

Educação Inclusiva em Realidade Aumentada: Recurso Instrucional Digital para Apoiar a Formação de Alunos no Ensino de Computação

Bruno P. C. dos Santos¹, Maici D. Leite², Paulo J. Varela²

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação (PPGEEC) -
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Câmpus de
Pato Branco - PR - Brasil

² Departamento Acadêmico de Informática -
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) -
Francisco Beltrão - PR - Brasil

{brunosantos.1998}@alunos.utfpr.edu.br

{maicileite, paulovarela}@utfpr.edu.br

Abstract. *Augmented Reality (AR) aims to enrich the physical environment with virtual elements. The respective article uses this technology in order to develop a digital instructional resource to support the training of students in relation to computational knowledge. This proposal is related to the emerging demands in Basic Education regarding Computing teaching seeded by a certain inclusive and qualitative education. In this sense, the results proved to be satisfactory in terms of granting experiments and customizing the study by students regarding the teaching of computational devices in AR. Thus, the union between printed elements and manipulation of virtual objects concerns an ARbook capable of encouraging student training.*

Resumo. *A Realidade Aumentada (RA) tem como objetivo enriquecer o ambiente físico com elementos virtuais. O respectivo artigo utiliza essa tecnologia, a fim de desenvolver um recurso instrucional digital, para apoiar a formação de alunos em relação aos saberes computacionais. Esse objetivo relaciona-se, com as demandas emergentes na Educação Básica sobre ensino de Computação semeado por determinada educação inclusiva, e qualitativa. Nesse sentido, os resultados mostraram-se satisfatórios em proveito, a conceder experimento, e personalização do estudo pelos alunos quanto, ao ensino de dispositivos computacionais em RA. Assim, a união entre elementos impressos, e manipulação de objetos virtuais concerne, um ARbook capaz de incentivar a capacitação de estudantes.*

1. Introdução

O Decreto nº 11.697 estabelecido pelo Governo Federal, promoveu a base para Conferência Nacional de Educação (CONAE), edição 2024. O supradito, para o decênio 2024-2034, estabeleceu os eixos temáticos do seguinte Plano Nacional de Educação (PNE). À vista disso, foram estabelecidas demandas em relação à educação inclusiva no modelo educacional do Brasil [BRASIL a, 2023]

O Sistema Nacional de Educação (SNE) proposto pela CONAE, estabelece as bases constitutivas do PNE, em direção ao próximo decênio. O documento propõe o uso de tecnologias educacionais, e recursos pedagógicos digitais adequados às necessidades da atmosfera escolástica. Essa proposta frutifica no emprego abrangente de Tecnologia Digital Informação e Comunicação (TDIC) no cenário escolar [CONAE 2024]

A Resolução Nº 1 de 2022, normatiza a inclusão da Computação na Educação Básica (EB). A partir da publicação do Diário Oficial da União, foi elaborado o complemento da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A BNCC Computação direciona a transmissão dos saberes computacionais com base em premissas, e competências inclusivas relacionadas aos campos de experiência dos níveis de ensino [BRASIL b, 2022]

Nesse sentido, os documentos analisados compitam o ensino de Computação na EB como um vetor emergente. O caminho educacional, para o próximo PNE demanda formação de alunos aliado às tecnologias digitais. Desse modo, a concepção de aplicativos com invólucro instrucional são estimulados, por a crescente transformação no cenário escolar do Brasil. Esse panorama enaltece, a concepção de abordagens educativas apoiadas por recursos instrucionais digitais.

A referida circunstância apresenta um ecossistema favorável ao uso da tecnologia Realidade Aumentada (RA). A predita, têm finalidade de fornecer aos seres humanos distintas possibilidades de visualizar o mundo real enriquecido, com elementos digitais [Tori and da Silva Hounsell 2020]. Esse conceito aplicado no contexto escolar estimula, a possibilidade do professor conduzir experimentos minuciosos em RA, para favorecer a compreensão dos alunos no tocante aos objetos de conhecimento [Narciso et al. 2024]

A relevância da construção de práticas pedagógicas aliado a RA, foi articulada, na companhia de uma pesquisa realizada na *Scientific Eletronic Library Online* [SciELO 2024], Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação [SOL 2024], e *Google Scholar* [Scholar 2024]. No dia 19 de maio de 2024, decorreu uma busca descritiva relacionada a obras produzidas, a partir do ano 2020, com as palavras-chave: Realidade Aumentada; Educação. Os resultados apresentaram 13044 documentos, aparecendo artigos, dissertações, e teses.

