

# Arquitetura Computacional para Adaptação de Questões para Estudantes Neurodivergentes Fundamentada em Recursos de Inteligência Artificial Generativa

Júlio César da Costa Silva<sup>1</sup>, Hiran Nonato M. Ferreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais  
(IFSULDEMINAS) - Campus Passos  
Passos – MG – Brasil

**Abstract.** *This paper describes the development of an architecture, named Mind Bridge, to adapt assessment questions for neurodivergent students using Generative Artificial Intelligence resources. Mind Bridge aims to make questions more accessible and understandable, contributing to educational inclusion and equity of opportunities. The architecture was designed with three modules: Input Module, Logical Module, and Generative Module. The case study conducted demonstrated the effectiveness of the architecture in adapting questions from different knowledge areas, highlighting its ability to transform technical and complex questions into real-world problems.*

**Resumo.** *Este artigo descreve o desenvolvimento de uma arquitetura, denominada Mind Bridge, para adaptar questões de avaliação para estudantes neurodivergentes, utilizando recursos de Inteligência Artificial Generativa. O Mind Bridge torna as questões mais acessíveis e compreensíveis, contribuindo para a inclusão e a equidade de oportunidades. A arquitetura foi projetada com três módulos: Módulo de Entrada, Módulo Lógico e Módulo Generativo. O estudo de caso realizado demonstrou a eficácia da arquitetura na adaptação de questões de diferentes áreas do conhecimento, destacando sua capacidade de transformar questões técnicas e complexas em problemas do mundo real.*

## 1. Introdução

A inclusão de estudantes com necessidades específicas é um desafio constante na educação [Winter and O’Raw 2010]. A adaptação de materiais didáticos, como questões de avaliação, é essencial para garantir que todos os alunos possam participar ativamente do processo de aprendizagem [Josef et al. 2020]. Diante de tal situação, a adaptação é essencial para garantir a participação plena de todos os alunos, independentemente de suas necessidades específicas [Vitello and Mithaug 2013].

A literatura destaca a importância de estratégias que promovam a acessibilidade e inclusão, como a adaptação de questões de avaliação para diferentes necessidades [Bansal 2018]. Além disso, é fundamental considerar as orientações pedagógicas e as políticas inclusivas para garantir a efetividade das adaptações [Jigyel et al. 2020]. Outros estudos também ressaltam a importância da formação docente para a implementação de práticas inclusivas, incluindo a adaptação de materiais didáticos [Lindqvist and Nilholm 2013].

A computação desempenha um papel fundamental no avanço da educação, facilitando a criação de ambientes de aprendizagem mais acessíveis e eficazes [Peixoto and Araújo 2012]. Estudos mostram que a tecnologia pode ser uma ferramenta poderosa para personalizar a aprendizagem e atender às necessidades individuais dos alunos [Bacich et al. 2015]. Nesse contexto, a Inteligência Artificial Generativa (IA generativa) emerge como uma opção promissora. Pesquisas indicam que a IA generativa pode ser usada para adaptar questões de exames, tornando-as mais acessíveis e compreensíveis para estudantes com necessidades específicas [Veletsianos 2010]. Além disso, a IA generativa pode ser utilizada para criar conteúdos educacionais personalizados, promovendo uma aprendizagem mais eficaz e inclusiva [Ratheeswari 2018].

Outros estudos destacam a capacidade da IA generativa de gerar material educacional diversificado, atendendo às diferentes habilidades e estilos de aprendizagem dos alunos [Hawkridge 2022]. Esse uso da tecnologia mostra-se promissor para transformar a educação e torná-la mais inclusiva e eficaz [Nickerson and Zodiates 2013].

Com base nisto, este artigo propõe uma arquitetura desenvolvida para adaptar questões de avaliação para estudantes neurodivergentes, fundamentada em recursos de IA generativa. O termo “neurodivergente” refere-se a indivíduos cujo funcionamento neurológico difere significativamente do padrão considerado típico [Pellicano and Stears 2011]. Essa arquitetura visa não apenas adequar o conteúdo das questões, mas também torná-las mais acessíveis e compreensíveis, contribuindo assim para a inclusão educacional e a equidade de oportunidades.

