

A vibrant illustration centered around a laptop. The laptop screen displays a profile of a human head filled with circuitry, symbolizing artificial intelligence or neural networks. Surrounding the laptop are various digital icons: a smartphone on the left showing a person in a wheelchair, a tablet on the right showing a friendly robot character, and floating icons like a play button, Wi-Fi signal, speech bubbles, and the letters 'Ai'. The entire scene is set against a light blue background with soft, colorful bokeh effects.

Acessibilidade e Inteligência Artificial

Curso de Especialização em Inovação na Educação Mediada por Tecnologias – Produções Acadêmicas
2023 : volume 1 : Volume 1 - Acessibilidade e Inteligência Artificial

Organizadores:

Juliana Braga

Silvia Dotta

Edson Pimentel

Autores:

Adriana Ferreira Serafim de Oliveira

Andrea Garcia Trindade Andreza de Santana Moreira

Bruno José Betti Galasso Cássia Sales Kirchner

Dahanne Vieira Salles

Edgard Gonçalves Cardoso

Elisabete Ferreira dos Santos Gomes Silva

Ivanice Alves Cajueiro

João Olinto Trindade Junior

Juliano Schimiguel

Rafael Felipe Schröer

Silvia Dotta

Ficha Catalográfica

Curso de Especialização em Inovação na Educação Mediada por Tecnologias – Produções Acadêmicas
2023 : volume 1 : Volume 1 - Acessibilidade e Inteligência Artificial / organização Juliana Braga, Silvia
Dotta, Edson Pimentel. — 1. ed. — São Paulo : Intera – UFABC, 2026. 114 p. : il.

ISBN 978-65-01-87194-3. Inovação na educação. 2. Acessibilidade na educação. 3. Inteligência Artificial
na Educação. I. Braga, Juliana. II. Dotta, Silvia. III. Pimentel, Edson. CDD 371.334

SUMÁRIO

1. TECNOLOGIA E AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM: O USO DE TESTES ADAPTATIVOS COMPUTADORIZADOS PARA MEDIR A PROFICIÊNCIA DOS ESTUDANTES 2

Autores: Salles, Dahanne Vieira; Schimiguel, Juliano

1.1 Introdução	3
1.2 Inovação que o trabalho apresenta	4
1.3 Fundamentação teórica	5
1.4 Metodologia	7
1.5 Resultados	8
1.6 Considerações finais	15

2. CRIAÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO ONLINE DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA 21

Autores: Schröer, Rafael Felipe; Kirchner, Cássia Sales

2.1 Inovação na criação de OAs com IA generativa: cenários de decisão interativos para o ensino técnico	22
2.2 Fundamentação teórica	22
2.3 Objetos de aprendizagem: conceito e tipos	24
2.4 Inteligência artificial generativa na educação	27
2.5 Metodologia	27
2.6 Resultados	29
2.7 Considerações finais	31

3. APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PERSONALIZAÇÃO DO APRENDIZADO DE ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS EM CURSOS STEM 37

Autores: Silva, Elisabete Ferreira dos Santos Gomes; Schimiguel, Juliano (Orientador)

3.1 Introdução	37
3.2 Inovação e abordagem pedagógica	38
3.3 Fundamentação teórica	39
3.4 Aplicações globais e panorama brasileiro de tecnologias de inteligência artificial em educação STEM	41
3.5 Aplicações globais de inteligência artificial na educação STEM	42
3.6 Aplicações globais de inteligência artificial na educação STEM	43
3.7 Panorama brasileiro de tecnologias de inteligência artificial em educação STEM	44
3.8 Metodologia	45
3.9 Coleta e análise de dados	46
3.10 Resultados e discussão	46
3.11 Discussão preliminar	46
3.12 Tabela comparativa entre métodos tradicionais de ensino e métodos com IA	47
3.13 Considerações finais	49

SUMÁRIO

4. APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA BRAILLE EM UM MUSEU POLAR 3D 53

Autores: Cardoso, Edgard Gonçalves; Dotta, Silvia; Oliveira, Adriana Ferreira Serafim de; Trindade Junior, João Olinto

4.1 Introdução	53
4.2 Inovação que o trabalho apresenta	54
4.3 Abordagem pedagógica	54
4.4 Fundamentação teórica	55
4.5 Inclusão nos museus para a democratização cultural	56
4.6 Museus virtuais e inclusão digital	57
4.7 A digitalização tridimensional	58
4.8 A tecnologia Braille e a acessibilidade	59
4.9 Lacunas a serem estudadas	60
4.10 Metodologia	61
4.11 Resultados	61
4.12 Desenvolvimento de placas em Braille e impressão 3D	62
4.13 Considerações finais	64

5. O USO DE JOGOS DIGITAIS NO ENSINO DE MATEMÁTICA PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL 71

Autores: Cajueiro, Ivanice Alves; Galasso, Bruno José Betti; Trindade, Andrea Garcia

5.1 Introdução	71
5.2 Inovação que o trabalho apresenta	72
5.3 Fundamentação teórica	73
5.4 Definição de deficiência visual	73
5.5 Contribuições de perspectivas teórico-metodológicas no ensino de matemática para estudantes com deficiência visual	74
5.6 Jogos digitais como ferramentas de inclusão e inovação no ensino de matemática	75
5.7 Jogos digitais e os recursos educacionais abertos	76
5.8 Jogos digitais em face do desenho universal	77
5.9 Jogos digitais e a personalização da aprendizagem	78
5.10 Jogos digitais enquanto metodologias ativas aplicadas à inteligência artificial	78
5.11 Limites e possibilidades da integração tecnológica no ambiente escolar	79
5.12 Metodologia	80
5.13 Resultados	84
5.14 Considerações finais	85

SUMÁRIO

6. TECNOLOGIAS ASSISTIVAS EM BIBLIOTECAS: OFICINA PEDAGÓGICA PARA A INCLUSÃO DE ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL 90

Autores: Moreira, Andrezza de Santana; Galasso, Bruno José Betti

6.1 Introdução 90

6.2 Fundamentação teórica: tecnologias assistivas como pilar da inclusão 91

6.3 Oficina pedagógica para bibliotecas inclusivas 93

6.4 Metodologia 99

6.5 Resultados 104

6.6 Considerações finais 108

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM

INOVAÇÃO

NA EDUCAÇÃO

MEDIADA POR TECNOLOGIAS

PRODUÇÕES ACADÊMICAS 2023

Volume 1

Acessibilidade e Inteligência Artificial

Organizadores:

Juliana Braga,
Edson Piment
Silvia Dotta

Introdução

Este e-book apresenta uma síntese das monografias desenvolvidas no curso de Especialização na Educação Mediada por Tecnologias (IEMTec) - Turma 2023

<https://www.interaufabc.com.br/especializacao>. A monografia foi requisito obrigatório para obter a certificação do referido curso.

A monografia do curso foi realizada de forma individual, pois pretendia-se formar um profissional que demonstrasse autonomia intelectual e domínio integral dos conhecimentos adquiridos, sendo capaz de realizar a síntese crítica e propor a aplicação metodológica do conteúdo em um trabalho de pesquisa com certo grau de inovação.

Devido a restrições relacionadas ao calendário acadêmico e ao tempo de desenvolvimento da monografia, não foi exigido que o discente fizesse nenhum experimento prático.

O projeto de monografia teve que passar por uma banca de qualificação composta pelo orientador e pelo professor tutor do estudante.

A banca de defesa foi formada por três membros: professor orientador, professor tutor e membro externo com grau mínimo de Mestre. A banca foi realizada de forma assíncrona, em até 3 meses após a qualificação, conforme o cronograma disponibilizado na disciplina de Metodologia de Pesquisa em Tecnologias Educacionais.

Para compor essa e-book, os quais refletem a diversidade de temas explorados no curso, nomeamos alguns avaliadores que escolheram aqueles trabalhos que objetivaram ter uma contribuição significativa para o campo da Inovação na Educação Mediada por Tecnologias.

Os resumos aqui reunidos têm como objetivo oferecer ao leitor uma visão geral dos estudos desenvolvidos, destacando os principais achados, os problemas investigados e as propostas de intervenção educacional.



Inovação na Educação Mediada por Tecnologias

Volume 1 – Acessibilidade e Inteligência Artificial

Organizadores: Juliana Braga, Edson Pimentel e Silvia Dotta

1. TECNOLOGIA E AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM: O USO DE TESTES ADAPTATIVOS COMPUTADORIZADOS PARA MEDIR A PROFICIÊNCIA DOS ESTUDANTES

Autores: Dahanne Vieira Salles e Juliano Schimiguel

No cotidiano escolar, é comum que professores se deparem com turmas compostas por estudantes com diferentes ritmos, repertórios e modos de aprender. Essa diversidade, embora enriquecedora, impõe desafios à prática docente, sobretudo na hora de planejar intervenções que realmente façam sentido para cada aluno. Nesse cenário, os recursos tecnológicos vêm sendo convocados a oferecer soluções que auxiliem os professores a lidarem com essa complexidade. Dentre as ferramentas que vem sendo desenvolvidas para esse fim, destaca-se o uso de Testes Adaptativos Computadorizados (CAT), que tem ganhado espaço por sua capacidade de identificar de forma mais rápida as lacunas de aprendizagem de cada estudante, permitindo intervenções mais precisas.

Mais do que ferramentas digitais, esses sistemas representam o encontro de três campos fundamentais: os recursos computacionais, a estatística educacional — especialmente por meio da Teoria da Resposta ao Item (TRI) — e os princípios pedagógicos voltados à avaliação formativa e ao acompanhamento individualizado da aprendizagem. Ao incorporar essa articulação, é possível criar um Sistema de Aprendizagem Adaptativa (SAA), que não só viabiliza diagnósticos mais precisos, como também fornece feedbacks imediatos e possibilita a construção de trilhas de aprendizagem personalizadas que respeitam o ritmo e as necessidades de cada estudante.



Teste Adaptativo

Uso de CAT para medir proficiência dos estudantes de forma personalizada



Avaliação Precisa

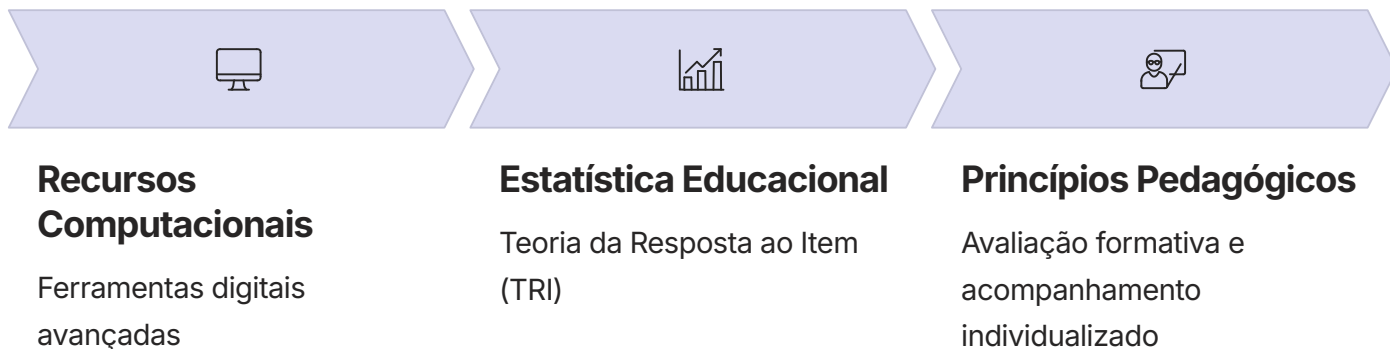
Identificação rápida de lacunas de aprendizagem para intervenções eficazes



Aprendizagem Adaptativa

Sistemas que respeitam o ritmo individual de cada estudante

Este capítulo se propõe a explorar os fundamentos teóricos dos Testes Adaptativos Computadorizados e sua aplicação como base para sistemas de aprendizagem adaptativa, analisando suas potencialidades educacionais a partir da literatura especializada. A perspectiva aqui adotada valoriza especialmente o papel do SAA na promoção da autonomia dos estudantes, ao permitir que cada um avance conforme seu próprio ritmo, e o papel do professor como leitor e intérprete dos dados gerados, com o objetivo de embasar melhor suas decisões pedagógicas. Ao reunir contribuições das áreas da computação, da estatística e da educação, busca-se oferecer uma reflexão fundamentada sobre o uso dessas tecnologias no enfrentamento de desafios contemporâneos do ensino.



1.1 Introdução

A educação básica brasileira enfrenta um cenário preocupante de defasagem e desigualdade no aprendizado. Dados do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) revelam que, ao final do Ensino Fundamental, a maioria dos estudantes apresenta desempenho insuficiente em Língua Portuguesa e Matemática. O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb), por sua vez, mostra estagnação ou queda em diversos estados, sinalizando que parte significativa dos alunos conclui etapas escolares sem dominar habilidades essenciais. Esses resultados evidenciam que muitos estudantes avançam nas séries escolares acumulando lacunas de aprendizagem que não são diagnosticadas nem enfrentadas adequadamente. Essa dificuldade é acentuada por práticas avaliativas ainda majoritariamente padronizadas e somativas, que falham em fornecer informações precisas e em tempo hábil para intervenções pedagógicas. Nesse contexto, os Testes Adaptativos Computadorizados (CAT) surgem como uma alternativa metodológica promissora. Trata-se de instrumentos que, com base na Teoria da Resposta ao Item (TRI), ajustam dinamicamente o percurso de avaliação a partir das respostas do estudante, selecionando questões com grau de dificuldade adequado ao seu nível de proficiência estimado. Isso permite uma avaliação mais precisa com menos questões, reduz o tempo de aplicação e gera devolutivas imediatas. Ao oferecer dados mais refinados sobre o desempenho individual dos estudantes, os CATs podem ser empregados tanto em avaliações diagnósticas quanto formativas, contribuindo para a construção de Sistemas de Aprendizagem Adaptativa (SAA). Esses sistemas potencializam uma lógica pedagógica centrada na personalização do ensino, apoiando a autonomia do aluno no processo de recuperação de suas dificuldades, ao mesmo tempo que fornecem ao professor informações que podem orientar sua tomada de decisão pedagógica com base em evidências.

O Problema

Práticas avaliativas padronizadas e somativas que falham em fornecer informações precisas e em tempo hábil para intervenções pedagógicas

A Solução

Testes Adaptativos Computadorizados (CAT) baseados na Teoria da Resposta ao Item (TRI), que ajustam dinamicamente o percurso de avaliação

Objetivo: Discutir os fundamentos e as possibilidades educacionais associadas ao uso de Testes Adaptativos Computadorizados como base para sistemas de aprendizagem adaptativa, contribuindo com professores da educação básica e pesquisadores interessados em compreender como a articulação entre avaliação, estatística e tecnologia pode oferecer respostas mais efetivas aos desafios atuais do ensino.

1.2 Inovação que o trabalho apresenta

Avaliação Adaptativa

CAT baseado em TRI com precisão e devolutivas em tempo real

Reavaliação Contínua

Ciclos de avaliação, ensino e reavaliação



Trilhas Personalizadas

Transformação dos dados em ações pedagógicas individualizadas

Recuperação Autônoma

Estudantes recuperam lacunas com maior autonomia

O uso de Testes Adaptativos Computadorizados baseados na Teoria da Resposta ao Item tem se consolidado como uma proposta inovadora para avaliar o desempenho dos estudantes com maior precisão, reduzindo o número de questões necessárias e fornecendo devolutivas em tempo real. No entanto, muitos dos sistemas existentes ainda se restringem a diagnósticos pontuais, sem necessariamente transformar os dados gerados em ações pedagógicas que favoreçam a aprendizagem.

Neste trabalho, propõe-se um modelo que expande o papel tradicional da avaliação, articulando três dimensões fundamentais: computacional, estatística e pedagógica. A inovação está justamente na transformação dos dados de proficiência gerados pelo CAT em trilhas de aprendizagem personalizadas, permitindo que os estudantes recuperem suas lacunas com mais autonomia. Essa proposta desloca o foco da avaliação meramente classificatória para uma lógica formativa, processual e voltada à personalização do ensino.

Três Dimensões Fundamentais

- **Computacional:** Recursos tecnológicos avançados
- **Estatística:** Modelos psicométricos robustos
- **Pedagógica:** Foco na aprendizagem formativa

Mudança de Paradigma

A inovação está na transformação dos dados de proficiência em trilhas de aprendizagem personalizadas, deslocando o foco da avaliação classificatória para uma lógica **formativa, processual e voltada à personalização**.

A proposta responde ao desafio concreto do cenário educacional brasileiro, especialmente no contexto pós-pandemia, no qual as lacunas de aprendizagem se intensificaram. Ao incorporar um sistema adaptativo que se retroalimenta, o modelo promove uma mudança na forma como a escola pode lidar com os dados da avaliação: em vez de apenas informar resultados, passa-se a ativar estratégias de recuperação personalizadas, alinhadas ao ritmo e às necessidades de cada estudante.

Trata-se, portanto, de uma inovação que está menos na criação de uma nova ferramenta tecnológica, e mais na reconfiguração do papel da avaliação como motor de aprendizagem. Isso representa uma mudança intencional e significativa na prática educativa, ao integrar tecnologia e pedagogia de modo a favorecer o protagonismo do estudante e apoiar decisões pedagógicas baseadas em evidências.

1.3 Fundamentação Teórica

Este trabalho se fundamenta na articulação entre três campos teóricos principais: a avaliação formativa e diagnóstica, a Teoria da Resposta ao Item (TRI) e os Testes Adaptativos Computadorizados (CAT). A convergência dessas áreas sustenta a proposta de um Sistema de Aprendizagem Adaptativa (SAA) voltado à recuperação de lacunas de aprendizagem com foco na autonomia dos estudantes.

A avaliação formativa, segundo autores como Luckesi (2000), deve ser compreendida como um processo contínuo de coleta e análise de informações que permitem identificar avanços e dificuldades na aprendizagem, não se limitando à atribuição de notas ou classificações. Ela é dialógica e mediadora, servindo como ponto de partida para ajustes no percurso formativo dos estudantes. A avaliação diagnóstica, por sua vez, antecede o processo de ensino e visa identificar conhecimentos prévios e lacunas, possibilitando uma ação pedagógica mais alinhada às necessidades reais dos alunos.

No campo da psicometria, a Teoria da Resposta ao Item (TRI) representa um avanço em relação à Teoria Clássica dos Testes (TCT), ao permitir uma estimativa mais precisa da proficiência dos estudantes por meio de modelos matemáticos. Em especial, os modelos logísticos de um, dois e três parâmetros possibilitam calibrar os itens com base em suas características psicométricas — dificuldade de discriminação e acerto ao acaso —, o que confere maior confiabilidade à mensuração do traço latente do aluno.

A Testagem Adaptativa Computadorizada (CAT) emerge como uma aplicação direta da TRI em ambientes digitais. Esses testes ajustam automaticamente a dificuldade das questões com base nas respostas anteriores dos estudantes, otimizando o tempo de aplicação e oferecendo uma estimativa mais eficiente da proficiência com um número reduzido de itens. Estudos revisados na literatura apontam que, além de tornar os testes mais rápidos e precisos, o CAT pode proporcionar uma experiência mais motivadora ao aluno e permitir um diagnóstico mais detalhado de suas dificuldades.

Avaliação Formativa

Processo contínuo de coleta e análise de informações que identificam avanços e dificuldades, servindo como ponto de partida para ajustes no percurso formativo (Luckesi, 2000)

Teoria da Resposta ao Item

Avanço psicométrico que permite estimativa precisa da proficiência por meio de modelos matemáticos, calibrando itens com base em dificuldade, discriminação e acerto ao acaso

Testagem Adaptativa

Aplicação da TRI em ambientes digitais, ajustando automaticamente a dificuldade das questões e otimizando tempo de aplicação

A proposta deste capítulo é integrar esses elementos em um Sistema de Aprendizagem Adaptativa (SAA) que vá além da avaliação. Trata-se de um modelo que diagnostica, propõe trilhas de aprendizagem personalizadas e reavalia continuamente, promovendo ciclos de melhoria da aprendizagem. Esse ciclo se ancora em princípios pedagógicos construtivistas, especialmente nas ideias de David Ausubel e Seymour Papert. Ausubel defende que a aprendizagem é mais eficaz quando os novos conteúdos se conectam aos conhecimentos prévios dos alunos, favorecendo a aprendizagem significativa. Papert, por sua vez, destaca a importância de ambientes que promovam a experimentação e a autonomia, valorizando o papel ativo do estudante na construção do conhecimento.

Essa fundamentação teórica sustenta o desenvolvimento de uma proposta inovadora, que alia tecnologias educacionais à pedagogia centrada no aluno, respondendo de forma concreta aos desafios impostos pelas lacunas de aprendizagem identificadas no cenário educacional brasileiro.

1 Parâmetro

Dificuldade do item (b)

2 Parâmetros

Dificuldade (b) +
Discriminação (a)

3 Parâmetros

Dificuldade (b) +
Discriminação (a) + Acerto ao
acaso (c)

1.4 Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho foi a revisão sistemática da literatura, com o objetivo de mapear os principais softwares de Testagem Adaptativa Computadorizada (CAT) utilizados na educação e analisar de que forma esses sistemas contribuem para medir a proficiência dos estudantes e identificar lacunas de aprendizagem. A pergunta de pesquisa que orientou o estudo foi: "Quais são os principais softwares de avaliação adaptativa utilizados na educação e como eles ajudam a medir a proficiência dos alunos?". Também foram consideradas subquestões relacionadas às métricas utilizadas pelos sistemas, aos benefícios relatados por professores e estudantes, à eficácia na identificação de lacunas e à comparação com métodos avaliativos tradicionais.

A busca pelos estudos foi realizada em três bases de dados: SciELO, Google Acadêmico e o Portal de Periódicos da CAPES. As strings de busca foram elaboradas com operadores booleanos (AND, OR) e incluíram termos em português e inglês, como: "avaliação de aprendizagem" AND "lacunas de aprendizagem" OR "proficiência", "cat" AND "teoria de resposta ao item" e "software de avaliação adaptativa".

Critérios de Inclusão

- Estudos primários sobre desenvolvimento, aplicação ou análise de softwares de avaliação adaptativa
- Pesquisas baseadas na Teoria de Resposta ao Item (TRI)
- Trabalhos sobre personalização da avaliação
- Textos disponíveis integralmente

Critérios de Exclusão

- Artigos repetidos
- Estudos irrelevantes para o tema central
- Estudos secundários sem novos dados
- Textos sem acesso completo

24

Estudos Incluídos

Total de artigos selecionados para análise qualitativa após aplicação dos critérios

A extração de dados considerou informações como os modelos estatísticos empregados, as funcionalidades dos softwares, os contextos de aplicação, os públicos-alvo e os efeitos observados sobre o processo de aprendizagem.

1.5 Resultados

A revisão sistemática identificou uma série de estudos que apontam para os benefícios dos Testes Adaptativos Computadorizados (CAT) na avaliação da proficiência de estudantes. De maneira geral, os artigos analisados demonstram que o uso de CAT, em conjunto com a Teoria de Resposta ao Item (TRI), resulta em avaliações **mais precisas, personalizadas e eficientes** em comparação aos métodos tradicionais.

Entre os principais resultados encontrados, destaca-se a possibilidade de redução significativa do número de itens aplicados nos testes sem perda de precisão, o que contribui para um menor desgaste dos estudantes durante a avaliação e para uma gestão mais eficiente do tempo de aplicação.



Redução de Itens

Diminuição significativa do número de questões sem perda de precisão, reduzindo desgaste dos estudantes



Identificação de Lacunas

Deteção clara das dificuldades com ajuste automático da dificuldade dos itens



Avaliação Alinhada

Mensuração mais precisa do nível real de proficiência do estudante

Além disso, os estudos evidenciam que os sistemas baseados em CAT permitem identificar com maior clareza as lacunas de aprendizagem, ajustando automaticamente a dificuldade dos itens com base nas respostas anteriores do aluno. Essa adaptação contínua promove uma avaliação mais alinhada ao nível real de proficiência do estudante, o que é particularmente relevante em contextos educacionais com grande heterogeneidade de aprendizagem.

O uso de CAT também se mostra especialmente vantajoso para estudantes com dificuldades de aprendizagem, como aqueles com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), cujo desempenho costuma ser prejudicado em testes longos e exaustivos. Da mesma forma, estudantes com baixa visão ou dislexia, que frequentemente demandam mais tempo para a leitura e compreensão dos enunciados, também se beneficiam da menor extensão dos testes, o que contribui para tornar a avaliação mais acessível e equitativa.

TDAH

Testes mais curtos favorecem maior foco e engajamento de estudantes com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade

Baixa Visão

Menor extensão dos testes beneficia estudantes que demandam mais tempo para leitura

Dislexia

Avaliação mais acessível e equitativa para estudantes com dificuldades de leitura

Em termos de tecnologia e modelagem estatística, foi identificada uma diversidade de ferramentas e abordagens. Alguns estudos empregam algoritmos bayesianos, como o Filtro de Kalman, para estimar com mais precisão a proficiência dos alunos e reduzir o número de iterações necessárias. Outros utilizam critérios de seleção de itens como a Máxima Informação de Fisher (MFI), o Expected Posterior Variance (EPV) e o Kullback-Leibler, com o objetivo de maximizar a informação obtida a cada questão apresentada. Também foram identificadas técnicas de estimação como o Expected a Posteriori (EAP), que combinam distribuições a priori com as respostas dos alunos para gerar estimativas mais robustas, mesmo em testes curtos.

Outros modelos incluem o Shadow Test, que recalcula continuamente um teste completo "em sombra" a cada nova resposta, garantindo a escolha ideal do próximo item. Em contextos mais complexos, foi aplicada a Teoria de Resposta ao Item Multidimensional (MTRI), por meio de sistemas MCAT que avaliam múltiplas habilidades simultaneamente. Além disso, foram identificados usos do Modelo de Resposta Gradual de Samejima para itens politômicos e do Modelo de Rasch, frequentemente adotado em contextos de avaliação médica ou em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA). Essas múltiplas abordagens demonstram que o campo da avaliação adaptativa está em constante evolução e oferece um leque variado de possibilidades para o enfrentamento das desigualdades educacionais

Quadro 1 – Análise comparativa dos artigos analisados

Artigo	Objetivo Principal	Resultados Principais	Fatores únicos
Santos e Guedes (2005)	Desenvolver ferramenta de testes adaptativos em AVA	Melhora na avaliação da proficiência	Utilização específica em ambientes virtuais de aprendizagem
Moita (2013)	Criar teste adaptativo em dispositivos móveis para habilidades cognitivas	Avaliação dinâmica e mais precisa de habilidades de leitura	Aplicação em habilidades cognitivas preditoras de leitura
Jaloto (2018)	Analisar redução de questões do ENEM com CAT	CAT pode manter precisão com menos questões	Aplicação específica no contexto do ENEM
Travitzki et al. (2020)	Aplicar CAT na Provinha Brasil – Leitura, utilizando TRI	Aumento da precisão e redução no número de itens, boa gestão do tempo de teste	Uso de EAP para estimação da proficiência e MFI para seleção de itens

Artigo	Objetivo Principal	Resultados Principais	Fatores únicos
Andrade, Laros e Gouveia (2010)	Criar diretrizes para uso de TRI em avaliações	Descrição das vantagens da TRI sobre TCT, definição de diretrizes práticas para uso de TRI	Foco em diretrizes metodológicas, não em software específico
Santos et al. (2015)	Desenvolver teste adaptativo para medir habilidades metalinguísticas	Fornecimento de feedback imediato e preciso sobre habilidades metalinguísticas	Foco em habilidades metalinguísticas em crianças
Delfino et al. (2012)	Desenvolver sistema de avaliação adaptativa	Melhor personalização e segurança na avaliação	Aplicação e desenvolvimento de um sistema completo de avaliação
Farias (2013)	Criar módulo de avaliação online baseado na TRI	Medição precisa das habilidades com sistema informatizado	Foco em módulo online e comparação com avaliação em papel
Coutinho (2013)	Desenvolver ferramenta para medir proficiência em matemática	Melhoria na precisão e eficácia das avaliações	Foco em proficiência em matemática
Silva (2023)	Criar sistema personalizado de avaliação usando CAT e evidenciar perfis de aprendizagem	Otimização da seleção de itens e personalização de avaliações	Uso de IA para evidenciar perfis e criar trilhas de avaliação adaptativas
Cecilio-Fernandes (2019)	Aplicar o Teste Adaptativo Computadorizado no contexto da educação médica	Redução do número de questões e personalização da avaliação	Aplicação no ensino médico; uso do Modelo de Rasch para calibração

Artigo	Objetivo Principal	Resultados Principais	Fatores únicos
Ricarte (2013)	Aplicar CAT em avaliações educacionais e psicológicas utilizando TRI e Shadow Test	Maior precisão com menos itens, personalização da avaliação em tempo real	Discussão sobre diferentes métodos de seleção de itens, como o Shadow Test
Albuquerque et al. (2022)	Reduzir o número de itens em CAT usando o Filtro de Kalman	Redução de até 70% de itens na avaliação, mantendo a precisão	Aplicação do Filtro de Kalman para otimizar a estimação
Monteiro e Groenwald (2014)	Identificar dificuldades na aprendizagem de frações utilizando CAT	Identificação de dificuldades em conceitos fundamentais de frações com maior precisão no diagnóstico individualizado	Uso de grafo de conteúdos para adaptar a sequência didática dos alunos
Souza e Faiad (2023)	Avaliar a eficácia dos testes de inteligência emocional utilizando CAT	Redução no número de itens com manutenção de validade	Uso de CAT em testes de inteligência emocional, comparação entre ISAs
Veldkamp & Matteucci (2013)	Explorar o uso de priors empíricos para reduzir os custos e aumentar a eficiência do CAT	Redução no número de itens necessários e maior precisão na medição de itens com alta discriminação	Uso de priors empíricos para estimar parâmetros de itens e candidatos
Santos (2015)	Adaptar a escala ECCOs 4/10 para um Teste Adaptativo Computadorizado	Redução do tempo de aplicação e aumento do engajamento com crianças de 4 a 10 anos	Uso de itens adaptativos para processos cognitivos em estudantes do Ensino Fundamental – Anos Iniciais

Artigo	Objetivo Principal	Resultados Principais	Fatores únicos
Cúri e Silva (2019)	Avaliar a proficiência em inglês acadêmico utilizando um CAT	Redução do número de questões, ajuste dinâmico e resultados imediatos	Aplicação na avaliação de inglês acadêmico
Piton-Gonçalves e Alúcio (2015)	Desenvolver um sistema de avaliação adaptativa multidimensional	Avaliação de múltiplas habilidades com menos itens, proporcionando maior precisão	Utilização da TRI Multidimensional para medir várias competências simultaneamente
Morphew et al. (2018)	Avaliar a proficiência em física e melhorar o desempenho em exames por meio de CAT	Conclusão de que CAT prevê desempenho médio, mas com limitações em previsão individual; melhora no desempenho após o uso do CAT como prática diagnóstica	Foco em física introdutória; CAT utilizado como ferramenta diagnóstica
Catalani (2019)	Desenvolver um Teste Adaptativo Informatizado para medir a proficiência em leitura nos anos iniciais do ensino fundamental	Avaliação mais rápida e personalizada, com maior precisão na diferenciação dos níveis de proficiência	Foco na alfabetização e letramento
Fonseca (2019)	Aplicar o Filtro de Kalman não-linear em Testes Adaptativos Computadorizados	Desenvolvimento de sete estimadores de proficiência, com destaque para o FK_EAP; melhoria na precisão das estimativas	Integração do Filtro de Kalman não-linear para estimar a proficiência
Capelato e Cúri (2023)	Avaliar o desempenho em letramento financeiro utilizando TRI e simulação de CAT	Estimativas precisas com menos itens, redução de tempo e esforço	Foco no letramento financeiro, aplicação em estudantes do Ensino Médio

Artigo	Objetivo Principal	Resultados Principais	Fatores únicos
Piton-Gonçalves (2020)	Avaliar a viabilidade de testes adaptativos para o Enade com base na TRI	Redução do número de itens pela metade, mantendo a precisão	Seleção de itens por KLP, estudo do Enade com 206.359 simulações

A análise crítica dos trabalhos apresentados revelou que, embora os estudos analisados tenham se concentrado fortemente na mensuração precisa da proficiência, poucos propõem formas concretas de utilizar os dados gerados para a formulação de estratégias pedagógicas individualizadas. Diante disso, propõe-se justamente a conectar avaliação e ação pedagógica, ao sugerir o desenvolvimento de trilhas personalizadas de aprendizagem baseadas nos resultados dos testes adaptativos.

O modelo proposto parte do princípio de que a avaliação deve ser o ponto de partida para uma intervenção pedagógica eficaz e personalizada. Em vez de se limitar à mensuração da proficiência dos alunos, como acontece com a maioria dos sistemas de Testagem Adaptativa Computadorizada, o sistema aqui delineado busca transformar os dados de avaliação em trilhas de aprendizagem adaptativas, promovendo uma experiência de ensino centrada no estudante e orientada por dados. Embora um sistema como esse possa ser aplicado a diferentes contextos educacionais – como bem demonstrado pela literatura – e para diferentes áreas do conhecimento, a proposta desse trabalho é voltada especificamente para estudantes do 1º ano do Ensino Médio, com foco na área de Matemática, visando à recuperação de habilidades fundamentais não consolidadas ao longo da trajetória escolar.

A escolha pela 1ª série do Ensino Médio se justifica por essa ser uma etapa que marca o início de uma nova fase escolar, em que os conteúdos são amplamente revisitados e aprofundados, exigindo forte mobilização de conhecimentos prévios. Esse momento é, portanto, estratégico para a identificação e correção de lacunas acumuladas ao longo do Ensino Fundamental. Já a opção pela disciplina de Matemática se justifica por tratar-se um componente curricular altamente cumulativo, no qual a compreensão de conteúdos mais complexos depende diretamente da consolidação de conceitos anteriores. Além disso, os conteúdos matemáticos podem ser organizados em blocos temáticos relativamente segmentados (como porcentagem, equações, funções e proporcionalidade), o que favorece a criação de trilhas de aprendizagem adaptativas específicas para cada tipo de lacuna identificada.

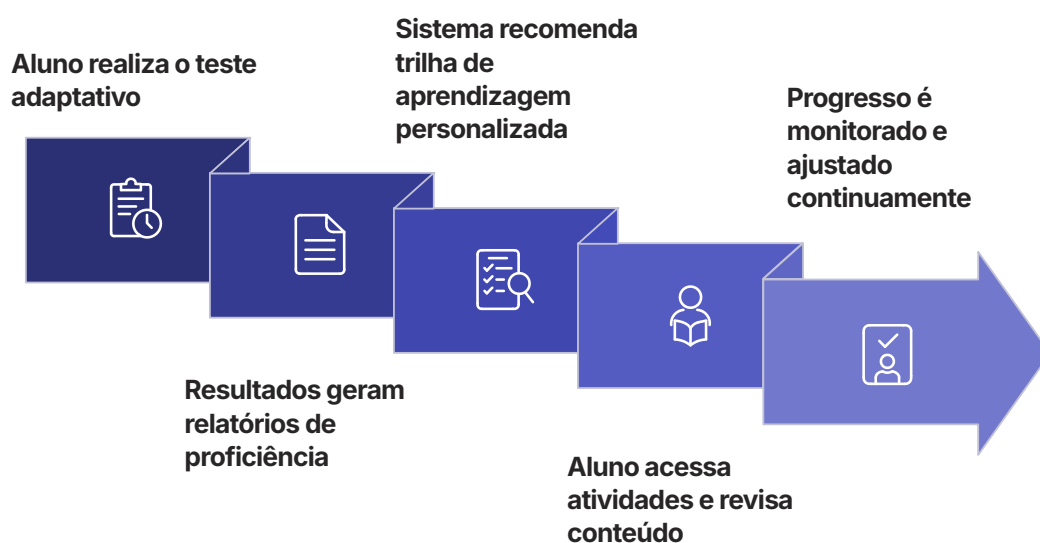
No sistema proposto, a primeira fase é formada pela aplicação de um teste adaptativo inicial, desenvolvido com base na Teoria da Resposta ao Item. O teste ajusta dinamicamente a dificuldade das questões com base nas respostas do aluno, utilizando parâmetros psicométricos como dificuldade de discriminação e acerto ao acaso. A partir desse processo, o sistema realiza um diagnóstico preciso da proficiência do estudante, identificando tanto o nível geral de domínio quanto as lacunas específicas de aprendizagem, principalmente em conteúdos estruturantes da Matemática, como funções, equações, porcentagem e média.