A respectiva consulta determinou, que aplicação da RA no contexto educacional, têm sido investigada no ambiente científico. As simulações educacionais construídas através de experiências em RA [da Silva et al. 2023], a criação de materiais instrucionais em RA [dos Santos et al. 2023], e ferramentas em RA com propósito de contextualizar, o ensino de Ciências Exatas [da Cruz et al. 2023], reúnem perspectivas sobre os principais benefícios dessa TDIC aliada ao cenário escolar.

As obras apresentam algumas possibilidades de emprego dessa TDIC na EB, a fim de potencializar o processo de ensino/aprendizagem. Por conseguinte, a hipótese abordada nesse artigo, é de que um recurso instrucional digital sofisticado em RA, será capaz de colaborar na formação de alunos, e enriquecer o processo de ensino de Computação. Essa suposição indaga, um aporte na construção de determinada educação inclusiva, e qualitativa através de práticas pedagógicas em RA.

Assim, esse estudo objetiva criar um recurso instrucional digital, para capacitar alunos em relação aos saberes computacionais. Esse propósito relaciona-se a concepção de um aplicativo destinado, a dispositivos móveis, com aptidão de apoiar fenômenos de

ensino interativos, e imersivos em RA no cenário educacional. Desta maneira, almeja-se incrementar a experimentação, e contextualização dos estudantes no tocante aos objetos de conhecimento relacionados a dispositivos computacionais.

Portanto, o produto educacional elencado por esse artigo propõe, a construção de um livro em RA (ARbook), onde cada página articula a compreensão de um dispositivo computacional, através da união entre elementos impressos, e objetos virtuais. A composição do respectivo recurso instrucional digital visa promover um mecanismo, que possa ser utilizado em metodologias tradicionais, e/ou abordagens de ensino centradas no aluno.

2. Tecnologia de Realidade Aumentada

As terminologias relacionadas a virtualidade são exploradas em conjunto, e têm alcançado relevância na comunidade global. A RA, é uma linha de pesquisa da Ciência da Computação, que visa estudar os fenômenos relacionados ao enriquecimento do mundo real, a partir de elementos virtuais [dos Santos et al. 2023]. O conceito referente a supracitada, dispõe de pujança pelo meio de pesquisas desenvolvidas no ambiente científico [Sutherland 1968, Milgram et al. 1995]

2.1. Definição e Conceitos

A RA, promove objetivo de fornecer aos seres humanos novas possibilidades de visualizar o mundo real. O emprego da referida tecnologia, frutifica o enriquecimento em tempo real do ambiente físico através de elementos digitais. Nessa modalidade, o emprego de aparatos computacionais é mandatório, para suplementar o cenário real com elementos virtuais [Tori and da Silva Hounsell 2020]

A minúcia do conceito da tecnologia RA conduz, o desenvolvimento de uma versão aprimorada de visualização do ambiente físico. Essa finalidade exerce, a coexistência de informações virtuais, e elementos do mundo real. Os trâmites propostos pela supracitada exigem, a existência de um aparato computacional, que desempenha função central de fornecer recursos, para elaboração das experiências virtualidade [Nee and Ong 2023]

Além disso, a RA possibilita sensação imediata, e contínua do ambiente real enriquecido por objetos digitais, em tempo real. As informações transmitidas pelo objeto artificial agregam, a capacidade de experimentar concepções, e fenômenos abstratos. A compilação indicada, têm propagado o uso dessa tecnologia em áreas como: indústria, entretenimento, e educação [Furht 2011]

A concepção das experiências em RA decorrem, a partir da combinação de processos complementares. Os passos seguidos nessa perspectiva conduzem, o aumento de forma contínua e adaptada ao ponto de vista do espectador [Doerner et al. 2022]. A seguinte lista enumerada descreve de maneira concisa, e pontual as etapas complementares necessárias, para construir uma experiência em RA.

1. Captura de vídeo: essa etapa utiliza uma câmera, responsável por capturar o ambiente real, e construir um fluxo de vídeo.
2. Rastreamento: a partir do conteúdo gerado na primeira etapa, o sistema de RA identifica marcadores¹ no cenário físico.

¹Elementos de referência para uso de técnicas de visão computacional.