A importância dessa pesquisa é dada porque busca garantir que todos os alunos tenham acesso a materiais didáticos adequados às suas necessidades, promovendo assim oportunidades equitativas na educação. Além disso, a arquitetura desenvolvida contribuirá para a compreensão e a intervenção no problema da exclusão de estudantes com necessidades específicas no contexto educacional, sendo fundamentada em teorias da aprendizagem, da inclusão educacional e da IA Generativa, as quais fornecerão o embasamento necessário para o desenvolvimento da ferramenta e para a análise dos resultados obtidos.

O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2 é apresentada a fundamentação teórica que embasa este estudo. Na seção 3 são apresentados os detalhes da arquitetura proposta. Na seção 4 é apresentado um estudo de caso que versa sobre a utilização da arquitetura a estudantes reais e, por fim, na seção 5 são apresentadas as considerações finais da pesquisa.

## **2. Background**

Nesta seção serão abordados três tópicos fundamentais para o entendimento projeto: tecnologia na educação inclusiva, adaptação de questões de avaliação para alunos neurodivergentes, tecnologia na educação e inteligência artificial generativa (IA Generativa).

### **2.1. Tecnologia na Educação inclusiva**

A integração da tecnologia na educação tem sido objeto de intenso estudo e debate na área educacional. De acordo com [Haleem et al. 2022], a tecnologia pode ser uma ferramenta poderosa para promover a aprendizagem ativa e colaborativa. Ao utilizar recursos digitais, os alunos têm a oportunidade de se envolver ativamente no processo de aprendizagem.

Além disso, a tecnologia na educação tem o potencial de promover a inclusão e a equidade educacional. Segundo [de Oliveira et al. 2023], a tecnologia pode ser adaptada para atender às necessidades específicas de alunos com deficiência, proporcionando-lhes acesso a recursos educacionais de forma mais acessível e eficaz. Isso pode contribuir significativamente para a criação de um ambiente educacional mais inclusivo e diversificado.

## **2.2. Adaptação de questões**

A adaptação de questões de avaliação para alunos neurodivergentes é um tema de grande relevância na área educacional, dada a diversidade de habilidades e necessidades desses estudantes [Fernandes and Almeida 2007]. A neurodiversidade abrange a variação natural no funcionamento do cérebro humano, resultando em diferentes estilos de aprendizagem e processamento de informações [Pellicano and Stears 2011].

Ao adaptar as questões de avaliação para alunos neurodivergentes, torna-se possível considerar suas habilidades específicas, oferecendo formatos e conteúdos mais acessíveis e compreensíveis [Conceição et al. 2022]. De acordo com [Strasser 2023], alunos com autismo podem se beneficiar de questões mais claras e diretas, com menos elementos visuais distrativos, enquanto alunos com TDAH podem se beneficiar de questões mais curtas e objetivas, facilitando a concentração e a compreensão.

Além de promover uma avaliação mais justa e precisa das habilidades dos alunos neurodivergentes, a adaptação das questões de avaliação também pode contribuir significativamente para a inclusão desses alunos no ambiente escolar [Bregue 2023]. Ao oferecer questões adaptadas, os educadores demonstram compromisso com a diversidade e a equidade, criando um ambiente mais acolhedor e acessível para todos os estudantes.

## **2.3. Inteligência Artificial Generativa**

A Inteligência Artificial Generativa (IA Generativa) refere-se a uma abordagem que visa criar sistemas capazes de gerar automaticamente novos conteúdos, como texto, imagens, áudio ou vídeo, de forma semelhante à criatividade humana. Esses sistemas são frequentemente baseados em redes neurais artificiais, como os modelos de linguagem GPT (Generative Pre-trained Transformer), que aprendem a partir de grandes quantidades de dados para produzir saídas que se assemelham a exemplos do mundo real [Marchi et al. 2023]

Segundo [Carraro 2023], um dos principais desafios da IA Generativa é garantir que as saídas geradas sejam de alta qualidade e relevantes para a tarefa em questão. Isso envolve não apenas a capacidade de produzir conteúdo coerente e realista, mas também de entender e atender aos requisitos específicos do usuário. Por exemplo, em um sistema de geração de texto, é importante que as frases geradas sejam gramaticalmente corretas e tenham sentido, além de serem adequadas ao contexto em que são usadas.