Com os resultados do diagnóstico, o sistema gera trilhas de aprendizagem personalizadas, construídas de forma a retomar habilidades básicas ainda não consolidadas. Cada trilha combina três pilares principais: videoaulas curtas e diretas, exercícios práticos interativos e elementos de gamificação. As videoaulas são elaboradas para tratar diretamente dos pontos de dificuldade diagnosticados, enquanto os exercícios são parametrizados para manter um nível de desafio adequado, com base nos mesmos parâmetros da TRI utilizados na avaliação. Já os elementos de gamificação — como conquistas, pontos e níveis — ajudam a manter o engajamento dos estudantes ao longo do processo.

O sistema prevê também a reavaliação adaptativa após a conclusão de cada trilha. Esse novo teste, com itens distintos dos usados inicialmente, serve para verificar se as lacunas foram superadas e quais habilidades ainda precisam ser trabalhadas. Caso o aluno tenha avançado, é liberado um novo módulo com conteúdos mais complexos. Se persistirem dificuldades, uma nova trilha é gerada com foco nas habilidades não consolidadas. Esse ciclo de diagnóstico - ensino adaptado - reavaliação se repete até que o estudante atinja a proficiência esperada para sua série escolar.

A figura 1, apresentada a seguir, condensa as etapas previstas no projeto:

Figura 1 – Fluxograma representando as etapas do Sistema de Aprendizagem Adaptativa



A arquitetura do sistema também considera princípios de inclusão digital e acessibilidade. A plataforma será compatível com computadores, *tablets* e *smartphones*, além de incluir recursos como leitores de tela, comandos por voz, legendas em videoaulas, alto contraste e ajustes de fonte. A intenção é garantir que todos os alunos, independentemente de suas condições físicas, cognitivas ou tecnológicas, tenham acesso pleno ao processo de aprendizagem adaptativa.

Do ponto de vista pedagógico, o sistema se ancora em abordagens como a aprendizagem significativa de Ausubel e o construcionismo de Papert. A possibilidade de rever conteúdos anteriores a qualquer momento permite que o aluno reconecte novos conhecimentos ao que já aprendeu, reforçando a retenção.

Ao mesmo tempo, o ambiente interativo e exploratório promove autonomia, protagonismo e engajamento, aspectos centrais de uma aprendizagem duradoura e contextualizada.

Entretanto, a implementação de um sistema como este envolve desafios significativos. Um dos maiores obstáculos é a produção de itens avaliativos de qualidade, que exige uma equipe multidisciplinar composta por especialistas em conteúdo, redação, revisão e análise psicométrica. Cada item precisa ser calibrado e validado estatisticamente, o que demanda tempo, investimento e rigor técnico. Além disso, a infraestrutura tecnológica das escolas e a familiaridade dos professores com tecnologias digitais são fatores críticos que podem influenciar a eficácia da ferramenta. Para mitigar essas barreiras, o projeto prevê ações de formação docente, suporte técnico e adaptação progressiva à realidade das instituições educacionais.

Apesar dos desafios, os benefícios potenciais superam as limitações. A proposta tem como diferencial não apenas a precisão diagnóstica dos CATs, mas a capacidade de transformar os dados em ações pedagógicas concretas e contínuas, com foco na recuperação ativa das lacunas de aprendizagem. A personalização das trilhas, aliada ao monitoramento constante e ao engajamento dos estudantes, permite um ensino mais eficaz, adaptável e centrado nas necessidades reais de cada aluno.

Esse modelo visa, portanto, reconfigurar o papel da avaliação no processo educacional: de instrumento classificatório para motor de aprendizagem adaptativa. Ao conectar os avanços tecnológicos da avaliação com princípios pedagógicos sólidos, o sistema proposto se apresenta como uma resposta concreta e inovadora aos desafios da educação básica, especialmente no contexto pós-pandemia e de ampliação das desigualdades escolares.

1.6 Considerações Finais

Este capítulo buscou discutir, em perspectiva teórica, o uso dos Testes Adaptativos Computadorizados (CAT) como base para a construção de Sistemas de Aprendizagem Adaptativa (SAA) voltados à recuperação de lacunas de aprendizagem. A partir de uma revisão sistemática da literatura, foi possível identificar evidências consistentes de que os CATs, especialmente quando ancorados na Teoria da Resposta ao Item (TRI), oferecem maior precisão na estimativa da proficiência dos estudantes, com menor número de questões e devolutivas mais rápidas. Tais características tornam esses sistemas aliados promissores no enfrentamento de um dos principais desafios atuais da educação básica brasileira: o acompanhamento individualizado em contextos de grande heterogeneidade.

A principal contribuição inovadora do capítulo reside na proposta de articulação entre avaliação, estatística e pedagogia, transformando o papel da avaliação em um processo dinâmico e formativo. Ao integrar os dados gerados pelos testes a sistemas capazes de construir trilhas de aprendizagem personalizadas, amplia-se o potencial dos CATs para além do diagnóstico, promovendo percursos que respeitam o ritmo de cada estudante e favorecem sua autonomia no processo de aprendizagem. Espera-se que os resultados desta pesquisa possam servir de base para o desenvolvimento de sistemas educacionais mais responsivos, que combinem inteligência computacional com intencionalidade pedagógica.

Para trabalhos futuros, sugere-se a criação de protótipos que apliquem os princípios discutidos, bem como estudos empíricos que validem o impacto do uso desses sistemas no desempenho e no engajamento dos alunos. Além disso, é fundamental ampliar o debate sobre a formação docente para o uso crítico e pedagógico dos dados gerados por avaliações adaptativas, a fim de consolidar práticas que valorizem a personalização do ensino sem abrir mão da mediação qualificada do professor.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, Rafael M.; CAVALCANTE, Charles C.; LIRA, Jorge H. S. de. Redução da quantidade de itens para estimação de proficiência em teste adaptativo computadorizado com filtro de Kalman. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE)**, 33., 2022, Manaus. *Anais [...]* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2022. p. 968–978. DOI:

<https://doi.org/10.5753/sbie.2022.224802>. Acesso em: 16 set. 2024.

ANDRADE, Josemberg Moura de; LAROS, Jacob Arie; GOUVEIA, Valdiney Veloso. O uso da Teoria de Resposta ao Item em avaliações educacionais: diretrizes para pesquisadores. *Avaliação Psicológica*, Ribeirão Preto, v. 9, n. 3, p. 421–435, dez. 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=335027284009>. Acesso em: 14 jun. 2024.

CAPELATO, Érika; CÚRI, Mariana. Proficiência em letramento financeiro: estudo a partir de uma escala e de um teste adaptativo computadorizado baseados na Teoria de Resposta ao Item. *Bolema*, Rio Claro, v. 37, n. 77, p. 1063–1086, dez. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-4415v37n77a07>. Acesso em: 16 set. 2024.

CATALANI, Érica Maria Toledo. *Teste adaptativo informatizado da Provinha Brasil: a construção de um instrumento de apoio para professores(as) e gestores(as) de escolas*. 2019. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. DOI: 10.11606/T.48.2019.tde-03072019-152110. Acesso em: 14 jun. 2024.

CECILIO-FERNANDES, Dario. Implementando o teste adaptativo computadorizado. *Scientia Medica*, [S. l.], v. 29, n. 3, p. e34432, 2019. DOI: 10.15448/1980-6108.2019.3.34432. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/scientiamedica/article/view/34432>. Acesso em: 16 set. 2024.

COUTINHO, Lidinalva de Almada. *Ferramenta para estimar a proficiência de indivíduos baseada na Teoria de Resposta ao Item*. 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação e Sistemas) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2013. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/handle/123456789/535>. Acesso em: 4 maio 2025.

CÚRI, Mariana; SILVA, Vinícius. Academic English proficiency assessment using a computerized adaptive test. *TEMA – Tendências em Matemática Aplicada e Computacional*, São Carlos, v. 20, n. 2, p. 381–401, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tema/a/yHrqmFSFNk3kFg5qR3RK4nx/>. Acesso em: 16 set. 2024.

DELFINO, S. R. et al. Teoria de resposta ao item e avaliações adaptativas computadorizadas. *Revista RETEC*, Ourinhos, v. 4, n. 2, p. 51–61, 2012. Disponível em: <https://www.fatecourinhos.edu.br/retec/index.php/retec/article/view/51>. Acesso em: 14 jun. 2024.

FARIAS, Ana Carolina Melo de Oliveira. *Aplicação da teoria de resposta ao item na avaliação educacional e seu processo de informatização*. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Eletricidade) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2013. Disponível em: <http://tedeabc.ufma.br:8080/jspui/handle/tede/1839>. Acesso em: 14 jun. 2024.

FONSECA, Júlio César Gomes; MATSUSHITA, Raul Yukihiro; SILVA, Cibele Queiroz da. *Uma aplicação do teste adaptativo computadorizado via filtro de Kalman não linear*. 2019. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <http://repositorio2.unb.br/jspui/handle/10482/40467>. Acesso em: 14 jun. 2024.

JALOTO, Alexandre. É possível reduzir o número de questões do ENEM por meio de uma testagem adaptativa computadorizada? In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ESTATÍSTICA COM R**, 3., 2018, Niterói. *Anais [...]* Disponível em: <https://periodicos.uff.br/anaisdoser/article/view/29248/16960>. Acesso em: 14 jun. 2024.

LUCKESI, Cipriano Carlos. *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

MOITA, Pedro Miguel Silva. *Avaliação adaptativa em dispositivos móveis das habilidades cognitivas preditoras do desenvolvimento da leitura em crianças*. 2013. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/10320>. Acesso em: 14 jun. 2024.

MONTEIRO, Alexandre Branco; GROENWALD, Claudia Lisete Oliveira. Dificuldades na aprendizagem de frações: reflexões a partir de uma experiência utilizando testes adaptativos. *Alexandria*, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 103–135, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38217>. Acesso em: 14 jun. 2024.

MORPHEW, Jason et al. Using computer adaptive testing to assess physics proficiency and improve exam performance in an introductory physics course. *Physical Review Physics Education Research*, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 020110, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020110>. Acesso em: 14 jun. 2024.

PITON-GONÇALVES, Jean; ALUÍSIO, Sandra Maria. Teste adaptativo computadorizado multidimensional com propósitos educacionais: princípios e métodos. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 86, p. 389–414, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-40362015000100016>. Acesso em: 16 fev. 2025.

PITON-GONÇALVES, Jean. Testes adaptativos para o ENADE: uma aplicação metodológica. *Meta: Avaliação*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 665–688, jul./set. 2020. Disponível em: <https://revistas.cesgranrio.org.br/index.php/metaavaliacao/article/view/2735>. Acesso em: 14 jun. 2024.

RICARTE, Thales Akira Matsumoto. *Teste adaptativo computadorizado nas avaliações educacionais e psicológicas*. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. DOI: 10.11606/D.55.2013.tde-16052013-143315. Acesso em: 14 jun. 2024.

RICARTE, Thales Akira Matsumoto. *Teste adaptativo computadorizado nas avaliações educacionais e psicológicas*. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. DOI: 10.11606/D.55.2013.tde-16052013-143315. Acesso em: 14 jun. 2024.

SANTOS, Fabrícia Damando; GUEDES, Leonardo Guerra de Rezende. Testes adaptativos informatizados baseados em teoria de resposta ao item utilizados em ambientes virtuais de aprendizagem. *Renote*, Porto Alegre, v. 3, n. 2, 2005. DOI: 10.22456/1679-1916.14027. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/14027>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SANTOS, Ingrid Santos et al. Avaliação adaptativa informatizada das habilidades metalinguísticas por meio da Teoria de Resposta ao Item. *Revista AMAzônica*, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 47–60, 2015.

SANTOS, Renato Guedes dos. *ECCOs 4/10: do papel ao teste adaptativo computadorizado*. 2015. Tese (Doutorado em Psicologia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29938>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SILVA, Wesley. *Exames inteligentes: evidenciação estatística de perfis de aprendizagem, composição de banco de itens multidimensionais e personalização de avaliação*. 2023. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/handle/10/16931>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SOUZA, Victor Vasconcelos de; FAIAD, Cristiane. Os testes situacionais de inteligência emocional como um teste adaptativo computadorizado. *Recital – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG*, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 105–126, 2024. DOI: 10.46636/recital.v5i3.478. Disponível em: <https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/recital/article/view/478>. Acesso em: 16 fev. 2025.

TRAVITZKI, R.; ALAVARSE, O. M.; MENEGHETTI, D. R.; CATALANI, Érica M. Teste adaptativo informatizado da Provinha Brasil – Leitura: resultados e perspectivas. *Estudos em Avaliação Educacional*, São Paulo, v. 31, n. 78, p. 525–553, 2020. DOI: 10.18222/eae.v0ix.7216. Disponível em: <https://publicacoes.fcc.org.br/eae/article/view/7216>. Acesso em: 16 fev. 2025.

VELDKAMP, Bernard; MATTEUCCI, Mariagiulia. Bayesian computerized adaptive testing. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 78, p. 57–82, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-40362013005000001>. Acesso em: 15 set. 2024.

SANTOS, Fabrícia Damando; GUEDES, Leonardo Guerra de Rezende. Testes adaptativos informatizados baseados em teoria de resposta ao item utilizados em ambientes virtuais de aprendizagem. *Renote*, Porto Alegre, v. 3, n. 2, 2005. DOI: 10.22456/1679-1916.14027. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/14027>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SANTOS, Ingrid Santos et al. Avaliação adaptativa informatizada das habilidades metalinguísticas por meio da Teoria de Resposta ao Item. *Revista AMAzônica*, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 47–60, 2015.

SANTOS, Renato Guedes dos. *ECCOs 4/10: do papel ao teste adaptativo computadorizado*. 2015. Tese (Doutorado em Psicologia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29938>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SILVA, Wesley. *Exames inteligentes: evidenciação estatística de perfis de aprendizagem, composição de banco de itens multidimensionais e personalização de avaliação*. 2023. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/handle/10/16931>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SOUZA, Victor Vasconcelos de; FAIAD, Cristiane. Os testes situacionais de inteligência emocional como um teste adaptativo computadorizado. *Recital – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG*, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 105–126, 2024. DOI: 10.46636/recital.v5i3.478. Disponível em: <https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/recital/article/view/478>. Acesso em: 16 fev. 2025.

TRAVITZKI, R.; ALAVARSE, O. M.; MENEGHETTI, D. R.; CATALANI, Érica M. Teste adaptativo informatizado da Provinha Brasil – Leitura: resultados e perspectivas. *Estudos em Avaliação Educacional*, São Paulo, v. 31, n. 78, p. 525–553, 2020. DOI: 10.18222/eae.v0ix.7216. Disponível em: <https://publicacoes.fcc.org.br/eae/article/view/7216>. Acesso em: 16 fev. 2025.

VELDKAMP, Bernard; MATTEUCCI, Mariagiulia. Bayesian computerized adaptive testing. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 78, p. 57–82, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-40362013005000001>. Acesso em: 15 set. 2024.

Sobre os Autores



Dahanne Vieira Salles

É graduada em História pela Universidade de São Paulo (USP) e possui especialização em Inovação na Educação Mediada por Tecnologias pela Universidade Federal do ABC (UFABC). Atuou por mais de 15 anos com ensino multidisciplinar voltado a estudantes com dificuldades de aprendizagem, com foco na identificação e superação de lacunas educacionais, por meio da articulação entre escola, profissionais especializados e famílias, dedicando-se à orientação de professores e à mediação entre diferentes frentes do cotidiano escolar, promovendo estratégias que favorecem a autonomia e o desenvolvimento dos estudantes. Atualmente, trabalha com Avaliação Educacional, participando de todas as etapas dos projetos, da definição de escopo à elaboração e revisão crítica de itens de diversas áreas do conhecimento, para diferentes contextos educacionais. Tem vasta experiência na criação de instrumentos avaliativos alinhados à metodologia do Enem e aos critérios da Teoria de Resposta ao Item.

Contato: dahanne@gmail.com



Juliano Schimiguel

Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2006), Mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2002) e Graduação de Bacharelado em Informática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1999). Atualmente é Coordenador do Mestrado Profissional (MP) em Ensino de Ciências e Matemática, Professor Permanente do Programa de Doutorado / Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Coordenador de Estágio Supervisionado e de TGI - Trabalho de Graduação Interdisciplinar, do Curso de Bach. em Ciência da Computação, da Universidade Cruzeiro do Sul (São Paulo, SP); Professor do Centro Universitário Anchieta - UNIANCHIETA (Jundiaí, SP); Associado Profissional no Pecege da USP/Esalq (Piracicaba/SP), e Professor Formador na Pós-Graduação em Inovação na Educação Mediada Por Tecnologias na UFABC/MEC/UAB. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Interação Humano-Computador (IHC) e Engenharia de Software, atuando principalmente nos seguintes temas: desenvolvimento web, design e avaliação de interfaces, sistemas de informação geográfica, geoprocessamento, análise de sistemas, UML, UP, ensino-aprendizagem de tecnologias e matemática, conteúdos digitais interativos, objetos de aprendizagem, ambientes virtuais e colaborativos, jogos para o ensino, etc.

Contato: schimiguel@gmail.com

2. CRIAÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO ONLINE DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

Autores: Rafael Felipe Schröer e Cássia Sales Kirchner

Nos últimos anos, a educação online tornou-se uma alternativa viável, acessível e utilizada tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior. Com o apoio de tecnologias digitais, tornou-se possível levar conhecimento a pessoas em diferentes regiões, ampliando o acesso e reduzindo barreiras como distância física, limitação de horários e escassez de recursos. Entretanto, a ampliação do acesso por si só não garante a eficácia da aprendizagem, também é preciso garantir que cada estudante tenha a oportunidade de aprender de maneira significativa, considerando suas particularidades, ritmos e estilos de aprendizagem.

Como alternativa a esse desafio, a personalização do ensino por meio da utilização da Inteligência Artificial (IA) configura-se como uma estratégia pedagógica promissora. Ao possibilitar o ajuste de conteúdos, métodos e ritmos conforme as necessidades individuais dos estudantes, a IA potencializa práticas educativas centradas no aprendiz (ZAWACKI-RICHTER *et al.*, 2019). As plataformas educacionais que utilizam esse recurso tornam os conteúdos mais acessíveis ao incorporar funcionalidades como legendas automáticas, leitores de tela e tutores virtuais.



Diagnóstico Preciso

A IA analisa o desempenho dos alunos para identificar lacunas de aprendizagem e dificuldades específicas, permitindo intervenções pedagógicas mais assertivas.



Estratégias Direcionadas

Professores podem desenvolver estratégias personalizadas e ajustar a complexidade das atividades, alinhando-as a abordagens construtivistas e sociointeracionistas (Anderson, 2018; Hodges, 2020).



Engajamento e Alcance

Esses recursos tornam o processo de ensino-aprendizagem mais engajador e ampliam o alcance do conhecimento, respeitando as diversidades cognitivas, culturais e socioeconômicas dos estudantes (Harry, 2023).

A aplicação de ferramentas baseadas em IA, como chatbots, tutores inteligentes e modelos de linguagem generativos (ex: ChatGPT), tem crescido exponencialmente, impactando significativamente a mediação pedagógica. Essas tecnologias abrem portas para a criação inovadora de Objetos de Aprendizagem (OAs), cuja elaboração exige uma fusão de conhecimentos pedagógicos, tecnológicos, metodológicos e ergonômicos (Stavny *et al.*, 2021). Para que os OAs sejam eficazes, são indispensáveis avaliações contínuas e adaptações baseadas em dados de desempenho e feedback dos usuários (Holmes *et al.*, 2019).

Paralelamente à crescente adoção de recursos baseados em IA na mediação pedagógica, cresce também a preocupação com o uso dessas tecnologias no processo educativo. No livro *A Inteligência Artificial (IA) e o Processo Educacional: desafios e possibilidades na era do ChatGPT*, Josias Pereira (2023) propõe uma reflexão sobre o uso dessas ferramentas como apoio ao ensino-aprendizagem. O autor destaca que, embora a IA ofereça sugestões e melhorias linguísticas, por exemplo, a criação textual continua sendo uma atividade essencialmente humana. A IA não deve substituir o trabalho intelectual humano, mas atuar como um recurso complementar, capaz de potencializar as habilidades e a criatividade dos profissionais da educação (PEREIRA, 2023).

A Inteligência Artificial Generativa (IAG) representa uma vertente da IA que utiliza algoritmos para criar conteúdos originais a partir de comandos em linguagem natural. Modelos como o ChatGPT e o DALL-E, por exemplo, são capazes de gerar textos, imagens e códigos com base em grandes volumes de dados (UNESCO, 2024). Na educação, esse potencial pode ser aproveitado para desenvolver OAs mais dinâmicos, interativos e personalizados. Com o uso da IAG, professores e desenvolvedores educacionais podem criar atividades, avaliações, exemplos e explicações ajustadas ao conteúdo e ao perfil dos estudantes. Além disso, essa tecnologia pode atuar como uma parceira criativa no planejamento didático, auxiliando na elaboração de roteiros, na revisão de materiais e na indicação de recursos complementares.

Diante desse cenário, este capítulo tem como objetivo apresentar uma proposta de uso da IAG na criação de Objetos de Aprendizagem (OAs) voltados ao ensino de automação industrial em ambientes online. O público-alvo são estudantes de cursos técnicos ou superiores que atuam, ou desejam atuar, com Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) e necessitam de apoio para compreender os fundamentos da programação conforme a norma IEC 61131-3. A proposta parte do pressuposto de que é possível integrar a flexibilidade dos ambientes digitais ao potencial da IA proporcionando uma experiência de ensino mais rica, personalizada e alinhada às demandas da formação técnica contemporânea.

Para alcançar esse objetivo, foi realizada uma revisão da literatura sobre as principais abordagens e tecnologias de IA utilizadas na criação de OAs. O foco esteve em identificar características que tornam esses recursos mais eficazes, como a personalização, a interatividade e a adaptação ao perfil dos estudantes. A partir dessa investigação, foram reunidas orientações e sugestões para tornar os OAs mais eficientes no apoio à aprendizagem.

Com base nessas informações, foram desenvolvidos protótipos com o uso da IAG, aplicando técnicas como aprendizado de máquina e processamento de linguagem natural. A análise desses protótipos levou em conta fatores importantes, como o engajamento dos estudantes, a facilidade de acesso aos conteúdos e o desempenho nas atividades propostas.

Dessa forma, este trabalho busca contribuir com a reflexão e a prática docente ao explorar as possibilidades oferecidas pela IAG na construção de experiências de aprendizagem mais significativas e inclusivas no contexto da educação online.

Ao apresentar uma proposta aplicada ao ensino de automação industrial, pretende-se não apenas evidenciar o potencial pedagógico dessas tecnologias, mas também inspirar novas abordagens na criação de recursos educacionais que dialoguem com as necessidades formativas contemporâneas, respeitando as singularidades dos estudantes e valorizando o papel ativo dos educadores no processo educativo.

2.1 Inovação na criação de OAs com IA Generativa: cenários de decisão interativos para o ensino técnico.

A principal inovação deste trabalho reside na criação de cenários de decisão interativos, elaborados por meio da IAG, que simulam situações reais enfrentadas por profissionais na área de automação. Esses cenários são estruturados em etapas progressivas que abrangem desde a identificação de falhas até a implementação de soluções com base em normas técnicas estabelecidas. Durante essas atividades, os estudantes são desafiados a tomar decisões críticas, aplicar conhecimentos específicos e avaliar os resultados de suas intervenções, promovendo assim o desenvolvimento integrado de habilidades cognitivas e técnicas.

Esses recursos são desenvolvidos utilizando ferramentas como o H5P, que permite a criação de conteúdos interativos compatíveis com diversas plataformas educacionais, como *Moodle*, *Canvas* e *WordPress*. A compatibilidade entre essas plataformas amplia significativamente as possibilidades de adoção dos OAs em diferentes contextos institucionais, facilitando sua integração em ambientes virtuais de aprendizagem já consolidados.

Ao integrar a IAG na construção desses cenários, o trabalho propõe um modelo inovador que une teoria e prática em um ambiente *online* dinâmico. Essa abordagem não apenas oferece uma experiência personalizada de aprendizagem, mas também se alinha às exigências contemporâneas da formação técnica, que demanda flexibilidade e adaptabilidade. A utilização da IAG possibilita que os cenários sejam constantemente atualizados e ajustados, refletindo as mudanças e avanços na área da automação.

Através da análise de dados sobre o desempenho dos estudantes, a IA pode identificar padrões de aprendizagem e sugerir intervenções específicas, contribuindo para maior engajamento no processo de aprendizagem. Esse potencial é especialmente relevante em ambientes virtuais, onde a interação direta entre educadores e alunos pode ser limitada. Dessa forma, a criação de cenários de decisão interativos com a IAG não é apenas uma inovação tecnológica, mas uma estratégia pedagógica que promove uma aprendizagem mais significativa e alinhada às demandas atuais.

2.2 Fundamentação Teórica

Para embasar essa proposta, foi realizada uma ampla revisão da literatura sobre os temas centrais: Objetos de Aprendizagem, Inteligência Artificial (IA) na educação, aprendizagem adaptativa, design instrucional e automação industrial. Essa base teórica possibilitou a construção de uma abordagem pedagógica que combina elementos do construtivismo, da aprendizagem baseada em problemas e da personalização mediada por tecnologias digitais.

De acordo com Zawacki-Richter *et al.* (2019), a IA pode contribuir significativamente para o ensino ao possibilitar a personalização do conteúdo de aprendizagem com base no desempenho dos estudantes. Isso ocorre por meio de algoritmos que analisam dados de interação, identificam dificuldades e ajustam automaticamente o material de estudo conforme as necessidades detectadas. Essa abordagem está relacionada à aprendizagem adaptativa, uma estratégia pedagógica que reconhece que cada estudante aprende de maneira diferente e que o ensino deve se ajustar a essas variações.

O enfoque construtivista enfatiza a construção de novo conhecimento e maneiras de pensar mediante a exploração e a experiência ativa do estudante ao ter acesso aos conhecimentos tanto abstratos quanto concretos, e destaca que a aprendizagem ocorre através das trocas que o estudante realiza com o meio. Aspectos que favorecem a utilização da abordagem construtivista para a produção e desenvolvimento de recursos tecnológicos voltados para os processos de ensino e aprendizagem.

A aprendizagem baseada em problemas (PBL) e a aprendizagem colaborativa também são estratégias que se beneficiam do uso de tecnologias digitais e da IA. A PBL propõe que o estudante enfrente situações complexas e reais, estimulando o raciocínio crítico e a aplicação do conhecimento (GARCIA *et al.*, 2021). Já a aprendizagem colaborativa enfatiza a troca entre os participantes, criando oportunidades para a construção coletiva do saber. Com o apoio da IA, essas abordagens podem ser eficazes para organização de grupos e monitoramento das interações.

Destacam-se os estudos de Zawacki-Richter *et al.* (2019), que evidenciam a aplicação crescente da IA na educação superior, especialmente em áreas como aprendizado de máquina e processamento de linguagem natural, embora ainda haja escassez de ferramentas práticas. Holmes, Bialik e Fadel (2019) discutem os desafios éticos e técnicos da IA na educação, ressaltando a importância da transparência e da regulação no uso de algoritmos preditivos para garantir a equidade.

Aspectos sobre a formação docente para o uso da IA, foram aprofundados a partir do trabalho de Duque *et al.* (2023), que apontam a necessidade de capacitação específica dos professores para o uso eficaz e contextualizado dessas tecnologias. A regulação e a formação adequada são vistas como essenciais para a implementação responsável da IA no ensino. Além disso, o impacto da pandemia de COVID-19 na educação foi analisado por Bozkurt *et al.* (2020), que destacam o papel da IA na continuidade e adaptação do ensino remoto, oferecendo soluções inovadoras e adaptativas para o ensino a distância.

A fundamentação teórica reitera que a IA possui grande potencial para transformar a educação, mas enfrenta desafios técnicos, éticos e pedagógicos. Esses aspectos evidenciam a necessidade de mais pesquisas e validações práticas para garantir o uso efetivo e responsável da IA em contextos educacionais reais.

2.3 Objetos de Aprendizagem: Conceito e Tipos

Os OAs são definidos como recursos digitais reutilizáveis que têm como objetivo apoiar o processo educativo, sendo construídos de forma modular e flexível. Esses objetos podem ser textos, vídeos, simulações, jogos, infográficos, podcasts, entre outros, e devem possibilitar a adaptação a diferentes contextos e perfis de estudantes (WILEY, 2000). São unidades ou componentes digitais reutilizáveis, catalogados em repositórios *online* e voltados ao ensino e mediados por tecnologia. David Wiley propôs uma definição mais restrita, considerando-os recursos digitais reutilizáveis para apoiar a aprendizagem. De modo geral, são considerados elementos que, aplicados em contextos educacionais, contribuem para a prática pedagógica e podem ser criados, explorados e adaptados por professores com o auxílio de ferramentas específicas (BRAGA, 2014, p. 21 – 22). Entre os tipos de Objetos de Aprendizagem, destacam-se:



Módulos Instrucionais

Estruturam o conteúdo de forma sequencial, permitindo ao estudante progredir gradualmente no aprendizado, como apontado por Reis (2019).



Simulações

Permitem a visualização e manipulação de fenômenos ou sistemas, sendo ferramentas valiosas no ensino técnico (GARCIA et al., 2021).



Jogos Educacionais

Promovem a aprendizagem através da ludicidade, com desafios que estimulam o raciocínio e a resolução de problemas (SCHUYTEMA, 2008).



Tutores Inteligentes

Adaptam o conteúdo e oferecem feedback personalizado, conforme o desempenho do estudante (GARCIA et al., 2021).



Multimídia Interativa

Vídeos, animações e infográficos que podem ser personalizados com base nas interações dos alunos (JUNIOR et al., 2024).



OAs colaborativos

Ferramentas como wikis e fóruns que fomentam a construção conjunta do conhecimento entre os estudantes (JEONG et al., 2019).



OAs adaptativos

Utilizam IA para personalizar o ritmo, conteúdo e recursos de acordo com o perfil individual de cada estudante (ZAWACKI-RICHTER et al., 2019).

Quadro 1 – Tipos de OAs e suas principais características

Tipo de OA	Característica principal	Aplicação no ensino técnico
Módulo instrucional	Estrutura sequencial de conteúdo	Programação de CLPs em etapas
Simulação	Interação com fenômenos ou processos simulados	Controle de sistemas industriais
Jogo educacional	Aprendizagem baseada em desafios lúdicos	Exercícios com lógica de programação
Tutor inteligente	Feedback e adaptação ao perfil do estudante	Diagnóstico de falhas em CLPs
Recurso multimídia interativo	Conteúdo dinâmico e personalizado	Vídeos com explicações e animações
OA colaborativo	Interação entre estudantes	Fóruns de discussão sobre automação
OA adaptativo	Personalização com base em dados do aluno	Roteiro de estudo individualizado

Fonte: Elaboração própria com base em Wiley (2000), Garcia *et al.* (2021), Junior *et al.* (2024).

Ao serem definidos como recursos digitais reutilizáveis, desenvolvidos com o objetivo de apoiar e potencializar o processo de ensino e aprendizagem de maneira modular e flexível os OAs possibilitam que sejam combinados de diversas formas, adaptando-se aos diferentes estilos, ritmos e necessidades dos estudantes.

Entre os tipos mais tradicionais estão os OAs textuais, como artigos, e-books e documentos digitais. Esses recursos são amplamente utilizados por oferecerem conteúdo detalhado e estruturado, facilitando o aprofundamento em temas específicos. Churchill (2017) ressalta que, quando enriquecidos com elementos interativos como *hiperlinks*, anotações digitais e recursos multimídia, os textos podem proporcionar uma experiência de aprendizagem mais rica e significativa.

Os OAs multimídia, como vídeos, animações e apresentações interativas, também são amplamente adotados no ensino *online*, graças à sua capacidade de estimular vários sentidos. Mayer e Fiorella (2014) destacam que esses recursos, quando desenvolvidos com base em princípios do design instrucional multimídia, contribuem significativamente para a compreensão e retenção de conteúdos

Outro aspecto relevante são as simulações e ambientes virtuais de aprendizagem. Esses recursos oferecem experiências imersivas que permitem ao estudante experimentar conceitos e práticas em ambientes seguros e controlados. A meta-análise de Merchant *et al.* (2014)

evidencia sua eficácia especialmente no ensino de ciências e no desenvolvimento de habilidades práticas.

Os jogos educacionais, ou *serious games*, têm se consolidado como ferramentas poderosas para o engajamento e a motivação dos estudantes. Clark *et al.* (2016) demonstram que, ao promoverem o aprendizado ativo, a resolução de problemas e o trabalho colaborativo, os jogos educacionais podem ser mais eficazes que as propostas tradicionais de ensino.

Avaliações interativas, como *quizzes* e questionários digitais, também configuram uma importante categoria de OAs. Conforme Roediger e Karpicke (2006), esse tipo de recurso favorece a retenção de longo prazo e a transferência do conhecimento ao proporcionar *feedback* imediato e oportunidades de autoavaliação.

Os OAs colaborativos, como *wikis*, fóruns e documentos compartilhados, promovem a construção coletiva do conhecimento, além do desenvolvimento de habilidades de comunicação e colaboração. Jeong *et al.* (2019) destacam seu papel na aprendizagem social, especialmente em ambientes *online*.

Já os recursos auditivos, como *podcasts*, vêm se destacando por sua acessibilidade e adaptabilidade, especialmente para o uso em dispositivos móveis e para estudantes com preferências auditivas de aprendizagem. Hew (2008) ressalta que os *podcasts* oferecem uma alternativa flexível e eficaz para o consumo de conteúdos educacionais.

Infográficos e recursos visuais são especialmente eficazes na apresentação de dados complexos de forma clara e atrativa. Lyra *et al.* (2016) demonstram que esses recursos podem melhorar significativamente a compreensão e a retenção de informações, sendo ideais para conteúdos com grande carga conceitual ou estatística.

Mais recentemente, os OAs adaptativos, baseados em IA, têm ganhado destaque. Esses objetos utilizam algoritmos para personalizar o conteúdo, o ritmo e as estratégias de ensino de acordo com o perfil do estudante. Zawacki-Richter *et al.* (2019) consideram essa categoria um avanço significativo na busca por experiências de aprendizagem verdadeiramente personalizadas e eficazes.

A eficácia dos OAs, requer planejamento adequado, Bates (2022) salienta a importância de alinhar o *design* instrucional às teorias de aprendizagem e aos objetivos educacionais, promovendo o envolvimento ativo dos estudantes. Hodgins (2002) complementa ao afirmar que OAs bem elaborados devem não apenas transmitir conhecimento, mas também promover o desenvolvimento de habilidades e atitudes.

Conforme Fabre *et al.* (2003), a padronização dos formatos e o uso de metadados são estratégias fundamentais para garantir que os objetos possam ser utilizados em diferentes plataformas e ambientes virtuais de aprendizagem e atendam aos critérios de acessibilidade, assegurando que estudantes com diferentes necessidades possam se beneficiar de forma equitativa (Seale, 2013).

2.4 Inteligência Artificial Generativa na Educação

A Inteligência Artificial Generativa (IAG) representa uma evolução significativa no uso de tecnologias educacionais, permitindo a criação automatizada de conteúdos personalizados a partir de comandos em linguagem natural. Com o apoio de modelos como os LLMs (Modelos de Linguagem de Grande Escala) e das Redes Generativas Adversariais (GANs), é possível gerar textos, imagens, vídeos e códigos de forma inédita, o que abre caminhos para uma prática pedagógica mais criativa, interativa e adaptada às singularidades dos estudantes.

A implementação da IAG fortalece abordagens centradas no aluno, como a Aprendizagem Adaptativa e a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). Através da análise de dados e da geração de feedback instantâneo, a IA pode monitorar o progresso individual, propor desafios ajustados ao nível de cada estudante e fomentar o engajamento ativo na resolução de problemas reais. Além disso, a IAG contribui para ambientes colaborativos mais integrados, sugerindo estratégias, monitorando a participação e incentivando o diálogo entre os pares, favorecendo a construção coletiva do conhecimento.



Historicamente, a IA na educação passou de uma presença marginal nas décadas passadas para um papel de protagonismo a partir da década de 2010, com destaque nos anos recentes. As pesquisas sobre o tema cresceram abordando questões como a relação professor-aluno, o desenvolvimento humano,

os impactos didáticos, os desafios do plágio e os riscos dos algoritmos. Em especial, as mudanças nas práticas de escrita e avaliação têm gerado debates sobre autoria, originalidade e uso ético das ferramentas, exigindo que professores e alunos desenvolvam competências digitais críticas.