3. Cadastro/Registro: nesse momento ocorre a configuração dos elementos virtuais, que serão inseridos nos marcadores detectados na segunda etapa.
4. Visualização: através da perspectiva da câmera, com relação aos marcadores no ambiente físico, ocorre a renderização dos elementos virtuais.
5. Saída: o fluxo de vídeo acrescentado por objetos virtuais é apresentado ao usuário por meio de projeção e/ou monitor.

A exposição dos instantes empregados no desenvolvimento de uma experiência em RA, conduz a descrição acerca das classificações dessa tecnologia. O primeiro grupo está relacionado com base na entrada de dados, onde tem-se sistemas de RA baseada em sensores, e visão [Tori and da Silva Hounsell 2020]. O referido critério pode utilizar, o rastreamento descrito na etapa 2 da lista enumerada.

Além disso, a concepção de aplicativos providenciados por esse grupo, possibilitam elevadas possibilidades de representações de informações virtuais aos usuários. A exposição de características referentes ao relevo de um terreno [Jurgina et al. 2021], e demonstrações da fisiologia/anatomia de animais através de experimentos em RA [Arslan et al. 2020], são exemplos de aplicações desse conjunto.

O próximo conjunto de distinção sugere determinar as implementações de *software* em RA, por meio do controle de visualização. À vista disso, decorrem os seguintes tipos: desacoplado (ponto fixo no ambiente), acoplado a mão (handheld), e acoplado a cabeça. O seguinte grupo têm como objetivo estabelecer diferentes níveis de interações, e envolvimento do usuário com as experiências em RA.

Os exemplos de aplicações multidisciplinares desse grupo, denotam perspectivas de interatividade do usuário com os sistemas em RA. A aprendizagem dos dispositivos, que compõem redes de computadores locais através de um aplicativo em RA [Hamzah et al. 2021]. A manipulação de objetos geométricos virtuais 3D em RA, por meio de *smartphones* [Dinayusadewi and Agustika 2020]. Esses casos abordam, a abrangência de emprego da RA em dispositivos móveis.

Portanto, a construção desta pesquisa utiliza como objeto de conhecimento os sistemas de RA acoplados a mão, e baseados em visão. O referido repertório, concebe a capacidade de formular um aplicativo com potencial de analisar o ambiente físico, para inserção de elementos sintéticos [Žilak et al. 2022]. Nesse sentido, a interação com experiência em RA ocorre pelo manuseio de dispositivos digitais portáteis, como: *smartphones*, e *tablets*.

2.2. Aplicações no Contexto Escolar

A exposição das principais características da RA, indaga a análise dos principais benefícios do emprego no contexto escolar. As ferramentas de informática desenvolvidas, para facilitar e/ou aprimorar o processo de ensino/aprendizagem, são atribuídos aos *softwares* educacionais (SE). A referida nomenclatura define instrumentos digitais, com aptidão de potencializar, o enriquecimento das práticas pedagógicas [Silveira et al. 2018, dos Santos et al. 2023]

As metodologias de ensino são propostas para estimular a interação, envolvimento, e imersão do alunos com os objetos de conhecimento. O fomento do trâmite descrito pode ocorrer através da colaboração entre RA, e contexto escolar. A TDIC mencionada afunila, a correlação entre conceitos teóricos, e sua aplicação no mundo real

[das Mercês Silva et al. 2022]. Esse procedimento compita, o experimento do caminho educacional exposto pelo currículo escolar.

O aspecto imersivo da RA, decorre a partir da inserção de elementos virtuais no ambiente físico. Esse fenômeno locupleta a abstração dos alunos, em relação as pilulas de conhecimento expostas pelo professor. Outro adjetivo agraciado a transmissão dos saberes educacionais, consiste na relevância dos conteúdos propostos, por meio de experiências de virtualidade envolventes [da Silva et al. 2023]

Os recursos instrucionais embasados na RA, têm como potencial fornecer instrumentos digitais, para a realização de atividades lúdicas. Os estudantes recebem possibilidades de engajamento, e retenção dos conhecimentos expostos pelos professores. O processo de aprendizagem nessa modalidade acaba sendo delineado com destino, a práticas educacionais individuais e/ou colaborativas [da Cruz et al. 2023]

As singularidades que envolvem o enredo escolar caracterizam, um ambiente propício para aplicação da RA. Essa tecnologia emergente possibilita novas interações entre os seres humanos, e os dispositivos digitais. Esse artigo utiliza está premissa, para apoiar a construção de determinada educação inclusiva, e qualitativa. Assim, pretende-se através de cenas em RA elencar, a contextualização/experimentação dos saberes computacionais por os alunos, com aplicação no ensino de dispositivos computacionais.

