e satisfação (0,87), o esforço empreendido (0,83) e a competência percebida durante a execução da tarefa (0,77) foram bastante positivos. A pressão e a tensão durante a execução da atividade também apresentaram um resultado aceitável (0,70), embora seja um fator que mereça certa atenção.

Além de desenvolverem as aplicações, os estudantes avaliaram a usabilidade da ferramenta de autoria e contribuíram para o aprimoramento e desenvolvimento do editor. Na avaliação de usabilidade baseada no SUS - *System Usability Scale* (BROOKE, 1996), o editor obteve escores de 79,6 pontos no primeiro semestre de 2020 e 76 pontos no segundo semestre do mesmo ano, o que indica uma usabilidade muito boa, considerando que para ser aceitável a pontuação deve superar 68 pontos. Dois aspectos que receberam avaliações mais baixas e próximas ao limite aceitável de usabilidade, mencionados por alguns usuários, foram a necessidade de suporte técnico e a curva de aprendizado inicial para utilizar o editor.

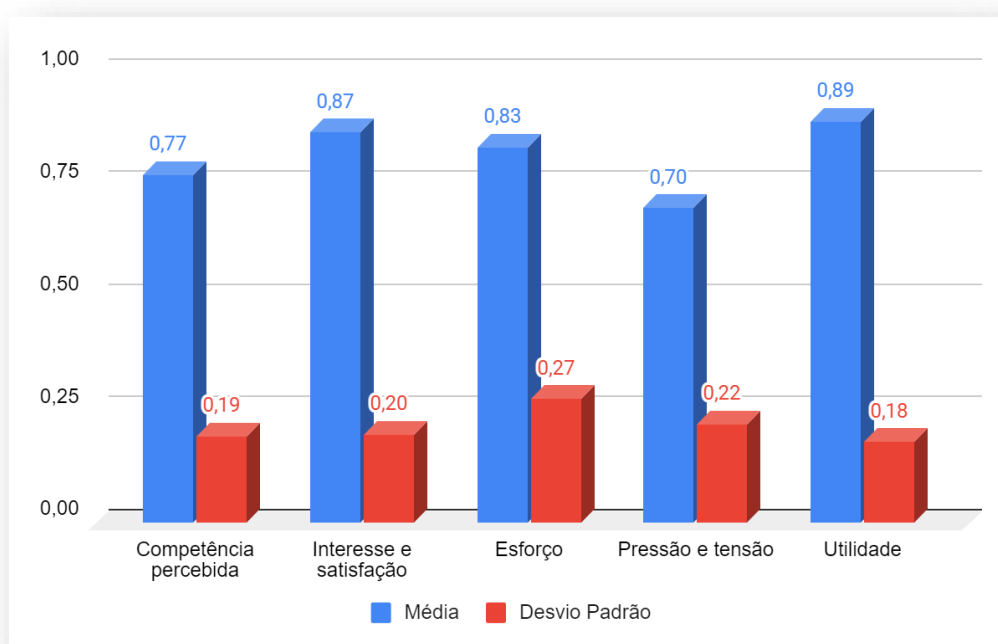


Figura 6 - Resultados do questionário de motivação intrínseca - IMI
Fonte: os autores

Os estudantes também responderam duas questões para avaliar a utilidade do Eduba Editor e o quanto se apropriaram dela. Em relação a tal percepção em seus futuros ambientes profissionais, as respostas positivas alcançaram 92% nos dois semestres. Quanto à confiança em ensinar outros a usar o editor, as respostas foram de 92% no primeiro semestre e 85% no segundo semestre.

O fato de que quase metade dos estudantes relataram não ter experiência prévia com o uso de editores gráficos, juntamente com a necessidade de suporte técnico evidenciada no questionário SUS, e os índices aceitáveis, mas muito próximos do mínimo, em relação à competência percebida e tensão e pressão no questionário IMI, destacam a necessidade de um processo de formação de professores para o uso de novas tecnologias na educação. Este processo deve promover e facilitar a produção de materiais educacionais digitais.

Uma contribuição significativa para o desenvolvimento e aprimoramento do editor foi a avaliação e correção de cada uma de suas funcionalidades com base em observações e relatos dos usuários durante o desenvolvimento das atividades e aplicações. Além disso, foram incluídas várias funcionalidades que não estavam previstas inicialmente no processo de desenvolvimento do editor. Outro fator importante para o alto índice de utilidade do editor foi a adição de um simulador e de funcionalidades para execução das aplicações em computadores e dispositivos móveis, proporcionando uma ferramenta interativa não apenas

para uso em mesas tangíveis, mas também no ensino remoto.

A avaliação positiva em todos os itens da atividade de produção de aplicações para mesa tangível, bem como a utilidade deste tipo de tecnologia na educação inclusiva, demonstra que essa proposta é viável e útil como ferramenta de tecnologia assistiva para estudantes com deficiência superarem barreiras. Nesse contexto, os demais estudantes, sem deficiência, também podem usar os recursos oferecidos na mesa tangível ou em ambientes simulados em computadores ou dispositivos móveis, promovendo uma educação inclusiva.