O uso da IAG na educação exige atenção a desafios éticos, pedagógicos e estruturais. A privacidade dos dados dos estudantes deve ser rigorosamente protegida, exigindo conformidade com legislações como a LGPD e o GDPR (LIMA; KOCHHANN, 2023). Também é necessário evitar o reforço de práticas instrucionistas, que podem limitar o desenvolvimento de competências críticas e criativas (HOLMES et al., 2019). A desigualdade de acesso à tecnologia representa outro obstáculo, sendo essencial a implementação de políticas públicas voltadas à inclusão digital, infraestrutura adequada e formação docente (MONTEIRO et al., 2024; SELWYN, 2019). Assim, embora a IA possa ser uma aliada poderosa, o papel do professor permanece indispensável como mediador, orientador e promotor do desenvolvimento humano integral.

2.5 Metodologia

Partindo da questão norteadora sobre o impacto da aplicação da Inteligência Artificial Generativa (IAG) na criação de Objetos de Aprendizagem (OAs) interativos, especificamente cenários de decisão para o ensino de automação industrial em ambientes *online*, no engajamento e desenvolvimento de habilidades cognitivas e técnicas de estudantes de nível técnico e superior, esta pesquisa adotou uma abordagem mista (qualitativa e quantitativa)

e foi estruturada desde a fundamentação teórica até a implementação prática de um protótipo de OA. Os algoritmos de aprendizado de máquina, sistemas adaptativos e ferramentas interativas foram examinados com o objetivo de aprimorar a personalização e a interatividade dos recursos educacionais.

O uso da IAG na educação exige uma atenção rigorosa a desafios éticos, pedagógicos e estruturais:

1	Privacidade de Dados É crucial proteger a privacidade dos dados dos estudantes, exigindo conformidade com legislações como a LGPD no Brasil e o GDPR na Europa, garantindo o uso responsável das informações.
2	Evitar Práticas Instrucionistas É necessário prevenir que a IA reforce abordagens meramente instrucionistas, que podem limitar o desenvolvimento de competências críticas e a criatividade dos alunos.
3	Desigualdade de Acesso Ainda existe uma significativa desigualdade no acesso à tecnologia. Políticas públicas, infraestrutura adequada e formação docente são essenciais para promover a inclusão digital.

Assim, embora a IAG possa ser uma aliada poderosa na transformação educacional, o papel do professor permanece indispensável como mediador, orientador e promotor do desenvolvimento humano integral, assegurando que a tecnologia sirva a propósitos pedagógicos bem definidos e éticos.

Inicialmente, realizou-se um levantamento teórico, através de uma revisão sistemática da literatura utilizando palavras-chave como Inteligência Artificial Generativa, Objetos de Aprendizagem, automação industrial, engajamento e habilidades, refinando a busca em bases de dados da *Web of Science*, *Scopus*, *Google Scholar*, teses, dissertações, livros, revistas e sites. Posteriormente, a metodologia envolveu o design instrucional e a criação de um protótipo de OA interativo com IAG, seguido por testes funcionais em ambiente online integrado à plataforma H5P e *Moodle*, coleta de dados de uso e, finalmente, análise do engajamento dos estudantes e proposta de melhorias para o protótipo.

A investigação teórica preliminar revelou lacunas importantes no uso da IA na educação, incluindo a escassez de exemplos práticos, a limitada integração com abordagens pedagógicas modernas, a falta de foco na experiência do usuário, desafios técnicos, de infraestrutura e éticos relacionados a dados e privacidade.

2.6 Resultados

A revisão da literatura evidencia que, embora o uso da Inteligência Artificial (IA) na educação esteja em expansão, seu potencial permanece limitado por diversos fatores. Entre os principais desafios estão a falta de integração com metodologias ativas, a escassez de exemplos concretos de uso em sala de aula, problemas de usabilidade, restrições técnicas e questões éticas. Além disso, há uma ausência de avaliações que considerem a retenção de conhecimento a longo prazo e uma predominância de estudos realizados em ambientes laboratoriais, o que dificulta a aplicação dos resultados em contextos reais de ensino-aprendizagem.

Apesar do crescente interesse pelo uso da IA na educação, os trabalhos analisados indicam que há uma escassez de exemplos concretos e práticos de como essa tecnologia pode ser utilizada para criar objetos de aprendizagem OA. A maioria dos estudos se concentra em discussões teóricas ou em projetos-piloto com alcance limitado, sem detalhar as etapas de desenvolvimento ou os resultados obtidos em um contexto real de ensino-aprendizagem (ZAWACKI-RICHTER *et al.*, 2019). Assim, os resultados de pesquisas em laboratório devem ser interpretados com cautela ao serem generalizados para cenários reais de aprendizagem, pois as condições de aprendizado podem ser influenciadas por fatores contextuais não presentes no laboratório (ROEDIGER; KARPICKE, 2006).

Muitas aplicações de IA na educação ainda se baseiam em modelos instrucionistas tradicionais, como tutoriais passo a passo, sem levar em conta os princípios das teorias de aprendizagem ativas, como a aprendizagem baseada em projetos, a aprendizagem baseada em problemas e a aprendizagem colaborativa (HOLMES *et al.*, 2019). Essa falta de integração limita o potencial da IA para promover uma aprendizagem mais significativa e engajadora.

A maioria das ferramentas e plataformas de IA na educação não são projetadas com foco na experiência do usuário, o que pode dificultar sua adoção e utilização por professores e estudantes. Faltam interfaces intuitivas, recursos de personalização e mecanismos de feedback eficazes (SEALE, 2013).

A implementação da IA na educação em larga escala enfrenta desafios técnicos significativos, como a necessidade de infraestrutura tecnológica robusta, acesso à internet de alta velocidade, integração com sistemas de gestão de aprendizagem existentes e desenvolvimento de algoritmos eficazes e adaptativos (HOLMES *et al.*, 2019).

A utilização de pós-teste para avaliar a aprendizagem não permite analisar a retenção do conhecimento a longo prazo, um aspecto importante para a aprendizagem robusta. Mayer (2009) destaca a importância de se considerar tanto o desempenho imediato quanto a retenção a longo prazo ao se avaliar a efetividade de recursos multimídia na educação (LYRA *et al.*, 2016).

Tabela dinâmica 1 – Principais Estudos sobre IA na Educação realizados nesse trabalho

Anderson, Reder e Simon (1996)

Objetivo do Estudo: Discutir a validade de pesquisas laboratoriais na educação.
Método Utilizado: Estudo teórico e comparativo.
Principais Tecnologias de IA: Não aplicável diretamente.
Contribuições Principais: Crítica à generalização de estudos laboratoriais. Achados da psicologia cognitiva aplicados em contextos como o ensino e a resolução de problemas.
Limitações Apontadas: Limitações de validade externa.
Resultados Relevantes: Alerta sobre diferenças entre laboratório e sala de aula

Bozkurt et al. (2020)

Objetivo do Estudo: Estudar o impacto da COVID-19 na educação *online*
Método Utilizado: Revisão Global
Principais Tecnologias de IA: IA aplicada em plataformas de ensino *online*
Contribuições Principais:Sistematiza os efeitos imediatos da pandemia sobre a educação formal
Limitações Apontadas: Enfatiza a tecnologia como solução, sem discutir de forma crítica seus limites pedagógicos e sociais.
Resultados Relevantes: Conclui que a IA é uma ferramenta necessária para superar os desafios impostos pela educação remota.

Duque et al. (2023)

Objetivo do Estudo: Analisar a formação docente para uso de IA
Método Utilizado: Estudo de Caso com Professores
Principais Tecnologias de IA: Aprendizado de Máquina
Contribuições Principais: Contribuição significativa para o entendimento dos desafios e oportunidades na formação de professores frente à integração da inteligência artificial na educação
Limitações Apontadas: Evidencia a necessidade de pesquisas adicionais que abordem aspectos práticos e contextuais dessa temática.
Resultados Relevantes: Sugere a necessidade de formação específica para docentes e a dificuldade de adaptação da IA ao contexto escolar.

Holmes et al. (2019)

Objetivo do Estudo: Investigar os desafios e limitações da IA na educação.
Método Utilizado: Análise teórica e revisão crítica.
Principais Tecnologias de IA: Algoritmos de Análise Preditiva. Tutoriais inteligentes e adaptabilidade
Contribuições Principais: Crítica aos modelos tradicionais e desafios éticos.
Limitações Apontadas: Predomínio de abordagens instrucionistas.
Resultados Relevantes: Aponta os riscos éticos relacionados a vieses nos algoritmos e recomenda transparência e regulação de dados.

Mayer (2009); Lyra et al. (2016)

Objetivo do Estudo: Analisar a eficácia da aprendizagem multimídia.
Método Utilizado: Revisões e estudos empíricos.
Principais Tecnologias de IA: Agentes pedagógicos, animações.
Contribuições Principais: Importância da multimodalidade na aprendizagem.
Limitações Apontadas: Avaliação limitada à curto prazo.
Resultados Relevantes: Defesa da inclusão da retenção como métrica de eficácia.

Pereira, J. A (2023)

Objetivo do Estudo: Como a Inteligência Artificial pode ser utilizada para aprimorar a escrita e planejamento docente
Método Utilizado: Experiência pessoal do autor com o ChatGPT, onde foram oferecidas alternativas e sugestões de aprimoramento ao texto.
Principais Tecnologias de IA: Chatbot, especificamente o ChatGPT para a elaboração textual.
Contribuições Principais: O autor explora como a IA pode transformar o processo educacional, destacando benefícios como a personalização do ensino, feedback imediato e melhoria na eficiência do ensino.
Limitações Apontadas: O livro baseia-se principalmente em análises teóricas e exemplos práticos, podendo beneficiar-se de estudos empíricos que validem as propostas apresentadas.
Resultados Relevantes: Aspectos sobre o uso da IA considerando as particularidades de cada área e preocupações quanto ao uso excessivo da tecnologia.

Roediger e Karpicke (2006)

Objetivo do Estudo: Investigar o impacto do teste na retenção do conhecimento.
Método Utilizado: Estudo experimental.
Principais Tecnologias de IA: Não aplicável diretamente.
Contribuições Principais: Importância do teste para retenção.
Limitações Apontadas: Foco excessivo em pós-testes imediatos.
Resultados Relevantes: Evidência da eficácia do teste para retenção a longo prazo.

Seale (2013)

Objetivo do Estudo: Estudar o design centrado no usuário em tecnologias educacionais.
Método Utilizado: Pesquisa qualitativa e estudos de caso.
Principais Tecnologias de IA: Plataformas adaptativas, feedback automático.
Contribuições Principais: Ênfase na experiência do usuário.
Limitações Apontadas: Falta de interfaces intuitivas.
Resultados Relevantes: Recomendações para melhoria na usabilidade.

A proposta de objeto de aprendizagem apresentada busca enfrentar essas limitações ao desenvolver uma experiência formativa aplicada, contextualizada e orientada por IA, voltada à capacitação técnica em automação industrial com foco na programação de Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), conforme a norma IEC 61131-3. A estrutura da proposta integra teoria, prática e avaliação contínua em diferentes etapas que promovem o protagonismo do estudante e o uso de estratégias interativas.

O projeto se alinha a práticas pedagógicas modernas ao incorporar metodologias ativas, como simulações, resolução de problemas e discussões em grupo. Essa abordagem contrasta com o modelo instrucionista tradicional identificado na maioria das aplicações de IA educacional, e busca promover uma aprendizagem mais significativa e engajadora. Outro avanço importante é o detalhamento de atividades práticas com uso de simuladores e cenários de decisão realistas, superando a limitação dos estudos teóricos e dos projetos-piloto com escopo restrito.

Além disso, a proposta foca na experiência do usuário ao incorporar assistentes de programação em tempo real, *feedback* automatizado, recomendações personalizadas e interfaces interativas, enfrentando diretamente as críticas sobre a baixa usabilidade das ferramentas de IA existentes. A estrutura proposta considera também aspectos técnicos relevantes, como a utilização de plataformas amplamente adotadas (*Moodle*, *Codesys*, *Google Classroom*) e o uso combinado de recursos síncronos e assíncronos, demonstrando preocupação com a viabilidade de implementação em diferentes contextos.

Embora não resolva por completo a escassez de dados educacionais e algoritmos específicos para o ensino, o projeto contribui ao gerar dados em contexto real de aprendizagem, permitindo ajustes baseados no desempenho dos estudantes. Ainda que as questões éticas e de privacidade não estejam plenamente desenvolvidas, a proposta pode ser aprimorada com a inclusão de diretrizes sobre transparência algorítmica, proteção de dados e mitigação de viés, aspectos fundamentais para o uso responsável da IA.

A avaliação dos estudantes, baseada em cenários práticos e análise automatizada de desempenho, representa uma tentativa relevante de aproximar a avaliação ao contexto real de trabalho. Entretanto, recomenda-se o acompanhamento longitudinal dos dados para considerar a retenção de conhecimento, uma dimensão essencial da aprendizagem.

2.7 Considerações Finais

A revisão da literatura sobre o uso da IA (IA) na educação revela uma série de desafios que ainda limitam seu pleno potencial. Um dos principais entraves identificados é a escassez de exemplos concretos que demonstrem a aplicação da IA em contextos reais de ensino-aprendizagem. A maioria dos estudos permanece no campo teórico ou em projetos-piloto de escopo restrito, sem detalhar com clareza as etapas de desenvolvimento de OAs nem seus resultados práticos (Zawacki-Richter *et al.*, 2019).

Outro aspecto importante é a falta de integração entre as tecnologias de IA e os princípios pedagógicos modernos. Muitos sistemas educacionais baseados em IA seguem modelos tradicionais, com foco em tutoriais ou instruções lineares, desconsiderando abordagens ativas como aprendizagem baseada em projetos, problemas ou colaboração (Holmes *et al.*, 2019). Isso limita o engajamento dos estudantes e a construção significativa do conhecimento, contrariando tendências educacionais contemporâneas.

Além disso, observa-se uma atenção insuficiente à experiência do usuário nas ferramentas de IA aplicadas à educação. Interfaces pouco intuitivas, ausência de opções de personalização e a falta de mecanismos de feedback dificultam o uso tanto por professores quanto por estudantes, desestimulando a adoção mais ampla dessas tecnologias (Seale, 2013). O design centrado no usuário ainda é uma lacuna importante a ser superada.

No campo técnico, a implementação da IA em escala enfrenta sérios desafios. Barreiras como a infraestrutura tecnológica inadequada, a necessidade de conexão de internet rápida, a compatibilidade com sistemas já existentes e o desenvolvimento de algoritmos adaptativos dificultam a aplicação prática em redes públicas e privadas de ensino (Holmes *et al.*, 2019). Isso afeta principalmente contextos escolares com menos recursos.

Outro obstáculo importante está na escassez de dados educacionais de qualidade e na ausência de algoritmos desenvolvidos especificamente para o contexto pedagógico. A IA depende fortemente de grandes volumes de dados para funcionar de forma eficaz, mas os dados disponíveis são, muitas vezes, insuficientes ou inadequados para representar a complexidade dos processos de ensino e aprendizagem (Zawacki-Richter *et al.*, 2019).

As preocupações éticas e de privacidade também merecem destaque. O uso da IA na educação levanta questões delicadas, como o viés algorítmico, a coleta e uso de dados pessoais dos estudantes e a transparência das decisões automatizadas (Holmes *et al.*, 2019). A literatura carece de diretrizes claras sobre como mitigar esses riscos, o que compromete a confiança de educadores e instituições na adoção dessas ferramentas.

Espera-se que este trabalho possa contribuir para o desenvolvimento de novos recursos educacionais que tornem o ensino técnico mais eficaz e atrativo, e que sirva como referência para educadores que desejam explorar as possibilidades da IA na construção de materiais pedagógicos inovadores.



Referências Bibliográficas

ANDERSON, J. R. *Cognitive psychology and its implications*. 8. ed. New York: Worth Publishers, 2015.

BACICH, L.; MORAN, J. M. *Metodologias ativas para uma educação inovadora*. Porto Alegre: Penso, 2017.

BATES, A. W. *Educar na era digital: design, ensino e aprendizagem*. Tradução de João Mattar et al. São Paulo: Artesanato Educacional, 2022. Disponível em:

http://abed.org.br/arquivos/Educar_na_Era_Digital.pdf. Acesso em: 2 jan. 2025.

BLOOM, B. S. et al. *Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals*. New York: David McKay, 1956.

BOZKURT, A. et al. A global outlook to the interruption of education due to COVID-19 pandemic. *Asian Journal of Distance Education*, v. 15, n. 1, 2020.

BRAGA, J.; MENEZES, L. Introdução aos objetos de aprendizagem. In: BRAGA, Juliana Cristina (org.). *Objetos de aprendizagem: volume 1 – introdução e fundamentos*. Santo André: Editora da UFABC, 2014.

CHURCHILL, D. *Digital resources for learning*. Singapore: Springer, 2017.

CLARK, D. B.; TANNER-SMITH, E. E.; KILLINGSWORTH, S. S. Digital games, design, and learning: a systematic review and meta-analysis. *Review of Educational Research*, v. 86, n. 1, p. 79–122, mar. 2016. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.3102/0034654315582065>. Acesso em: 2 jan. 2025.

DUQUE, J. C. et al. Formação docente para o uso da inteligência artificial na educação: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Educação*, v. 28, 2023.

FABRE, M. C. J.; TAMUSIUNAS, F.; TAROUÇO, L. M. R. Reusabilidade de objetos educacionais. *Revista Novas Tecnologias na Educação (RENTE)*, Porto Alegre, v. 1, n. 1, 2003. DOI: 10.22456/1679-1916.13628. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/rente/article/view/13628>. Acesso em: 2 jan. 2025.

GARCIA, Leandro Guimarães et al. Uso das tecnologias digitais como suporte para a aprendizagem na era da educação e indústria 4.0. *Portal de Livros da Editora*, v. 1, n. 4, p. 290, 2021. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/editora/article/view/12022>. Acesso em: 12 fev. 2025.

HARRY, A. Role of AI in education. *Interdisciplinary Journal of Humanity (INJURITY)*, v. 2, n. 3, p. 260–268, mar. 2023. Disponível em: <https://injury.pusatpublikasi.id/index.php/inj/article/view/52>. Acesso em: 2 fev. 2025.

- HODGES, C. et al. The difference between emergency remote teaching and online learning. 2020. Disponível em: <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- HODGINS, H. The future of learning objects. In: *Proceedings of the 2002 eTEE Conference*. 2002. Disponível em: <https://dc.engconfintl.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1012&context=etechnologies>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- HOLMES, W.; BIALIK, M.; FADEL, C. *Artificial intelligence in education: promises and implications for teaching and learning*. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019.
- JEONG, H.; HMELO-SILVER, C. E.; JO, K. Ten years of computer-supported collaborative learning: a meta-analysis of CSCL in STEM education (2005–2014). *Educational Research Review*, v. 28, p. 100284, nov. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X19302775>. Acesso em: 12 dez. 2024.
- JUNIOR, P. V. et al. Objetos de aprendizagem multimodais baseados em inteligência artificial: uma proposta para ambientes adaptativos. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 22, 2024.
- LIMA, J. S.; KOCHHANN, R. A. Privacidade de dados na educação digital: desafios e regulamentações. *Cadernos de Educação*, v. 31, 2023.
- LYRA, K. T. et al. Infographics or graphics + text: which material is best for robust learning? In: *2016 IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*. IEEE, 2016. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1605.09170>. Acesso em: 11 nov. 2024.
- MAYER, R. E. *Multimedia learning*. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2009.
- MAYER, R. E.; FIORELLA, L. Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning. In: *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p. 279–315. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/books>. Acesso em: 2 jan. 2025.
- MERCHANT, Z. et al. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: a meta-analysis. *Computers & Education*, v. 70, p. 29–40, jan. 2014. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/d3ebccd04d0232ebb62c1feec586b4d780ba2840>. Acesso em: 7 fev. 2025.
- PEREIRA, J. *A inteligência artificial e o processo educacional: desafios e possibilidades na era do ChatGPT*. São Paulo: Autores Associados, 2023.
- ROEDIGER, H. L.; KARPICKE, J. D. Test-enhanced learning: taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science*, v. 17, n. 3, p. 249–255, mar. 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/7270829>. Acesso em: 16 set. 2024.
- SANTOS, V. et al. ChatGPT na educação: riscos e possibilidades. *Educação & Sociedade*, v. 44, 2023.

SEALE, J. *E-learning and disability in higher education: accessibility research and practice*. New York: Routledge, 2013.

STAVNY, F. M. et al. Em busca de compreensões sobre utilização de recursos digitais na criação de objetos de aprendizagem de matemática. *REVEMAT – Revista Eletrônica de Educação Matemática*, Florianópolis, v. 16, p. 1–22, jan./dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2021.e80312>. Acesso em: 8 ago. 2024.

UNESCO. *Guidance for generative AI in education and research*. Paris: UNESCO, 2024.

WILEY, D. Objetos de aprendizagem necessitam da teoria do design instrucional. In: ROSSET, A. (org.). *Manual de e-learning da ASTD: melhores práticas, estratégias e estudos de caso para um campo emergente*. New York: McGraw-Hill, 2002. p. 115–126.

ZAWACKI-RICHTER, O. et al. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 16, 2019.

Sobre os Autores



Rafael Felipe Schröer

Engenheiro mecânico com experiência em processos de fabricação, robótica e soldagem, mestrando em Engenharia Mecânica na UFABC. Atua como Instrutor de Educação Profissional no Senai/São Paulo.

Contato: rafael.felipe.schroer@gmail.com



Cássia Sales Kirchner

É pedagoga com mestrado e doutorado em Educação. Trabalha com temas relacionados a formação docente, currículo, didática e metodologias ativas. Atuou na educação básica como professora, orientadora e diretora de escola nas Redes Municipais de Ensino de Bragança Paulista, Atibaia e Campinas. Atualmente, coordena o curso de Pedagogia na UNIFAAT, onde leciona disciplinas relacionadas aos fundamentos da educação. Na UFABC, compõe o grupo de professores formadores da especialização em Inovação na Educação Mediada por Tecnologias.

Contato: kirchnercassia@gmail.br/cassia.sales@ufabc.edu.br

3. APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PERSONALIZAÇÃO DO APRENDIZADO DE ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS EM CURSOS STEM

Autores: Elisabete Ferreira dos Santos Gomes Silva e Juliano Schimiguel

Este capítulo investiga a aplicação da Inteligência Artificial (IA) na personalização do aprendizado de estudantes universitários em cursos de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática). O objetivo é demonstrar como a IA pode adaptar conteúdos e métodos educacionais, atendendo às necessidades individuais dos alunos e promovendo um aprendizado mais eficiente e envolvente. A metodologia adotada inclui uma revisão da literatura sobre aplicações de IA na educação e a análise de estudos de caso que evidenciam os impactos positivos e os desafios dessa tecnologia no contexto acadêmico. A pesquisa busca demonstrar que a IA não apenas potencializa o aprendizado, mas também expande as possibilidades de ensino personalizado, contribuindo para a inovação educacional e o futuro do ensino superior. Além disso, a análise prevê que o uso de sistemas de recomendação e algoritmos de aprendizado de máquina oferecerá um diferencial significativo para estudantes em áreas como Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, onde os conteúdos apresentam complexidade elevada e exigem um alto nível de engajamento e retenção de conhecimento. Acredita-se que as trilhas de aprendizado personalizadas, geradas a partir de IA, promoverão um alinhamento entre o ritmo e o estilo de aprendizado dos alunos, resultando em melhores taxas de retenção e maior satisfação."

3.1 Introdução

A evolução acelerada das tecnologias digitais tem transformado diversos setores da sociedade, e a educação superior não é exceção. Nesse contexto, a Inteligência Artificial (IA) emerge como uma força transformadora, com o potencial de otimizar desde processos administrativos até a personalização do aprendizado.

Nos cursos de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), que exigem um alto nível de raciocínio lógico e abstração, a IA oferece novas perspectivas para adaptar conteúdos e métodos de ensino às necessidades individuais dos estudantes. A crescente insatisfação com os métodos tradicionais de ensino em cursos STEM, frequentemente caracterizados por abordagens lineares e pouco adaptáveis, evidencia a necessidade de investigar a eficácia da Inteligência Artificial (IA) na personalização do aprendizado. Métodos de ensino personalizados, facilitados por IA, têm demonstrado potencial para melhorar o desempenho acadêmico, o engajamento e a retenção dos estudantes em áreas complexas como STEM (Albuquerque, Abreu, & Lima, 2024).

Essa personalização é particularmente relevante em um cenário educacional como o do Brasil, onde desafios como a desigualdade de acesso à educação de qualidade, altas taxas de evasão e lacunas no aprendizado básico ainda são uma realidade. A Inteligência Artificial, por meio de algoritmos de aprendizado de máquina e sistemas de recomendação, tem demonstrado um potencial significativo para adaptar métodos de ensino, como feedback adaptativo e trilhas de aprendizado personalizadas, às necessidades e ritmos específicos de cada estudante.

Além disso, a personalização mediada por IA pode atender às demandas de estudantes com diferentes níveis de aprendizado, ritmo e estilo, contribuindo para superar dificuldades específicas e reduzir desigualdades educacionais. Essa abordagem respeita a individualidade do aluno, ao mesmo tempo em que amplia as possibilidades de aprendizado, motivando-os a alcançar melhor desempenho acadêmico e maior compreensão dos conteúdos.

Com base nisso, as perguntas que orientam este capítulo são:

- ❓ Quais são as possibilidades e os desafios do uso da Inteligência Artificial para personalizar o aprendizado em cursos de STEM?
- ❓ Como essa personalização pode impactar a experiência acadêmica dos estudantes e os resultados de aprendizagem?
- ❓ De que forma os desafios éticos podem ser mitigados para garantir uma aplicação responsável e inclusiva da IA no contexto educacional?

3.2 Inovação e Abordagem Pedagógica

A inovação no presente trabalho reside na aplicação da Inteligência Artificial (IA) como ferramenta para personalizar o aprendizado em cursos de STEM, promovendo uma mudança intencional nas práticas educativas. Segundo Gouvêa (2019), a inovação na educação é um processo intencional de mudança de uma prática educativa que incorpora um ou mais aspectos novos a essa prática. Nesse contexto, a personalização do aprendizado com IA alinha-se aos princípios das abordagens pedagógicas do século XX, sendo uma mudança estratégica e essencial para atender às necessidades educacionais contemporâneas.

A proposta de personalização do aprendizado mediada pela IA em cursos de STEM constitui uma abordagem inovadora, capaz de transformar a experiência educacional ao se adaptar ao perfil individual de cada estudante. Esta seção explora os fundamentos teóricos da IA na educação, destacando os principais modelos de personalização mais relevantes para os cursos de STEM. Entre os modelos mais significativos, destacam-se as aplicações de "Tutoria Inteligente" e "Simuladores Virtuais". A "Tutoria Inteligente" utiliza algoritmos de IA para oferecer feedback imediato e personalizado, proporcionando suporte contínuo aos alunos conforme suas necessidades e progresso no aprendizado. Já os "Simuladores Virtuais" permitem a criação de ambientes dinâmicos onde os alunos podem explorar conceitos científicos, matemáticos e tecnológicos de forma prática e interativa, adaptando-se ao seu nível de conhecimento e estilo de aprendizado.

Esses modelos têm se mostrado particularmente eficazes em cursos superiores de STEM, onde os alunos enfrentam desafios de complexidade e abstração. A integração de tais ferramentas com os currículos acadêmicos oferece oportunidades para criar uma experiência de aprendizado mais adaptativa, que pode melhorar o desempenho e o engajamento dos alunos.

No que tange às abordagens pedagógicas, este trabalho se fundamenta em princípios construtivistas e sociointeracionistas. A abordagem construtivista, influenciada por autores como Piaget, enfatiza o papel ativo do aluno na construção do conhecimento, onde o aprendizado é um processo contínuo de adaptação e reorganização das estruturas mentais. A IA, nesse contexto, atua como uma ferramenta que auxilia o aluno a explorar, experimentar e construir seu próprio conhecimento, adaptando-se ao seu ritmo e estilo de aprendizado.

A abordagem sociointeracionista, influenciada por Vigotsky, destaca a importância da interação social e da colaboração no processo de aprendizado. A IA, nesse contexto, pode facilitar a interação entre os alunos e o professor, promovendo a discussão, o debate e a troca de ideias. Além disso, a IA pode fornecer feedback personalizado e adaptativo, auxiliando o aluno a superar suas dificuldades e a alcançar seu potencial máximo.

Para evidenciar os benefícios da personalização mediada por IA, será elaborada uma tabela comparativa entre os métodos tradicionais de ensino e os métodos que utilizam IA. Essa comparação destacará ganhos como maior engajamento dos alunos, adaptação ao nível de conhecimento e eficiência na absorção de conteúdos.

Como forma de destacar a aplicabilidade deste estudo no contexto nacional, a plataforma Geekie será utilizada como um exemplo de IA brasileira voltada para personalização do aprendizado em STEM. A Geekie é uma edtech consolidada no Brasil, que utiliza algoritmos de IA para recomendar conteúdos adaptados ao perfil dos estudantes, tornando-se uma referência na inovação educacional.

3.3 Fundamentação Teórica

Para compreender a aplicação da Inteligência Artificial (IA) na personalização do aprendizado em cursos de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), é essencial explorar os pilares teóricos que sustentam essa abordagem.

A IA tem se destacado como uma ferramenta transformadora na educação, oferecendo novas perspectivas para adaptar conteúdos e métodos de ensino às necessidades individuais dos estudantes.

Goodfellow, Bengio e Courville (2016), em sua obra "Deep Learning", fornecem uma base robusta para entender os mecanismos da IA aplicados à educação, explorando o funcionamento de redes neurais e algoritmos de aprendizado profundo, que são a base de muitas ferramentas educacionais modernas. Esses algoritmos permitem que a IA aprenda com grandes volumes de dados e ajuste sua capacidade de resposta, criando sistemas adaptativos cruciais em contextos educacionais.



Calaça (2023) explora a aplicação da IA no ensino de geometria para alunos do ensino fundamental, destacando o papel da IA na promoção de uma abordagem mais prática e visual do aprendizado de conceitos matemáticos, adaptando o conteúdo e os exercícios às necessidades de cada aluno para uma experiência de aprendizado mais individualizada e engajadora.

Carvalho (2009) aborda como objetos de aprendizagem interativos auxiliam no aprendizado de disciplinas teóricas, promovendo uma experiência mais prática e visual, tornando-se ainda mais eficazes quando aliados à IA, permitindo uma adaptação dinâmica ao ritmo de cada estudante e promovendo um aprendizado mais ativo e participativo.

Durso (2022) realizou uma revisão sistemática da literatura sobre a aplicação da IA em Educação a Distância (EaD), identificando os desafios e oportunidades dessa integração, mostrando que a IA em EaD pode superar barreiras como o isolamento do aluno e a ausência de feedback imediato, fornecendo respostas automatizadas e suporte contínuo, embora existam desafios como questões de ética, segurança de dados e capacitação dos professores.

Franqueira et al. (2024) discutem a IA como ferramenta para personalizar a aprendizagem, permitindo que o conteúdo educacional seja ajustado para atender ao estilo de aprendizado, ritmo e necessidades de cada aluno, especialmente útil em ambientes com grande diversidade de habilidades, como salas de aula tradicionais e cursos online, visão reforçada por Junior et al. (2024), que detalham como algoritmos de IA podem adaptar conteúdos e gerenciar o progresso individual dos alunos. Silveira (2023) explora a importância das competências digitais na formação de professores, ressaltando a necessidade de preparar os educadores para usar ferramentas de IA de forma eficaz, compreendendo como a IA pode transformar a dinâmica da sala de aula e apoiar a personalização do ensino.

Ota (2018) explora a adaptatividade em ambientes virtuais de aprendizado, propondo uma metodologia para personalizar o aprendizado em cursos híbridos de ensino superior, onde a adaptatividade, proporcionada pela IA, é fundamental para criar uma experiência educacional que se ajuste ao nível de conhecimento e progresso do aluno.

Jesus et al. (2024) examinam o uso da IA na educação pública, abordando as vantagens e desvantagens da sua implementação. Entre os benefícios, destacam-se o aumento da acessibilidade e a personalização do ensino, que pode beneficiar alunos com diferentes níveis de conhecimento e habilidades.

. Contudo, os autores também apontam limitações, como a falta de infraestrutura e a necessidade de investimento em formação para professores. Este estudo é particularmente relevante, pois reflete a situação das escolas públicas e as dificuldades específicas que elas enfrentam para incorporar novas tecnologias.

Nascimento (2024) analisa o impacto do ChatGPT como ferramenta de suporte ao aprendizado, discutindo tanto o potencial transformador quanto as limitações dessa tecnologia. Nascimento destaca que, embora o ChatGPT ofereça um apoio valioso ao fornecer respostas imediatas e personalizadas, seu uso indiscriminado pode levar ao plágio e impactar negativamente a autonomia dos estudantes. Esse trabalho oferece uma reflexão importante sobre o uso responsável da IA na educação e sugere a necessidade de diretrizes que orientem o uso dessas ferramentas.

Por fim, Sousa et al. (2011) discutem o papel das tecnologias digitais, incluindo a IA, na inovação educacional. Este trabalho examina a necessidade de desenvolver competências digitais tanto em alunos quanto em professores, para que a tecnologia seja utilizada de maneira eficaz e ética. Sousa e colaboradores sugerem que a IA não deve ser vista apenas como uma ferramenta, mas como um meio de transformar a prática pedagógica e estimular a inovação na educação.

Além dos pilares teóricos da IA, este trabalho se fundamenta em abordagens pedagógicas como o construtivismo e o sociointeracionismo. A abordagem construtivista, influenciada por autores como Piaget, enfatiza o papel ativo do aluno na construção do conhecimento, onde o aprendizado é um processo contínuo de adaptação e reorganização das estruturas mentais. A abordagem sociointeracionista, influenciada por Vigotsky, destaca a importância da interação social e da colaboração no processo de aprendizado. A IA, nesse contexto, atua como uma ferramenta que auxilia o aluno a explorar, experimentar e construir seu próprio conhecimento, adaptando-se ao seu ritmo e estilo de aprendizado, facilitando a interação entre os alunos e o professor, promovendo a discussão, o debate e a troca de ideias, fornecendo feedback personalizado e adaptativo, auxiliando o aluno a superar suas dificuldades e a alcançar seu potencial máximo.

3.4 Aplicações Globais e Panorama Brasileiro de Tecnologias de Inteligência Artificial em Educação STEM

A Inteligência Artificial (IA) tem se mostrado uma ferramenta poderosa para transformar a educação em cursos de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) em todo o mundo. Esta seção explora as aplicações globais da IA na educação STEM, bem como o panorama brasileiro de tecnologias de IA voltadas para essa área.

3.5 Aplicações Globais de Inteligência Artificial na Educação STEM



Sistemas de Aprendizado Adaptativo: Esses sistemas ajustam automaticamente o conteúdo de aprendizado com base no progresso e no desempenho dos estudantes. Eles são capazes de personalizar a dificuldade e a abordagem pedagógica conforme as necessidades individuais dos alunos. Em cursos de STEM, esses sistemas podem oferecer exercícios personalizados em matemática ou física, além de conteúdos adaptados para disciplinas técnicas, como programação e engenharia. Exemplos incluem plataformas como Smart Sparrow e Knewton.



Tutores Inteligentes: Os tutores inteligentes simulam a interação de um tutor humano, oferecendo explicações detalhadas e suporte em tempo real. Essas ferramentas são especialmente úteis para resolver problemas complexos e guiar os estudantes em tópicos como algoritmos, cálculos ou conceitos fundamentais de engenharia. Sistemas como Carnegie Learning e CodeCombat são exemplos de tutores inteligentes amplamente aplicados na educação.



Sistemas de Recomendação: Esses sistemas utilizam algoritmos de recomendação para sugerir conteúdos personalizados, como vídeos, leituras ou exercícios, com base nos interesses e dificuldades dos alunos. Em STEM, eles podem identificar lacunas no aprendizado e recomendar materiais específicos para abordar essas deficiências. Plataformas baseadas em machine learning, como TensorFlow Recommenders, são frequentemente usadas para esse propósito.



Ferramentas de Análise de Dados Educacionais: Essas ferramentas monitoram e analisam dados relacionados ao desempenho, comportamento e engajamento dos alunos. Elas são úteis para prever dificuldades e identificar padrões de aprendizado em disciplinas como cálculo, álgebra linear ou programação. Ferramentas como o IBM Watson Education exemplificam essa abordagem.



