Revista Anhanguera
ISSN 1519-423X

# ADAPTED – GO: ASSISTENTE ROBÓTICO – IA ADAPTATIVO PARA APRENDIZAGEM INCLUSIVA DE ESTUDANTES COM TDAH E TEA

Kaio Gabriel Nunes Martins[1]
Jefferson Lorençoni de Morais[2]
Leudivânia de Sousa Silva [3]

**RESUMO:** O projeto Adapted GO apresenta uma plataforma web integrada a um assistente Robótico-IA desenvolvida para apoiar estudantes com Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), Transtorno do Espectro Autista (TEA) e outras necessidades educacionais específicas. A solução combina aprendizagem adaptativa, reconhecimento consensual de atenção e humor via câmera, robótica educacional e princípios de IA Explicável (XAI), permitindo personalização contínua do conteúdo pedagógico. O estudo descreve a arquitetura do sistema, o algoritmo de adaptação, os mecanismos de personalização, as métricas de avaliação (OKR) e o plano de execução estruturado em 5W3H. Fundamentado em evidências recentes sobre educação inclusiva, tecnologias assistivas e governança de dados, o projeto propõe um piloto em escolas públicas de Goiás, com posterior escalonamento nacional. Espera-se ampliar o engajamento, melhorar o desempenho acadêmico em habilidades-alvo e favorecer a autorregulação dos estudantes. O artigo também discute riscos éticos e de privacidade, especialmente no reconhecimento afetivo, propondo medidas mitigatórias alinhadas à Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). O Adapted GO busca democratizar o acesso a intervenções personalizadas e escaláveis, fortalecendo práticas inclusivas na educação pública.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inteligência Artificial; Robótica Educacional; Aprendizagem Adaptativa; Inclusão Escolar; LGPD.

# ADAPTED – GO: ROBOTIC ASSISTANT – ADAPTIVE AI FOR INCLUSIVE LEARNING FOR STUDENTS WITH ADHD AND ASD

**ABSTRACT:** The Adapted GO project introduces a web-based platform integrated with a Robotic-AI assistant designed to support students with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD), Autism Spectrum Disorder (ASD), and other specific educational needs. The solution combines adaptive learning, consensual attention and mood estimation through a camera, educational robotics, and Explainable AI (XAI) principles to deliver continuous personalization of instructional content. This study presents the

[1] Discente do 2° ano do ensino médio do Colégio Estadual Nazir Safatle – CENS. E-mail: kayogabri1005@gmail.com; Lattes: http://lattes.cnpq.br/1078334569669223; Orcid: https://orcid.org/0009-0002-0783-6348
[2] Doutor em Física Quântica Pura e Avançada pela UFG. Mestre em Engenharia Mecânica pela UFU-MG. Especialistas em Engenharias Elétrica, Automação, IA e Machine Learning, Energias Renovável e Gestão de Projetos pela Anhanguera. Lattes: lattes.cnpq.br/9489300453845705; Orcid: https://orcid.org/0000-0001-9088-5399; E-mail: jefferson.morais@unigoias.com.br
[3] Docente da Secretaria Estadual de Educação do Estado de Goiás – SEDUC-GO. Mestra em Educação pela Universidade Must. Lattes: http://lattes.cnpq.br/4548432893338817; Orcid: https://orcid.org/0009-0002-8671-126X; E-mail: vaninha_psicologia@hotmail.com

system architecture, adaptive algorithm, personalization mechanisms, evaluation metrics (OKRs), and an implementation strategy structured through the 5W3H framework. Grounded in recent evidence on inclusive education, assistive technologies, and data governance, the project proposes a pilot deployment in public schools in Goiás, followed by national-scale expansion. Expected outcomes include increased engagement, improved academic performance in target skills, and enhanced student self-regulation. The article also discusses ethical and privacy risks—particularly in affective recognition—and outlines mitigation measures aligned with Brazil's General Data Protection Law (LGPD). Adapted GO aims to democratize access to scalable and personalized interventions, strengthening inclusive practices across public education system.