Além disso, a IA Generativa também levanta questões éticas e sociais importantes, especialmente quando se trata de como esses sistemas são usados. Por exemplo, há preocupações sobre a possibilidade de que a IA Generativa seja usada para criar conteúdo enganoso ou prejudicial, como notícias falsas ou discurso de ódio [de Jesus and Segundo 2023]. Portanto, é fundamental desenvolver abordagens responsáveis e éticas para o desenvolvimento e uso da IA Generativa, garantindo que ela beneficie a sociedade como um todo [Ossa and Willatt 2023]

### 3. Arquitetura do *Mind Bridge*

De acordo com [Mokmin and Rassy 2024], o desenvolvimento de tecnologias voltadas para educação é fundamental para promover a inclusão de estudantes neurodivergentes. Assim como destacado no projeto proposto, a adaptação de materiais didáticos é essencial para garantir a participação efetiva desses estudantes no processo educacional.

A arquitetura proposta, *Mind Bridge*, foi construída com fundamentos nos princípios de inclusão educacional, fazendo uso dos mesmos para facilitar o aprendizado de alunos com necessidades especiais. A *Mind Bridge* possui um perfil de usuário, disponibilizada para o professor, possibilitando: (i) estruturar questões avaliativas aplicadas a estudantes com o intuito de avaliar o conhecimento dos mesmos; (ii) transcrever imagens em texto com o intuito de facilitar e auxiliar no processo de interpretação; e, por fim, (iii) reformular determinados tipos de textos e adaptá-los à especificidade de cada estudante.

A arquitetura do *Mind Bridge* (Figura 1) foi projetada, fundamentalmente, por três módulos: Módulo de Entrada<sup>1</sup> (perfil professor), Módulo Lógico<sup>2</sup> e Módulo Generativo. No Módulo de Entrada, ao realizar uma entrada, seja em formato de texto ou imagem, o professor inicia o processo de adaptação. Essa entrada é enviada por meio de requisições HTTP até o Módulo Lógico (Figura 1-A).

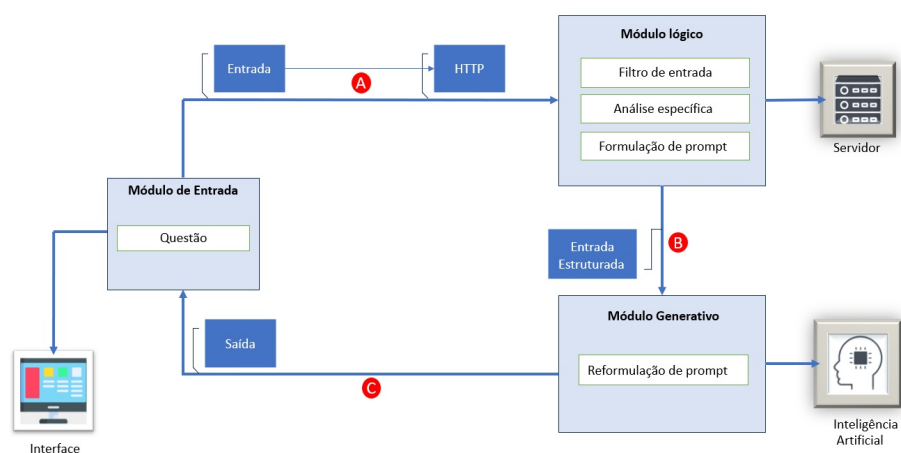


Figura 1. Arquitetura do *Mind Bridge*

No Módulo Lógico, a entrada é submetida a uma série de filtros para garantir sua integridade e identificar as adaptações necessárias para tornar a questão acessível ao aluno. O primeiro filtro, denominado filtro de entrada, utiliza recursos de IA para verificar se a entrada não é spam, classificando qualquer entrada que não esteja em forma de questão como spam. Em seguida, a entrada passa pelo filtro de análise específica, que identifica a necessidade específica através da entrada e avalia a necessidade especial do estudante. Por fim, a entrada é direcionada ao filtro de formulação de prompt, onde, com base nas características identificadas anteriormente, é selecionado um prompt padronizado. A estrutura do texto é ajustada conforme as adaptações previamente identificadas.