Assistentes Virtuais para STEM: Assistentes virtuais baseados em IA, como chatbots, auxiliam os alunos ao responder dúvidas, oferecer orientações e suporte técnico em tempo real. Em cursos de STEM, esses assistentes podem ajudar na solução de problemas matemáticos ou em atividades de laboratório virtual, oferecendo interações personalizadas e contínuas.

3.6 Aplicações Globais de Inteligência Artificial na Educação STEM



Simuladores e Ambientes de Realidade Virtual/Aumentada com Inteligência Artificial: Simuladores equipados com IA permitem aos alunos realizar experimentos e explorar conceitos abstratos em ambientes imersivos. Em disciplinas de engenharia ou biologia, por exemplo, esses simuladores podem recriar cenários complexos, como a análise de sistemas mecânicos ou a observação de processos biológicos em tempo real. Exemplos incluem plataformas como Labster e Unity3D com plugins de IA.



Ferramentas de Automação de Cálculos e Modelagem: Essas ferramentas são projetadas para automatizar tarefas complexas de cálculo, modelagem matemática e análise de dados. Em STEM, elas permitem que os alunos resolvam equações diferenciais, criem modelos para prever fenômenos físicos ou analisem grandes volumes de dados científicos. Ferramentas como Wolfram Alpha e MATLAB com integração de IA são amplamente utilizadas nesse contexto.



Sistemas de Avaliação Automatizada: Sistemas de avaliação com IA corrigem tarefas e provas de maneira automática, oferecendo feedback detalhado aos alunos. Em STEM, isso inclui a correção de código em linguagens de programação ou problemas de cálculo com explicações passo a passo. Ferramentas como Gradescope e Codility exemplificam essa aplicação.



IA para Processamento de Linguagem Natural (NLP): A IA para processamento de linguagem natural (NLP) permite a interpretação e resposta a comandos textuais ou de voz. Em cursos de STEM, isso pode ser utilizado para responder dúvidas em linguagem natural sobre tópicos técnicos, traduzir termos complexos ou oferecer explicações personalizadas sobre conceitos matemáticos ou de engenharia.



IA para Laboratórios Remotos e Internet das Coisas (IoT): Essa categoria de IA gerencia laboratórios remotos e dispositivos conectados, permitindo que os alunos realizem experimentos práticos à distância. Em STEM, essas tecnologias são aplicadas em áreas como robótica, eletrônica e sistemas ciberfísicos, facilitando o aprendizado prático mesmo em ambientes virtuais.

3.7 Panorama Brasileiro de Tecnologias de Inteligência Artificial em Educação STEM

No Brasil, a adoção de Inteligência Artificial (IA) voltada para cursos de STEM está em expansão, com diversas iniciativas e ferramentas sendo desenvolvidas ou adaptadas para o contexto educacional local. Embora o mercado ainda esteja em desenvolvimento comparado a outros países, algumas soluções específicas e plataformas mais amplas têm sido utilizadas. Aqui estão algumas das principais:



Plataforma Geekie: A Geekie é uma das edtechs brasileiras mais reconhecidas e utiliza IA para personalizar o aprendizado. Embora originalmente voltada para o ensino médio, suas funcionalidades podem ser aplicadas em cursos introdutórios de STEM no ensino superior, fornecendo análises de desempenho e recomendações personalizadas com base no progresso dos alunos.



Stoodi: Embora amplamente utilizado para o ENEM, o Stoodi também oferece conteúdos voltados para matemática, física e química, aplicáveis a cursos de STEM. A plataforma utiliza algoritmos de IA para recomendar materiais de estudo personalizados e avaliar o desempenho dos estudantes.



Letrus: A Letrus é uma plataforma de IA voltada para melhorar habilidades de escrita. Em STEM, isso é relevante em disciplinas que exigem a redação de relatórios técnicos, artigos científicos e projetos. A ferramenta utiliza processamento de linguagem natural para dar feedback personalizado.



Turing: A Turing é uma IA desenvolvida por uma startup brasileira que atua na correção automática de códigos em disciplinas de programação. É amplamente usada em cursos de engenharia de software e ciências da computação para avaliar exercícios e projetos de forma eficiente.



Laboratórios Virtuais BRASILEDUCA: A plataforma Brasileira BRASILEDUCA oferece laboratórios virtuais com simulações baseadas em IA para áreas como química, física e biologia. Esses ambientes permitem experimentação prática em STEM, com feedback em tempo real.

06

Plataforma Studos: Embora não seja exclusivamente para STEM, a Studos utiliza IA para criar planos de estudos personalizados, sendo especialmente útil para disciplinas técnicas que exigem prática e acompanhamento contínuo.



Chatbots Educacionais em Universidades: Muitas universidades brasileiras, como a Universidade de São Paulo (USP), têm desenvolvido chatbots para auxiliar os estudantes em disciplinas técnicas. Exemplos incluem bots para responder perguntas sobre programação e guiar os alunos em laboratórios virtuais.



Alura e FIAP: Essas plataformas brasileiras de cursos online utilizam IA para personalizar trilhas de aprendizado em áreas como ciência de dados, engenharia de software e inteligência artificial. Ambas são amplamente utilizadas por estudantes e profissionais de STEM no Brasil.

Embora as ferramentas existentes sejam úteis, o Brasil ainda apresenta lacunas na oferta de Inteligência Artificial especializada para STEM no ensino superior. O desenvolvimento de soluções mais focadas, como simuladores baseados em IA e tutores inteligentes adaptados ao contexto brasileiro, pode contribuir significativamente para a personalização do aprendizado nessas áreas. A pesquisa sobre IA aplicada à educação em STEM também é incentivada por órgãos como a FAPESP e o CNPq, que têm apoiado iniciativas acadêmicas e startups com foco em tecnologia educacional. Essa dinâmica pode levar ao surgimento de soluções mais inovadoras e alinhadas às necessidades específicas do país.

Apesar do crescente interesse e investimento em IA na educação STEM no Brasil, existem desafios significativos a serem superados. A falta de infraestrutura tecnológica adequada em muitas instituições de ensino, a escassez de profissionais qualificados para desenvolver e implementar soluções de IA, e a resistência de alguns educadores em adotar novas tecnologias são algumas das barreiras que precisam ser enfrentadas. Além disso, é fundamental garantir que a implementação da IA na educação seja feita de forma ética e responsável, protegendo a privacidade dos dados dos alunos e evitando a criação de sistemas de aprendizado que reforcem desigualdades sociais.

No entanto, o potencial de crescimento da IA na educação STEM no Brasil é enorme. Com o aumento do acesso à internet, a crescente disponibilidade de dados e o surgimento de novas tecnologias, é possível que a IA desempenhe um papel cada vez mais importante na transformação do ensino e do aprendizado em cursos de STEM. Para aproveitar ao máximo esse potencial, é fundamental que o governo, as instituições de ensino, as empresas e os pesquisadores trabalhem juntos para criar um ecossistema de inovação que incentive o desenvolvimento e a adoção de soluções de IA que sejam eficazes, acessíveis e equitativas.

3.8 Metodologia

Para responder às questões de pesquisa e alcançar os objetivos propostos, este estudo adotou uma abordagem metodológica mista, combinando métodos qualitativos e quantitativos para uma análise abrangente do tema. A pesquisa é descritiva e exploratória, com elementos de análise experimental para avaliar o impacto prático das ferramentas de IA.

3.9 Coleta e Análise de Dados

A coleta de dados incluiu entrevistas semiestruturadas com professores e especialistas para capturar percepções e experiências sobre a aplicação da IA. Questionários estruturados foram aplicados a estudantes e professores para medir atitudes e experiências de uso de ferramentas de IA.

A observação direta e a análise experimental acompanharam alunos que utilizaram ferramentas de IA em cursos de STEM, registrando tempo de resposta, engajamento e progresso. Dados de plataforma (Learning Analytics) foram analisados para observar o impacto da IA no engajamento e aprendizado.

Os dados quantitativos foram analisados estatisticamente, utilizando ferramentas como SPSS ou R para identificar correlações, médias e desvios-padrão.

A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para comparar o desempenho dos grupos que empregaram IA e daqueles que não a utilizaram. Os dados qualitativos foram analisados por meio de análise de conteúdo, utilizando software como o NVivo para identificar temas, padrões e insights relevantes.

A triangulação dos dados foi utilizada para fortalecer a validade dos resultados, comparando as descobertas qualitativas e quantitativas, e verificando se há consistência entre as percepções dos entrevistados, o desempenho observado e as análises quantitativas.

3.10 Resultados e Discussão

Os resultados apresentados neste capítulo são baseados nas expectativas e hipóteses formuladas na revisão de literatura e na análise teórica da aplicação de algoritmos de IA na personalização do aprendizado. Embora o estudo ainda não tenha sido concluído, a revisão de trabalhos anteriores aponta para uma tendência positiva na utilização de IA para adaptar o processo de ensino às necessidades dos estudantes em cursos de STEM.

3.11 Discussão Preliminar

Com base nas teorias de Jordan & Mitchell (2015) e Sun et al. (2024), a personalização mediada por IA parece promissora para enfrentar as limitações dos métodos tradicionais em STEM, como a linearidade do conteúdo e a falta de flexibilidade na adaptação do ensino. Os seguintes pontos foram identificados para discussão:

Implicações Preliminares: A personalização do ensino com IA, conforme esperado, poderá ajudar a criar um ambiente de aprendizado que atenda tanto aos alunos que necessitam de um ritmo mais acelerado quanto aos que demandam maior apoio e acompanhamento, incentivando uma educação mais inclusiva e eficaz.

Limitações Teóricas e Práticas: Um dos desafios mencionados na literatura é a infraestrutura necessária para implementação prática de sistemas de IA, tanto em termos tecnológicos quanto de qualificação docente (Jordan & Mitchell, 2015). Há também a necessidade de considerar as questões de privacidade dos dados dos estudantes, especialmente em sistemas que dependem fortemente da coleta e análise de dados pessoais para fornecer feedback adaptativo e trilhas de aprendizado personalizadas (Sun et al., 2024).

Comparação com Outros Estudos: Estudos como os de Sun et al. (2024) e Jordan & Mitchell (2015) sugerem que o potencial da IA para a personalização do aprendizado é promissor em áreas de alta demanda cognitiva, como as disciplinas de STEM, mas ressaltam que o sucesso dessas aplicações depende do contexto em que são implementadas. O presente estudo visa ampliar essa discussão, explorando como as características específicas dos cursos de STEM podem influenciar a eficácia dos métodos personalizados e oferecendo uma análise crítica baseada em exemplos de sucesso e desafios observados em estudos prévios.

3.12 Tabela Comparativa entre Métodos Tradicionais de Ensino e Métodos com IA

A tabela a seguir apresenta uma comparação entre os métodos tradicionais de ensino e os métodos que utilizam IA, destacando os principais aspectos que influenciam o processo de aprendizado, como o engajamento dos alunos, a adaptação ao nível de conhecimento, a absorção de conteúdos, a personalização, o feedback, o foco, o papel do professor, a avaliação, a flexibilidade, os recursos e o desenvolvimento de habilidades.

Característica	Métodos Tradicionais	Métodos com IA
Engajamento dos alunos	Pode variar; depende do professor e da metodologia.	Geralmente maior devido à interatividade e personalização.
Adaptação ao nível	Limitada; geralmente um ritmo único para todos os alunos.	Alta; adaptação contínua com base no desempenho e nas necessidades individuais.
Absorção de conteúdos	Pode ser menos eficiente para alguns alunos.	Potencialmente mais eficiente devido à personalização e ao feedback adaptativo.

Característica	Métodos Tradicionais	Métodos com IA
Personalização	Baixa; conteúdo e ritmo padronizados.	Alta; conteúdo e ritmo adaptados às necessidades e preferências individuais.
Feedback	Menos frequente e menos personalizado.	Mais frequente, imediato e adaptado às necessidades individuais.
Foco	Conteúdo	Aluno
Papel do Professor	Transmissor de conhecimento	Facilitador, mentor e curador de conteúdo
Avaliação	Somativa, geralmente ao final de um período.	Formativa, contínua e adaptada ao progresso individual.
Flexibilidade	Limitada; horários e locais fixos.	Maior flexibilidade de horários e locais de estudo.
Recursos	Livros, quadro negro, materiais impressos.	Plataformas online, softwares adaptativos, simulações, realidade virtual.
Desenvolvimento de habilidades	Memorização, repetição.	Pensamento crítico, resolução de problemas, criatividade, colaboração

Fonte: Elaboração própria (com base em Albuquerque, Abreu & Lima, 2024; Franqueira et al., 2024; e literatura da área)

Em suma, a comparação entre os métodos tradicionais e os métodos com IA revela que a IA oferece um potencial significativo para personalizar o aprendizado, aumentar o engajamento dos alunos e melhorar a eficiência da absorção de conteúdos. No entanto, é importante ressaltar que a implementação da IA na educação também apresenta desafios, como a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada e a capacitação dos professores.

3.13 Considerações Finais

Este estudo investigou a aplicabilidade da Inteligência Artificial (IA) na personalização do aprendizado em cursos universitários de STEM, analisando seus benefícios e desafios.

Através da revisão de literatura e da análise das abordagens pedagógicas do século XX, como o sociointeracionismo de Vigotsky, o construtivismo de Piaget, a aprendizagem dialógica de Freire e a aprendizagem colaborativa, foi possível perceber que, embora essas teorias sejam consideradas tradicionais, elas fornecem uma base sólida para a integração com tecnologias emergentes, como a IA promovendo um aprendizado mais dinâmico e adaptativo.

Conforme destaca Gouvêa (2019), a inovação na educação é um processo intencional de mudança, que exige a incorporação de novos elementos nas práticas educacionais existentes. Nesse contexto, a proposta de personalização do aprendizado com IA alinha-se aos princípios dessas abordagens pedagógicas do século XX, sendo uma mudança estratégica e essencial para atender às necessidades educacionais contemporâneas. Ao integrar essas teorias pedagógicas com tecnologias emergentes, como a IA, podemos avançar significativamente em direção a um modelo educacional que é tanto eficaz quanto adaptável às diferentes necessidades dos alunos.

A combinação dos fundamentos teóricos com a aplicação prática de IA no ensino superior, especialmente em cursos de STEM, demonstrou que é possível criar um modelo educacional mais flexível e responsivo às necessidades individuais dos estudantes. A IA oferece um enorme potencial para atender a essas necessidades, por meio de algoritmos de aprendizado de máquina e sistemas de recomendação, que proporcionam feedback adaptativo e personalizam as trilhas de aprendizado, atendendo melhor às dificuldades e ao ritmo de cada aluno. Esse modelo inovador, portanto, supera as limitações dos métodos tradicionais, que muitas vezes não consideram as variações individuais entre os estudantes.

Adicionalmente, este trabalho propõe um Guia de Orientação sobre Privacidade e Ética no Uso de IA na Educação, com o objetivo de assegurar que a adoção dessa tecnologia seja realizada de forma responsável e ética. O guia aborda questões cruciais como a privacidade dos dados dos estudantes, a transparência dos algoritmos e as implicações pedagógicas do uso dessas tecnologias emergentes. Como exemplo prático, apresenta-se a elaboração de um plano de aula para treinamento de professores, visando capacitá-los no desenvolvimento de aulas que utilizem a IA como ferramenta de apoio pedagógico. Esse guia se torna essencial para a integração bem-sucedida da IA nas instituições de ensino superior, garantindo que as ferramentas de personalização do aprendizado sejam implementadas de forma transparente e justa.

No entanto, como discutido ao longo deste trabalho, a implementação da IA na educação enfrenta desafios significativos, incluindo a infraestrutura tecnológica adequada e a capacitação dos professores. Para superar esses desafios, recomenda-se o treinamento contínuo dos educadores, a integração das ferramentas de IA com os sistemas educacionais já existentes e o monitoramento constante dos resultados, para garantir que a personalização do aprendizado seja eficaz e beneficie todos os alunos de maneira equitativa.

Por fim, este estudo contribui para o debate sobre a transformação do ensino em cursos de STEM, propondo um modelo educacional integrado, que combina práticas pedagógicas consolidadas do século XX com tecnologias emergentes do século XXI. A IA, quando aplicada de forma ética e responsável, pode promover um aprendizado mais inclusivo e adaptativo, capaz de atender às demandas complexas dessas áreas de conhecimento. Além disso, os resultados sugerem que a personalização do aprendizado, mediada por IA, tem o potencial de melhorar o desempenho acadêmico, aumentar o engajamento dos estudantes e reduzir as desigualdades educacionais, criando ambientes de aprendizagem mais eficazes e acessíveis.

Recomenda-se que futuras pesquisas empíricas avaliem o impacto direto da implementação da IA em cursos de STEM, especialmente nas métricas de desempenho, como retenção de conhecimento e engajamento. Esse aprofundamento permitirá não só validar as hipóteses apresentadas, mas também refinar as práticas e as ferramentas de IA para uma personalização do aprendizado cada vez mais eficaz.

Para futuras pesquisas, sugere-se explorar o impacto da IA em diferentes áreas do conhecimento, investigar o uso de IA para promover a inclusão de alunos com necessidades especiais e desenvolver modelos de avaliação mais abrangentes que considerem as habilidades e competências desenvolvidas pelos alunos ao longo do processo de aprendizado.



Referências Bibliográficas

- ALBUQUERQUE, J. G.; ABREU, M. T.; LIMA, I. N. O impacto da inteligência artificial na personalização do ensino. *REBENA*, v. 9, 2024. Disponível em: <https://rebenamnuvens.com.br>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 15 ago. 2018. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 24 nov. 2024.
- CALAÇA, C. D. *Inteligência artificial no ensino de geometria em nível fundamental da educação básica: contribuições e perspectivas*. 2023. Trabalho acadêmico (especificar grau, se desejar) – Instituto Federal Goiano. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br>. Acesso em: 24 nov. 2024.
- CARVALHO, D. D. Objetos de aprendizagem interativos: ferramenta de apoio a disciplinas teóricas. 2009. Trabalho acadêmico (especificar grau) – Universidade Presbiteriana Mackenzie. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br>. Acesso em: 24 nov. 2024.
- DURSO, S. D. Inteligência artificial na educação a distância: uma revisão sistemática da literatura sobre estudos brasileiros. *Scientia Socialis*, 2022. Disponível em: <https://www.scientiasocialis.lt>. Acesso em: 24 nov. 2024.
- FRANQUEIRA, A. D. et al. Inteligência artificial na personalização da aprendizagem. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n4-065.
- GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. *Deep learning*. Cambridge: MIT Press, 2016.
- JESUS, A. M. et al. Desafios e oportunidades da inteligência artificial na educação pública: vantagens, desvantagens e perspectivas futuras. *Revista científica* (especificar, se desejar), v. 5, p. 109–116, 2024. Disponível em: <https://www.researchgate.net>. Acesso em: 24 nov. 2024.
- JORDAN, M. I.; MITCHELL, T. M. Aprendizado de máquina: tendências, perspectivas e prospectos. *Science*, v. 349, n. 6245, p. 255–260, 2015. Disponível em: <https://doi.org>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- JUNIOR, J. C. et al. O papel da inteligência artificial na personalização da aprendizagem. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10724951>. Acesso em: 24 nov. 2024.
- NASCIMENTO, J. L. O impacto da inteligência artificial na educação: uma análise do potencial transformador do ChatGPT. Formiga, MG: Editora MultiAtual, 2024.
- OTA, M. A. Adaptatividade em ambientes virtuais: uma proposta para personalizar a aprendizagem em cursos híbridos de ensino superior. 2018. Trabalho acadêmico (especificar grau). Disponível em: <https://hdl.handle.net>. Acesso em: 24 nov. 2024.
- SOUSA, R. P.; MOITA, F. M.; CARVALHO, A. B. (org.). *Tecnologias digitais na educação*. Campina Grande: EDUEPB, 2011. Disponível em: <https://static.scielo.org>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SUN, F.; TIAN, P.; SUN, D.; FAN, Y. Inclinação dos professores em formação para integrar a IA na educação STEM: análise dos fatores de influência. 2024. Acesso em: 20 nov. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de abril de 2016. Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (GDPR). Disponível em: <https://gdpr-info.eu>. Acesso em: 24 nov. 2024.

Sobre os Autores



Elisabete Ferreira dos Santos Gomes Silva

Profissional com formação em Tecnologia em Processamento de Dados pela Universidade Braz Cubas e Pós-Graduação em Engenharia de Produção pela Uninter – Fatec Internacional. Concluiu o curso de Pós-Graduação em Inovação na Educação Mediada por Tecnologias na UFABC em Março/2025, aprofundando-se em abordagens inovadoras para o ensino. Possui ampla experiência na intersecção entre Educação e Sistemas de Informação, atuando como docente e coordenadora em diversas instituições de ensino superior. Atualmente, é professora na Universidade de Mogi das Cruzes (UMC), ministrando disciplinas como Engenharia de Software e Governança de TI. Também atua como consultora em Business Analyst de ERP de Manufatura.

Contato: efs.gomes@gmail.com



Juliano Schimiguel

Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2006), Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2002) e graduado em Bacharelado em Informática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1999). Atualmente é Coordenador do Mestrado Profissional (MP) em Ensino de Ciências e Matemática, Professor Permanente do Programa de Doutorado / Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Coordenador de Estágio Supervisionado e de TGI - Trabalho de Graduação Interdisciplinar, do Curso de Bach. em Ciência da Computação, da Universidade Cruzeiro do Sul (São Paulo, SP); Professor do Centro Universitário Anchieta - UNIANCHIETA (Jundiaí, SP); Associado Profissional no Pecege da USP/Esalq (Piracicaba/SP), e Professor Formador na Pós-Graduação em Inovação na Educação Mediada Por Tecnologias na UFABC/MEC/UAB. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Interação Humano-Computador (IHC) e Engenharia de Software, atuando principalmente nos seguintes temas: desenvolvimento web, design e avaliação de interfaces, sistemas de informação geográfica, geoprocessamento, análise de sistemas, UML, UP, ensino-aprendizagem de tecnologias e matemática, conteúdos digitais interativos, objetos de aprendizagem, ambientes virtuais e colaborativos, jogos para o ensino, etc.

Contato: schimiguel@gmail.com

4. APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA BRAILLE EM UM MUSEU POLAR 3D

Autores: Edgard Gonçalves Cardoso, Silvia Dotta, Adriana Ferreira Serafim de Oliveira e João Olinto Trindade Junior

4.1 Introdução

A acessibilidade educacional para pessoas com deficiência visual ainda enfrenta desafios estruturais significativos, especialmente no que tange à oferta de materiais didáticos inclusivos e à adaptação de espaços culturais e científicos e, segundo Silva (2014), é central na inclusão digital, e, conforme a UFPA (2023), garante igualdade em ambientes educacionais e culturais. De acordo com o trabalho de Cohen et al. (2012), apesar dos avanços na legislação e no desenvolvimento de tecnologias assistivas, a carência de diretrizes padronizadas e a ausência de metodologias adequadas para integrar o Braille a ambientes virtuais prejudicam a inclusão desse público em experiências educacionais significativas, o que vai ao encontro do estudo de Islek (2023).

Museus virtuais representam um avanço no acesso ao conhecimento, permitindo que conteúdos culturais e científicos sejam explorados remotamente. No entanto, conforme Montusiewicz *et al.* (2022) e Radošević (2022), a maioria dessas plataformas carece de recursos acessíveis para pessoas cegas ou com baixa visão, tornando a interação com exposições virtuais limitada.

Apesar de Ramos-García et al. (2023) apontarem que dispositivos Braille integrados a ambientes digitais proporcionam maior autonomia e interação tátil e Koukopoulos et al. (2023) destacarem que a realidade estendida em museus virtuais cria experiências imersivas e inclusivas, a implementação de tecnologias táteis, como modelos tridimensionais e descrições em Braille, ainda é incipiente e não acompanha o desenvolvimento de interfaces multimodais que combinam estímulos táteis, auditivos e visuais (Vaz et al., 2022; Pistofidis et al., 2021). Outro obstáculo de grande impacto é a capacitação inadequada de profissionais da educação e da curadoria museológica no uso de tecnologias acessíveis. Pavão e Pavão (2023), citam que muitos educadores não recebem formação específica sobre o manuseio e a aplicação de dispositivos assistivos em suas práticas pedagógicas, comprometendo a efetividade dos recursos disponíveis. Adicionalmente, a falta de políticas públicas voltadas para a implementação de soluções inclusivas contribui para a baixa adoção de ferramentas assistivas em museus e espaços educacionais (UNESCO, 2014; Mesquita e Carneiro, 2021).

No Brasil, a Lei nº 10.098/2000 estabelece normas para garantir a acessibilidade em espaços físicos e digitais, sendo consolidada pela Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015). Apesar dos avanços legais, persistem desafios como a ausência de padrões globais, altos custos de implementação e a necessidade de capacitação profissional. Vaz et al. (2022) ressaltam a importância de formar profissionais capazes de utilizar eficientemente essas tecnologias.

Com base nesse contexto, este trabalho busca trazer uma possibilidade de acessibilidade em museus virtuais 3D, propondo a integração de placas informativas em Braille associadas a modelos tridimensionais de organismos antárticos. O Museu Polar 3D, objeto da pesquisa, disponibiliza modelos da teia trófica antártica em formato 3D para impressão (INTERANTAR, 2024).

Essa abordagem visa proporcionar uma experiência multissensorial acessível a pessoas com deficiência visual, promovendo a democratização do conhecimento científico por meio de tecnologias acessíveis e replicáveis. A pesquisa está alinhada com os estudos de Mesquita e Carneiro (2022) e Ramos-García *et al.* (2023), visto que contribui para reduzir barreiras no ensino de ecossistemas polares e fomentar uma cultura de inclusão digital em espaços educacionais e culturais.

4.2 Inovação que o trabalho apresenta

A principal inovação deste trabalho está na integração de tecnologia Braille ao Museu Polar 3D, proporcionando acessibilidade a conteúdos científicos interativos. Ainda que haja iniciativas voltadas à acessibilidade em museus, poucas exploram a combinação de modelagem tridimensional, impressão 3D e feedback tátil para promover aprendizado inclusivo (Montusiewicz *et al.*, 2022; Radošević, 2022).

Outro aspecto inovador é o desenvolvimento de um guia técnico para a impressão e configuração das placas em Braille, preenchendo uma lacuna na literatura sobre acessibilidade museológica (Vaz *et al.*, 2022). O projeto também se destaca por sua metodologia replicável, permitindo que outras instituições adaptem e implementem soluções semelhantes em diferentes contextos educacionais e culturais.

A utilização de tecnologias sustentáveis, como o uso de materiais biodegradáveis para a impressão 3D, alinha-se a tendências contemporâneas de desenvolvimento sustentável e inovação pedagógica (Dotta *et al.*, 2024).

4.3 Abordagem pedagógica

Este trabalho adota uma abordagem construtivista e inclusiva, fundamentada nos princípios da aprendizagem ativa e da acessibilidade educacional. O construtivismo, conforme proposto por Piaget e Vygotsky, enfatiza a construção do conhecimento pelo próprio aluno, por meio da interação com o ambiente e a experimentação direta, o que está relacionado diretamente com o trabalho de Pavão e Pavão (2023). Essa abordagem se traduz no uso de tecnologias assistivas interativas, como modelos 3D táteis e placas informativas em Braille, que permitem aos alunos com deficiência visual explorar conceitos ecológicos de forma concreta e autônoma.

Esta pesquisa incorpora alguns elementos da educação humanista, que valoriza a experiência do aluno e seu desenvolvimento integral, visto que a impressão de modelos de animais antárticos e as placas em Braille estimulam a experiência sensorial.

4.4 Fundamentação Teórica

Museus são espaços essenciais para a preservação da memória coletiva, mas, tradicionalmente, foram concebidos sem considerar as necessidades de pessoas com deficiência, gerando barreiras arquitetônicas, comunicacionais e programáticas que dificultam ou até impedem o acesso equitativo a exposições e acervos (Mineiro *et al.*, 2004). Ainda que esteja em ambiente digital, o que amplia outros acessos, essa modalidade não atende a outras necessidades de inclusão e, por isso, a implementação de diretrizes de acessibilidade e o uso de tecnologias assistivas têm sido caminhos explorados para tornar os museus mais inclusivos e participativos.

A acessibilidade não se limita à remoção de barreiras arquitetônicas, mas envolve também adaptações metodológicas e o uso de recursos tecnológicos inovadores para tornar a experiência museológica acessível a diferentes públicos (Cohen; Duarte; Brasileiro, 2012). Para deficientes visuais, por exemplo, a inclusão depende tanto da estrutura física dos espaços expositivos quanto da disponibilização de informações em formatos acessíveis, como audiodescrição, textos em Braille e dispositivos táteis.

A pesquisa realizada no Museu da Fotografia de Fortaleza ilustra as dificuldades enfrentadas por visitantes com deficiência visual. Entre os aspectos positivos, destaca-se o esforço em proporcionar maior acessibilidade, mas a pesquisa também apontou a necessidade de ajustes para garantir inclusão plena (Raposo; Façanha; Silva, 2024).

As experiências de visitantes cegos ou com baixa visão em museus são influenciadas por diversas barreiras, tanto físicas quanto tecnológicas e as soluções híbridas podem contribuir para superar essas dificuldades, combinando recursos físicos e digitais para aumentar a acessibilidade (Vaz; Freitas; Coelho, 2020). Também novas tecnologias têm sido desenvolvidas para atender às necessidades desse público, como as exposições inteligentes, que utilizam impressão 3D, narração gravada e sensores interativos para proporcionar experiências táteis mais completas (Pistofidis *et al.*, 2021). As visitas guiadas também representam uma estratégia funcional para a inclusão de pessoas com deficiência visual e idosos, pois proporcionam um acompanhamento especializado, ajudam a reduzir o isolamento social e estimulam a cognição dos participantes. A pesquisa de Bruyneel *et al.* (2021) evidenciou os benefícios dessas experiências, destacando seu impacto positivo na qualidade de vida e na interação social dos visitantes. A adoção de guias treinados e a oferta de visitas sensoriais são alternativas que contribuem significativamente para um museu mais acessível.

Um modelo de acessibilidade sensorial, intelectual e física, abrangendo todas as etapas da visita – pré, durante e pós-exposição – foi proposto por um estudo que analisou as perspectivas de 72 visitantes com deficiência visual, sugerindo a adoção de tecnologias assistivas para ampliar a autonomia dos visitantes, garantindo uma experiência mais rica e personalizada (Vaz; Freitas; Coelho, 2020).

A implementação de tecnologias assistivas nos museus demonstra-se relevante para a inclusão, visto que essas soluções podem melhorar significativamente a experiência de pessoas com deficiência visual.

Entre os principais desafios, está a falta de padrões tecnológicos, que são regras técnicas, normativas e metodológicas que asseguram que as soluções de acessibilidade sejam eficazes, compatíveis entre si, seguras e realmente inclusivas, para acessibilidade e a necessidade de capacitação de profissionais para lidar com essas inovações (Mesquita; Carneiro, 2021). O uso de aplicativos móveis com descrição em áudio, placas em braile, sensores de proximidade que fornecem informações sobre obras e recursos de realidade aumentada são algumas das alternativas testadas em diferentes museus.

Apesar dos avanços, a acessibilidade em museus ainda enfrenta desafios globais e poucos países possuem políticas estruturadas para o turismo acessível, visto que há lacunas significativas na infraestrutura digital, arquitetônica e na criação de museus virtuais, bem como a necessidade de capacitação contínua de profissionais do setor para que possam garantir a acessibilidade de novos museus e aprimorar aqueles já existentes (Islek, 2023).

A acessibilidade nos museus é um desafio, mas também uma oportunidade para repensar os espaços culturais sob uma perspectiva mais inclusiva, sendo espaços físicos ou em meios digitais. A implementação de regulamentações específicas, aliada ao uso de tecnologias assistivas, como a impressão 3D de placas em braile, e à capacitação de profissionais, pode transformar museus em ambientes verdadeiramente acessíveis para todos.

4.5 Inclusão nos museus para a democratização cultural

O acesso a espaços expositivos deve ser garantido a todas as pessoas, independentemente de suas condições físicas ou cognitivas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020). No entanto, a infraestrutura dos museus nem sempre foi projetada para contemplar públicos diversos, exigindo adaptações metodológicas, tecnológicas e arquitetônicas para eliminar barreiras e tornar a experiência mais inclusiva (Cohen; Duarte; Brasileiro, 2012).

Dentre as inovações tecnológicas voltadas à acessibilidade, destacam-se as ferramentas assistivas para deficientes visuais, como dispositivos de leitura Braille interativos, que permitem um maior acesso a informações expositivas, pois apresentam alta taxa de aceitação entre os usuários e contribuem significativamente para sua independência ao explorar museus (Başçiftçi; Eldem, 2016). Também há soluções tecnológicas que possibilitam uma experiência personalizada, ampliando o engajamento de pessoas com deficiência visual, como sistemas digitais interativos que utilizam realidade estendida, RFID e inteligência artificial, que têm sido aplicados em museus sociais para promover a inclusão e melhorar a interação dos visitantes (Ergin, 2024).

Outro avanço importante para a acessibilidade museológica é a adoção de expositores interativos, que permitem a visitantes cegos explorar peças originais de forma tátil, eliminando a necessidade de réplicas e, testes demonstram que essa abordagem melhora a experiência museológica, tornando-a mais imersiva e acessível (Vaz; Fernandes; Veiga, 2018). O uso de impressão 3D para a criação de objetos táteis, aliado a narração gravada e sensores, também tem se mostrado uma possibilidade com resultados relevantes na construção de exposições mais inclusivas (Pistofidis et al., 2021).

Outro aspecto relevante na inclusão museológica é a influência da percepção sensorial na experiência dos visitantes, na qual crianças cegas ou com baixa visão desenvolvem associações diferenciadas entre tom e tamanho, demonstrando mecanismos compensatórios no desenvolvimento sensorial (Cuturi et al., 2021). Esse desenvolvimento, reforça a necessidade de projetar experiências expositivas que utilizem múltiplas modalidades sensoriais, como som, tato e estímulos visuais contrastantes.

A inclusão social nos museus também depende de políticas institucionais bem estruturadas e a importância da implementação de redes institucionais para promover a inclusão cultural, destaca o papel dos museus como instrumentos de integração social, enfatizando a necessidade de programas educativos e diretrizes acessíveis que garantam que os museus sejam espaços verdadeiramente democráticos e participativos (Tojal, 2007).

O debate sobre acessibilidade museológica se estende para diferentes contextos globais e, nesse contexto, uma pesquisa conduzida na Grécia investigou a experiência de visitantes com deficiência visual em museus, destacando barreiras como falta de guias táteis, proibição de toque e acessibilidade digital. O estudo sugere a implementação de melhorias estruturais e tecnológicas para ampliar a inclusão desses visitantes (Argyropoulos; Kanari, 2015).

Um estudo etnográfico realizado na Europa analisou como grupos de pessoas com deficiência podem contribuir para a formulação de diretrizes de acessibilidade urbana, demonstrando que a participação de indivíduos com deficiência na avaliação da acessibilidade de edifícios permite o desenvolvimento de políticas mais eficazes, promovendo uma inclusão mais significativa no planejamento arquitetônico (Nijs; Heylighen, 2015).

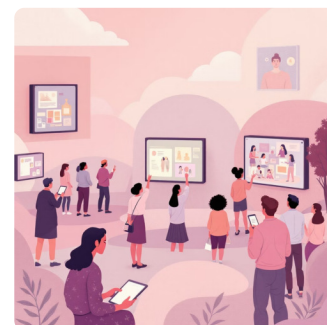
4.6 Museus virtuais e inclusão digital

Os museus virtuais são uma alternativa inovadora para ampliar o acesso à cultura, ciência e ao patrimônio histórico, especialmente para pessoas com deficiência visual e mobilidade reduzida. O avanço das tecnologias digitais, como a realidade virtual (VR), a realidade aumentada (AR) e a impressão 3D, têm permitido a criação de experiências imersivas, tornando os museus mais acessíveis e interativos. A utilização dessas tecnologias tem sido discutida em diversas pesquisas, que analisam seu impacto na experiência do visitante, na preservação do patrimônio e na inclusão social.

A implementação de interfaces de visualização interativas nos museus virtuais representa um avanço significativo na forma como as exposições são projetadas e experimentadas, as quais podem, por exemplo, combinar realidade aumentada e virtual, aprimorando a experiência dos visitantes ao permitir a navegação imersiva em ambientes digitalizados e a interação com objetos históricos de maneira inovadora (Liarokapis et al., 2004). Isso possibilita a criação de exposições dinâmicas, que podem ser acessadas remotamente por um público amplo, incluindo pessoas com dificuldades de locomoção ou deficiência sensorial.