3. Materiais e Métodos

A respectiva seção apresenta os materiais e métodos utilizados, para desenvolvimento do recurso instrucional digital. O sistema em RA de autoria denominado ARbrnx, foi concebido com união de recursos técnicos utilizados, para alcançar os objetivos do estudo. Desta maneira, a seguinte lista com marcadores descreve as ferramentas empregadas no processo de desenvolvimento, e integração entre cada elemento.

- Blender: esse programa de computador possibilita a modelagem de elementos virtuais em três dimensões (3D) [Blender 2024]. No contexto do aplicativo desenvolvido, o *Blender* foi utilizado na concepção de elementos gráficos interativos em 3D, para uso em cenas de RA. Com destino a incorporação nas seguintes plataformas, sucedeu como meio de exportação o formato FBX (*filmbox*).
- Pexels: refere-se a um banco de dados de imagens, e vídeos *online*. O referido site possui um esquema licença midiático próprio [Pexels 2024]. No *Pexels*, decorreu a escolha das imagens, que foram utilizadas nas artes gráficas formadas na plataforma *Canva*.
- Canva: essa plataforma consiste em um ambiente *online*, que possibilita a concepção de artes gráficas. Os recursos ofertados pela ferramenta, agregam a capacidade de utilizar recursos nativos, e/ou oriundos de outras ferramentas [Canva 2024]. O *Canva* foi empregado como vetor, com destino a concepção do *design* visual dos marcadores, e elementos de interface de usuário do aplicativo ARbrnx.
- Vuforia: é um *framework*² utilizado no desenvolvimento de cenas em RA. A mencionada permite gerenciar um conjunto alvos, para rastreamento com técnicas de visão computacional [Vuforia 2024]. A base de dados criada no *Vuforia*, promove o uso das artes gráficas produzidas no *Canva*, como marcadores no ambiente físico.

²Um conjunto de ferramentas, para desenvolvimento de aplicativos.

- Unity: é um mecanismo de jogo multiplataforma utilizado, a fim criar aplicações em duas dimensões (2D), e 3D [Unity 2024]. O ambiente transcorreu como motor do sistema proposto, em direção ao sistema operacional *Android* (8.1, ou superior), e *iOS* (15, ou superior). No *Unity* ocorreu a integração entre a base de dados produzida no *Vuforia*, os elementos FBX produzidos no *Blender*, e os elementos de interface de usuário produzidos no *Canva*.

A escolha do referido conjunto de materiais sucedeu no tocante, a requintar o sistema ARbrnx, a partir de cenas em RA suscitadas por distintos recursos de mídias digitais. Nesse sentido, através da combinação entre elementos impressos, objetos virtuais 2D/3D, e interface de usuário, que permite customizar a cena em RA, almeja-se apoiar a personalização do aprendizado pelo aluno, a fim de incentivar determinada educação inclusiva, e qualitativa no ensino de Computação.

A concepção do produto educacional foi realizada através da relação imposta entre realizar uma prototipagem rápida, e alcançar um sistema refinado com base nas demandas do projeto. Esse trâmite estimulou, a escolha da metodologia ágil de desenvolvimento *Crystal Clear*. Essa estrutura possibilita definir os requerimentos do projeto, e dividir em ciclos curtos, o trâmite da concepção do sistema em RA [Anwer et al. 2017]

A criação do *backlog*³ do recurso instrucional ARbrnx decorreu, a partir dos requisitos responsáveis por formular um aplicativo, com potencial de apoiar a formação de alunos no ensino de Computação. O preceito dos pormenores atributos, que constituem o produto educacional objetivado por esse artigo são expostos na Tabela 1. As exigências sucederam, a fim de criar um ARbook, que possa ser utilizado em um ambiente de aprendizagem, a fim de envolver o estudante com os objetos de conhecimento.