<sup>1</sup>HTML5, CSS e JavaScript

<sup>2</sup>Java e SpringBoot3

No Módulo Gerativo (Figura 1-B), a entrada recebida do Módulo Lógico é processada por um mecanismo de Inteligência Artificial, que a reformula com base nas características analisadas. A questão reformulada é enviada ao professor (Figura 1-C).

Esse processo garante que as questões sejam adaptadas de forma precisa e eficaz, atendendo às necessidades individuais dos estudantes com necessidades especiais.

#### 4. Estudo de caso

O estudo de caso empregou três questões de distintos contextos. Na primeira análise, uma questão tecnológica foi empregada, seguida por uma questão de ciências exatas no segundo caso, e finalmente uma questão de ciências humanas no terceiro caso. O objetivo principal foi analisar como a arquitetura se comporta na geração de questões em áreas diversas, verificando sua consistência e adequação ao contexto educacional.

##### 4.1. Análise de questão da área de tecnologia

A primeira questão selecionada para adaptação tratou-se de um exercício de programação que, em sua forma original, apresentava um texto técnico e denso. Após a integração no *Mind Bridge* e o subsequente processo de adaptação, o enunciado foi reformulado para torná-lo mais compreensível e atrativo para os alunos. O novo enunciado foi elaborado considerando uma linguagem mais próxima do cotidiano dos estudantes, facilitando a compreensão do problema apresentado.

***Questão Original:** Dada uma linguagem de programação que suporte funções de alta ordem e um conjunto de operadores matemáticos básicos, como adição, subtração, multiplicação e divisão, escreva uma função em que, dada uma expressão matemática na forma de uma string, calcule o resultado da expressão. A expressão pode conter parênteses para indicar a precedência das operações. A função deve ser capaz de lidar com expressões complexas e aninhadas, garantindo a correta avaliação de operações matemáticas.*

O enunciado adaptado propõe uma situação em que os alunos são desafiados a imaginar uma calculadora especial com capacidades avançadas para lidar com expressões matemáticas complexas. O texto foi simplificado, contextualizado e destacado os principais elementos, incentivando os alunos a se envolverem de forma mais ativa e criativa com o problema apresentado. A nova formulação busca uma linguagem mais cotidiana com as principais informações destacadas.

***Questão Adaptada:** Imagine que você tem uma **CALCULADORA** muito especial que consegue entender expressões matemáticas escritas em uma linha, como uma continha de matemática que você faria no papel. A calculadora entende operações básicas como somar, **SUBTRAIR**, **MULTIPLICAR E DIVIDIR**, além de conseguir **USAR PARÊNTESES** para indicar qual conta fazer primeiro, como em  $(2+3)*4$ . **SUA TAREFA** é escrever um jeito de fazer essa calculadora especial calcular o resultado de qualquer expressão matemática que você escrever. Isso significa que ela precisa conseguir lidar com contas complicadas, até mesmo se tiver várias operações dentro de parênteses.*

A adaptação da questão de tecnologia exemplifica a capacidade da arquitetura *Mind Bridge* em transformar questões técnicas em desafios mais familiares.

#### 4.2. Análise de questão da área de ciências humanas

A segunda questão selecionada para adaptação pertencia à área de ciências humanas e tratava de um conceito histórico-político complexo. Originalmente redigida em um estilo formal e acadêmico, a questão foi reformulada para tornar o texto mais claro e acessível aos alunos, mantendo a essência do conteúdo. O enunciado foi simplificado e contextualizado, visando facilitar a compreensão do conceito abordado e estimular o interesse dos estudantes pelo tema.