Além da criação de ambientes virtuais, pesquisas recentes exploram a avaliação da eficácia das aplicações digitais em museus e, por isso, uma abordagem híbrida que combina métodos qualitativos e quantitativos vem sendo proposta para mensurar o impacto dessas tecnologias na experiência dos visitantes.

A análise inclui entrevistas realizadas antes e depois da interação digital, bem como o rastreamento de registros de teclas pressionadas. Como resultado, percebe-se que essa metodologia melhora a avaliação da experiência de aprendizagem e permite identificar aspectos menos eficazes da aplicação, possibilitando ajustes e aprimoramentos na interação digital (Malik et al., 2023).



O uso da realidade virtual como alternativa a visitas físicas para pessoas com deficiência visual é um dos desenvolvimentos mais promissores nesse campo (Zaal; Salah; Hurst, 2022). A partir de um estudo comparativo investigou como indivíduos cegos, de baixa visão e videntes vendados interagiram com museus virtuais utilizando narrativas auditivas e feedback háptico, o que trouxe resultados que indicam que essas tecnologias melhoram significativamente a acessibilidade, permitindo que os participantes localizem e explorem objetos com mais eficiência. O estudo também destacou a necessidade de mais pesquisas para aprimorar a inclusão digital de deficientes visuais e tornar as experiências virtuais ainda mais adaptadas às suas necessidades (Zaal; Salah; Hurst, 2022).

4.7 A Digitalização Tridimensional

A digitalização do patrimônio cultural e científico é muito importante para a preservação e disseminação do conhecimento, especialmente com o avanço das tecnologias tridimensionais, como ferramentas de escaneamento 3D, realidade aumentada e aplicativos móveis, aplicadas para melhorar a acessibilidade e oferecer experiências imersivas ao público. No Museu Arqueológico de Delfos, por exemplo, esses recursos foram fundamentais para expandir o acesso às coleções, permitindo que visitantes explorem digitalmente peças históricas sem o risco de deterioração dos originais, facilitando o engajamento do público com o acervo e contribuindo para a conservação a longo prazo dos objetos museológicos (Tsakoumakia et al., 2023).

Um dos desafios enfrentados na digitalização tridimensional é a reprodução precisa de objetos sem textura, o que pode comprometer a qualidade da reconstrução digital e, para contornar esse desvio, pesquisadores desenvolveram padrões sintéticos gerados artificialmente para melhorar a precisão da digitalização (SANTOŠI et al., 2019). Diferentes padrões visuais baseados em números irracionais e métodos estatísticos foram testados, demonstrando que padrões distribuídos de maneira uniforme aprimoram a fidelidade dos modelos tridimensionais gerados digitalmente, de modo a garantir que as representações digitais sejam mais precisas e acessíveis, permitindo que mais pessoas tenham contato com o item sem a necessidade de interação física direta (Santoši et al., 2019).

Além disso, a aplicação de técnicas de super-resolução baseadas em deep learning (ou aprendizagem profunda, que é um subconjunto do aprendizado de máquina que se concentra na utilização de redes neurais para executar tarefas como classificação, regressão e aprendizagem de representação) tem proporcionado melhorias significativas na qualidade das imagens tridimensionais utilizadas na digitalização do patrimônio (Belhi et al., 2019). A utilização de imagens 3D holoscópicas, combinadas com algoritmos de aprendizado profundo, permite a ampliação da resolução sem a necessidade de equipamentos de alto custo, possibilitando a obtenção de detalhes mais refinados e acessíveis, garantindo que a experiência digital seja o mais fiel possível à realidade, sem que isso dependa de hardware avançado. Esse avanço é muito importante para instituições com recursos limitados, que podem aproveitar essa tecnologia para tornar seus acervos acessíveis a um público mais amplo (Belhi et al., 2019).

4.8 A Tecnologia Braille e a Acessibilidade

Tecnologias emergentes têm sido exploradas para melhorar a acessibilidade, otimizar a gestão das exposições e tornar o conhecimento cultural mais inclusivo, mas desafios ainda existem, exigindo uma abordagem estratégica para garantir que esses avanços realmente promovam a democratização do acesso aos museus (Li et al., 2024).

Entre as inovações tecnológicas, destaca-se o desenvolvimento de dispositivos assistivos que facilitam a experiência de visitantes com deficiência visual. Um exemplo é o dispositivo Braille baseado em IoT projetado para auxiliar estudantes com deficiência visual no México, que permite a exibição tátil de caracteres Braille de forma acessível, contribuindo para a inclusão educacional e museológica (Ramos-García et al., 2022). Além disso, a adoção de sistemas interativos, como o WeCurate, tem transformado a forma como o público interage com exposições, pois esse sistema de curadoria colaborativa combina inteligência artificial distribuída e redes sociais para incentivar o engajamento do visitante na tomada de decisões sobre artefatos culturais, promovendo maior participação ativa e uma experiência mais enriquecedora (Confalonieri et al., 2015).



A impressão 3D também tem desempenhado um papel significativo na acessibilidade dos museus, visto que modelos tridimensionais táteis de objetos, acompanhados de descrições em Braille, foram testados com sucesso entre usuários com deficiência visual, permitindo que visitantes cegos possam explorar o acervo de forma independente, garantindo maior inclusão no ambiente museológico (Montusiewicz; Barszcz; Korga, 2022).

Outra inovação relevante para a acessibilidade é a análise dos padrões de movimento das mãos de leitores cegos durante a leitura de Braille., já que determinados padrões influenciam diretamente o desempenho na leitura, com implicações pedagógicas significativas para o desenvolvimento de novas abordagens educacionais e de acessibilidade em exposições táteis (Papadimitriou; Argyropoulos, 2017).

4.9 Lacunas a serem estudadas

Entre as principais lacunas identificadas nos artigos está a falta de padronização nas ferramentas assistivas, o que dificulta a replicação de tecnologias e a garantia de acessibilidade universal. Alguns estudos também destacam a necessidade de capacitação de educadores, já que o uso eficaz das tecnologias depende de treinamento adequado. As barreiras financeiras também se mostram um grande obstáculo, limitando a adoção de tecnologias emergentes, sobretudo em países em desenvolvimento. A conexão entre ferramentas físicas e digitais ainda é incipiente, com pouca integração entre recursos táteis, digitais e de realidade aumentada ou virtual. As principais lacunas identificadas nos artigos estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Lacunas identificadas nos artigos pesquisados

Lacuna identificada (modo sintético)	Lacuna identificada (modo explicativo)
Integração de tecnologias de realidade aumentada e virtual com Braille	Muitos artigos abordam a realidade virtual e aumentada, mas poucos tratam de como integrar essas tecnologias com dispositivos Braille para promover inclusão efetiva.
Metodologia e instrução de como imprimir adequadamente	Os artigos pesquisados não trabalham com questões relacionadas aos procedimentos de como imprimir em braile as informações sintetizadas a partir de um museu virtual e nenhum deles apresenta um estudo com museu virtual, modelo 3D editável, modelo em arquivo para impressão em braile e procedimentos de impressão
Feedback multissensorial completo	Faltam estudos sobre a combinação de feedback tátil, auditivo e visual para maximizar a acessibilidade em museus.
Treinamento de profissionais de museus	A necessidade de treinamento para funcionários e guias em tecnologias acessíveis não é amplamente explorada.
Desenvolvimento de padrões globais para museus acessíveis	Falta consenso ou diretrizes globais para padronizar a acessibilidade em museus.

Considerando que são muitas lacunas para trabalhar em um único estudo, a segunda lacuna, Metodologia e instrução de como imprimir adequadamente, foi selecionada para ser desenvolvida e solucionada. Isso se deu pelo fato de já haver um museu polar 3D desenvolvido e, restando a este a integração da tecnologia de impressão de placas em braile.

4.10 Metodologia

Este trabalho apresenta uma revisão da literatura alinhada centrada na integração da tecnologia Braille em museus virtuais 3D como estratégia de inclusão para pessoas com deficiência visual, bem como o desenvolvimento e prototipação de um projeto de placas em Braille utilizando impressão 3D por filamento. A revisão da literatura foi estruturada em seis etapas: definição da estratégia de busca, seleção de artigos, avaliação da qualidade e extração de dados, síntese, resultados da busca e interpretação.

Foi realizada busca nas bases de dados Science Direct, Web of Science e Scielo. As palavras-chave aplicadas foram "assistive technologies", "inclusive museums" e "Visual impairment" para as buscas em inglês (Science Direct e Web of Science), e "Tecnologias assistivas", "deficiência visual" e "museus inclusivos" para a busca em português (Scielo), combinadas através do operador lógico AND. A busca abrangeu publicações dos últimos dez anos, especificamente de 2014 a 2024, para capturar as tendências mais recentes e relevantes na área.

Para a avaliação da qualidade considerou-se correlação entre autores e palavras-chave, além do impacto das revistas e as informações extraídas incluíram autores, ano, objetivos, métodos e achados. No mapa de coautoria identificou-se autores centrais como Kiourt, Chairi, Koutsoudis e Pavlidis, evidenciando uma rede colaborativa bem integrada e a análise do mapa de palavras-chave, gerado no VOSviewer, revelou a centralidade do termo "accessibility" e conexões com tecnologias como realidade aumentada e impressão 3D. Conceitos como "education" e "cultural heritage" destacam a função educativa e inclusiva dos museus.

A partir do levantamento do estado da arte, foi elaborada uma estratégia para o desenvolvimento de placas em Braille que identificam, de forma sucinta e precisa, 18 animais polares representados no museu virtual, com informações sucintas, como nome científico, alimentação e habitat. Cada placa foi disponibilizada em formato .stl (estereolitografia) no ambiente virtual, acompanhada de instruções de impressão, permitindo replicação acessível por outras instituições.

As placas em Braille foram desenvolvidas com o software Text2Braille3D, seguindo a NBR 9050/2020. Os arquivos .stl foram impressos em PLA, com configurações ajustadas (camada de 0,2 mm, infill de 20% a 50%) no software Creality Print.

4.11 Resultados

A análise dos artigos revelou um número ainda limitado de estudos voltados à integração entre tecnologias imersivas (realidade virtual e aumentada) e dispositivos Braille.

Ainda que as tecnologias de realidade virtual (VR) e aumentada (AR) tenham revolucionado a experiência museológica ao proporcionar interatividade e personalização, sua articulação com recursos táteis ainda é escassa. A ausência de padronização, falta de capacitação de pessoal e carência de diretrizes normativas são entraves evidentes para a aplicação dessas soluções em larga escala.

Estudos como os de Liarokapis et al. (2023) e Mesquita e Carneiro (2022) apontam o potencial das interfaces digitais para ampliar a acessibilidade, mas destacam que a ausência de feedback tátil reduz sua eficácia para pessoas com deficiência visual. Avanços importantes foram identificados, como o uso de dispositivos Braille conectados à Internet das Coisas (IoT) para apresentar informações dinâmicas (Ramos-García et al., 2023), mas sua aplicação em ambientes imersivos ainda é incipiente.

Alguns autores sugerem o uso de feedback multissensorial como ferramenta para tornar as experiências mais inclusivas. Vaz et al. (2022) defendem a integração de estímulos táteis, auditivos e visuais como meio de garantir uma experiência verdadeiramente inclusiva, mas verificou-se que poucos trabalhos apresentam exemplos práticos dessa integração. Zaal et al. (2023) e Pistofidis et al. (2021) exploram o uso de modelos táteis e áudio espacializado, porém reconhecem limitações quando se trata da articulação com VR e AR.

Outros estudos, como o de Radošević (2022), tratam da utilização de modelos 3D táteis de murais, oferecendo experiências acessíveis, mas deixam de discutir o papel da realidade aumentada como enriquecedora dessa abordagem. A ausência de normas internacionais, como as da ISO, para orientar a aplicação de tecnologias assistivas em museus também foi destacada como barreira significativa por Cohen et al. (2012). A capacitação técnica, segundo Islek (2023), é outro ponto crítico, já que o desconhecimento das ferramentas reduz a eficácia de sua implementação.

Estudos complementares como os de Hackenbroich et al. (2023) sugerem soluções interativas promissoras, mas reconhecem que a deficiência visual ainda não é plenamente contemplada nas propostas. Cuturi et al. (2022), por sua vez, reforçam a importância dos estímulos multissensoriais, principalmente para crianças, o que aponta para uma possível ampliação do impacto social do projeto quando adaptado a diferentes faixas etárias.

4.12 Desenvolvimento de placas em Braille e impressão 3D

A modelagem 3D envolveu a escolha criteriosa de espécies, como krill, foca-de-weddell e baleia-jubarte e outros 15 animais, baseando-se em critérios ecológicos e anatômicos, cujas proporções foram adaptadas conforme as demandas de visualização e impressão, respeitando a hierarquia da teia trófica antártica. O processo utilizou o software Blender, garantindo modelos com superfícies contínuas e volumes fechados, prontos para a impressão.

A prototipagem utilizou a impressão 3D com materiais como PLA (ácido polilático) e ABS, ambos escolhidos por critérios de sustentabilidade e resistência. O PLA foi preferido por sua origem vegetal e menor impacto ambiental. Os parâmetros técnicos, como altura da camada (0,2 mm)

infill (20% a 50%) e temperaturas do extrusor e da mesa aquecida, foram ajustados para garantir estabilidade e qualidade na impressão e o software Creality Print foi usado para o fatiamento dos modelos, sendo o mais adequado à impressora 3D utilizada (Creality K1C).

O desenvolvimento de placas em Braille foi realizado por meio do software Text2Braille3D, do Centro Tecnológico de Acessibilidade do IFRS, compatível com a norma NBR 9050/2020, que possibilitou configurar aspectos como altura e diâmetro dos pontos Braille (0,75 mm e 1,9 mm), espessura da placa (2 mm), margens (5 mm) e apoios para impressão, gerando arquivos .stl prontos para impressão 3D.

As placas continham informações essenciais: nome científico e popular do animal, tamanho, peso, habitat, alimentação e estado de conservação, informações que foram condensadas para garantir clareza e legibilidade. A configuração técnica da impressão e do Text2Braille3D, bem como um exemplo de impressão 3D da baleia-jubarte encontram-se nas figuras 1, 2 e 3, respectivamente.

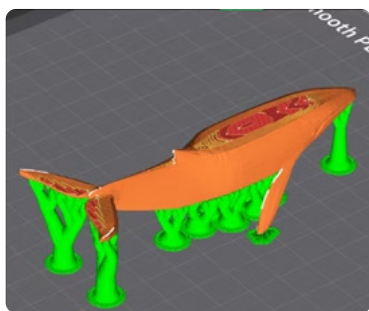


Figura 1 - Configuração técnica da impressão

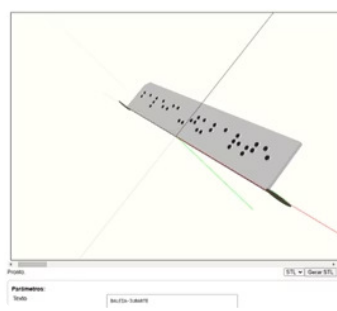


Figura 2 - configuração do Text2Braille3D



Figura 3 - Prototipagem da baleia-jubarte

A última etapa consistiu na integração dos modelos e placas ao Museu Polar 3D, um ambiente virtual que oferece arquivos em .stl e G-code para impressão e guias de prototipagem. O [site](https://www.interantar.com/animais-museu/baleia-jubarte) (<https://www.interantar.com/animais-museu/baleia-jubarte>) passou a incluir também os arquivos das placas em Braille, suas configurações técnicas e orientações passo a passo para replicação do processo por outras instituições. A configuração de impressão de placa Braille e sua impressão 3D, bem como o exemplo de arquivo para download, são apresentados nas Figuras 4, 5 e 6, respectivamente.



Figura 4 - Configuração de impressão de placa Braille

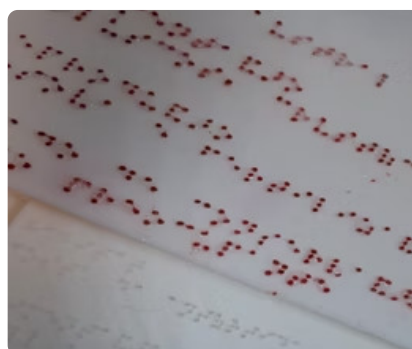


Figura 5 - Prototipagem de placa Braille

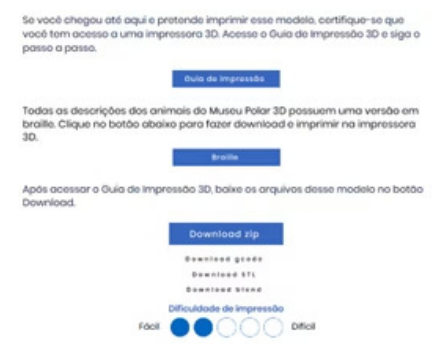


Figura 6 - Arquivo para download no site

A integração entre tecnologia assistiva (Braille), impressão 3D e museus virtuais revelou-se uma possibilidade de interesse para inovação e inclusão, visto que o projeto demonstrou que é possível combinar elementos digitais e físicos para criar experiências educacionais acessíveis e multissensoriais, potencializando possibilidade de integração entre tecnologia e usuários promovendo o acesso ao conhecimento de pessoas com deficiência visual.

Além disso, o uso de ferramentas de fabricação digital permite escalar e replicar a solução em contextos diversos, como escolas e centros culturais e, por isso, o trabalho colabora para ajudar a preencher lacunas identificadas na literatura acadêmica e traz consigo uma perspectiva prática e replicável para democratização do conhecimento científico e promoção da inclusão em espaços digitais e físicos.

4.13 Considerações Finais

Este trabalho buscou destacar a importância de iniciativas voltadas à inclusão digital e educacional por meio da integração de tecnologias assistivas em museus virtuais 3D, com foco no Museu Polar 3D. Ao unir modelagem tridimensional, impressão 3D e ferramentas assistivas, demonstrou que estas ampliam a possibilidade de democratização do conhecimento e avançou no desenvolvimento de soluções inclusivas para pessoas com deficiência visual.

O uso de tecnologias como o software Text2Braille3D e materiais sustentáveis, como PLA biodegradável, alinhou outros dois importantes conceitos contemporâneos: inclusão e práticas ambientalmente responsáveis. A seleção criteriosa de parâmetros técnicos, conforme folha de dados dos fabricantes, e a criação de modelos físicos e digitais demonstraram que é possível aliar inovação, sustentabilidade e inclusão, o que impacta positivamente na educação e na conscientização ambiental, bem como na inclusão de pessoas com deficiência visual, foco da pesquisa.

A abordagem interdisciplinar adotada, envolvendo conhecimentos prévios de especialistas em biologia, computação, design digital, modelagem 3D, educação polar, divulgação científica e acessibilidade, todos estes da equipe do Interantar (<https://www.interantar.com/>) contribuiu para que as soluções desenvolvidas atendessem às necessidades de diferentes públicos, bem como minimizassem os erros de uma abordagem não interdisciplinar. A integração com o Museu Polar 3D ampliou ainda mais o alcance do projeto, gerando a possibilidade futura de que informações científicas sejam acessadas de forma interativa, tátil e visual, promovendo um aprendizado mais imersivo.

Alguns desafios foram identificados, como a necessidade de maior padronização nos processos de impressão 3D e o desenvolvimento de ferramentas ainda mais intuitivas para a configuração de placas em Braille. Esses desafios podem ser oportunidades para aprimoramento futuro, especialmente no que diz respeito à replicabilidade do modelo em outras áreas temáticas e contextos culturais.

Os próximos passos do projeto envolvem a ampliação das iniciativas de acessibilidade e integração tecnológica no Museu Polar 3D, que inclui o aprimoramento das placas em Braille para garantir maior durabilidade e legibilidade, além de explorar novos materiais sustentáveis e métodos de impressão 3D mais eficientes, com base nas melhores práticas recomendadas. Outro objetivo importante é o desenvolvimento de diretrizes para a replicação do modelo em outras áreas temáticas, adaptando-o a diferentes contextos culturais e públicos.

Também sugere-se a criação de um ambiente colaborativo para compartilhar e aprimorar os modelos e instruções de impressão, como um fórum ou FAQ. Esse espaço poderá reunir especialistas e usuários interessados, fomentando a cocriação e expandindo o impacto educacional e inclusivo do projeto.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ARGYROPOULOS, V. S.; KANARI, C. Re-imagining the museum through touch: reflections of individuals with visual disability on their experience of museum-visiting in Greece. **Alter - European Journal of Disability Research**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 130-143, abr./jun. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.alter.2014.12.005>. Acesso em: 12 jan. 2026.

BAŞÇİFTÇİ, F.; ELDEM, A. An interactive and multi-functional refreshable Braille device for the visually impaired. **Displays**, v. 41, p. 33-41, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141938215300354?via%3Dihub>. Acesso em: 12 jan. 2026.

BELHI, A. et al. Investigating 3D holoscopic visual content upsampling using super-resolution for cultural heritage digitization. **Signal Processing: Image Communication**, [s. l.], v. 75, p. 188-198, jul. 2019. Disponível em: <https://bura.brunel.ac.uk/handle/2438/17896>. Acesso em: 12 jan. 2026.

BERSCH, R. **Tecnologia assistiva**: definindo o conceito. Porto Alegre: Assistiva Tecnologia e Educação, 2017. Disponível em: <https://www.assistiva.com.br/tassistiva.html>. Acesso em: 20 mar. 2025.

BLACKWELL, A. F. et al. Tangible user interfaces in context and theory. In: *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. 2007. p. 2817-2820.

BRASIL. [Presidência da República]. **Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004**. Regulamenta as Leis nºs 10.048, de 8 de novembro de 2000, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 3 dez. 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm. Acesso em: 12 jan. 2026.

BRASIL. [Presidência da República]. **Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009**. Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, assinados em Nova York, em 30 de março de 2007. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 26 ago. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm. Acesso em: 12 jan. 2026.

BRASIL. [Presidência da República]. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF: Diário Oficial da União, 7 jul. 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 12 jan. 2026.

BRAZ, L. et al. Design de tecnologia e educação inclusiva: explorando o espaço do problema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 5., 2016, Uberlândia. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2016. p. 757-766. Disponível em: <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/sbie/article/view/6761>. Acesso em: 12 jan. 2026.

- BRBRUYNEEL, A.-V. et al. Apport des activités culturelles pour la santé: exemples de visites guidées dans un musée pour des personnes âgées et des personnes ayant un handicap visuel. **Kinésithérapie, la Revue**, [s. l.], v. 21, n. 238, p. 29-36, out. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.kine.2021.01.067>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- COHEN, R.; DUARTE, C.; BRASILEIRO, A. **Acessibilidade a museus**. Brasília, DF: MinC/Ibram, 2012.
- CONFALONIERI, R. et al. Engineering multiuser museum interactives for shared cultural experiences. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, [s. l.], v. 46, p. 180-195, nov. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0952197615002006>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- CONTE, E.; OURIQUE, M. L. H.; BESAGIO, A. C. Tecnologia assistiva, direitos humanos e educação inclusiva: uma nova sensibilidade. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 33, e163600, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-4698163600>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- CUTURI, L. F.; CAPPAGLI, G.; TONELLI, A.; COCCHI, E.; GORI, M. Perceiving size through sound in sighted and visually impaired children. *Cognitive Development*, v. 60, p. 101125, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101125>. Acesso em: 13 de novembro de 2024.
- CUTURI, L. F. et al. Perceiving size through sound in sighted and visually impaired children. **Cognitive Development**, [s. l.], v. 61, 101125, jan./mar. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0885201421001209>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- ALMEIDA, Danice Betania de; BADALOTTI, Greisse Moser. **Acessibilidade e tecnologias assistivas**. Indaial: UNIASSELVI, 2018. 186 p.
- DÍAZ, F. et al. **Educação inclusiva, deficiência e contexto social: questões contemporâneas**. Salvador: EDUFBA, 2009.
- DOTTA, Silvia et al. Study of three-dimensional modelling methods for a 3D virtual museum on Antarctic sciences. **Educação Pública**, [s. l.], v. 3, n. 3, nov. 2024. Disponível em: https://di.uern.br/epoca2010/artigos/78543_1.pdf. Acesso em: 15 dez. 2024.
- ERGIN, G. Bridging the gap: using digital interactives for social museums. **Yedi: Journal of Art, Design and Science**, [s. l.], n. 32, p. 129-141, jul. 2024. Disponível em: <https://dergipark.org.tr/en/pub/yedi/article/1494586>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- GALVÃO FILHO, Teófilo Alves. **Tecnologia assistiva para uma escola inclusiva: apropriação, demandas e perspectivas**. 2009. 346 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/10563>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- HACKENBROICH, A.-S.; TAYLOR, G.; WILLIAMS, R. Digging up Memories – Empowering collections at Vindolanda Museum through virtual exhibits. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, [s. l.], v. 29, e00267, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212054823000127>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- IINTERANTAR. **Museu virtual 3D**. Santo André: InterAntar, 2024. Disponível em: <https://www.interantar.com/museuvirtual3d>. Acesso em: 15 dez. 2024.

ISLEK, D. The future of accessible museums: qualitative analysis on educational practices. **Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 83-106, mar. 2023. Disponível em: <https://lumenpublishing.com/journals/index.php/rrem/article/view/5431>. Acesso em: 12 jan. 2026.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 21542:2021**: building construction: accessibility and usability of the built environment. Geneva: ISO, 2021.

IZZO, F. et al. Creating customer, museum and social value through digital technologies: evidence from the MANN Assiri project. **Socio-Economic Planning Sciences**, [s. l.], v. 85, 101502, fev. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101502>. Acesso em: 12 jan. 2026.

KOUKOPOULOS, D. et al. XR technologies fostering museum visits for people with impairments. In: *AMID 2023 – Workshop on Accessibility and Multimodal Interaction Design Approaches in Museums*. Athens, 2023.

KRESTANOVA, A.; CERNY, M.; AUGUSTYNEK, M. Review: development and technical design of tangible user interfaces in wide-field areas of application. *Sensors*, 2021.

LI, J. et al. A systematic review of digital transformation technologies in museum exhibition. **Computers in Human Behavior**, [s. l.], v. 161, 108407, ago. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2024.108407>. Acesso em: 12 jan. 2026.

LIAROKAPIS, F. et al. An interactive visualisation interface for virtual museums. In: *Conference Paper*. 2004.

MALIK, U. S. et al. Integrating quantitative and qualitative analysis to evaluate digital applications in museums. **Journal of Cultural Heritage**, [s. l.], v. 62, p. 304-313, jul. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1296207423001012?via%3Dihub>. Acesso em: 12 jan. 2026.

MESQUITA, S. V.; CARNEIRO, M. J. **Assistive technologies in museums for people with visual impairments**. University of Aveiro, 2021.

MINEIRO, C. et al. **Museus e acessibilidade**. Lisboa: Instituto Português de Museus, 2004.

MONTUSIEWICZ, J.; BARSZCZ, M.; KORG, S. Preparation of 3D models of cultural heritage objects to be recognised by touch by the blind. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 12, n. 23, 11910, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/23/11910>. Acesso em: 12 jan. 2026.

NIJS, G.; HEYLIGHEN, A. Turning disability experience into expertise in assessing building accessibility. *ALTER – European Journal of Disability Research*, v. 9, p. 144-156, 2015. DOI: 10.1016/j.alter.2014.12.001.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência**. Nova York, 2006. Disponível em: <https://www.un.org/esa/socdev/enable/documents/tccconvs.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.

PAPADIMITRIOU, V.; ARGYROPOULOS, V. The effect of hand movements on braille reading accuracy. **International Journal of Educational Research**, [s. l.], v. 85, p. 43-50, out. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883035517300733>. Acesso em: 12 jan. 2026.

PAVÃO, A. C. O.; PAVÃO, S. M. D. O. **Intervenções pedagógicas no AEE: potencializando o ensino, a aprendizagem e a inclusão**. Santa Maria: FACO/UFSM, 2023.

PISTOFIDIS, P. et al. Composing smart museum exhibit specifications for the visually impaired. **Journal of Cultural Heritage**, [s. l.], v. 52, p. 1-10, nov. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.08.013>. Acesso em: 12 jan. 2026.

RADOŠEVIĆ, L. The first 3D models of murals for blind and visually impaired people. 2022.

RAMOS-GARCÍA, O. I. et al. An IoT Braille display towards assisting visually impaired students in Mexico. 2023.

RAPOSO, G. O.; FAÇANHA, I. V. T.; SILVA, V. S. Acessibilidade para deficientes visuais em museus: um estudo de caso no Museu da Fotografia de Fortaleza. UniFanor, 2024.

SANTOŠI, Z. et al. Evaluation of synthetically generated patterns for image-based 3D reconstruction of texture-less objects. **Measurement**, [s. l.], v. 147, 106883, dez. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224119307407?via%3Dihub>. Acesso em: 12 jan. 2026.

SASSAKI, R. K. **Inclusão: construindo uma sociedade para todos**. 6. ed. Rio de Janeiro: WVA, 2010.

SILVA, D. **A tecnologia como ferramenta de inclusão para deficientes visuais**. Jornal PET-SI EACH USP, São Paulo, 5 nov. 2015. Disponível em: <https://www.each.usp.br/petsi/jornal/?p=2844>. Acesso em: 27 maio 2024.

SILVA, S. M. C. D.; OLIVEIRA, K. D. F. Tecnologias assistivas: considerações sobre uma educação inclusiva. In: **CONEDU**, 7., 2022. p. 11.

TOJAL, A. P. F. **Políticas públicas culturais de inclusão de públicos especiais em museus**. 2007. 320 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27151/tde-19032008-183924/pt-br.php>. Acesso em: 12 jan. 2026.

TSAKOUMAKIA, M. C. et al. Advanced digitization methods for the protection and dissemination of cultural heritage. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 118, p. 1056-1060, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827123004080?via%3Dihub>. Acesso em: 12 jan. 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. **Acessibilidade é fundamental para inclusão de pessoas com deficiência**. Belém: UFPA, 2023. Disponível em: <https://ufpa.br/acessibilidade-e-fundamental-para-inclusao-de-pessoas-com-deficiencia/>. Acesso em: 27 maio 2024.

UNESCO. **Relatório global UNESCO: abrindo novos caminhos para o empoderamento: as TIC ao serviço das pessoas com deficiência**. Paris: UNESCO, 2014. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000223455>. Acesso em: 12 jan. 2026.

VAZ, R.; FERNANDES, P. O.; VEIGA, A. C. R. Designing an interactive exhibitor for assisting blind and visually impaired visitors. **Procedia Computer Science**, [s. l.], v. 138, p. 561-570, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342479976_Blind_and_Visually_Impaired_Visitors'_Experiences_in_Museums_Increasing_Accessibility_through_Assistive_Technologies. Acesso em: 12 jan. 2026.

VAZ, R.; FREITAS, D.; COELHO, A. Blind and visually impaired visitors' experiences in museums. *The International Journal of the Inclusive Museum*, v. 13, n. 2, p. 57-80, 2020.

VAZ, R.; FREITAS, D.; COELHO, A. Perspectives of visually impaired visitors on museums. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE DEVELOPMENT AND TECHNOLOGIES FOR ENHANCING ACCESSIBILITY AND FIGHTING INFO-EXCLUSION, 9., 2020, Virtual. **Proceedings [...]**. New York: ACM, 2020. p. 251-258. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3439231.3439272>. Acesso em: 10 jan. 2025..

ZAAL, T.; SALAH, A. A. A.; HÜRST, W. Toward inclusivity: virtual reality museums for the visually impaired. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND VIRTUAL REALITY, 5., 2022, Virtual. **Anais [...]**. Piscataway: IEEE, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/AIVR56993.2022.00047>. Acesso em: 12 jan. 2026.

Sobre os Autores



Edgard Gonçalves Cardoso

Técnico em Gestão de Pequenas Empresas (ETEC), Gestor Empresarial (FATEC), Engenheiro de Produção Mecânica (UNIABC), Especialista em Gestão de Pessoas (UNIFEI) e Especialista em Inovação na Educação Mediada por Tecnologias (UFABC). Técnico de Laboratório na UFBAC e professor do SENAI-SP nas áreas de Manutenção Industrial e Gestão de Produção Industrial. Entusiasta da educação e da inclusão de pessoas com deficiência no processo de ensino e aprendizagem.

Contato: edgard.cardoso@ufabc.edu.br

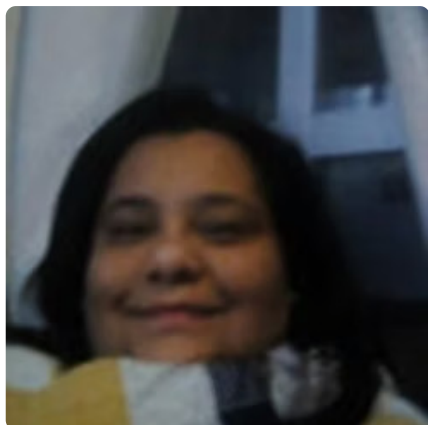


Silvia Dotta

Doutora em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP), Mestre em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas (FE-UNICAMP). É especialista em Assuntos Antárticos pela Universidade de Magalhães, em Punta Arenas no Chile e é graduada em Comunicação Social pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo. É docente da UFABC - Universidade Federal do ABC, nos cursos de Ciência da Computação e Licenciatura em Matemática. Com especialidade em educação mediada por tecnologias, sua área de pesquisa, tem desenvolvido e implementado projetos na área de Educação a Distância, desenvolvimento de jogos e desenvolvimento de metodologias para inserção das tecnologias em processos educacionais. É membro do grupo de pesquisa INTERA - Inteligência em Tecnologias Educacionais e Recursos Acessíveis, que ajudou a fundar, e em 2013, fundou o InterAntar, um programa de divulgação das ciências polares que tem servido de laboratório de pesquisas sobre a aplicação de tecnologias para a divulgação e a educação científica. Nesse programa, coordena ações de extensão dirigidas para diferentes públicos, como cursos de formação de professores, produção de vídeos, podcasts, jogos, simulações e gestão de mídias sociais

Contato: silvia.dotta@ufabc.edu.br

Sobre os Autores



Adriana Ferreira Serafim de Oliveira

Doutora em Educação pela UNESP - Rio Claro, com foco em inclusão social, tratados internacionais, políticas públicas e violência contra a mulher. Estágio doutoral em Psicologia Social com bolsa PSDE - CAPES na "Universidad Complutense de Madrid - Facultad de Ciencias Políticas y Sociología" com pesquisas desenvolvidas em Madrid, Salamanca e cercanias quanto aos serviços públicos de atendimento à mulher vítima de violência de gênero com apoio da "Facultad de Derecho de la Universidad Complutense de Madrid". Tem experiência em trabalhar com a metodologia qualitativa. Mestra em Direitos Fundamentais Difusos e Coletivos pela UNIMEP de Piracicaba, com foco em Direitos Humanos e Direito Internacional, com bolsa do programa PROSUP-CAPES. Pós-graduada em Política e Relações Internacionais pela Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo -FESP-SP. Bacharel em Direito pela Instituição Toledo de Ensino de Bauru -ITE. Licenciatura em Letras-Português pelo Centro Universitário Claretiano. Pós-doutorado em Direito Político e Econômico pela Universidade Presbiteriana Mackenzie - São Paulo. Tutora EaD na UFABC. Professora revisora, conteudista e parecerista de material didático e periódicos qualificados.

Contato: adriana.ferreira@ufabc.edu.br



João Olinto Trindade Junior

Doutor em Letras, subárea Teoria da Literatura e Literatura Comparada (UERJ); Mestre em Letras, subárea Literatura Portuguesa (2013); especialista em Planejamento, Implementação e Gestão da EaD (UFF) e licenciado em Letras, com habilitação em Língua Portuguesa e respectivas literaturas (UNISUAM). Sua pesquisa está relacionada a duas linhas que se entrecruzam: o estudo das literaturas de língua portuguesa (privilegiando a africana e a brasileira contemporâneas); e o estudo das vertentes do insólito ficcional, privilegiando a manifestação desse macrocampo nas literaturas brasileira e moçambicana. É pesquisador associado aos seguintes grupos de pesquisa: "Nós do Insólito: vertentes da ficção, da teoria e da crítica?(UERJ) e "Mundos possíveis do Insólito Ficcional?". Coordenou projetos de Iniciação Científica no Ensino Médio, com as seguintes temáticas: ?Literaturas Africanas de Língua Portuguesa: espaço de trocas e descobertas? e "Literatura fantástica brasileira e crítica social". É autor de livro, artigos e capítulos de livros sobre literatura africana e fantástica. É professor mediador no Consórcio CEDERJ/UERJ/UAB. É revisor de material didático e acadêmico. Como conteudista, já produziu material para disciplinas associadas ao campo dos estudos literários e das ciências da linguagem.