Requisitos Funcionais	Requisitos Não-Funcionais
Execução em tempo real	Multiplataforma
Reconhecimento de marcadores	Ser gratuito
Renderização de elementos 2D e 3D	Fácil usabilidade
Cenas em RA personalizáveis	Desempenho responsivo e suave

Tabela 1. Requisitos Funcionais e Não Funcionais

As respectivas demandas foram elucidadas através do ciclo de prototipagem. A cada iteração, o aplicativo recebeu partes funcionais, que compõe as cenas da experiência em RA. A fim de oferecer, a apreciação dos incrementos seguidos em cada etapa da prototipagem rápida, a Tabela 2 têm o intuito de descrever as cenas em RA elencadas em cada instante.

O processo de desenvolvimento do aplicativo ARbrnx utilizou as características delineadas na seção 2, para criar um recurso instrucional em RA. A combinação entre os materiais, e métodos conduziram a criação de um ARbook. Nesse sentido, o sistema proposto concerne a união entre elementos impressos, e objetos virtuais interativos, para estimular a concepção de práticas pedagógicas em RA. Os pormenores objetivos educacionais de cada cena em RA são expostos na seção 4.

³Lista de funcionalidades que devem ser implementadas no sistema

Ciclo Iterativo de Prototipagem (Nº)	Cena em RA do Aplicativo ARbrnx (Descrição)
1	Exibir os componentes eletrônicos de uma placa-mãe
2	Apresentar os elementos que compõe uma fonte de alimentação
3	Expôr uma Unidade de Processamento Central (CPU)
4	Mostrar uma Unidade de Processamento Gráfico (GPU)

Tabela 2. Ciclo de Prototipagem

4. Resultados

A curvatura de aprendizado objetivada por essa seção, apontará os resultados alcançados por esse artigo. A exposição dos pormenores da ferramenta de autoria ARbrnx, e o envólucro educacional de cada elemento será devidamente apresentado, com objetivo de frutificar, a plena compreensão do potencial de emprego do referido sistema na capacitação de alunos em relação aos saberes computacionais.

4.1. Recurso Instrucional em RA

A proposta do produto educacional em RA, têm como objetivo promover um mecanismo de aporte, para emprego no processo de ensino/aprendizagem de dispositivos computacionais. O sistema ARbrnx utiliza, a combinação entre elementos impressos, e manuseio de um aplicativo, com destino ao sistema operacional *Android* e *iOS*. A referida união concerne um ARbook, com emprego no ensino de Computação na modalidade de recurso instrucional digital.

O termo ARbook, propõe acrescentar elementos virtuais às páginas de um livro. Esse procedimento transforma, o conteúdo impresso em marcadores, que serão escaneados pelo sistema em RA [Lubis et al. 2023]. O trâmite citado existe no aplicativo ARbrnx, onde um livreto (Figura 1) foi desenvolvido, com destino a emprego na experiência de virtualidade. As páginas possuem propósito duplo, a saber: exibir ao aluno informações em conteúdo impresso, e serem marcadores da aplicação em RA.

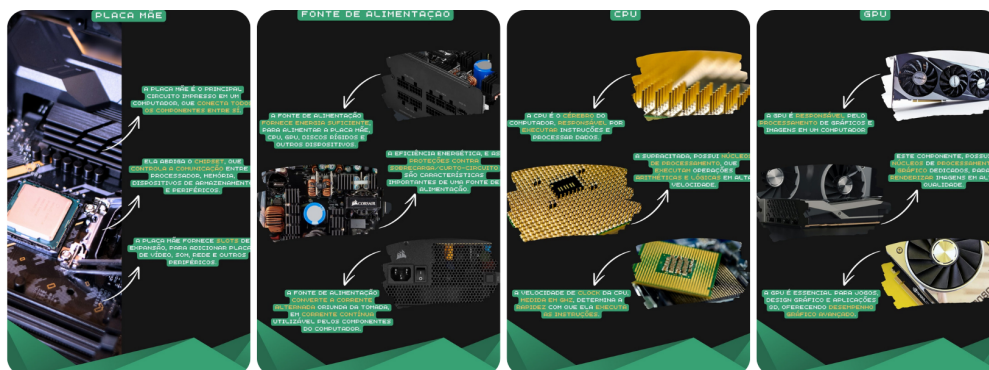


Figura 1. Páginas do Livreto

As práticas pedagógicas englobam um conjunto de abordagens, com destino a facilitar o processo de aprendizagem dos alunos [Santos and Neto 2021]. Nesse sentido, o recurso instrucional ARbrnx possui o invólucro de potencializar, a contextualização dos

conhecimentos em Computação. O supracitado constrói uma experiência de virtualidade, onde os dispositivos computacionais são expostos aos estudantes.