***Questão Original:** Explique, com base no material de estudo e em suas próprias reflexões, o conceito de democracia participativa. Aborde também as principais características desse modelo democrático e discuta sua relevância nos dias atuais, considerando os desafios e as possibilidades de sua efetivação na prática política.”*

A nova formulação do enunciado busca tornar o tema mais próximo da realidade dos alunos, incentivando-os a relacionar o conceito abstrato com situações do cotidiano, sendo assim, foi adaptada destacando os principais elementos e trazendo uma linguagem mais habitual.

***Questão Adaptada:** Imagine que você está organizando um evento na escola e precisa decidir como serão tomadas as principais decisões sobre a festa, como a escolha das atrações e a distribuição das tarefas. Nesse cenário, explique de maneira simples o que é **DEMOCRACIA PARTICIPATIVA**, ou seja, **COMO SERIA SE TODOS OS ALUNOS PODESSEM PARTICIPAR** ativamente das decisões importantes, e não apenas alguns. Por que isso é importante? Quais desafios você acha que enfrentariam para colocar esse modelo em prática na escola?”*

A adaptação da questão de ciências humanas exemplifica a capacidade da arquitetura *Mind Bridge* em transformar conceitos complexos em questões mais acessíveis e estimulantes para os estudantes.

#### 4.3. Análise de questão da área de ciências exatas

A terceira questão selecionada para adaptação era uma questão de física que envolvia cálculos complexos e uma linguagem técnica específica da área. O enunciado original foi reescrito de forma a simplificar a linguagem e indicar os principais elementos, tornando-o mais próximo da realidade dos alunos e facilitando a compreensão dos conceitos físicos envolvidos.

***Questão Original:** Um carro de massa 1000 kg está viajando a uma velocidade de 20 m/s em uma estrada horizontal. O motorista aciona os freios e o carro pára após percorrer 50 m. Supondo que a força de atrito entre os pneus e a estrada seja constante e igual a 4000 N, determine o tempo necessário para o carro parar completamente.”*

O enunciado adaptado apresenta o mesmo problema físico, porém, formulado de maneira mais simples e contextualizada, utilizando uma linguagem mais acessível aos alunos e indicando as principais informações da questão. A nova versão busca tornar o problema mais próximo da realidade dos estudantes e evidenciar os principais dados.

**Questão Adaptada:** *Imagine que você está em um CARRO EM MOVIMENTO e precisa PARAR o veículo rapidamente para evitar um obstáculo na estrada. Se o carro PESA 1000KG E ESTÁ INDO A 20M/S, e você sabe que a estrada tem uma força de atrito que empurra o carro para trás com uma FORÇA CONSTANTE DE 400N, quanto tempo levaria para o carro parar completamente depois de acionar os freios?"*

A adaptação da questão de ciências exatas ilustra a capacidade da arquitetura *Mind Bridge* em simplificar problemas matemáticos e torná-los próximos do mundo real.

## 5. Considerações Finais

O desenvolvimento da arquitetura *Mind Bridge* representa um avanço na área da educação inclusiva, ao oferecer uma solução para a adaptação de questões de avaliação para estudantes neurodivergentes. Através da integração da tecnologia na educação, a *Mind Bridge* contribui para a criação de um ambiente de aprendizagem mais inclusivo e acessível.

O estudo realizado evidenciou a relevância e a eficácia da arquitetura, mostrando sua capacidade de transformar questões em desafios mais familiares, conceitos complexos em questões acessíveis e estimulantes, e problemas matemáticos em situações do cotidiano. Espera-se que este trabalho inspire novas pesquisas e iniciativas na área da educação inclusiva, promovendo assim uma educação mais equitativa e inclusiva para todos.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio das agências de pesquisa e instituições CNPq, FAPEMIG e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSUL-DEMINAS pelo apoio concedido a este trabalho.