Contato: joao.olinto@ufabc.edu.br

5. O USO DE JOGOS DIGITAIS NO ENSINO DE MATEMÁTICA PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Autores: Ivanice Alves Cajueiro, Bruno José Betti Galasso e Andrea Garcia Trindade

5.1 Introdução

Nas últimas décadas, a Educação tem se voltado à construção de metodologias e práticas pedagógicas inovadoras que promovam o engajamento dos estudantes e favoreçam um aprendizado mais significativo. Nesse aspecto, observa-se o crescente interesse da comunidade acadêmica e educacional pelas tecnologias digitais, em especial os jogos digitais, que têm se consolidado como recursos promissores no processo de ensino e de aprendizagem.

Tais ferramentas possibilitam a criação de ambientes lúdicos, interativos e dinâmicos, com habilidade de estimular a aprendizagem de maneira mais envolvente, incentivando o desenvolvimento de habilidades cognitivas, sociais e emocionais, bem como a capacidade de resolver problemas e de lidar com situações imprevistas.

Entretanto, apesar do potencial educativo dos jogos digitais, sua aplicação ainda se depara com desafios significativos, sobretudo no que se refere à acessibilidade. Em áreas como a Matemática — que exige elevado grau de abstração e depende, na maioria das vezes, de representações visuais —, os obstáculos são ainda maiores. Muitos dos jogos digitais disponíveis não consideram as necessidades específicas de estudantes com deficiência visual, limitando o acesso igualitário ao conhecimento e comprometendo os princípios da educação inclusiva.

Tal realidade evidencia a urgência de repensar o desenvolvimento desses recursos, para que possam, de fato, atender à diversidade presente nas salas de aula.

Diante desse cenário, este capítulo apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre o uso de jogos digitais no ensino da Matemática, com ênfase na acessibilidade para estudantes com deficiência visual do Ensino Fundamental 1. O trabalho destina-se a pesquisadores da área, bem como a professores, coordenadores pedagógicos e gestores escolares que buscam metodologias, estratégias e recursos didáticos inovadores, passíveis de integração ao cotidiano escolar.

O objetivo é contribuir para a otimização dos processos de ensino e de aprendizagem, promovendo práticas mais eficazes e inclusivas, voltadas tanto para educandos com deficiência quanto para aqueles sem deficiência.

A questão norteadora que orienta este estudo é: quais jogos digitais voltados ao ensino da Matemática são acessíveis aos estudantes com deficiência visual?

Para respondê-la, estabeleceu-se como objetivo geral: realizar uma revisão sistemática da literatura sobre o uso de jogos digitais como ferramentas educacionais no ensino da Matemática para estudantes com deficiência visual, analisando as abordagens, os desafios e as potencialidades desses recursos no contexto da aprendizagem inclusiva. De forma mais específica, buscou-se: (I) identificar e sistematizar estudos que abordam o uso de jogos digitais no ensino da Matemática para esse público; e (II) verificar as lacunas e limitações existentes na literatura, percebendo as barreiras tecnológicas, pedagógicas e de acessibilidade, com vistas a sugerir direcionamentos para futuras investigações.

Do ponto de vista conceitual, o conteúdo abordado envolve os princípios pedagógicos e tecnológicos que norteiam o uso de jogos digitais na educação; do ponto de vista procedimental, contempla a análise e sistematização de produções acadêmicas por meio de critérios metodológicos rigorosos; e, em termos sociais, destaca-se pela promoção de práticas educacionais mais inclusivas e equitativas. A relevância acadêmica e social deste estudo reside na possibilidade de ampliar o entendimento sobre as potencialidades dos jogos digitais acessíveis no ensino da Matemática, incentivando a reflexão crítica sobre práticas educacionais que incorporem o princípio da acessibilidade como elemento central para o desenvolvimento de recursos pedagógicos.

5.2 Inovação que o trabalho apresenta

A proposta deste capítulo se insere no campo da inovação educacional ao realizar uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) com foco específico em jogos digitais voltados ao ensino da Matemática para estudantes com deficiência visual, tema ainda incipiente nos estudos acadêmicos contemporâneos.

A originalidade situa-se na proposta de mapear e sistematizar produções científicas publicadas entre 2019 e 2024, de modo a identificar lacunas, barreiras e potencialidades no uso de tecnologias digitais acessíveis a esse público. Ao reunir e analisar criticamente estudos que tratam da inclusão digital e pedagógica no ensino da Matemática, esta investigação amplia o escopo tradicional das pesquisas sobre deficiência visual, que ainda se concentram majoritariamente em tecnologias assistivas genéricas e recursos concretos manipuláveis.

A relevância do estudo se destaca ao articular fundamentos teóricos do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) e dos Recursos Educacionais Abertos (REAs), reconhecendo as múltiplas formas de acesso, representação e expressão como elementos centrais para a construção de práticas pedagógicas mais inclusivas e equitativas. Nesse espectro, os jogos digitais com interfaces sonoras, feedback tátil e estratégias multissensoriais surgem como ferramentas lúdicas e como dispositivos potentes de transformação do ensino da Matemática em experiências sensoriais ricas, personalizadas e adaptáveis.

A contribuição da pesquisa também se dá ao indicar direções para investigações futuras, com base em evidências empíricas e reflexões teóricas que poderão subsidiar o desenvolvimento de jogos digitais para o ensino da Matemática acessíveis e inovadores.

A possibilidade de replicação está assegurada pela sistematização rigorosa dos critérios metodológicos utilizados na RSL, permitindo que outros pesquisadores, educadores e desenvolvedores de tecnologias educacionais possam reproduzir o estudo, e ampliar sua aplicação em diferentes contextos escolares, sobretudo no campo da educação inclusiva mediada por tecnologias digitais.

5.3 Fundamentação Teórica

O conhecimento matemático possui ampla aplicação na sociedade contemporânea e grande potencial na formação de cidadãos críticos e conscientes de suas responsabilidades sociais. É, portanto, essencial que todos os estudantes da Educação Básica desenvolvam a habilidade de utilizar processos e ferramentas matemáticas — inclusive tecnologias digitais disponíveis — para modelar e resolver problemas cotidianos, sociais e de outras áreas do conhecimento, validando estratégias e resultados (Brasil, 2018).

Entretanto, a Matemática configura-se como uma disciplina complexa, devido ao alto grau de abstração e ao predomínio de representações visuais que exige para a aquisição de seus conceitos. Esses elementos constituem barreiras significativas para estudantes com deficiência visual, os quais percebem o mundo ao seu redor por meio da utilização dos sentidos remanescentes, como a audição, o tato (sistema háptico), o olfato, a cinestesia, a memória muscular e o sentido vestibular (Brasil, 2003).

Nessa perspectiva, é pertinente compreender o que caracteriza a deficiência visual, com o objetivo de subsidiar práticas pedagógicas inclusivas que considerem as especificidades sensoriais desses estudantes no processo de aprendizagem da Matemática - tema a ser tratado a seguir.

5.4 Definição de Deficiência Visual

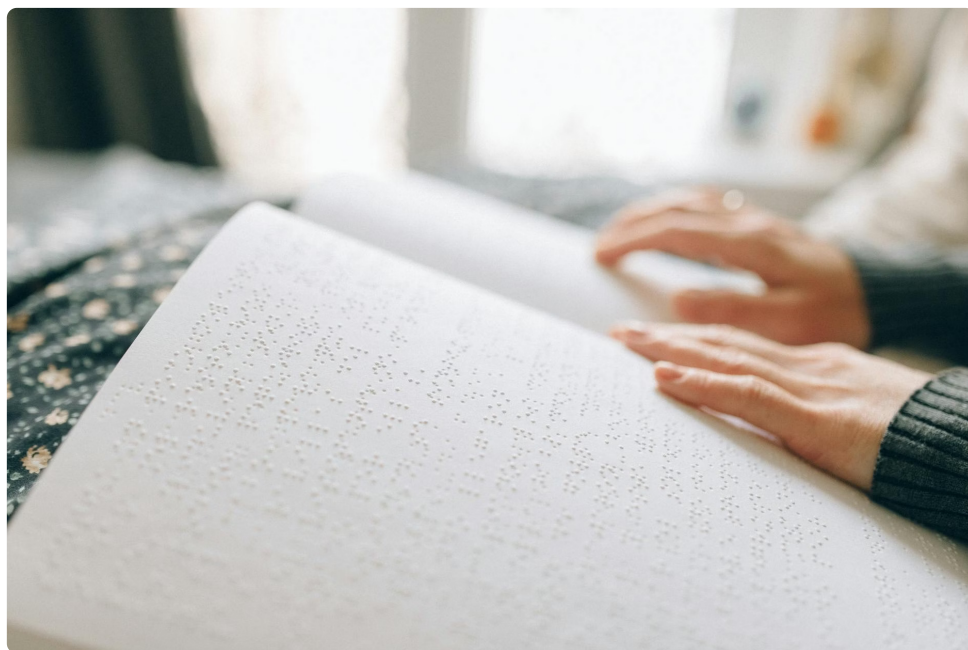
A deficiência visual é caracterizada pela perda total ou parcial da capacidade visual de um ou de ambos os olhos. Trata-se de uma condição que não pode ser corrigida ou melhorada com o uso de lentes, tratamento clínico ou intervenção cirúrgica (Lourenço *et al.*, 2020).

De acordo com a Portaria nº 3.128 do Ministério da Saúde, considera-se pessoa com deficiência visual aquela que apresenta baixa visão ou cegueira (Brasil, 2008). A baixa visão, também chamada de visão subnormal, ocorre quando a acuidade visual corrigida no melhor olho é menor do que 0,3 e maior ou igual a 0,05, ou quando o campo visual é inferior a 20°, com a melhor correção óptica. Essa condição corresponde às categorias 1 e 2 de graus de comprometimento visual do CID-10 e refere-se a uma alteração da capacidade funcional da visão em ambos os olhos, decorrente de múltiplos fatores — isolados ou combinados — que não pode ser corrigida com óculos convencionais, lentes de contato ou procedimentos cirúrgicos oftalmológicos (Brasil, 2008).

Por sua vez, a cegueira é diagnosticada quando a acuidade visual é inferior a 0,05 ou o campo visual é menor que 10° no melhor olho com a melhor correção óptica, classificando-se nas categorias 3, 4 e 5 do CID-10.

Essa condição representa uma alteração grave ou total de uma ou mais funções elementares da visão, comprometendo, de forma irreversível, a capacidade de perceber cor, tamanho, distância, forma, posição ou movimento, em um campo visual significativamente reduzido (Brasil, 2008).

Notadamente, compreender as particularidades da deficiência visual é essencial para orientar práticas pedagógicas inclusivas. Nesse sentido, é fundamental analisar como diferentes perspectivas teórico-metodológicas podem contribuir para o ensino de Matemática a estudantes com deficiência visual, promovendo a autonomia e o desenvolvimento integral desses sujeitos – questão que será discutida na sequência.



5.5 Contribuições de Perspectivas Teórico-Metodológicas no Ensino de Matemática para Estudantes com Deficiência Visual

A autonomia das crianças no processo de aprendizagem tem ganhado destaque no cenário educacional contemporâneo, sendo reconhecida como uma habilidade essencial para o desenvolvimento integral. Desde os primeiros anos, é fundamental que elas sejam estimuladas a tomar decisões, resolver problemas e envolver-se ativamente em sua própria trajetória de aprendizado (Duque *et al.*, 2024).

Frente a isso, compreende-se que o ensino de Matemática para estudantes com deficiência visual deve estar ancorado em abordagens pedagógicas que favoreçam não apenas o acesso ao conteúdo, mas o desenvolvimento integral do sujeito. Entre essas abordagens, destacam-se a construtivista, a sociointeracionista e a humanista, que oferecem fundamentos essenciais para pensar uma prática educativa inclusiva, significativa e centrada no aluno.

De acordo com Duque *et al.* (2024), a abordagem construtivista, proposta por Jean Piaget (1990), vê a criança como construtora de seu próprio aprendizado por meio da interação com o ambiente. Nesse sentido, a autonomia cognitiva não surge repentinamente, mas em um processo gradativo que acompanha o progresso da criança por estágios de desenvolvimento, sempre envolvendo a interação com o mundo físico e social ao seu redor.

No que tange ao ensino de Matemática, essa perspectiva valoriza a experimentação, a resolução de problemas e a mediação pedagógica que considera os estágios de desenvolvimento cognitivo dos alunos, independentemente de suas especificidades, tencionando oferecer a eles experiências sensoriais e concretas que favoreçam a construção de conceitos matemáticos de maneira significativa e contextualizada.

Por outro lado, no âmbito da abordagem sociointeracionista de Lev Vygotsky (2007), os autores destacam que o desenvolvimento cognitivo e a autonomia se dão, essencialmente, por meio da mediação social. Nesses termos, as interações sociais e culturais são fundamentais para a formação dos sujeitos.

A noção de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) propõe que o aluno adquire conhecimento e habilidades com o apoio de adultos e pares mais experientes, em um contexto cultural e histórico. No contexto da deficiência visual, isso reforça o papel das interações colaborativas, do uso de tecnologias acessíveis e de metodologias dialógicas que favoreçam a mediação e o desenvolvimento de funções cognitivas superiores.

Por sua vez, Sousa (2021) explicita que o método educacional humanista defendido por Rogers (1986), coloca o estudante no centro da aprendizagem e vê o educador como um facilitador que propicia oportunidades pedagógicas essenciais para que o educando desenvolva o conhecimento de modo autônomo, em um ambiente afetivamente seguro, onde ele se sinta aceito e motivado a aprender. Dentro desse contexto, o ensino deve considerar o aluno como sujeito ativo, criativo e participativo em seu próprio processo de aprendizagem, valorizando suas vivências e emoções. A afetividade, o respeito à individualidade e a promoção da autonomia são pilares dessa proposta. Na inclusão de estudantes com deficiência visual, isso significa reconhecer suas capacidades, promover sua autoestima e garantir que o ambiente educacional seja acolhedor, flexível e não discriminatório.

Duque *et al.* (2024) argumentam que “embora cada abordagem teórica ofereça uma perspectiva distinta, todas convergem em um ponto: a importância de permitir que a criança seja a agente principal de sua própria aprendizagem”. Dessa forma, tais concepções teóricas orientam a criação de ambientes educativos que valorizam o protagonismo estudantil, o diálogo, a diversidade e a construção ativa do conhecimento — princípios que dialogam com os jogos digitais, com o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) e com os Recursos Educacionais Abertos (REAs), propostas educacionais inovadoras que enfatizam a elaboração de materiais acessíveis e a adoção de práticas pedagógicas inclusivas – temáticas que serão abordadas nos próximos tópicos.

5.6 Jogos Digitais como Ferramentas de Inclusão e de Inovação no Ensino de Matemática

Rezende e Pinto (2021) destacam que os avanços na legislação que regulamenta e estabelece diretrizes para a inclusão educacional de estudantes com deficiência, bem como o aumento do número de matrículas desses alunos em classes regulares das redes de ensino, reforçam a necessidade de adaptações pedagógicas que respondam adequadamente às suas necessidades individuais.

Nesse domínio, as novas tecnologias podem desempenhar um papel fundamental na eliminação das barreiras enfrentadas por alunos com deficiência no processo de aprendizagem, proporcionando experiências multimodais ajustadas às suas especificidades.

No campo da Matemática, dispositivos como computadores, softwares que integram geometria e álgebra, além de editores de textos matemáticos, possibilitam a exploração de diferentes linguagens e formatos de representação, tornando-se recursos essenciais para a constituição de situações de aprendizagem dinâmicas e inclusivas.

Dessa forma, jogos digitais que incorporam interfaces sonoras, recursos hápticos, feedback tátil e descrição audiovisual emergem como ferramentas inovadoras e inclusivas no ensino da Matemática para educandos com deficiência visual. Sua adaptação possibilita a interação com conceitos matemáticos por meio de recursos multissensoriais, de maneira lúdica e eficaz, permitindo que a disciplina deixe de ser majoritariamente visual para se transformar em uma experiência sensorial abrangente, que integra sons, texturas e a manipulação de objetos virtuais por meio do tato.

Recursos dessa natureza são relevantes para estudantes com deficiência visual do Ensino Fundamental 1, uma vez que favorecem a construção significativa do conhecimento matemático desde os anos iniciais. Nessa direção, é importante considerar também o papel dos Recursos Educacionais Abertos no desenvolvimento e na disponibilização de jogos digitais acessíveis, o que será discutido no tópico a seguir.

5.7 Jogos Digitais e os Recursos Educacionais Abertos

Os Recursos Educacionais Abertos (REAs) são definidos pela UNESCO (2019) como materiais de aprendizagem, ensino e pesquisa, em qualquer formato e suporte, que se encontram em domínio público ou protegidos por direitos autorais, mas disponibilizados com licenças abertas. Essas licenças permitem o acesso, a reutilização, a adaptação e a redistribuição por qualquer usuário.

De forma mais simplificada, Monteiro e Braga (2024) definem os REAs como recursos educacionais geralmente disponibilizados gratuitamente na internet para uso de educadores e estudantes, sem a necessidade de pagamento de direitos autorais ou taxas de licenciamento. Tais recursos podem ser acessados, explorados, modificados e redistribuídos livremente.

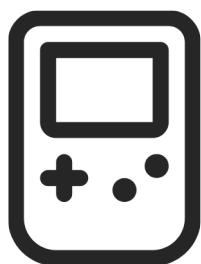
As definições apresentadas pela UNESCO (2019) e por Monteiro e Braga (2024) apontam para o potencial dos jogos digitais, quando pensados como estratégia de ensino de Matemática para estudantes com deficiência visual, ao aliarem flexibilidade e acessibilidade. Isso ocorre porque os REAs permitem práticas abertas, nas quais é possível utilizar, adaptar e compartilhar materiais ajustáveis às diferentes necessidades educacionais.

Essa capacidade de uso e adaptação dos REAs favorece a criação de jogos acessíveis, ajustados às necessidades específicas dos estudantes com deficiência visual, sobretudo por meio do uso de tecnologias assistivas, como leitores de tela e impressão em braille- o que contribui significativamente para o fortalecimento de uma educação inclusiva e equitativa (Monteiro; Braga, 2024).

Assim, compreender os princípios que orientam o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) é fundamental para o desenvolvimento de jogos digitais acessíveis e intencionalmente planejados para atender à diversidade de aprendizes, como se discutirá na sequência.

5.8 Jogos Digitais em Face do Desenho Universal

O Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) refere-se a uma abordagem educacional que busca criar ambientes de ensino acessíveis a todos os estudantes, independentemente de suas condições individuais. Essa perspectiva favorece a inclusão ao reconhecer e valorizar a diversidade presente em sala de aula, compreendendo que os alunos diferem em habilidades, interesses, capacidades e motivações.



De acordo com Sebastián-Heredero (2020), o DUA refere-se a um conjunto de diretrizes e práticas pedagógicas, fundamentadas em evidências científicas, voltadas à construção e implementação de propostas educacionais inclusivas. Essa perspectiva recomenda a flexibilização do processo de ensino e aprendizagem, de modo a contemplar a pluralidade de estilos e de necessidades dos estudantes.

Segundo o pesquisador, o modelo baseia-se em três princípios fundamentais. O primeiro refere-se à **flexibilidade na apresentação das informações**, que recomenda o uso de múltiplos meios — visuais, auditivos, táteis e tecnológicos — para tornar os conteúdos acessíveis a todos. O segundo princípio diz respeito à **diversificação nas formas de resposta e de demonstração do conhecimento**, que reconhece as diferentes maneiras pelas quais os alunos podem expressar o que aprenderam. Para isso, são indicados recursos como gravações em áudio, produções em braille, objetos táteis e o uso de softwares com leitores de tela. Por fim, o terceiro princípio relaciona-se ao **engajamento e a motivação para a aprendizagem**, que propõe oferecer opções que estimulem o interesse, a autonomia e o envolvimento dos estudantes, promovendo um ambiente inclusivo e com altas expectativas de sucesso para todos.

Nessa direção, o DUA recomenda a flexibilização dos objetivos, métodos, materiais e formas de avaliação, assegurando a todos os estudantes oportunidades equitativas e personalizadas de aprendizagem (Monteiro; Braga, 2024).

Com base nesses princípios, compreende-se que os jogos digitais, ao possibilitarem a personalização do processo educativo — adaptando-se ao ritmo, às necessidades e às características individuais dos estudantes —, fortalecem sua aplicação como ferramenta alinhada ao Desenho Universal para a Aprendizagem, ao promover maior engajamento e inclusão (Duque *et al.*, 2024; SEBASTIÁN-HEREDERO, 2020).

A vista disso, observa-se que, ao dialogarem com os princípios do DUA, os jogos digitais também favorecem a personalização da aprendizagem — tema que será discutido na sequência.

5.9 Jogos Digitais e a Personalização da Aprendizagem

A personalização da aprendizagem, na visão de Duque *et al.* (2024), surge como uma resposta às crescentes demandas das salas de aula contemporâneas, marcadas por diferentes perfis de aprendizagem, ritmos de desenvolvimento e contextos socioculturais diversos.

Dentro dessa perspectiva, os autores apresentam a personalização do ensino como um método inovador e necessário, que visa adaptar o processo educativo às necessidades específicas de cada estudante. Destacam, ainda, o papel do professor como fundamental na adequação de métodos, conteúdos e ritmos, de modo a maximizar o potencial individual dos alunos e a promover uma aprendizagem mais inclusiva e efetiva — especialmente no Ensino Fundamental 1, etapa em que as disparidades no desenvolvimento infantil tendem a ser mais evidentes.

Conforme Duque *et al.* (2024), essa proposta educacional se ancora nos princípios do ensino diferenciado de Tomlinson (2001), que parte do pressuposto de que os alunos aprendem de maneiras distintas e, por isso, o currículo e as atividades devem ser suficientemente flexíveis para atender à diversidade de perfis e de necessidades. Também se apoia nos fundamentos da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), de Vygotsky (2007) segundo a qual a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando os estudantes são desafiados a realizar tarefas que ainda não conseguem executar sozinhos, mas que se tornam possíveis com o apoio de um professor ou de colegas mais experientes.

Nesse espectro, os jogos digitais despontam como metodologias ativas que favorecem a personalização da aprendizagem, inclusive no ensino da Matemática para estudantes com deficiência visual do Ensino Fundamental 1. Por meio de recursos interativos, sensoriais e acessíveis, apoiados por tecnologias assistivas, esses jogos podem adaptar o conteúdo ao ritmo e às necessidades individuais dos alunos, estimulando sua participação ativa e promovendo experiências educacionais mais significativas.

Assim, ao potencializarem a personalização da aprendizagem com base em fundamentos teóricos e metodológicos sólidos, os jogos digitais reafirmam seu valor como recurso pedagógico inovador. A seguir, será explorado como essas tecnologias, integradas à Inteligência Artificial, vêm ampliando ainda mais suas possibilidades enquanto metodologias ativas no contexto educacional.

5.10 Jogos Digitais enquanto Metodologias Ativas Aplicados à Inteligência Artificial

O principal objetivo das metodologias ativas é colocar o aluno no centro do processo de construção do conhecimento, promovendo autonomia, experimentação e colaboração. Nesse contexto, os jogos digitais se destacam como instrumentos potentes de personalização e inclusão no processo educativo. Enquanto metodologias ativas, sua eficácia é ainda mais ampliada com a incorporação da inteligência artificial, uma vez que essa tecnologia possibilita ajustes em tempo real às necessidades individuais dos alunos.

Tais ajustes ocorrem por meio da coleta de dados, da análise de desempenho e da oferta de feedbacks personalizados — elementos que, segundo Duque *et al.* (2024), são centrais nas metodologias baseadas em IA.

A aplicação da inteligência artificial em jogos digitais utilizados como metodologias ativas favorece tanto a aprendizagem individual quanto o desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais. Essa integração promove um desenvolvimento mais equilibrado entre competências como pensamento crítico, resolução de problemas e habilidades de convivência e colaboração. Assim, crianças com e sem deficiência podem se tornar protagonistas do próprio desenvolvimento à medida que interagem de forma ativa, responsiva e significativa com o mundo ao seu redor (Duque *et al.*, 2024).

Contudo, embora tecnologias como jogos digitais e Inteligência Artificial venham ganhando destaque por promover maior engajamento e motivação entre os estudantes, é relevante refletir também sobre os limites e possibilidades da implementação dessas ferramentas tecnológicas no ambiente escolar — questão que será tratada no próximo tópico.

5.11 Limites e Possibilidades da Integração Tecnológica no Ambiente Escolar

Ainda que tecnologias como os jogos digitais e a inteligência artificial se mostrem promissoras no processo educativo, sua implementação impõe desafios que precisam ser cuidadosamente considerados. Duque *et al.* (2024) realçam que a eficácia das tecnologias educacionais nas escolas está intrinsecamente ligada a um planejamento estratégico que leve em conta tanto os benefícios quanto as limitações de sua adoção, exigindo equilíbrio entre a inovação e a preservação de princípios pedagógicos sólidos.

Essa reflexão se estende, em particular, ao uso de jogos digitais no ensino de Matemática para estudantes com deficiência visual, pois envolve não apenas o desenvolvimento de recursos acessíveis, mas também a criação de ambientes que favoreçam uma mediação pedagógica qualificada. Isso demanda investimentos contínuos em recursos tecnológicos, infraestrutura e formação docente, assegurando que os educadores estejam preparados para integrar essas tecnologias de forma eficiente e alinhada ao planejamento didático. Sem o suporte técnico e pedagógico adequado, tais ferramentas podem ser mal aplicadas, comprometendo os objetivos educacionais a que se propõem.

No entanto, é primordial destacar que, no contexto escolar, a tecnologia deve ser compreendida como um recurso que complementa — e não substitui — as práticas educacionais tradicionais, como o contato direto entre professor e aluno e o desenvolvimento de competências socioemocionais, aspectos fundamentais para a formação integral da criança.

Nomeadamente, reconhecer os limites e as possibilidades da integração tecnológica no ambiente escolar é essencial para compreender como práticas inovadoras podem ser efetivamente aplicadas. Considerando essas reflexões, apresenta-se, a seguir, a metodologia adotada para investigar, de forma sistematizada, a aplicação dos jogos digitais no contexto educacional.

5.12 Metodologia

Este estudo caracteriza-se como uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), com o objetivo de analisar o estado da arte da produção científica sobre o uso de jogos digitais no ensino de Matemática para estudantes com deficiência visual, no contexto do Ensino Fundamental I.

A pesquisa busca responder ao seguinte problema: quais jogos digitais são acessíveis aos estudantes com deficiência visual no ensino de Matemática, e quais potencialidades e limitações são apontadas na literatura recente?

Para orientar a condução metodológica da revisão, considerou-se a proposta de Dorsa (2020), que destaca que os passos de uma revisão de literatura envolvem a seleção criteriosa dos descritores, os quais funcionam como filtro entre a linguagem do autor e a terminologia da área; a definição das fontes de consulta — tais como artigos, dissertações, teses e resumos de eventos científicos — priorizando-se publicações dos últimos cinco anos; e a análise das referências bibliográficas dos textos selecionados, que podem ampliar o repertório teórico e metodológico sobre o tema investigado. Assim, a revisão de literatura estabelece uma linha de raciocínio que conduz o pesquisador das premissas às conclusões, funcionando como fio condutor na construção de projetos, dissertações e artigos científicos.

Com base nessas diretrizes, este estudo foi estruturado em quatro etapas principais: planejamento, execução da busca, análise e síntese dos resultados.

As bases de dados utilizadas foram: SciELO – Brasil; Sociedade Brasileira de Computação; *Brazilian Journals* Publicações de Periódicos e Editora Ltda; Portal de Publicações Eletrônicas da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ); Repositório da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

A *string* de busca aplicada foi: ("jogos digitais" OR "jogos educacionais" OR "jogos acessíveis") AND ("deficiência visual" OR "cegueira" OR "baixa visão") AND ("ensino de matemática" OR "educação matemática").

Período de recorte: 2019 a 2024.

Critérios de inclusão: Trabalhos publicados entre 2019 e 2024; Pesquisas que abordam o uso de jogos digitais voltados para o ensino de Matemática; Estudos que contemplam estudantes com deficiência visual no contexto da Educação Básica.

Critérios de exclusão: Estudos que tratam apenas da deficiência visual sem relação com o ensino de Matemática; Pesquisas que abordam jogos digitais em contextos não educacionais ou sem foco em acessibilidade.

Após a aplicação dos critérios, foram selecionados 20 estudos para análise, considerando sua relevância e contribuição ao campo investigado. Os dados foram sistematizados por meio de fichamento analítico, com foco nos objetivos, metodologias, públicos atendidos, tipos de jogos utilizados, recursos de acessibilidade empregados e principais resultados obtidos.

A seguir, apresentam-se os quadros 01 e 02, que reúnem os estudos selecionados na revisão sistemática, contemplando autoria, objetivos, recursos de acessibilidade empregados e os principais achados. Essa sistematização oferece subsídios relevantes para a análise dos resultados discutidos na próxima seção.

Quadro dinâmico 1 – Estudos analisados na Revisão Sistemática de Literatura (1 a 10)

Santos et al.

Ano de Publicação: 2022

Objetivo do estudo: Realizar uma revisão sistemática da literatura, visando identificar, avaliar e interpretar pesquisas atuais sobre o uso de tecnologias digitais para pessoas com baixa visão.

Recursos digitais e acessibilidade: Sistema Dosvox; o jogo Desafio do carteiro - original da Microsoft Kinect - com adaptações; tecnologias assistivas como ampliadores de tela; celular; computador.

Principais resultados: Jogos digitais podem ser uma via promissora de incentivo à tarefa de aprender e de ensinar; um jogo educativo deve equilibrar jogabilidade e proposta pedagógica, devendo ser divertido e motivador; restrição de pesquisas sobre jogos digitais.

Reinoso, Reis Neto e Brandão

Ano de Publicação: 2022

Objetivo do estudo: Analisar a interação e a imersão de alunos com deficiência visual em tecnologias assistivas e em jogos digitais.

Recursos digitais e acessibilidade: Tecnologias e jogos voltados ao raciocínio lógico, como jogos SIM City, Math Playground, sistema DOSVOX.

Principais resultados: Jogos promissores, necessidade de análises sobre o impactos desses jogos no aprendizado de conteúdos matemáticos específicos, como álgebra ou geometria.

Carvalho, Rodríguez e Rocha

Ano de Publicação: 2021

Objetivo do estudo: Mapear a literatura sobre audiojogos educacionais.

Recursos digitais e acessibilidade: Audiojogos, leitores de tela, sintetizadores de voz.

Principais resultados: Literatura limitada sobre o tema; eficácia dos audiojogos; carência de análise de jogos específicos e de aplicação prática.

Martins et al.

Ano de Publicação: 2020

Objetivo do estudo:Relatar a experiência de uma oficina organizada com intuito de discutir sobre como métodos e estratégias que utilizam tecnologias digitais e assistiva auxiliam no ensino de conteúdos matemáticos para alunos com deficiência.

Recursos digitais e acessibilidade: NOAS; ARASSAC; TuxMath ; HYPATYAMAT; SOMAR.

Principais resultados: A utilização de tecnologias de informação e comunicação favorece a criação de métodos e estratégias que auxiliem no ensino de conteúdos matemáticos; estratégias de ensino com a utilização de recursos educacionais inovadores auxiliam na promoção da inclusão; a escolha do recurso do método a ser utilizado com cada aluno depende das características da deficiência, das necessidades do aluno e das possibilidades do ambiente.

Souza e Bevilacqua

Ano de Publicação: 2020

Objetivo do estudo: Realizar um estudo de caso com estudantes com deficiência visual, utilizando Objetos de Aprendizagem, a exemplo da Geogebra e o PHET, como estratégia no ensino de conteúdos das Ciências Exatas.

Recursos digitais e acessibilidade: Objetos de Aprendizagem - Geogebra e o PHET.

Principais resultados: Objetos de Aprendizagem - Geogebra e o PHET, apoiados por softwares de tecnologias assistivas possibilitam o uso por pessoas com deficiência visual; necessidade de novas pesquisas para superar barreiras de acessibilidade; ausência de experimentos científicos nessa área.

Rezende e Pinto

Ano de Publicação: 2021

Objetivo do estudo:Levantar teses e dissertações sobre o uso de tecnologias digitais em Objetos de Aprendizagem para estudantes com deficiência visual.

Recursos digitais e acessibilidade: Objetos de Aprendizagem com a utilização de tecnologias.

Principais resultados:O uso de tecnologias digitais influencia positivamente o processo de aprendizagem da matemática de estudantes com deficiência visual; a maioria dos estudos explora o uso de materiais concretos manipuláveis; existência de lacunas de pesquisa acerca do tema.

Oliveira et al.

Ano de Publicação: 2020

Objetivo do estudo: Desenvolver protótipo de jogo educacional acessível.

Recursos digitais e acessibilidade: Design colaborativo, descrição de telas, feedback tátil.

Principais resultados: Contribuição importante no design acessível; carência de avaliação da eficácia no ensino de Matemática.

Pinheiro

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Discutir o ensino de geometria por meio do tato com software Monet.

Recursos digitais e acessibilidade: Representações geométricas táteis; software Monet.

Principais resultados: Solução promissora, mas com pouca difusão e difícil acesso.

Quadro dinâmico 1 – Estudos analisados na Revisão Sistemática de Literatura (1 a 10)

Nery e Sá

Ano de Publicação: 2020

Objetivo do estudo: Analisar tecnologias assistivas no ensino de Matemática para deficiências visuais, auditivas e intelectuais.

Recursos digitais e acessibilidade: Uso do Dosvox.

Principais resultados: A utilização das tecnologias digitais e assistivas promovem autonomia, interatividade e a superação de barreiras geográficas e temporais; eficácia do Sistema Dosvox em operações básicas de Matemática; necessidade de constantes formações docentes.

Silveira e Sá

Ano de Publicação: 2019

Objetivo do estudo: Discute sobre o ensino de Matemática para alunos com deficiência visual, apontando expressões lúdicas como estratégia de ensino na inclusão escolar.

Recursos digitais e acessibilidade: Jogos pedagógicos digitais e táteis; brincadeiras e outras atividades lúdicas.

Principais resultados: Materiais lúdicos contribuem para o desenvolvimento do tato ativo; facilita a construção de conceitos matemáticos; ausência de propostas para álgebra e geometria; há lacuna em jogos mais complexos.

Fonte: os autores (2025).

Quadro dinâmico 2 – Estudos analisados na Revisão Sistemática de Literatura (11 a 20).

Minholi e Rocha

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Sistematizar materiais acessíveis de Matemática para professores.

Recursos digitais e acessibilidade: Materiais concretos, como o multiplano.

Principais resultados: Há concentração de produções voltadas às unidades temáticas Geometria e Álgebra, com foco na representação de formas geométricas e construção de gráficos de funções, principalmente com o uso do Multiplano; necessidade de expansão do desenvolvimento de materiais acessíveis para o ensino de Matemática para educandos com deficiência visual para todas as unidades temáticas e conteúdos, como a resolução de equações e sistemas de equações.

Monteiro e Santos

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Criar REAs acessíveis para o ensino de Matemática com base no DUA, tendo como repertório a infografia.

Recursos digitais e acessibilidade: Infográficos digitais inclusivos para o 9º ano.

Principais resultados: Os recursos educacionais digitais devem ser elaborados com a preocupação que sejam acessíveis e potencializadores para a aprendizagem de todos os alunos; a estrutura diversificada da infografia digital favorece a criatividade, contribui para autonomia e desenvolve habilidades matemáticas mais eficientes.

Rodrigues

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Analisar estudos que abordam sobre metodologias e recursos didáticos utilizados no ensino da Matemática para os alunos com deficiência visual na Educação Básica.

Recursos digitais e acessibilidade: Softwares com leitores de tela; Sistema Braille; materiais como soroban e ábaco.

Principais resultados: Necessidade de formação de professores para a atuação nas ações metodológicas, como o uso de recursos de acessibilidade; interações realizadas entre a Educação Especial e o Ensino Regular ampliam as ações de ensino e aprendizagem da Matemática aos estudantes com deficiência visual, ao articular e complementar o trabalho entre ambas; escassez de estudos sobre recursos de acessibilidade.