As cenas em RA produzidas pelo sistema ARbrnx são constituídas por elementos digitais, que visam conceder aos alunos, o realce das informações transmitidas no ensino de Computação. As etapas da experiência em RA abordam distintos equipamentos de informática, onde as instruções concedidas aos estudantes são semeadas, a fim de incrementar a imersão, interação e envolvimento no decorrer de práticas pedagógicas. Esse procedimento decorre através da manipulação de objetos virtuais interativos em 2D/3D.

Nessa perspectiva, a Figura 2 apresenta o processamento do aplicativo ARbrnx, em que as principais informações sobre cada elemento computacional são expostas ao aluno. O conjunto de cenas em RA têm objetivo de estimular, a compreensão dos dispositivos computacionais lecionados em atividades didáticas na EB, e Superior. Esse cenário visa enriquecer a abstração de conceitos teóricos, e sua correlação no ambiente físico.

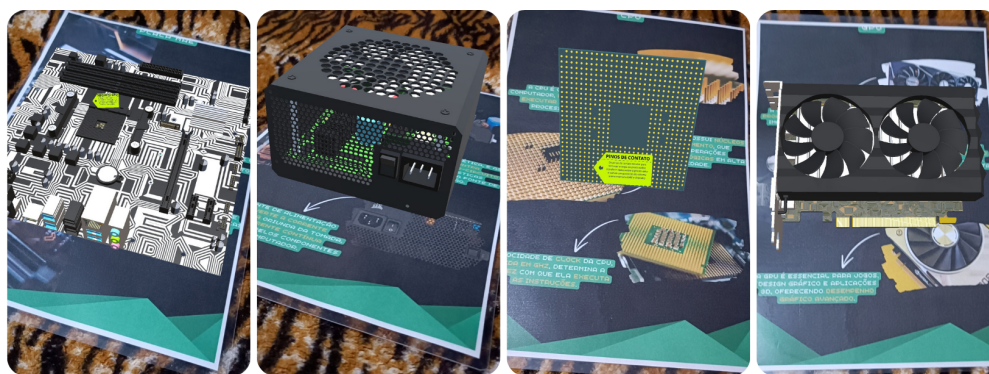


Figura 2. Cenas em RA do Aplicativo ARbrnx

Os equipamentos de informática são construídos, com combinação entre diversos elementos eletrônicos. A fim de favorecer a compreensão da função específica de cada peça, o aplicativo ARbrnx apresenta tags interativas, que apresentam informações adicionais sobre cada mecanismo. O referido tramite tem por objetivo complementar, a transmissão dos saberes computacionais.

A premissa de compor um recurso instrucional interativo em RA concedeu, o desenvolvimento de uma interface de usuário, que possibilita a personalização da experiência de virtualidade. A Figura 3 expõe alguns exemplos de tags, e opções de configuração das cenas em RA. O referido portfólio promove a interação, envolvimento, e imersão dos alunos, com os objetos de conhecimento expostos.

A respectiva descrição do sistema ARbrnx propõe, que o produto educacional elencado por esse artigo concerne, a seguinte sequência pedagógica, a saber: manuseio das páginas do livreto (Figura 1); enriquecimento do conteúdo impresso com objetos virtuais (Figura 2); exibição de tags informativas, e customização das cenas em RA (Figura 3). Nesse sentido, o respectivo recurso instrucional digital visa apoiar metodologias tradicionais e/ou disruptivas, que promovam o aluno como construtor do conhecimento.

O referido objetivo educacional têm propósito de incrementar, a personalização do aprendizado sobre dispositivos computacionais, com manipulação de elementos impressos, e objetos virtuais em RA. O aporte na construção de uma educação inclusiva, e