## Referências

- Bacich, L., Neto, A. T., and de Mello Trevisani, F. (2015). *Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação*. Penso editora.
- Bansal, S. (2018). Understanding teachers' perspective of inclusive education for children with special needs (cwsn). *Educational Quest-An International Journal of Education and Applied Social Sciences*, 9(1):115–123.
- Bregue, S. B. (2023). Avaliação da aprendizagem e a inclusão escolar de alunos com transtorno do espectro autista (tea): as percepções, a prática pedagógica e as barreiras encontradas pelos professores de ciências. Master's thesis, UFPEL.
- Carraro, F. (2023). *Inteligência Artificial e ChatGPT: Da revolução dos modelos de IA generativa à Engenharia de Prompt*. Casa do Código.
- Conceição, L. S. d. et al. (2022). Concepções de docentes sobre a inclusão de estudantes com necessidades educacionais especiais no df.
- de Jesus, A. F. and Segundo, J. E. S. (2023). Uso do chatgpt em revisões sistemáticas da literatura: preenchimento do protocolo de pesquisa. In *Anais do Workshop de Informação, Dados e Tecnologia-WIDaT*, volume 6.

- de Oliveira, I. C. F., Vasconcelos, F. H. L., and de Barros Filho, E. M. (2023). Tecnologias para o desenvolvimento de competências sob a perspectiva da educação inclusiva no Brasil: Uma revisão sistemática da literatura. *Revista Docentes*, 8(21):19–29.
- Fernandes, E. M. and Almeida, L. S. (2007). Estudantes com deficiência na universidade: Questões em torno da sua adaptação e sucesso acadêmico.
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., and Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education. *Sustainable Operations and Computers*, 3:275–285.
- Hawkrige, D. (2022). *New information technology in education*. Routledge.
- Jigyel, K., Miller, J. A., Mavropoulou, S., and Berman, J. (2020). Benefits and concerns: parents' perceptions of inclusive schooling for children with special educational needs (sen) in bhutan. *International Journal of Inclusive Education*, 24(10):1064–1080.
- Josef, S., Michaela, P., Ewa, B., et al. (2020). The competences of young teachers in education of pupils with special educational needs. , 22(10):139–160.
- Lindqvist, G. and Nilholm, C. (2013). Making schools inclusive? educational leaders' views on how to work with children in need of special support. *International Journal of Inclusive Education*, 17(1):95–110.
- Marchi, C. F. et al. (2023). O cérebro eletrônico que me dá socorro: os impactos da inteligência artificial generativa e os usos do chatgpt na educação.
- Mokmin, N. A. M. and Rassy, R. P. (2024). Review of the trends in the use of augmented reality technology for students with disabilities when learning physical education. *Education and Information Technologies*, 29(2):1251–1277.
- Nickerson, R. S. and Zodhiates, P. P. (2013). *Technology in education: Looking toward 2020*. Routledge.
- Ossa, C. and Willatt, C. (2023). Uso de inteligência artificial generativa para retroalimentar escritura académica en procesos de formación inicial docente. *European Journal of Education and Psychology*, 16(2):1–16.
- Peixoto, J. and Araújo, C. H. d. S. (2012). Tecnologia e educação: algumas considerações sobre o discurso pedagógico contemporâneo. *Educação & Sociedade*, 33:253–268.
- Pellicano, E. and Stears, M. (2011). Bridging autism, science and society: Moving toward an ethically informed approach to autism research. *Autism research*, 4(4):271–282.
- Ratheeswari, K. (2018). Information communication technology in education. *Journal of Applied and Advanced research*, 3(1):45–47.
- Strasser, V. B. (2023). Teatro e neurodiversidade: análise de metodologias de ensino/criação com pessoas neurodivergentes.
- Veletsianos, G. (2010). A definition of emerging technologies for education. *Emerging technologies in distance education*, 56(3):3–22.
- Vitello, S. J. and Mithaug, D. E. (2013). *Inclusive schooling: National and international perspectives*. Routledge.
- Winter, E. and O'Raw, P. (2010). Literature review of the principles and practices relating to inclusive education for children with special educational needs. *National Council for Special Education. Trim, Northern Ireland*.