Bringel, Andrade e Alencar

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Investigar o jogo “Tabuleiro Minado” no ensino de equações polinomiais.

Recursos digitais e acessibilidade: “Tabuleiro Minado” – jogo acessível; foco na autonomia e colaboração.

Principais resultados: Mostra o potencial do jogo na inclusão de estudantes com deficiência visual; interação entre professor e aluno; construção de aprendizagem significativa.

Bernardo e Santos

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Discutir o uso de recursos táteis e grafo-táteis como estratégia pedagógica.

Recursos digitais e acessibilidade: Recursos de mediação com foco tátil.

Principais resultados: necessidade de desenvolvimento de recursos e materiais acessíveis, para acesso ao aprendizado de conceitos com apelo visual.

Santos at al.

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Examinar e contrastar uma variedade de métodos pedagógicos a fim de identificar aqueles que demonstram maior eficácia.

Recursos digitais e acessibilidade: Gamificação; tecnologias digitais.

Principais resultados: Gamificação e a implementação da sala de aula invertida impactam positivamente no aumento do interesse dos estudantes por matemática; não existe uma estratégia única que se destaque como eficaz em todos os cenários; a utilização criteriosa de múltiplos métodos ajustados podem melhorar os resultados educativos.

Minholi e Rocha

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Sistematizar materiais acessíveis de Matemática para professores.

Recursos digitais e acessibilidade: Materiais concretos, como o multiplano.

Principais resultados: Há concentração de produções voltadas às unidades temáticas Geometria e Álgebra, com foco na representação de formas geométricas e construção de gráficos de funções, principalmente com o uso do Multiplano; necessidade de expansão do desenvolvimento de materiais acessíveis para o ensino de Matemática para educandos com deficiência visual para todas as unidades temáticas e conteúdos, como a resolução de equações e sistemas de equações.

Monteiro e Santos

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Criar REAs acessíveis para o ensino de Matemática com base no DUA, tendo como repertório a infografia.

Recursos digitais e acessibilidade: Infográficos digitais inclusivos para o 9º ano.

Principais resultados: Os recursos educacionais digitais devem ser elaborados com a preocupação que sejam acessíveis e potencializadores para a aprendizagem de todos os alunos; a estrutura diversificada da infografia digital favorece a criatividade, contribui para autonomia e desenvolve habilidades matemáticas mais eficientes.

Rodrigues

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Analisar estudos que abordam sobre metodologias e recursos didáticos utilizados no ensino da Matemática para os alunos com deficiência visual na Educação Básica.

Recursos digitais e acessibilidade: Softwares com leitores de tela; Sistema Braille; materiais como soroban e ábaco.

Principais resultados: Necessidade de formação de professores para a atuação nas ações metodológicas, como o uso de recursos de acessibilidade; interações realizadas entre a Educação Especial e o Ensino Regular ampliam as ações de ensino e aprendizagem da Matemática aos estudantes com deficiência visual, ao articular e complementar o trabalho entre ambas; escassez de estudos sobre recursos de acessibilidade.

Bringel, Andrade e Alencar

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Investigar o jogo “Tabuleiro Minado” no ensino de equações polinomiais.

Recursos digitais e acessibilidade: “Tabuleiro Minado” - jogo acessível; foco na autonomia e colaboração.

Principais resultados: Mostra o potencial do jogo na inclusão de estudantes com deficiência visual; interação entre professor e aluno; construção de aprendizagem significativa.

Bernardo e Santos

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Discutir o uso de recursos táteis e grafo-táteis como estratégia pedagógica.

Recursos digitais e acessibilidade: Recursos de mediação com foco tátil.

Principais resultados: necessidade de desenvolvimento de recursos e materiais acessíveis, para acesso ao aprendizado de conceitos com apelo visual.

Santos et al.

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Analisar e discutir diversas abordagens pedagógicas e o uso de tecnologias assistivas para facilitar o processo de aprendizagem de alunos com deficiência visual.

Recursos digitais e acessibilidade: Materiais táteis, como livros em Braille e modelos tridimensionais; tecnologias assistivas, como softwares educacionais e leitores de tela.

Principais resultados: Necessidade de formação de educadores para a implementação eficaz de estratégias inclusivas e do desenvolvimento contínuo de tecnologias assistivas acessíveis.

Pereira e Viginheski

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Investigar uso do jogo “É lógico!” no ensino de Lógica de Programação.

Recursos digitais e acessibilidade: Tabuleiro adaptado; mediação do professor entre o objeto e os alunos; interação dos alunos entre si; necessidade de condições de acesso à informações.

Principais resultados: O ensino de programação, para ser inclusivo, depende da atuação do docente como mediador entre os estudantes e o objeto de aprendizagem, da interação entre os estudantes, e de condições de acesso às informações; jogos de tabuleiro no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes com deficiência visual contribuem para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Arantes e Martini

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Desenvolver protótipo assistivo em cursos de Engenharia para estudantes com deficiência visual.

Recursos digitais e acessibilidade: Protoboard adaptada, multimetro falante, app de sensores.

Principais resultados: O protótipo desenvolvido contribui com a melhoria da acessibilidade e facilita o processo de aprendizagem de estudantes com deficiência visual em laboratórios.

Araujo et al.

Ano de Publicação: 2024

Objetivo do estudo: Identificar tendências e desafios no uso de jogos digitais para o ensino de Matemática

Recursos digitais e acessibilidade: Personalização, feedback, inclusão.

Principais resultados: Jogos digitais são ferramentas promissoras para o ensino de Matemática, desde que implementados de forma planejada e com apoio institucional; necessidade de infraestrutura adequada e de formação docente continuada.

5.13 Resultados

A análise dos 20 estudos selecionados permitiu identificar características comuns, tendências emergentes e aspectos recorrentes sobre o uso de jogos digitais no ensino de Matemática para estudantes com deficiência visual, no contexto do Ensino Fundamental 1.

Os estudos, publicados entre 2019 e 2024, apresentam diferentes enfoques e metodologias — entre elas, revisões bibliográficas, propostas de protótipos acessíveis, relatos de experiências e análises teóricas. De modo geral, observa-se uma crescente preocupação com a acessibilidade, a usabilidade e a adequação pedagógica dos jogos no processo de ensino-aprendizagem.

No que diz respeito aos recursos acessíveis utilizados, estudos como as pesquisas de Santos *et al.* (2022); Santos *et al.* (2024b) e Arantes e Martini (2024) relatam a presença de ferramentas como leitores de tela, interfaces sonoras, representações táteis, jogos físicos adaptados, Protoboard adaptada, multímetro falante, app de sensores e softwares educativos. Tais recursos propiciam aos estudantes com deficiência visual a interação com conteúdos matemáticos de maneira significativa.

Quanto ao conteúdo matemático abordado nos jogos ou objetos digitais, há predominância de propostas voltadas para operações básicas, raciocínio lógico, resolução de problemas simples e introdução à geometria. Tópicos como álgebra, equações e lógica de programação aparecem em menor número, indicando a existência de áreas ainda pouco exploradas na produção analisada. Essa percepção foi evidenciada principalmente na pesquisa realizada por Silveira e Sá (2019) e por Minholi e Rocha (2024).

Conforme os trabalhos examinados, os jogos digitais identificados foram desenvolvidos tanto em formato digital quanto físico-digital (híbrido), com diferentes níveis de complexidade. Alguns estudos descrevem protótipos criados em parceria com professores ou desenvolvedores, enquanto outros analisam recursos já disponíveis, como o Dosvox, Geogebra, jogos táteis ou REAs digitais acessíveis, a exemplo das investigações de Souza e Bevilacqua (2019), Pereira e Viginheski (2024), Arantes e Martini (2024) e Monteiro e Santos (2024).

Os trabalhos de Rodrigues (2024), Pereira e Viginheski (2024) e Santos *et al.* (2024b) apontam a relevância da mediação pedagógica e do papel do professor na integração efetiva desses recursos à prática docente. Também, de forma recorrente, são mencionadas nos estudos de Rodrigues (2024); Santos *et al.* (2024b); Araújo *et al.* (2024) dificuldades estruturais enfrentadas pelas escolas, como a falta de infraestrutura tecnológica, materiais acessíveis e formação continuada para o uso de tecnologias assistivas.

Além disso, alguns estudos articulam os jogos digitais a princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) e aos Recursos Educacionais Abertos (REAs), destacando a importância de práticas pedagógicas flexíveis e reutilizáveis, entre os quais, inclui-se a investigação realizada por Monteiro e Santos (2024). O estudo de Santos *et al.* (2024a) também merece destaque por inovar ao apresentar propostas pedagógicas baseadas em metodologias ativas, como gamificação e sala de aula invertida. Já a inovação do estudo de Santos *et al.* (2024b)

situa-se na exploração de estratégias adaptativas, que incluem o uso de materiais táteis, como livros em Braille e modelos tridimensionais, além da integração de tecnologias assistivas, como softwares educacionais e dispositivos de leitura de tela – recursos fundamentais para promover a inclusão e a acessibilidade.

Em conjunto, os dados sistematizados nos quadros 01 e 02 revelam um panorama em construção, no qual os jogos digitais acessíveis têm sido progressivamente reconhecidos como recursos pedagógicos com potencial para ampliar o acesso e a participação de estudantes com deficiência visual no ensino de Matemática. Porém, é imprescindível atentar ao que previne Araújo *et al.* (2024), quando argumenta que jogos digitais são ferramentas promissoras para o ensino de Matemática, desde que implementados de forma planejada e com apoio institucional – o que compreende a necessidade de formação docente continuada e de uma infraestrutura adequada.

5.14 Considerações Finais

Esta investigação buscou compreender como os jogos digitais vêm sendo utilizados no ensino de Matemática para estudantes com deficiência visual e quais contribuições, limitações e potencialidades são evidenciadas na literatura acadêmica recente. A partir da análise de 20 estudos, publicados entre 2019 e 2024, foi possível traçar um panorama atual da produção científica nacional sobre o tema, destacando avanços relevantes e também lacunas que ainda precisam ser superadas.

Os dados analisados revelam que os jogos digitais acessíveis representam uma alternativa promissora no contexto da educação matemática inclusiva. Quando desenvolvidos e utilizados com intencionalidade pedagógica, esses recursos possibilitam a ampliação do acesso ao conhecimento, promovem a interação multissensorial com os conteúdos e favorecem o protagonismo estudantil. Elementos como interfaces sonoras, feedback tátil, recursos táteis, leitores de tela e estímulos auditivos tornam os jogos ferramentas potentes para o envolvimento ativo de estudantes com deficiência visual, sobretudo nos anos iniciais da Educação Básica.

Entretanto, a revisão também evidencia limitações significativas. A escassez de materiais adaptados para conteúdos mais complexos, como álgebra e geometria; a predominância de estudos teóricos ou exploratórios, com poucos dados empíricos de aplicação em sala de aula; e a ausência de propostas integradas entre acessibilidade, currículo e mediação pedagógica sinalizam que há um longo caminho a ser percorrido. Além disso, as dificuldades estruturais enfrentadas pelas redes públicas de ensino, como a insuficiência de equipamentos tecnológicos, a falta de formação continuada para professores e a ausência de políticas educacionais sistemáticas voltadas à inclusão digital, comprometem a aplicação efetiva desses jogos no cotidiano escolar.

Ao mesmo tempo, emergem caminhos potentes a partir da articulação entre jogos digitais, metodologias ativas e tecnologias emergentes, como a inteligência artificial. A personalização da aprendizagem, mediada por sistemas que ajustam os conteúdos ao ritmo, estilo e necessidades do aluno, representa uma das mais promissoras inovações no campo da educação inclusiva.

Nesse cenário, os princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) e os Recursos Educacionais Abertos (REAs) aparecem como importantes aliados na construção de práticas pedagógicas flexíveis, acessíveis e centradas no estudante.

A consolidação dos jogos digitais como estratégias efetivas no ensino de Matemática para estudantes com deficiência visual requer um compromisso coletivo. Isso inclui o investimento em pesquisas aplicadas, o desenvolvimento de softwares acessíveis com algoritmos capazes de interpretar símbolos matemáticos por leitores de tela, e a formação de professores para o uso criativo e crítico das tecnologias educacionais. Também é fundamental o incentivo a projetos colaborativos entre escolas, universidades, centros de pesquisa e desenvolvedores, capazes de criar soluções contextualizadas e socialmente comprometidas com a inclusão.

Nesse contexto, os jogos digitais, quando concebidos sob a ótica da acessibilidade e da inovação pedagógica ampliam as possibilidades de aprendizagem para estudantes com deficiência visual e instigam uma revisão profunda sobre o papel da tecnologia na construção de uma escola mais justa, equitativa e humanizada.

Referências Bibliográficas

ARANTES, G. M.; MARTINI, L. C. Promovendo acessibilidade no ensino superior: desenvolvimento de um protótipo assistivo para estudantes com deficiência visual em cursos de engenharia. *Revista Inter-Ação*, Goiânia, v. 49, n. esp., p. 809–823, 2024. DOI: 10.5216/ia.v49ied.especial.79074.

ARAÚJO, F. C. et al. Jogos digitais no ensino de matemática: uma revisão sistemática de literatura. *Caderno Pedagógico*, v. 21, n. 8, e7168, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n8-249>.

BERNARDO, F. G.; DUARTE, R. R. Reflexões pedagógicas sobre a utilização de recursos grafo-táteis na educação de estudantes com deficiência visual. In: *Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, 2024. p. 1–13. Disponível em: <https://www.sbembrasil.org.br/eventos/index.php/sipem/article/view/181>. Acesso em: 16 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. *Orientação e mobilidade: conhecimentos básicos para a inclusão do deficiente visual*. Brasília, DF: MEC/SEESP, 2003. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/ori_mobi.pdf. Acesso em: 16 jun. 2024.

BRASIL. Portaria nº 3.128, de 24 de dezembro de 2008. Define que as Redes Estaduais de Atenção à Pessoa com Deficiência Visual sejam compostas por ações na atenção básica e serviços de reabilitação visual. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2008. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2008/prt3128_24_12_2008.html. Acesso em: 16 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 16 jun. 2024.

BRINGEL, L. S.; ANDRADE, L. N. D.; ALENCAR, J. M. O jogo "tabuleiro minado" como ferramenta didática para o ensino das equações do primeiro grau para alunos com deficiência visual. *Revista Ceará Científico*, v. 3, n. 4, p. 172–182, 2024.

CARVALHO, W. R. B.; RODRIGUEZ, C. L.; ROCHA, R. V. Audiojogos educacionais: um mapeamento sistemático da literatura. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE)**, 32., 2021, on-line. *Anais [...]* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 371–380. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbie.2021.218377>.

DORSA, A. C. O papel da revisão da literatura na escrita de artigos científicos. *Interações*, Campo Grande, MS, v. 21, n. 4, p. 681–683, out./dez. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v21i4.3203>.

DUQUE, R. C. S. et al. *Metodologias ativas na era da inteligência artificial: reinventando a sala de aula*. 1. ed. Natal: Editora Amplamente, 2024. DOI: 10.47538/AC-2024.32.

LOURENÇO, E. A. G. et al. *Acessibilidade para estudantes com deficiência visual: orientações para o ensino superior*. 1. ed. São Paulo: Portal da Acessibilidade da Universidade Federal de São Paulo, 2020. (Coleção Deficiência Visual, v. 1). Disponível em: <https://acessibilidade.unifesp.br/images/PDF/Ebook-Colecao-DV01-2020.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2024.

MARTINS, A. N. et al. O ensino da matemática para alunos inclusos: possibilidades e desafios no trabalho docente. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 6, n. 7, p. 47971–47981, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n7-441.

MINHOLI, F. S.; ROCHA, L. R. M. Materiais acessíveis para o ensino de matemática para educandos com deficiência visual: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Educação Especial*, v. 30, p. e0064, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-54702024v30e0064>.

MONTEIRO, F. M.; SANTOS, R. M. B. S. Recursos educacionais abertos digitais acessíveis à luz do Desenho Universal para Aprendizagem. *Cadernos Cajuína*, [S. l.], v. 9, n. 5, p. e249536, 2024. DOI: 10.52641/cadcajv9i5.626.

NERY, É. S. S.; SÁ, A. V. M. Pesquisas em educação matemática inclusiva: possibilidades e desafios da utilização de tecnologias digitais e assistivas. *Revista Baiana de Educação Matemática*, [S. l.], v. 1, p. e202006, 2020. DOI: 10.47207/rbem.v1i0.9170.

OLIVEIRA, R. N. R. et al. Desenvolvimento e avaliação da usabilidade e acessibilidade de um protótipo de jogo educacional digital para pessoas com deficiência visual. *Revista Brasileira de Educação Especial*, v. 27, p. e0190, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-54702021v27e0190>.

PEREIRA, F. V. F.; MAMCASZ-VIGINHESKI, L. V. Lógica de programação: jogo modificado para alunos com cegueira. *Revista Docência e Ciberultura*, [S. l.], v. 8, n. 4, 2024. DOI: 10.12957/redoc.2024.83547.

PIAGET, J. A formação do símbolo na criança: imitação, jogo e sonho, imagem e representação. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990.

- PINHEIRO, A. A. A geometria acessível: estratégias e desafios no ensino para pessoas com deficiência visual. In: OLIVEIRA, E. L. (org.). *A educação e as tecnologias digitais: impactos, potenciais e vulnerabilidades na construção do conhecimento*. Guarujá, SP: Científica Digital, 2024. p. 30–41. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/books/978-65-5360-630-2.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2024.
- REZENDE, S. M.; PINTO, S. C. C. S. O uso de tecnologias digitais em objetos de aprendizagem da matemática para estudantes com deficiência visual. *Caminhos da Educação Matemática em Revista*, v. 11, n. 3, p. 126–145, 2021. Disponível em: https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/caminhos_da_educacao_matematica/article/view/900/706. Acesso em: 16 jun. 2024.
- REINOSO, L. F.; REIS NETO, R. A.; BRANDÃO, R. V. A utilização de jogos digitais como ferramenta auxiliar no ensino especializado de deficientes visuais na disciplina de matemática. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 8, n. 9, p. 62090–62106, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n9-110.
- RODRIGUES, M. R. D. *A acessibilidade no ensino da matemática para alunos com deficiência visual na educação básica: um estudo bibliográfico*. 2024. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual Paulista, Marília, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/11c6b2fa-69fd-4dec-b002-9ac94418d4ff/content>. Acesso em: 16 jun. 2024.
- SANTOS, S. M. A. V. et al. Estratégias de ensino para alfabetizar estudantes com deficiência visual. *RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber*, v. 1, n. 1, 2024. DOI: 10.51473/rcmos.v1i1.2024.485.
- SEBASTIÁN-HEREDERO, E. Diretrizes para o Desenho Universal para a Aprendizagem. *Revista Brasileira de Educação Especial*, v. 26, n. 4, p. 733–768, out. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbee/a/F5g6rWB3wTZwyBN4LpLgv5C/>. Acesso em: 17 fev. 2025.
- SILVEIRA, É. S.; SÁ, A. V. M. A deficiência visual em foco: estratégias lúdicas na educação matemática inclusiva. *Revista Educação Especial*, [S. l.], v. 32, p. e1001–26, 2019. DOI: 10.5902/1984686X35402.
- SOUSA, I. S. Estreitando caminhos para a aprendizagem: Carl Rogers e a teoria da aprendizagem centrada no aluno. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação (REASE)*, São Paulo, v. 7, n. 11, nov. 2021. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v7i11.3714>.
- SOUZA, K. F.; BEVILACQUA, T. Objetos de aprendizagem enquanto estratégia pedagógica para o ensino das ciências exatas. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Tecnologias para Educação Profissional) – Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1910>. Acesso em: 16 jun. 2024.
- UNESCO. *Proyecto de recomendación sobre los recursos educativos abiertos (REA)*. Paris: UNESCO, 2019. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370936_spa. Acesso em: 16 jun. 2024.
- VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

Sobre os Autores



Ivanice Alves Cajueiro

É especialista em Atendimento Educacional Especializado pela Universidade Norte do Paraná (2019) e em Educação Digital pela Universidade do Estado da Bahia (2023) e graduada em Letras Língua Portuguesa e Literaturas pela Universidade do Estado da Bahia (2015). Atua na Educação Básica – modalidade Educação Especial, na área da deficiência visual. Atualmente é professora na Sala de Recursos Multifuncionais do Colégio Municipal Gilberto Dias de Miranda. É coautora de um artigo científico.

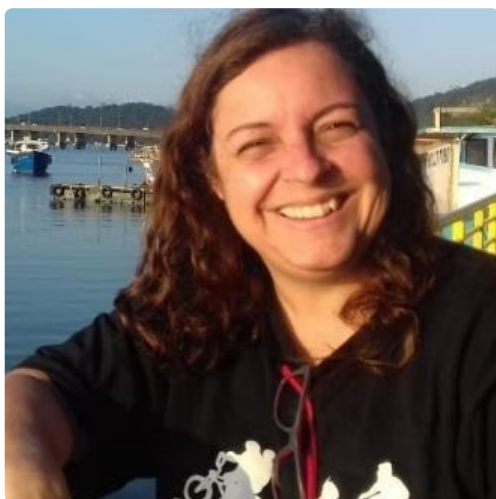
Contato: nicealves.05@hotmail.com



Bruno José Betti Galasso

Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (USP) com bolsa-sanduiche na Universidade do Minho (Portugal). Mestre em Integração da América Latina pela Universidade de São Paulo (USP). Especialista em Planejamento, Implementação e Gestão da Educação a Distância pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Master of Business Administration em Gestão Estratégica e Econômica em Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Graduado em Pedagogia, Comunicação Social e Letras. Consultor acadêmico e gerente de projetos na área de Tecnologia Educativa. Fundador do Núcleo de Educação Online (NEO). Avaliador Institucional Externo do SINAES (INEP). Líder do projeto vencedor do prêmio Reimagine Education 2018 (USA). Professor do curso de Design Educacional da UNIFESP e professor convidado no Politécnico do Porto - Portugal (IPP).

Contato: bruno.galasso@unifesp.br



Andrea Garcia Trindade

Mestra em Engenharia da Informação pela UFABC (2018). Possui especializações em: Supervisão Escolar pela UFRJ (2001), Tecnologias e Sistemas de Informação pela UFABC (2011) e em Planejamento e Implementação e Gestão da EaD pela UFF (2012). Atuante na área da educação profissional técnica e tecnológica desde 1992, capacitações para professores, além de professora conteudista e tutora. Atua principalmente nos seguintes temas relacionados a área de Computação: Informática na Educação e Educação profissional de nível médio. Tem interesse em: Interação Humano Computador, Avaliação e Acompanhamento da Aprendizagem, Tecnologias Assistivas na Educação, Pensamento Computacional e Ensino de Algoritmos.

Contato: andrea.trindade@ufabc.edu.br Politécnico do Porto - Portugal (IPP).

6. TECNOLOGIAS ASSISTIVAS EM BIBLIOTECAS: OFICINA PEDAGÓGICA PARA A INCLUSÃO DE ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Autores : Andrezza de Santana Moreira e Bruno José Betti Galasso

As bibliotecas escolares e universitárias são, por natureza, espaços de acesso democrático à informação, no entanto, quando se trata da inclusão de pessoas com deficiência visual, ainda enfrentam desafios importantes, sobretudo no que diz respeito à integração entre Tecnologias Assistivas (TA) e práticas que realmente garantam o acesso à informação. Por meio de uma revisão de escopo, buscou-se compreender de que forma as TA vêm sendo utilizadas nesses ambientes, identificando seus potenciais e caminhos possíveis para a inclusão. A partir desse mapeamento, propôs-se a adoção de oficinas pedagógicas mediadas por TA, com o objetivo de capacitar estudantes com deficiência visual no uso de recursos acessíveis disponíveis nas bibliotecas. A proposta se apoia em abordagens construtivistas e sociointeracionistas, buscando transformar esses espaços em ambientes mais inclusivos, formativos e promotores de autonomia.

6.1 Introdução

A inclusão de estudantes com deficiência visual nas bibliotecas escolares e universitárias ainda é um desafio enfrentado por muitos educadores e bibliotecários. Embora esses espaços sejam reconhecidos como ambientes de acesso à informação, a falta de estratégias pedagógicas que integrem o uso das Tecnologias Assistivas (TA) de maneira efetiva compromete tanto o acesso ao conhecimento quanto o exercício da autonomia por parte desses alunos.

Em um país onde 63,3% das pessoas com deficiência com mais de 25 anos não concluíram a educação básica (IBGE, 2023), garantir o direito à aprendizagem vai muito além da oferta de equipamentos: exige intencionalidade pedagógica, mediação qualificada e ações estruturadas. O problema, portanto, não é a inexistência das TA, mas a dificuldade em utilizá-las como parte de um processo educativo acessível e significativo.

Diante dos desafios apontados na revisão de escopo e da necessidade de tornar as bibliotecas mais acessíveis, foi elaborada a proposta de uma oficina pedagógica voltada para estudantes com deficiência visual, a ser aplicada em bibliotecas escolares e universitárias. Sua construção partiu da análise de publicações sobre o tema e da observação da realidade desses espaços.

A oficina combina aspectos técnicos e pedagógicos das TA, com foco na autonomia do aluno e na formação para o uso crítico e consciente da informação. Trata-se de uma ação replicável, desenvolvida para apoiar o trabalho de professores e bibliotecários, reconhecendo-os como agentes de transformação educacional.

6.2 Fundamentação Teórica: Tecnologias Assistivas como Pilar da Inclusão

As Tecnologias Assistivas (TA) desempenham um papel crucial na promoção da autonomia e inclusão de pessoas com deficiência, especialmente no contexto educacional. Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam que mais de um bilhão de indivíduos dependem de TAs para uma vida participativa, com previsão de que este número duplique até 2050 (OMS, 2020). Conforme Bersch (2017), a TA abrange um conjunto de recursos e serviços que expandem as capacidades funcionais. Uma citação marcante de Radabaugh (1993 apud Bersch, 2017, p. 2) sintetiza sua importância: "para as pessoas sem deficiência, a tecnologia torna as coisas mais fáceis; para as pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis".

Entretanto, a lei mais significativa nesse contexto é a Lei nº 13.146/2015 (Lei Brasileira de Inclusão - LBI), que assegura o acesso das pessoas com deficiência à educação e à informação em todos os níveis do sistema educacional (Brasil, 2015). Além disso, há o Projeto de Lei nº 461/2018 que propõe alterar o artigo 42º da LBI para que todas as obras adquiridas por bibliotecas públicas estejam disponíveis em formatos acessíveis, permitindo, ainda, a conversão de obras existentes para formatos acessíveis sem ferir os direitos autorais (Brasil, 2018).

Mesmo com esse respaldo legal, os desafios persistem. De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua) de 2022, cerca de 8,9% da população com mais de 2 anos declararam ter algum tipo de deficiência, e entre elas, 3,1% relataram dificuldade para enxergar (IBGE, 2023). Essa condição pode afetar significativamente o desenvolvimento pessoal e social, além de representar um obstáculo na aquisição de conhecimento, especialmente quando o acesso à informação se baseia em materiais predominantemente visuais.

A situação se agrava quando se observa o papel que as bibliotecas vêm ocupando no cotidiano da população. Apesar de seu potencial, elas não são percebidas como possíveis espaços de formação e acesso à informação. Segundo Failla (2021), menos da metade da população sabe da existência de uma biblioteca pública em seu bairro ou cidade, e apenas 4% frequentam esses espaços regularmente. Isso mostra a urgência de reposicionar as bibliotecas como ambientes acessíveis, formativos e efetivamente utilizados pela população.

Diante dessa realidade, autores como Gonçalves *et al.* (2023) apontam caminhos para tornar as bibliotecas mais acessíveis a usuários com diferentes necessidades. Os autores defendem que bibliotecas inclusivas precisam adaptar seus espaços, serviços e formas de atendimento para garantir o acesso à informação por todos os usuários.

Além do acesso informacional, também é necessário considerar as adaptações físicas. Silva e Araujo (2014) destacam a importância da sinalização, mapas e pisos táteis, bem como da disposição do espaço para garantir a autonomia no uso da biblioteca. Complementando essa perspectiva, Costa e Oliveira (2022) enfatizam que os serviços devem ser planejados com base nos perfis dos usuários, o que exige atenção tanto à acessibilidade comunicacional quanto às condições estruturais do ambiente.

→ **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB - Lei nº 9.394/1996)**

Garante a oferta de educação especial na rede regular de ensino, com foco no apoio especializado aos estudantes.

→ **Decreto nº 3.298/1999**

Institui a criação de "ajudas técnicas", incluindo próteses visuais, dispositivos de mobilidade e materiais pedagógicos adaptados.

→ **Lei nº 10.098/2000**

Estabelece diretrizes essenciais para a acessibilidade física e comunicacional em diversos ambientes.

→ **Política Nacional do Livro e Leitura (PNL e PNLL)**

Leis nº 10.753/2003 e Portaria Interministerial nº 1442/2006 promovem o acesso à leitura através de formatos acessíveis e manutenção de acervos.

→ **Política Nacional de Leitura e Escrita (PNLE - Lei nº 13.696/2018) e Sistema Nacional de Bibliotecas Escolares (SNBE - Lei nº 14.837/2024)**

Consolidam as estratégias de incentivo à leitura, escrita e literatura, reforçando o papel fundamental das bibliotecas no acesso ao conhecimento.

No ambiente digital, o compromisso com a acessibilidade também precisa existir, como já ocorre em plataformas digitais que oferecem um conjunto de funções que atendem a usuários com baixa visão e daltonismo, com ajuste de contraste, zoom do navegador, opções de áudio e destaque de texto (Dávila, 2024).

Contudo, a inclusão, além de uma questão técnica, envolve também a mediação tecnológica e pedagógica que favorecem a aprendizagem e a autonomia dos estudantes. É nesse contexto que os princípios do Desenho Universal (DU) e do Desenho Universal para Aprendizagem (DUA) se tornam fundamentais.

O DU propõe a criação de ambientes, produtos e serviços acessíveis ao maior número possível de pessoas, independente de suas habilidades. Para isso, ele se baseia em sete princípios que garantem o uso equitativo, a flexibilidade, a simplicidade e a percepção intuitiva das informações, além de promover a tolerância ao erro, a redução do esforço físico e a adequação dos espaços para garantir a acessibilidade (Geia, 2020 *apud* Gonçalves *et al.*, 2023).

Por sua vez, o DUA, aplicado no contexto educacional, amplia essa abordagem ao propor que o design instrucional seja flexível, utilizando múltiplas formas de engajamento, representação e expressão (Lewitzky; Weaver, 2022). Essa flexibilidade permite que todos os alunos possam aprender de maneira ativa e autônoma, respeitando suas diferentes formas de interação com o conhecimento.

Esses conceitos dialogam diretamente com teorias educacionais como o sociointeracionismo e o construtivismo, que fundamentam práticas pedagógicas inclusivas. A teoria sociointeracionista de Vigotski (Moreira, 2022) destaca a importância da mediação pedagógica no desenvolvimento de habilidades na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), incentivando que os alunos sejam desafiados de acordo com seu potencial de aprendizagem. Além disso, o construtivismo de Piaget, com as contribuições de Bruner, valoriza a aprendizagem ativa por meio da descoberta (Borba; Goi, 2021 *apud* Silva; Cadena, 2023), sendo essa abordagem potencializada quando mediada por TA.

Essas teorias, associadas ao DU e ao DUA, convergem para uma compreensão fundamental: uma biblioteca acessível, bem mediada por tecnologias, torna-se um espaço dinâmico de aprendizagem, empoderamento e transformação social, promovendo a inclusão e o acesso ao conhecimento.

6.3 Oficina Pedagógica para Bibliotecas Inclusivas

Considerando os princípios do DU e do DUA, bem como as teorias sociointeracionista e construtivista, a “Oficina Pedagógica para Bibliotecas Inclusivas” foi desenvolvida com a finalidade de transformar a biblioteca em um ambiente que acolhe a diversidade dos estudantes e promove a acessibilidade informacional, pedagógica e tecnológica. A proposta integra o uso das TA a práticas educativas, valorizando as diferentes formas com que os estudantes aprendem, se comunicam e interagem com o espaço da biblioteca.

O diferencial desta proposta está na intencionalidade pedagógica ao oferecer uma oficina voltada à ampliação do acesso à informação para estudantes com deficiência visual, promovendo um espaço dinâmico de aprendizagem, colaboração e autonomia, colocando o aluno no centro do processo educativo e valorizando a mediação como ferramenta para superar barreiras.

Embora as TA estejam presentes em algumas instituições de ensino, ainda é comum a falta de articulação entre esses recursos e práticas pedagógicas. A oficina busca justamente promover essa integração, aliando tecnologia, acessibilidade e ação educativa baseada em teorias que estimulam a participação ativa dos estudantes e a construção do conhecimento.

Oficinas pedagógicas são atividades que promovem a aprendizagem por meio da vivência e da interação, permitindo transformar teoria em ação a partir do ciclo “sentir-pensar-agir” (Valle; Arriada, 2012). Para Anastasiou e Alves (2015 *apud* Jesus; Ribeiro, 2021), são espaços de construção coletiva, que respeitam os saberes dos participantes e estimulam o engajamento por meio de experiências práticas. Monteiro *et al.* (2021) destacam que oficinas bem conduzidas aproximam os conteúdos escolares da realidade dos alunos, tornando o ensino mais significativo. No caso de estudantes com deficiência visual, essa abordagem promove o contato com as TA e favorece o desenvolvimento de estratégias para a superação de barreiras vivenciadas no espaço da biblioteca.

Inspirada no modelo de Almeida, Sabino e Lobato (2016), a “Oficina Pedagógica para Bibliotecas Inclusivas” propõe uma abordagem centrada na integração entre teoria e prática, estruturada para aplicação em bibliotecas universitárias, conforme apresentado no quadro 1.

“OFICINA PEDAGÓGICA PARA BIBLIOTECAS INCLUSIVAS”

Apresentação

A oficina é destinada a alunos com deficiência visual, independente de seu nível de familiaridade com tecnologias assistivas (TA) e recursos informacionais, incluindo aqueles que nunca tiveram contato com essas ferramentas.

Objetivos

- Objetivo principal

o Capacitar alunos com deficiência visual a navegar, acessar e utilizar materiais informacionais de forma autônoma, por meio das TA disponíveis na biblioteca.

- Objetivos específicos

o Ensinar a utilização do catálogo online com o apoio de softwares de leitura de tela, ampliadores de texto e outras TA.

Capacitar os alunos na navegação pelo espaço físico da biblioteca.

o Desenvolver habilidades práticas para que os alunos possam realizar atividades informacionais de forma independente.

o Incentivar a exploração colaborativa de soluções inovadoras, considerando as necessidades individuais dos participantes.

Carga Horária

- Duração total: 4 horas (ajustável conforme as necessidades dos participantes)

Recursos

- Tablets com softwares para leitura de tela e sintetizador de voz (NVDA ou JAWS), ampliador de texto (SuperNova Magnifier ou ZoomText), dispositivos em braille (linhas braille e impressoras) e aplicativos de suporte para deficientes visuais (Be My Eyes ou Lazarillo).
- Fones de ouvido.
- *Sistema Pergamum* para gestão de acervo, com função “Localização na estante”.
- Mapa tátil com disposição das estantes, etiquetas em braille e sinalização visual.
- Espaço acessível, incluindo rampas e pisos táteis.
- Simulações práticas de navegação assistida por aplicativos móveis.
- Exemplos de livros digitais acessíveis e materiais em áudio disponíveis no acervo.

Metodologia

A oficina segue os princípios da aprendizagem ativa e colaborativa, oferecendo um ambiente inclusivo e dinâmico, onde os participantes interagem com as ferramentas e o espaço.

- Pré-teste (15 minutos)

O mediador aplicará um pré-teste digital acessível, com opções de resposta por escrito ou por comando de voz, para avaliar o nível de familiaridade dos alunos com TA em bibliotecas. Este diagnóstico ajudará a personalizar as atividades e o suporte oferecido durante a oficina. Além disso, perguntas abertas serão feitas para avaliar a confiança dos participantes na resolução de problemas relacionados ao uso das TA.