No Eduba Editor (Eduba Editor, 2022), os próprios professores podem desenvolver aplicações para suas disciplinas, utilizando novas práticas pedagógicas. Afinal, são eles que possuem o conhecimento pedagógico dos conceitos abordados e são capazes de definir melhor os objetivos de aprendizagem (ROPOLI *et al.*, 2010). Como a ferramenta é intuitiva e foi desenvolvida para ser utilizada sem a necessidade de programação explícita, esses professores podem facilmente se apropriar do editor, adquirindo conhecimento tecnológico conforme descrito por Mishra (2006). As aplicações desenvolvidas servem como recursos didáticos para todos os alunos e também como metodologias de tecnologia assistiva utilizadas em mesas tangíveis no contexto do Atendimento Educacional Especializado (AEE).

Essa proposta oferece uma nova opção para integrar o trabalho pedagógico aos ambientes digitais e tecnológicos, atendendo às necessidades das novas gerações, conforme descrito por Mishra (2006) e Gatti (2019). Além disso, permite respeitar e atender às necessidades específicas de cada estudante, independentemente de possuírem deficiência ou não, conforme defendido por Galvão Filho (2004).

O editor desenvolvido, avaliado e aprimorado nesta pesquisa é o único que permite não apenas a criação de aplicações para mesas tangíveis, mas também a visualização da execução da aplicação no próprio ambiente digital, além de oferecer a execução simulada em computadores e dispositivos móveis. Propõe-se como uma alternativa ao KitVision (Bonillo *et al.*, 2020), proporcionando uma ferramenta de autoria mais completa, intuitiva e robusta. Além de oferecer mais opções e recursos para criação das aplicações, não está limitado aos modelos pré-definidos do TIES (Artola *et al.*, 2015) e utiliza técnicas distintas do ISAR (Hodaie *et al.*, 2019), facilitando a configuração das cenas e ações de forma mais intuitiva.

5 CONCLUSÃO

As políticas públicas garantem o direito e o acesso à educação para todas as pessoas, com ou sem deficiência, colocando sobre as escolas e educadores o desafio de adaptar, preparar e desenvolver técnicas, metodologias e recursos que proporcionem uma educação abrangente e acessível aos estudantes. Nesse contexto, o uso de mesas tangíveis de baixo custo se apresenta como uma alternativa viável e com grande potencial para ser utilizada como recurso educacional e de Tecnologia Assistiva. Atualmente, o principal desafio reside no alto custo das soluções comerciais, na escassez de opções de baixo custo e na necessidade de os professores dominarem recursos técnicos e linguagens digitais para integrar efetivamente essa tecnologia em sua prática pedagógica.

Diante do exposto, este estudo demonstrou a viabilidade do uso de uma mesa tangível de baixo custo, permitindo que os próprios professores desenvolvam aplicações educacionais utilizando um editor desenvolvido especificamente para este fim. Como resultado, a pesquisa também apresentou uma metodologia que capacita os professores a criar suas próprias aplicações a partir dos conteúdos de suas disciplinas, utilizando-as como material didático complementar. Além disso, o estudo contribuiu para o desenvolvimento e aprimoramento do Eduba Editor, disponível on-line e de acesso livre, que permite a construção de aplicações educacionais para execução tanto em mesas tangíveis quanto em computadores e dispositivos móveis.

O editor desenvolvido e aprimorado neste estudo oferece mais funcionalidades e exige dos professores níveis de conhecimento significativamente menos complexos do que os atualmente disponíveis. Além disso, favorece o desenvolvimento de aplicações para alunos da Educação Especial, incluindo aqueles com necessidades de acesso universal. Com ele, há diversas possibilidades para a criação de aplicações baseadas no princípio do design para todos, podendo também ser utilizado como tecnologia assistiva para estudantes com deficiência física, auditiva, visual, intelectual ou autismo.

A validação da proposta foi conduzida com 35 estudantes de licenciaturas em uma disciplina de graduação relacionada à educação inclusiva e tecnologia assistiva em uma universidade pública, ao longo de dois semestres. Os resultados foram bastante positivos, uma vez que todos conseguiram implementar as atividades planejadas utilizando o editor para mesa tangível. Destaca-se que a grande maioria dos participantes não possuía conhecimento prévio sobre o uso de editores de imagens e programação, o que permite concluir que o objetivo de reduzir as barreiras tecnológicas para os professores foi alcançado. É importante ressaltar que a metodologia desenvolvida e apresentada no Capítulo 3 foi utilizada para guiar o planejamento, a escolha e edição dos recursos multimídia, e finalmente,

a criação das aplicações a serem implementadas com os estudantes.

O editor desenvolvido apresenta as funcionalidades necessárias para sua utilização na educação inclusiva, sendo sua usabilidade avaliada como adequada e satisfatória. Disponível on-line (Eduba Editor, 2022), o site do editor também oferece documentação completa para a construção de uma mesa tangível de baixo custo, facilitando a execução das aplicações na sala de Atendimento Educacional Especializado das escolas.