**KEYWORDS:** Artificial Intelligence. Educational Robotics. Adaptive Learning; School Inclusion. Data Protection Law

## INTRODUÇÃO

A crescente diversidade de perfis presentes nas salas de aula brasileiras evidencia a necessidade de abordagens educacionais flexíveis e personalizadas, especialmente para estudantes com Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e Transtorno do Espectro Autista (TEA). Essas condições afetam processos centrais da aprendizagem — como atenção sustentada, autorregulação e interação social — e estão diretamente associadas ao baixo desempenho acadêmico quando não há suporte pedagógico adequado (Barkley, 2015). No Brasil, a prevalência significativa de TDAH, somada às estimativas internacionais que indicam que o TEA afeta aproximadamente 1 em cada 100 crianças, reforça a urgência de soluções que superem as limitações do modelo tradicional de ensino, frequentemente incapaz de atender demandas individuais em larga escala (Almeida & Souza, 2024).

Apesar dos avanços na inclusão educacional, grande parte das escolas públicas ainda carece de ferramentas tecnológicas capazes de personalizar o ensino e oferecer intervenções contínuas e ajustáveis. Essa lacuna agrava desigualdades históricas e compromete o desenvolvimento de estudantes com Necessidades Educacionais Específicas (NEE). A literatura demonstra que tecnologias como aprendizagem adaptativa e robótica educacional são eficazes para ampliar o engajamento, modular a carga cognitiva, reduzir barreiras sensoriais e promover maior autonomia, especialmente em populações vulneráveis (Perez et al., 2020; Álvarez-Godos, 2023).

Diante desse cenário, surge a justificativa para o desenvolvimento do **Adapted GO**, um assistente Robótico-IA gratuito e acessível, criado para apoiar estudantes com TDAH, TEA e outras NEE na rede pública. A proposta busca responder à questão-problema central deste estudo: Em que medida um assistente educacional Robótico-IA adaptativo pode aumentar o engajamento e melhorar o desempenho acadêmico de estudantes com TDAH e TEA, assegurando conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e mitigando riscos éticos associados ao uso de tecnologias de IA?

O objetivo geral do projeto é desenvolver, validar e implementar um sistema baseado em Inteligência Artificial capaz de adaptar conteúdo, ritmo e estratégias pedagógicas em tempo real, fornecendo intervenções personalizadas que promovam acessibilidade e equidade na aprendizagem. Entre os objetivos específicos destacam-se: (a) projetar uma arquitetura modular e escalável integrando plataforma Web/Cloud, motor de IA, módulo robótico e mecanismos avançados de personalização; (b) implementar algoritmos de aprendizagem adaptativa e recursos de IA Explicável (XAI) para assegurar transparência e confiança; (c) garantir práticas rigorosas de proteção de dados e ética conforme a LGPD; (d) validar o sistema por meio de um programa piloto em escolas públicas de Goiás, possibilitando posterior escalonamento nacional.

A relevância científica do Adapted GO reside na integração inédita entre robótica social, aprendizagem adaptativa e reconhecimento afetivo com governança ética, compondo um ecossistema tecnológico capaz de oferecer suporte pedagógico individualizado em larga escala. Assim, este estudo contribui tanto para o avanço da educação inclusiva quanto para o desenvolvimento de políticas públicas inovadoras baseadas em IA responsável.

## CARACTERÍSTICAS EDUCACIONAIS DO TDAH E DO TEA

O Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) caracteriza-se por padrões persistentes de desatenção, impulsividade e/ou hiperatividade que impactam diretamente a aprendizagem, sobretudo em tarefas que exigem foco prolongado, organização e autorregulação (Patil, 2022). Em ambientes escolares tradicionais, onde prevalecem ritmos rígidos e múltiplos estímulos, estudantes com TDAH tendem a

apresentar menor desempenho acadêmico, maior frustração e dificuldades na execução de atividades contínuas. A literatura reforça que intervenções estruturadas, com controle da carga cognitiva e feedbacks rápidos, são essenciais para melhorar o engajamento e reduzir comportamentos fora de tarefa (Barkley, 2015; Zhou & Shi, 2023).

O Transtorno do Espectro Autista (TEA), por sua vez, envolve desafios persistentes na comunicação social, flexibilização cognitiva e sensibilidade sensorial, além de padrões restritos e repetitivos de comportamento (Santos, 2022). A heterogeneidade do espectro exige abordagens altamente personalizadas, que ajustem o tipo de estímulo, o nível de abstração e a previsibilidade das tarefas. Estudos demonstram que ambientes estruturados, ritmo previsível e suporte visual favorecem significativamente o engajamento e a compreensão de alunos com TEA (Lee et al., 2021). Tanto no TDAH quanto no TEA, as limitações observadas evidenciam que o ensino homogêneo não atende às necessidades desses estudantes. Demandam-se ferramentas capazes de ajustar ritmo, dificuldade, feedback e modalidade de apresentação em tempo real — elemento central das tecnologias adaptativas. Assim, a adoção de soluções baseadas em Inteligência Artificial (IA) torna-se estratégica para promover equidade educacional, ampliando a capacidade das escolas de ofertar intervenções individualizadas (Almeida & Souza, 2024).