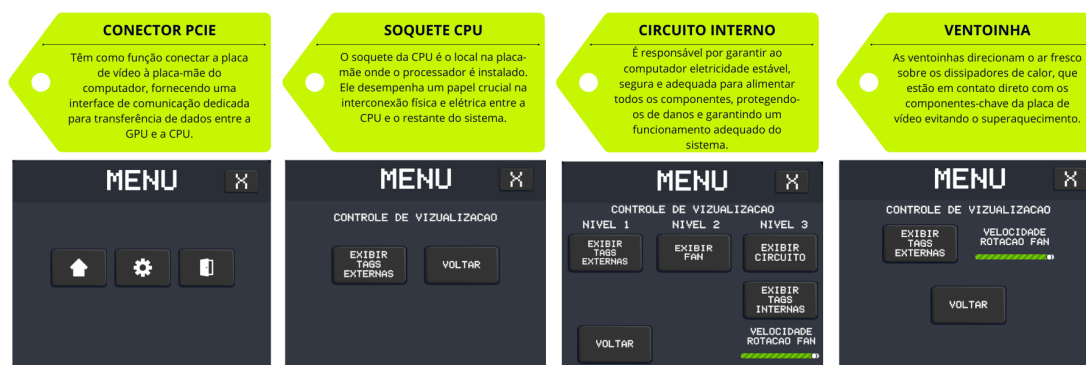


Figura 3. Tags e Elementos de Interface

qualitativa decorre pela criação de um recurso instrucional em RA, que possa ser utilizado em vários cenários de ensino, a fim de potencializar o desenvolvimento do aluno, através do enriquecimento da experiência de aprendizagem.

5. Discussões Finais

A curvatura de aprendizado concebida no decorrer desse artigo, buscou elucidar a temática relacionada ao emprego da RA, para estimular a capacitação de alunos no ensino de Computação. A compreensão dos fenômenos que envolvem essa tecnologia relativamente nova, e a disseminação no contexto educacional direcionaram, o desenvolvimento de um ARbook moldado por experiências de virtualidade.

Os pormenores características do sistema em RA foram elegidas, a fim de agregar a imersão, interação, e envolvimento com os objetos de conhecimento. A concepção do recurso instrucional digital de autoria ARbrnx delineou um produto educacional, em direção a formação de alunos com TDICs na educação. Em concomitância ocorreu uma contribuição, para desenvolvimento de SE em RA.

Nesse sentido, o sistema desenvolvido propõe um aporte na formação de alunos no ensino de Computação na EB. A predita, têm dinamismo em ser utilizado na Educação Superior, com aplicação na transmissão de conceitos relacionados aos dispositivos computacionais. Desta maneira, a composição do sistema ARbrnx concerne a possibilidade de inserção de objetos virtuais, a fim de incrementar a personalização da aprendizagem pelo aluno.

Em relação as perspectivas futuras sobre o estudo realizado, almeja-se sofisticar os aspectos gerais do aplicativo ARbrnx. Em versões posteriores do sistema, será refinado a inteligência computacional em RA, capacitando a produzir cenas de virtualidade com adaptação contextual na companhia de mídias digitais interativas. A respeito da aplicação da ferramenta no processo de ensino/aprendizagem pretende-se validar, o seu desempenho no ensino de Computação na EB, e Superior.

Referências

- Anwer, F., Aftab, S., Waheed, U., and Muhammad, S. S. (2017). Agile software development models tdd, fdd, dsdm, and crystal methods: A survey. *International journal of multidisciplinary sciences and engineering*, 8(2):1–10.