Por fim, os altos índices nos itens da avaliação do questionário IMI sobre interesse, satisfação e utilidade deste tipo de atividade na educação inclusiva demonstram que esta proposta é viável e útil como ferramenta de tecnologia assistiva para que estudantes com deficiência possam superar barreiras. Neste contexto, os demais estudantes também podem usar os recursos oferecidos na mesa tangível ou em ambiente simulado em computadores ou dispositivos móveis, promovendo uma educação universal. Utilizando este editor, é possível realizar atividades pedagógicas no simulador ou através da mesa tangível, interagindo com objetos e fenômenos que englobam o perceptivo, o representacional e o conceitual.

REFERÊNCIAS

ARTOLA, Verónica *et al.* Authoring tool for creating tangible interaction-based educational activities. **Journal of Computer Science and Technology**, v. 15, n. 2, p. 114-121, 2015.

Bonillo, C., Baldassarri, S., Marco, J. *et al.* Tackling developmental delays with therapeutic activities based on tangible tabletops. **Univ Access Inf Soc** 18, 31-47, 2019.

Bonillo, C., Marco, J., Baldassarri, S. *et al.* KitVision toolkit: supporting the creation of cognitive activities for tangible tabletop devices. **Univ Access Inf Soc** 19, p. 361-389, 2020.

BRASIL. **Decreto 7.611/2011**. 17 nov. 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2011/decreto/d7611.htm.

Acesso em: 28 fev. 2024.

BRASIL. **Lei 13.146/2015**: Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). 6 jul. 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 28 fev. 2024.

BROOKE, John. SUS-A quick and dirty usability scale. In: JORDAN, P. W., THOMAS, B., MCCLELLAND, I. L., *et al.* (org.). **Usability evaluation in industry**, CRC Press, 1996. p. 189-194.

CHEN, J. *et al.* A pilot study on evaluating children with autism spectrum disorder using computer games. **Computers in Human Behavior**, v. 90, p. 204-214, jan., 2019. Eduba Editor. 2022. Disponível em: <https://nidaba.online>. Acesso em: 28 fev. 2024.

FALCÃO, T. P. Feedback and guidance to support children with intellectual disabilities in discovery learning with a tangible interactive tabletop. **ACM Trans. Access. Comput.**, v. 11, n. 3, p. 16:1-16:28, set. 2018.

GALVÃO FILHO, Teófilo Alves. **Ambientes computacionais e telemáticos no desenvolvimento de projetos pedagógicos com alunos com paralisia cerebral**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA., 2004.

GATTI, Bernardete A. et. al. **Professores do Brasil: novos cenários de formação**. Brasília: UNESCO, 2019.

HODAIE, Zardosht *et al.* **ISAR: An authoring system for interactive tabletops**. In: Proc. of the 2019 ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERACTIVE SURFACES AND SPACES. 2019. p. 355-360.

KUBICKI, S. *et al.* Using a tangible interactive tabletop to learn at school: empirical studies in the wild. 2016. event-place: Fribourg, Switzerland. **Anais [...]**. New York, NY, USA, ACM, 2016. p. 155-166. DOI: 10.1145/3004107.3004120.

MCAULEY, Edward; DUNCAN, Terry; TAMMEN, Vance. Psychometric properties of the intrinsic motivation inventory in a competitive sport setting: a confirmatory factor analysis. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 60, n. 1, p. 48-58, 1 mar. 1989.

MISHRA, Punya; KOEHLER, Matthew J. Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. **Teachers college record**, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006.

O'MALLEY, Claire; FRASER, Danae Stanton. **Literature review in learning with tangible technologies**. **Futurelab Series**, nº 12. Bristol, UK: [s.n.], 2004.

PASSERINO, Liliana. Apontamentos para uma reflexão sobre a função social das tecnologias no processo educativo. **Texto Digital**, v. 6, n. 1, p. 58-77, 2010.

PREUSS, Evandro *et al.* **E-DUB-A: a tangible educational resource editor in inclusive classes**. 2019 IEEE 19TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES (ICALT). Maceió: Brazil, 2019, p. 303-307, DOI: 10.1109/ICALT.2019.00095.

PREUSS, Evandro. **NIDABA: plataforma digital para produção de recursos educacionais inclusivos baseados em mesa tangível**. 2021. 236 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2021.

PRICE, Sara *et al.* Using 'tangibles' to promote novel forms of playful learning. **Interacting with Computers**, v. 15, n. 2, p. 169-185, 2003. DOI: 10.1016/S0953-5438(03)00006-7.

ROPOLI, Edilene Aparecida *et al.* **A educação especial na perspectiva da inclusão escolar: a escola comum inclusiva**. Brasília, DF: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Especial, 2010. 51p.

XIE, Lesley; ANTLE, Alissa N.; MOTAMEDI, Nima. Are tangibles more fun? Comparing children's enjoyment and engagement using physical, graphical and tangible user interfaces. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TANGIBLE AND EMBEDDED INTERACTION (TEI '08). 2nd. **Proceedings**...New York: Association for Computing Machinery, 2008, p. 191-198.

Revisão gramatical realizada por: Rovana Chaves

E-mail: rovana.c@gmail.com