ARTEFATO DE AVALIAÇÃO PEDAGÓGICA - PRÉ-TESTE

Objetivo: Avaliar o conhecimento prévio sobre o uso de Tecnologias Assistivas em bibliotecas

1. Você já utilizou algum tipo de Tecnologia Assistiva para acessar informações em bibliotecas?

☐ Sim

☐ Não

Se sim, fale ou escreva brevemente quais ferramentas você utilizou e como foi a sua experiência:

2. Qual é o seu nível de familiaridade com o uso de leitores de tela para navegar em sistemas digitais?

☐ Nenhum conhecimento

☐ Conhecimento básico

☐ Conhecimento intermediário

☐ Conhecimento avançado

3. Você já teve contato com o *Sistema Pergamum* para realizar buscas no catálogo da biblioteca?

☐ Sim

☐ Não

Se sim, quais foram as suas maiores dificuldades? _____

4. Como você se sente em relação à navegação pelo espaço físico de uma biblioteca?

☐ Nada confiante

☐ Pouco confiante

☐ Moderadamente confiante

☐ Muito confiante

5. Em que medida você acredita que as Tecnologias Assistivas podem melhorar sua experiência e autonomia no uso das bibliotecas?

☐ Muito

☐ Moderadamente

☐ Pouco

☐ Não contribui

- Atividade integradora (15 minutos)

A oficina terá início com uma dinâmica de integração, visando motivar os alunos e criar um ambiente acolhedor e descontraído. Os participantes serão convidados a compartilhar suas experiências com o uso de TA que já utilizam em suas rotinas de estudo. Além de promover a interação entre os alunos, essa atividade ajudará a identificar o nível de familiaridade com as tecnologias assistivas, permitindo que o mediador adapte o conteúdo da oficina às necessidades e interesses do grupo.

- Problematização (15 minutos)

Em seguida, o mediador apresentará questões que estimulem a reflexão sobre barreiras enfrentadas ao acessar informações em bibliotecas. Exemplo: *quais são as principais barreiras que você enfrenta ao acessar informações nas bibliotecas utilizando TA? Como o ambiente físico poderia ser melhorado para atender suas necessidades?*

- Fundamentação teórica (50 minutos)

Após a problematização, os alunos serão convidados a aprofundar seu conhecimento sobre as TA e os recursos informacionais disponíveis na biblioteca. O mediador fará uma demonstração curta e prática das funcionalidades dessas ferramentas, incluindo as plataformas de livros eletrônicos e bases de dados com recursos de acessibilidade. Essas plataformas geralmente seguem padrões internacionais de acessibilidade e oferecem usabilidade facilitada para pessoas com deficiência visual, intelectual e de mobilidade. Como exemplo, será exibido um vídeo com os recursos de acessibilidade da plataforma de livros eletrônicos *Minha Biblioteca*

<https://www.youtube.com/watch?v=udR0nV1Qh4o>. Cada aluno poderá experimentar as ferramentas com o suporte do mediador, em uma atividade fundamentada no sociointeracionismo de Vigotski, que destaca interações mediadas e a exploração da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Depois será apresentado o software de gestão de acervo (*Sistema Pergamum*), com explicações sobre o sistema de classificação adotado (CDD), ressaltando a importância dos termos de busca e da lógica de organização para facilitar a navegação no espaço físico e digital.

Será também demonstrado o uso dos mapas táteis, destacando símbolos em relevo que indicam setores, corredores e áreas de apoio. A proposta reforça o uso integrado de diferentes ferramentas (como leitores de tela, busca textual e audiodescrição), incentivando o ciclo “sentir-pensar-agir”, no qual os alunos elaboram hipóteses sobre o uso das TA para superar barreiras no acesso à informação.

- Aplicação do tema (40 minutos)

Nesta etapa, os alunos colocarão em prática o que aprenderam divididos em grupos ou duplas, para realizar duas atividades. O objetivo é aplicar o conhecimento adquirido de forma prática, promovendo a colaboração e a autonomia no uso das ferramentas de acessibilidade.

- Atividade Prática 1: Pesquisa no *Sistema Pergamum* (ou outro sistema da biblioteca), utilizando leitores de tela para localizar livros por título, autor ou palavra-chave. Os alunos também utilizarão a função de localização de acervo físico do sistema.
- Atividade Prática 2: Exploração do espaço físico da biblioteca com o apoio de mapas táteis, aplicativos móveis e etiquetas em braille. Os alunos seguirão as orientações para localizar um livro de forma independente, experimentando a navegação no ambiente real.

A interação em grupos reflete a Teoria Sociointeracionista, ao possibilitar que os alunos aprendam uns com os outros, superando desafios por meio da colaboração. Além disso, o trabalho prático incentiva a descoberta ativa, como nos princípios do construtivismo, defendido por Piaget. Essa abordagem prática reforça o aprendizado ao conectar o aluno diretamente com o objeto de estudo, promovendo maior retenção de conhecimento.

- Socialização da aprendizagem (30 minutos)

Em roda de conversa, os participantes compartilharão suas experiências e percepções sobre as atividades práticas. O momento favorece a troca de estratégias, o desenvolvimento de habilidades comunicativas e a construção coletiva do conhecimento. Essa etapa reforça a colaboração como um mecanismo essencial para a construção coletiva do conhecimento, alinhando-se tanto ao sociointeracionismo quanto ao construtivismo.

Tópicos sugeridos:

- Dificuldades encontradas e soluções desenvolvidas.
 - Experiências de navegação pelo catálogo online e pelo espaço físico.
 - Propostas de melhoria para tornar a biblioteca mais inclusiva.
-
- Pós-teste (15 minutos)

O mediador aplicará um pós-teste digital acessível, com opções de resposta por escrito ou por comando de voz, para avaliar o progresso dos participantes em relação ao uso das TA e à navegação pela biblioteca. O objetivo é identificar o progresso alcançado e as áreas que ainda necessitam de melhorias.

ARTEFATO DE AVALIAÇÃO PEDAGÓGICA - PÓS-TESTE

Objetivo: Avaliar o impacto da oficina para o uso de Tecnologias Assistivas em bibliotecas

1. Como você avalia seu nível de confiança no uso das Tecnologias Assistivas após a oficina?

() Nada confiante

() Muito confiante

2. Você conseguiu utilizar o Sistema Pergamum de forma autônoma para localizar materiais informacionais? () Sim () Não Se sim, fale ou escreva sua experiência e dificuldades:

3. Quais foram os principais desafios que você encontrou ao navegar pelo espaço da biblioteca?

4. Em que medida a oficina contribuiu para a sua autonomia na biblioteca?

() Muito

() Moderadamente

() Pouco

() Não contribuiu

5. Quais outras tecnologias ou recursos você gostaria de aprender a usar em futuras oficinas?

Avaliação

Durante todas as etapas da oficina, será incentivado um *feedback* contínuo dos participantes para ajustes imediatos, com o objetivo de criar um ambiente responsivo, onde os alunos sintam que suas opiniões são valorizadas e onde ajustes possam ser feitos em tempo real para atender melhor às suas necessidades.

O mediador acompanhará cada grupo ou dupla, observando como os alunos utilizam as TA e interação entre si e, ao final da oficina, será aplicado um breve questionário “pré-teste” para que os alunos possam refletir sobre seu aprendizado e identificar áreas onde sentiram progresso ou dificuldades.

Referências

ANZOLIN, Heloisa Helena. Facilidades para localização de materiais bibliográficos em estantes no *Sistema Pergamum*. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE BIBLIOTECAS UNIVERSITÁRIAS, 14, 2006, Salvador. **Anais...** Salvador, 2006. Disponível em https://www.pergamum.pucpr.br/redepergamum/trabs/SNBU2006_Estantes.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.

BIBLIOTECA VIRTUAL PEARSON. **Recursos - Biblioteca Virtual**. Disponível em: <https://www.bvirtual.com.br/Recursos>. Acesso em: 14 nov. 2024.

MINHA BIBLIOTECA. **Tutorial Minha Biblioteca | Preferências do Leitor**. YouTube, 27 de setembro de 2021. 4min48s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=udR0nV1Qh4o>. Acesso em: 14 nov. 2024.

TECNOLOGIA ASSISTIVA NA PRÁTICA. **Tecnologia assistiva para alunos com deficiência visual**: aula 025. YouTube, 12 de janeiro de 2023. 40min54s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=p0IApP1n7IM>. Acesso em: 14 nov. 2024.

UNIRIO. **TASSIA – Tecnologia Assistiva e de Apoio – Repositório de Tecnologia Assistiva**. Rio de Janeiro: UNIRIO, [2020]. Disponível em: <https://tassia.uniriotec.br/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para viabilizar sua implementação, sugere-se a realização de um projeto piloto para testar a proposta em pequena escala e realizar ajustes com base em dados reais (Ellias, 2024). Esse processo envolve planejamento, execução, monitoramento e avaliação, com o objetivo de garantir o sucesso da aplicação futura em larga escala. Sendo assim, o projeto piloto foi estruturado com as seguintes etapas:

- *Escolha das ferramentas*: questionários em formatos acessíveis e relatórios de progresso compõem o conjunto de instrumentos utilizados.
- *Diagnóstico inicial*: identificação do perfil dos participantes e sua familiaridade com as TA, por meio de questionário acessível em formato digital e/ou em braille, abordando experiências anteriores, desafios e expectativas.
- *Execução da oficina*: dividida em três momentos: (1) pré-teste e introdução teórica; (2) atividades práticas com os recursos disponíveis na biblioteca; (3) roda de conversa e pós-teste.
- *Avaliação do impacto*: realizada por meio de indicadores quantitativos e qualitativos, como taxas de progresso (pré e pós-teste) e participação, observações dos mediadores e *feedback* dos participantes.
- *Replicabilidade*: a partir dos dados obtidos no piloto, o modelo poderá ser expandido com base em documentação, elaboração de um guia, formação de novos mediadores e estabelecimento de parcerias institucionais.

Outro elemento inovador é a formação dos mediadores, composta por quatro etapas: (1) treinamento inicial com conteúdos teóricos e simulações práticas; (2) sensibilização por meio de atividades vivenciais para o desenvolvimento da empatia; (3) fornecimento de material de apoio com guia detalhado e estratégias pedagógicas; (4) acompanhamento contínuo, com encontros para troca de experiências e atualização em metodologias inclusivas. Sugere-se, ainda, a criação de um programa de mentoria, garantindo a continuidade e sustentabilidade da proposta.

Por fim, a experiência será sistematizada em um guia para mediadores, estruturado em cinco passos: (1) preparação inicial; (2) condução da oficina; (3) avaliação de impacto; (4) dicas para o mediador; e (5) pós-oficina. O guia fornecerá orientações aos mediadores na condução da oficina pedagógica, incentivando sua replicação em diferentes contextos educativos.

6.4 Metodologia

Para compreender como as TA podem contribuir no acesso à informação de alunos com deficiência visual em bibliotecas escolares e universitárias, esta pesquisa adotou como metodologia o mapeamento sistemático da literatura, também conhecido como revisão de escopo (*Scoping Review*). Para orientar esta pesquisa, baseou-se nas diretrizes do Protocolo PRISMA *Extension for Scoping Reviews* (Prisma-ScR, 2024).

Para definir a pergunta da revisão, utilizou-se a estratégia PICO (População, Interesse e Contexto), bastante utilizada no desenvolvimento de pesquisas do tipo qualitativa na área de ciências sociais (Stern; Jordan; Mcarthur, 2014 *apud* Araújo, 2020).

Deste modo, os elementos definidos foram: P (alunos com deficiência visual); I (contribuição das tecnologias assistivas no acesso à informação); e Co (bibliotecas escolares e universitárias). Com base nesses elementos, a pergunta de pesquisa foi formulada da seguinte maneira: “Como as TA podem contribuir para o acesso à informação de alunos com deficiência visual em bibliotecas escolares e universitárias?”

Crêterios de Elegibilidade: incluíram estudos publicados nos últimos cinco anos (2020-2024), com acesso aberto, disponíveis em texto integral que abordassem diretamente a interseção entre tecnologias assistivas, deficiência visual e bibliotecas. Foram excluídos estudos publicados antes de 2020, duplicatas, estudos contendo apenas citações ou resumos sem conteúdo relevante, e publicações não disponíveis em texto integral.

Fonte de Informação: as buscas foram realizadas em três bases de dados:

Google Scholar:

Pela ampla cobertura de publicações acadêmicas, incluindo repositórios e periódicos nacionais.

Web of Science:

Por sua abrangência multidisciplinar.

Scopus:

Pela relevância e qualidade da produção científica indexada em diversas áreas.

Estratégia de Busca: os termos utilizados como palavras-chave foram identificados em artigos relacionados ao tema. As *strings* de busca adotadas estão apresentadas no quadro 2:

Quadro 2 – Estratégias de busca conforme base de dados

Base de dados	String de busca
Google Scholar	#1: ("objeto de aprendizagem" OR "recurso educacional" OR "artefato") ("tecnologia assistiva" OR "tecnologias assistivas") ("biblioteca escolar" OR "biblioteca universitária") "deficiência visual" "acessibilidade" #2: ("mapas táteis" OR "mapa tátil") ("biblioteca" OR "bibliotecas")
Web of Science	TS=("assistive technology" OR "assistive technologies" AND "school library" OR "university library" AND "visual impairment" OR "visually impaired person" OR "visually impaired people" OR "people blind" AND "access to information" OR "informational accessibility")
Scopus	TITLE-ABS-KEY ("assistive technology" OR "assistive technologies") AND TITLE-ABS-KEY ("school library" OR "university library") AND TITLE-ABS-KEY ("visual impairment" OR "visually impaired person" OR "visually impaired people" OR "people blind")

Fonte: Elaborado pelos autores.

Processo de Seleção: as publicações selecionadas foram exportadas para o gerenciador de referências *Mendeley*, que auxiliou na organização dos dados e na eliminação de duplicatas. O processo seguiu as etapas descritas abaixo:

- *Google Scholar*: as buscas resultaram em 507 publicações. Após aplicação dos critérios de inclusão, 255 arquivos foram selecionados. A partir dos critérios de exclusão e leitura dos resumos, a seleção final resultou em 60 publicações. Dessas, 19 publicações foram selecionadas, sendo 13 artigos científicos, 2 trabalhos de conclusão de curso, 3 dissertações de mestrado e 1 tese de doutorado.
- *Web of Science*: foram encontrados 163 resultados na área da Ciência da Informação e Biblioteconomia, dos quais 9 artigos científicos foram considerados relevantes.
- *Scopus*: foram encontrados 2 resultados, sendo ambos artigos científicos.

Resultado da revisão: no total, foram selecionadas 30 publicações, sendo 7 em inglês e 23 em português. A relação completa está apresentada no quadro 3, conforme a seguir:

Quadro 3 – Relação das publicações selecionadas na revisão de escopo

Quadro 3 – Relação das publicações selecionadas na revisão de escopo

Autores	Título
AGABIRWE; KIYINGI, 2020	Utilization of assistive technologies among visually impaired students in university libraries in Uganda: users' experiences
ALMEIDA, 2022	Arquitetura tátil: diretrizes para dispositivos tridimensionais de orientação espacial
ARAÚJO <i>et al.</i> , 2020	Avaliação do sistema de código de cores "See Color" em mapa tátil
CHAURASIA; SINGH, 2022	Assistive support through technologies for persons with disabilities in libraries
CHRISTY; PILLAI, 2021	User feedback on usefulness and accessibility features of mobile applications by people with visual impairment
CORREIA; PEREIRA, 2023	Estudo prospectivo sobre tecnologia assistiva no Brasil para delinear o desenvolvimento de uma biblioteca acessível
COSTA; CHALHUB, 2021	O uso das tecnologias assistivas na mediação da informação em biblioteca escolar: acessibilidade para alunos com deficiência visual
COSTA, 2022	As (d) eficiências na gestão de bibliotecas universitárias: um olhar sobre a perspectiva da diversidade
COSTA; OLIVEIRA, 2022	Acessibilidade e as cinco leis de Ranganathan: diálogo com a Biblioteconomia e a Ciência da Informação
FAUSTO <i>et al.</i> , 2021	Tecnologia Assistiva: acessibilidade nos supermercados para pessoa com deficiência visual
FERRANDI, 2023	Dimensões de acessibilidade na formação acadêmica de universitários com baixa visão: revisão sistemática
GONÇALVES <i>et al.</i> , 2023	Biblioteca para todos: relato de experiência da produção de vídeo instrucional
LIMA; ULBRICHT, 2023	O uso de tecnologia assistiva: fator relevantes aos processos de ensino e de aprendizagem de alunos com deficiência visual

Quadro 3 – Relação das publicações selecionadas na revisão de escopo

Autores	Título
LUNDH, 2024	Developing expertise and managing inaccessibility: a study of reading by listening practices among students with blindness or vision impairment
MADDISETTY, 2024	Robotic library services in the context of persons with disabilities
MARQUES, 2023	A formação do leitor cego e o acesso a bibliotecas
MELO <i>et al.</i> , 2022	Rede Brasileira de Estudos e Conteúdos Adaptados (REBECA): desafios e perspectivas na colaboração do acesso à informação às pessoas com deficiência visual no Brasil
MENEZES; SILVA, 2024	Publicações acadêmicas digitais acessíveis produzidas por bibliotecas no ambiente acadêmico para discentes cegos e de baixa visão
MUNYORO; MACHIMBIDZA; MUTULA, 2021	Examining key strategies for building assistive technology (AT) competence of academic library personnel at university libraries in Midlands and Harare provinces in Zimbabwe
NUNES; FERREIRA; DIAS, 2024	Mapas táteis produzidos através de recursos tecnológicos: interpretações a partir da revisão de literatura
PEREIRA <i>et al.</i> , 2020	Por uma BU acessível: experiências para implementação da acessibilidade em uma biblioteca universitária
PINHEIRO, 2021	Os recursos de Tecnologia Assistiva nas bibliotecas universitárias federais brasileiras: uma abordagem para as pessoas com deficiências visuais
PINHEIRO; CRIVELLARI, 2021	Desafios da acessibilidade e da tecnologia assistiva na biblioteca universitária
PINHEIRO; OLIVEIRA, 2022	Nada sobre nós sem nós: a tecnologia assistiva e os estudos de usuários das pessoas com deficiências visuais nas bibliotecas universitárias
SCHNEIDER; SILVA; MUSSI, 2020	Arquitetura e tecnologias inclusivas: placa sinalética de ambientes construídos com layout flexível

Quadro 3 – Relação das publicações selecionadas na revisão de escopo

Autores	Título
STROPARO; MOREIRA, 2021	Bibliotecas universitárias federais brasileiras: acessibilidade/avaliação do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP)
VASCONCELOS, 2022	A realidade do sistema de bibliotecas de uma Universidade Pública do Estado do Amazonas no uso de recursos de tecnologia assistiva para o atendimento aos usuários com deficiência visual e auditiva
VASCONCELOS <i>et al.</i> , 2020	Tecnologias assistivas destinadas à orientação espacial, identificação de obstáculos e guiamento de pessoas com deficiência visual
WELLICHAN; MANZINI, 2021	Usuários da informação com deficiência em bibliotecas: uma análise da produção científica em Biblioteconomia e Ciência da Informação
WU <i>et al.</i> , 2020	Online survey of digital reading by adults with Low vision

Fonte: Elaborado pelos autores.

6.5 Resultados

Os 30 estudos mapeados nesta revisão trazem um panorama rico e diverso. Eles mostram tanto os desafios enfrentados em diferentes países e realidades, quanto iniciativas que estão contribuindo para transformar as bibliotecas em espaços mais acessíveis.

Começando por estudos internacionais, Chaurasia e Singh (2022), ao analisarem bibliotecas universitárias na Índia, destacaram que a inadequação de recursos e sistemas de acesso limita diretamente o suporte oferecido a usuários com deficiência visual. Eles sugerem a criação de centros especializados em TA e reforçam a necessidade de alocação de recursos e capacitação profissional para promover ambientes inclusivos. Em Uganda, Agabirwe e Kiyingi (2020) constataram que, mesmo com a presença de ferramentas como JAWS e impressoras em braille, muitos dispositivos estavam obsoletos ou inoperantes. Sem suporte técnico adequado, os alunos acabam recorrendo a aplicativos gratuitos, nem sempre confiáveis, o que reforça a importância da manutenção contínua e da adaptação às realidades locais.

No Zimbábue, Munyoro, Machimbidza e Mutula (2021) apontaram a escassez de especialistas em TA, a falta de recursos financeiros e o desconhecimento sobre a deficiência como principais barreiras. Como solução, propuseram programas de treinamento,

parcerias com fornecedores de TA e organizações sociais, além de buscar oportunidades de financiamento para iniciativas inclusivas, entre outros.

Já na Austrália, Lundh (2024) trouxe uma perspectiva mais pedagógica, mostrando que a responsabilidade pelo domínio das ferramentas assistivas recai apenas sobre os próprios estudantes, sem o devido apoio institucional. A autora destaca a importância de ambientes educacionais mais inclusivos e de pesquisas aprofundadas sobre tecnologias baseadas em áudio.

Nos estudos realizados no Brasil, os desafios não são diferentes. Vasconcelos (2022) constatou, na Universidade do Estado do Amazonas (UEA), que os recursos disponíveis ainda são básicos e insuficientes para atender plenamente os usuários. Costa (2022), ao investigar as bibliotecas da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), apontou barreiras físicas, comunicacionais e atitudinais, além da necessidade urgente de sensibilização e formação dos profissionais. Pinheiro (2021), ao ampliar o olhar para universidades e institutos federais, evidenciou que muitas bibliotecas nem sequer informam com clareza os recursos de acessibilidade que possuem, dificultando o cumprimento das legislações inclusivas.

Stroparo e Moreira (2021) reforçaram esse cenário ao indicarem baixos índices de inclusão nas bibliotecas universitárias federais e defendem políticas institucionais mais eficazes. Ferrandi (2023) trouxe uma abordagem multidimensional da acessibilidade (atitudinal, arquitetônica, metodológica, entre outras), destacando a necessidade de ações estruturadas e investimentos. Já Wellichan e Manzini (2021) discutiram como a falta de conhecimento específico sobre os usuários com deficiência impacta diretamente a qualidade do atendimento nas bibliotecas.

Outros estudos apontam caminhos para transformar essa realidade. Costa e Oliveira (2022) reinterpretaram as Cinco Leis da Biblioteconomia para uma perspectiva mais inclusiva, sugerindo que os serviços bibliotecários precisam considerar a diversidade de seus usuários. Pinheiro e Crivellari (2021) analisaram a percepção dos bibliotecários, revelando que mesmo com o aumento no número de alunos com deficiência nas instituições de ensino, as melhorias em infraestrutura não acompanharam essa evolução. Pinheiro e Oliveira (2022) reforçaram a necessidade de escutar os próprios usuários com deficiência visual como forma de qualificar os serviços oferecidos.

Na educação básica e superior, Lima e Ulbricht (2023) identificaram que, embora as TA ampliem o acesso à informação e favoreçam a inclusão, a formação dos profissionais continua sendo uma barreira importante. Costa e Chalhub (2021) alertaram para a situação das bibliotecas escolares, que enfrentam limitações ainda mais sérias devido à falta de recursos. Marques (2023) tratou dos desafios na formação de leitores cegos e defendeu políticas públicas voltadas à ampliação de acervos acessíveis.

Em termos de inovação, Wu *et al.* (2020) revelaram que muitos adultos com baixa visão preferem a leitura visual, o que reforça a importância de se disponibilizar múltiplos formatos. Correia e Pereira (2023) mapearam patentes de TA no Brasil e observaram que poucas são pensadas para o contexto das bibliotecas. Melo *et al.* (2022) apresentaram a REBECA, que é uma rede colaborativa de produção de conteúdos acessíveis, mas observaram que nem todas as instituições a utilizavam de forma sistemática.

Algumas experiências bem-sucedidas também se destacam. Pereira *et al.* (2020), na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), descreveram o trabalho de uma comissão multidisciplinar voltada à acessibilidade, com ações contínuas. Gonçalves *et al.* (2023), no Instituto Federal da Paraíba (IFPB), apresentaram a produção de vídeos instrucionais acessíveis como uma estratégia para ampliar o alcance das bibliotecas. Maddisetty (2024), por sua vez, explorou o uso de tecnologias robóticas em bibliotecas como uma alternativa promissora para ampliar o acesso à informação por pessoas com deficiência, embora tenha destacado desafios técnicos, financeiros e éticos que ainda precisam ser superados.

A necessidade de padronização e capacitação técnica aparece em estudos como os de Menezes e Silva (2024), Almeida (2022) e Nunes, Ferreira e Dias (2024), voltados à produção de recursos táteis. Já Vasconcelos *et al.* (2020), Christy e Pillai (2021) e Fausto *et al.* (2021) destacaram o potencial dos aplicativos móveis e das soluções de baixo custo. Iniciativas como o See Color (Araújo *et al.*, 2020) e o uso de placas sinaléticas vibracionais (Schneider, Silva; Mussi, 2020) apontam caminhos inovadores, mas lembram que é preciso adaptar constantemente os recursos às necessidades reais dos usuários.

Ao reunir essas 30 publicações, a revisão evidenciou que, apesar das TA serem essenciais, ainda existem entraves estruturais, pedagógicos e financeiros que dificultam sua integração nas rotinas das bibliotecas. As bibliotecas escolares enfrentam limitações severas de recursos e formação, enquanto as universitárias, mesmo com avanços, carecem de políticas articuladas e de práticas mais inclusivas. Casos como os da REBECA, da UFSC e do IFPB demonstram que é possível avançar quando há comprometimento institucional e investimento direcionado. No entanto, é importante que se fortaleçam políticas públicas, ações interinstitucionais e, sobretudo, a escuta ativa dos alunos com deficiência visual para que as bibliotecas se tornem, de fato, ambientes acessíveis, formativos e transformadores.

A seguir, o quadro 4 apresenta um resumo dos principais desafios enfrentados pelas bibliotecas na implementação de TA para alunos com deficiência visual, bem como as possibilidades de boas práticas identificadas nos estudos analisados.

Quadro 4 – Síntese dos desafios e estratégias para a inclusão em bibliotecas

Categoria	Desafios identificados	Possibilidades e estratégias
Infraestrutura e Recursos Tecnológicos	Falta de equipamentos adequados (leitores de tela, ampliadores de caracteres, impressoras braille, entre outros). Recursos obsoletos ou mal conservados. Barreiras físicas no ambiente.	Atualização e manutenção de TA existentes. Adaptação dos espaços físicos com sinalização tátil, mobiliário acessível, mapas orientadores, assim como adaptação dos espaços digitais. Criação de centros especializados em TA.

Categoria	Desafios identificados	Possibilidades e estratégias
Capacitação de Profissionais	Falta de formação específica para bibliotecários e educadores no uso e mediação das TA. Ausência de programas continuados de capacitação.	Oferecimento de cursos e formações periódicas sobre acessibilidade e uso de TA. Inclusão do tema nos currículos de formação inicial e continuada de bibliotecários e educadores.
Acesso a Materiais Acessíveis	Acervos com poucas obras em formatos acessíveis. Falta de informações sobre os recursos disponíveis.	Parcerias com editoras para produção de audiolivros e materiais em braille. Digitalização de materiais, ampliação de acervos acessíveis e divulgação clara dos recursos disponíveis e serviços oferecidos.
Integração das TA às Práticas Pedagógicas	TA não articuladas com práticas pedagógicas. Alunos precisam buscar soluções de forma autônoma para acessar conteúdos acadêmicos.	Uso de metodologias ativas (como oficinas e mediações colaborativas). Promoção de oficinas pedagógicas específicas para o uso de TA em bibliotecas.
Políticas Institucionais	Falta de diretrizes e normas institucionais sobre acessibilidade em bibliotecas. Poucos estudos que avaliem a percepção dos usuários com deficiência visual sobre os serviços oferecidos.	Implementação de políticas institucionais que garantam acessibilidade nas bibliotecas, como políticas de colaboração com departamentos internos e parceiros externos. Realização de pesquisas e avaliações contínuas sobre a eficácia das TA.

Fonte: Elaborado pelos autores.

6.6 Considerações Finais

Promover o acesso à informação de forma justa não é apenas uma exigência legal, mas um compromisso ético com a formação de sujeitos autônomos e críticos. Quando as bibliotecas se tornam ambientes acessíveis, integrados a práticas pedagógicas, elas deixam de ser apenas locais de acervo e passam a ser espaços dinâmicos de aprendizagem e pertencimento.

A proposta da oficina pedagógica mediada por TA é voltada ao benefício de professores, bibliotecários e alunos. Ao unir teoria e prática, aponta caminhos possíveis para que estudantes com deficiência visual possam acessar conteúdos e construir conhecimento. Com base em abordagens como o construtivismo e o sociointeracionismo, a oficina busca promover a mediação, a personalização e o respeito à diversidade de trajetórias.

Como desdobramentos futuros, sugere-se a aplicação do projeto em diferentes realidades educacionais, bem como a construção de parcerias com entidades públicas e da sociedade civil. Também poderão ser realizados estudos voltados à percepção de alunos e mediadores sobre a eficácia da proposta, além da investigação do impacto das TA no desempenho acadêmico, com ênfase na identificação das soluções mais adequadas a diferentes perfis de usuários. A adaptação dessas tecnologias para dispositivos móveis, considerando o acesso remoto aos conteúdos informacionais, desponta como uma via promissora para ampliar a acessibilidade e a inclusão.

Mais do que uma ferramenta pedagógica, a oficina é uma proposta de caminho coletivo. Que professores e bibliotecários, juntos, possam assumir esse percurso como parceiros na construção de escolas e universidades mais justas, acessíveis e sensíveis às diferenças. Afinal, é na convergência entre mediação pedagógica e compromisso com a inclusão que se torna possível transformar as bibliotecas em espaços verdadeiramente democráticos.

Referências Bibliográficas

AGABIRWE, Patience; KIYINGI, George William. Utilization of assistive technologies among visually impaired students in university libraries in Uganda: users' experiences. *Lecture Notes in Computer Science*, p. 470–479, 2020.

ALMEIDA, Eduardo Augusto Monteiro de. *Arquitetura tátil: diretrizes para dispositivos tridimensionais de orientação espacial*. 2022. 166 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

ALMEIDA, Janilton de Lima; SABINO, Cláudia de Vilhena Schayer; LOBATO, Wolney. *Caderno de oficinas pedagógicas de apoio ao professor: temas de geociências para o ensino médio*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2016.

ARAÚJO, Niédja Sodré de et al. Avaliação do sistema de código de cores "See Color" em mapa tátil. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 72, n. 1, 2020.

ARAÚJO, Wánderon Cássio Oliveira. Recuperação da informação em saúde: construção, modelos e estratégias. *Convergências em Ciências da Informação*, Sergipe,, maio/ago. 2020.

BERSCH, Rita. *Introdução à tecnologia assistiva*. Porto Alegre: Assistiva, 2017.

BRASIL. Câmara dos Deputados. *Guia legal: portador de deficiência visual*. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2004.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, seção 1, n. 127, p. 2, 7 jul. 2015.

BRASIL. Senado Federal. *Projeto de Lei do Senado nº 461, de 2018*. Brasília, DF: Senado Federal, 2018.

BRASIL. Sistema Nacional de Bibliotecas Públicas. *Plano Nacional do Livro e Escrita (PNLE)*. Brasília, DF: SNBP, 2018a.

BRASIL. Sistema Nacional de Bibliotecas Públicas. *Plano Nacional do Livro e Leitura (PNLL)*. Brasília, DF: SNBP, 2018b.

CHAURASIA, Abhay; SINGH, Ajay Pratap. Assistive support through technologies for persons with disabilities in libraries. *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, v. 42, n. 2, p. 130–135, 2022.

CHRISTY, Beula; PILLAI, Aishwarya. User feedback on usefulness and accessibility features of mobile applications by people with visual impairment. *Indian Journal of Ophthalmology*, v. 69, n. 3, p. 555, 2021.

CORREIA, Rosângela de Souza Cezar; PEREIRA, Neila de Paula. Estudo prospectivo sobre tecnologia assistiva no Brasil para delinear o desenvolvimento de uma biblioteca acessível. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, v. 6, n. 13, jul./dez. 2023.

COSTA, Ana Cristina de Almeida; CHALHUB, Tania. O uso das tecnologias assistivas na mediação da informação em biblioteca escolar: acessibilidade para alunos com deficiência visual. *Biblioteca Escolar em Revista*, v. 7, n. 2, p. 1–16, 2021.

COSTA, Michelle Karina Assunção. *As (d)eficiências na gestão de bibliotecas universitárias: um olhar sobre a perspectiva da diversidade*. 2022. 384 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

COSTA, Michelle Karina Assunção; OLIVEIRA, Dalgiza Andrade de. Acessibilidade e as cinco leis de Ranganathan: diálogo com a Biblioteconomia e a Ciência da Informação. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 27, n. 1, p. 160–189, jan./mar. 2022.

DÁVILA, Sabina. *Bibliotecas inclusivas: como aprimorar a acessibilidade por meio dos recursos da Gale*. Webinar, 21 nov. 2024.

ELLIAS, Paulo. O que é projeto piloto? Entenda sua importância. *Miolo Esperto*, 26 ago. 2024.

FAILLA, Zoara (org.). *Retratos da leitura no Brasil: 5*. São Paulo: Sextante, 2021.

- FAUSTO, Ilma Rodrigues de Souza et al. Tecnologia assistiva: acessibilidade nos supermercados para pessoa com deficiência visual. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 9, e41210918353, 2021.
- FERRANDI, Daiani Aparecida. *Dimensões de acessibilidade na formação acadêmica de universitários com baixa visão: revisão sistemática*. 2023. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2023.
- GONÇALVES, Ana Carine da Costa et al. Biblioteca para todos: relato de experiência da produção de vídeo instrucional. *Caderno Pedagógico*, v. 20, n. 8, p. 3257–3283, 2023.
- IBGE. *Pessoas com deficiência 2022: PNAD contínua*. Brasília: IBGE, 2023.
- JESUS, Patrícia Gonçalves de; RIBEIRO, Cristiane Maria. *Oficina pedagógica: um produto educacional como oportunidade de conhecimento das ações afirmativas*. Urutaí: IFG, 2021.
- LEWITZKY, Rachael; WEAVER, Kari. Developing Universal Design for Learning asynchronous training in an academic library. *Partnership: The Canadian Journal of Library and Information Practice and Research*, v. 16, n. 2, p. 1–18, 2022.
- LIMA, Arllon Chaves; ULBRICHT, Vânia Ribas. O uso de tecnologia assistiva: fator relevante aos processos de ensino e aprendizagem de alunos com deficiência visual. *Educere et Educare*, v. 18, n. 45, p. 578–596, 2023.
- LUNDH, Anna. Developing expertise and managing inaccessibility: a study of reading by listening practices among students with blindness or vision impairment. *Information Research*, v. 29, n. 2, p. 92–108, 2024.
- MADDISETTY, Balaji. Robotic library services in the context of persons with disabilities. *Annals of Library and Information Studies*, v. 71, n. 2, 2024.
- MARQUES, Maria Roselene Soares. *A formação do leitor cego e o acesso a bibliotecas*. 2023. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.
- MELO, Francisco Ricardo Lins Vieira de et al. Rede Brasileira de Estudos e Conteúdos Adaptados (REBECA): desafios e perspectivas. *Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação*, v. 15, n. 1, p. 254–265, 2022.
- MENEZES, Nelijane Campos; SILVA, Sérgio Franklin Ribeiro da. Publicações acadêmicas digitais acessíveis produzidas por bibliotecas. *Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação*, v. 17, n. 2, p. 364–381, 2024.
- MONTEIRO, Heloíza Ribeiro de Sena et al. A importância das oficinas pedagógicas no processo de ensino-aprendizagem. *Revista Epistemologia e Práxis Educativa*, v. 2, n. 2, 2019.
- OMS. *Síntese de evidências para políticas: acesso à tecnologia assistiva*. 2020

Sobre os Autores



Andrezza de Santana Moreira

Especialista em Inovação na Educação mediada por Tecnologias pela Universidade Federal do ABC (UFABC) e graduada em Biblioteconomia e Ciência da Informação pela Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo (FESPSP). Atua como bibliotecária no Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas (ICAQF) da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP).

Contato: andrezza.santana@unifesp.br



Bruno José Betti Galasso

Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (USP) com bolsa-sanduíche na Universidade do Minho (Portugal). Mestre em Integração da América Latina pela Universidade de São Paulo (USP). Especialista em Planejamento, Implementação e Gestão da Educação a Distância pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Master of Business Administration em Gestão Estratégica e Econômica em Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Graduado em Pedagogia, Comunicação Social e Letras. Consultor acadêmico e gerente de projetos na área de Tecnologia Educativa. Fundador do Núcleo de Educação Online (NEO). Avaliador Institucional Externo do SINAES (INEP). Líder do projeto vencedor do prêmio Reimagine Education 2018 (USA). Professor do curso de Design Educacional da UNIFESP e professor convidado no Politécnico do Porto - Portugal (IPP).

Contato: bruno.galasso@unifesp.br