- Arslan, R., Kofoglu, M., and Dargut, C. (2020). Development of augmented reality application for biology education. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1):62–72.
- Blender (2024). Blender. Disponível em: <https://www.blender.org/>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2024.
- BRASIL a, (2023). Decreto nº 11.697, de 11 de Setembro de 2023. Convoca, em caráter extraordinário, a Conferência Nacional de Educação - Conae, edição 2024, a ser realizada na cidade de Brasília, Distrito Federal. Diário Oficial da União.
- BRASIL b, (2022). Resolução nº 1, de 4 de outubro de 2022. normas sobre computação na educação básica - complemento à bncc. Disponível em: <https://bit.ly/3WFvsFU>.
- Canva (2024). Canva. Disponível em: <https://www.canva.com/>. Acesso em: 25 de março de 2024.
- CONAE (2024). Plano nacional de educação 2024-2034: política de estado para a garantia da educação como direito humano, com justiça social e desenvolvimento socioambiental sustentável. Conferência Nacional de Educação. Disponível em: <https://bitly.ws/3i8ra>. Documento de referência.
- da Cruz, A. K. B. S., de Aquino Junior, M. A., Neto, G. d. O. C., Neto, C. d. S. S., Teixeira, M. M., da Cruz, P. T. M. B., Barbosa, K. B., and Brito, C. P. L. (2023). Aplicação de jogos educativos baseados em realidade aumentada como estratégia de auxílio na alfabetização de crianças com síndrome de down. In *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 509–520. SBC.
- da Silva, R. B., de Lima, M. E. S., Leitão, R. T., da Silva, R. S., and João da Mata Filho, L. (2023). Explorando a realidade aumentada como recurso para o ensino de ciências: Uma abordagem focada no estudo dos animais. In *Anais do XXIX Workshop de Informática na Escola*, pages 716–726. SBC.
- das Mercês Silva, S., Piedade, A., Silva, K., Araújo, F. P. O., and de Araujo, J. (2022). Ferramenta com realidade aumentada para o ensino de ciências exatas contextualizado ao ciclo de queimadas na amazônia. In *Anais do XXVIII Workshop de Informática na Escola*, pages 308–318. SBC.
- Dinayusadewi, N. P. and Agustika, G. N. S. (2020). Development of augmented reality application as a mathematics learning media in elementary school geometry materials. *Journal of Education Technology*, 4(2):204–210.
- Doerner, R., Broll, W., Jung, B., Grimm, P., Göbel, M., and Kruse, R. (2022). Introduction to virtual and augmented reality. *Virtual and Augmented Reality (VR/AR): Foundations and Methods of Extended Realities (XR)*, page 1.
- dos Santos, B. P. C., Leite, M. D., and Varela, P. J. (2023). Plataforma metaverse studio e realidade aumentada: aplicações ao contexto educacional. In *Anais do XXIX Workshop de Informática na Escola*, pages 1182–1193. SBC.
- Furht, B. (2011). *Handbook of augmented reality*. Springer Science & Business Media.
- Hamzah, M. L., Rizal, F., Simatupang, W., et al. (2021). Development of augmented reality application for learning computer network device. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(12).

- Jurgina, L. Q., Bezerra, J. I. M., Torchelsen, R. P., and Júnior, L. S. R. (2021). Relatório sobre a utilização de ferramenta com realidade aumentada no auxílio do ensino-aprendizagem de topografia em cursos superiores. In *Anais do XXVII Workshop de Informática na Escola*, pages 128–136. SBC.
- Lubis, A. R., Dafitri, H., and Khairani, S. (2023). Implementasi augmented reality book (arbook) sebagai media pembelajaran mikrokontroler elektronika dasar berbasis android. *Jurnal Komputer Teknologi Informasi dan Sistem Informasi (JUKTISI)*, 2(2):416–426.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., and Kishino, F. (1995). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Telem manipulator and telepresence technologies*, volume 2351, pages 282–292. International Society for Optics and Photonics.
- Narciso, R., de Sousa Azevedo, C. M., Coelho, F. L., da Silva Chiarelli, I. M., Nunes, L. G. A., Nunes, M. A., de Oliveira, R. M., and dos Santos, S. P. R. (2024). A realidade aumentada na educação infantil: Uma abordagem lúdica para o aprendizado inicial. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(3):828–843.
- Nee, A. Y. C. and Ong, S. K. (2023). *Springer handbook of augmented reality*. Springer Nature.
- Pexels (2024). Pexels. Disponível em: <https://www.pexels.com/>. Acesso em: 03 de março de 2024.
- Santos, W. M. and Neto, I. P. F. (2021). Os desafios do ensino remoto em tempos pandêmicos: o uso das tecnologias digitais como recurso pedagógico. *Research, Society and Development*, 10(15):e405101523474–e405101523474.
- Scholar, G. (2024). Google Scholar. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 19 de maio de 2024.
- Scielo (2024). Scielo. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 19 de maio de 2024.
- Silveira, S. R., Parreira, F. J., Bigolin, N. M., and Pertile, S. d. L. (2018). Metodologia do ensino e da aprendizagem em informática. *UFESM*.
- SOL (2024). Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 19 de maio de 2024.
- Sutherland, I. E. (1968). Um monitor tridimensional montado na cabeça. In *Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I*. Association for Computing Machinery.
- Tori, R. and da Silva Hounsell, M. (2020). Introdução a realidade virtual e aumentada. *Sociedade Brasileira de Computação*.
- Unity (2024). Unity. Disponível em: <https://unity.com/>. Acesso em: 15 de março de 2024.
- Vuforia (2024). Vuforia. Disponível em: <https://developer.vuforia.com/>. Acesso em: 20 de março de 2024.

Žilak, M., Car, Ž., and Čuljak, I. (2022). A systematic literature review of handheld augmented reality solutions for people with disabilities. *Sensors*, 22(20):7719.