## APRENDIZAGEM ADAPTATIVA E EFICÁCIA

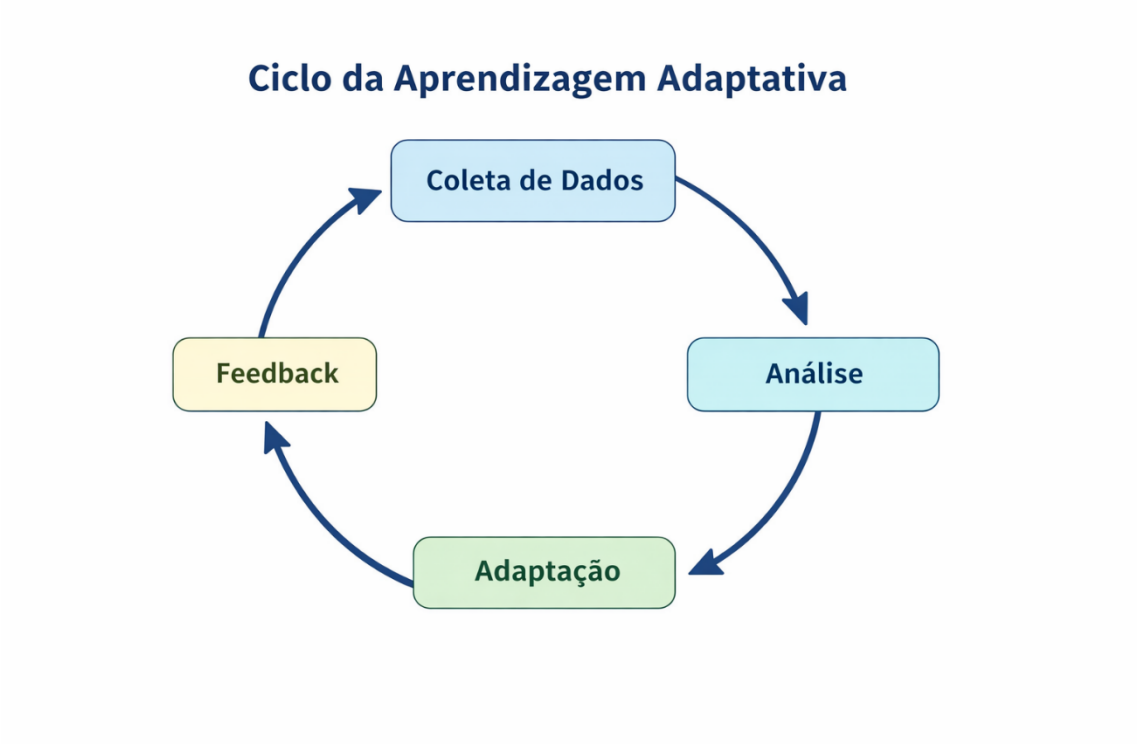
A aprendizagem adaptativa, impulsionada por algoritmos de Inteligência Artificial, constitui uma das abordagens mais eficazes para personalização pedagógica em larga escala. Sistematizações recentes, como meta-análises e revisões sistemáticas, mostram ganhos consistentes no desempenho acadêmico de estudantes expostos a sistemas adaptativos, especialmente em áreas como leitura, matemática e resolução de problemas (Munshi, 2022).

A eficácia desses sistemas decorre de três mecanismos centrais:

1. **Avaliação contínua**, que monitora o estado de conhecimento do aluno, permitindo ajustes instantâneos na trajetória de aprendizagem (Abdi, 2019).

2. **Scaffolding adaptativo**, ajustando suportes pedagógicos conforme a "zona de desenvolvimento proximal", prevenindo tédio ou sobrecarga cognitiva.
3. **Feedback imediato e personalizado**, essencial para desenvolver metacognição e autorregulação (Zhou & Shi, 2023).

**Figura 2.2** - Ciclo de funcionamento da aprendizagem adaptativa no Adapted GO.




Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Esses elementos são particularmente importantes para estudantes com TDAH e TEA, que se beneficiam de intervenções ajustáveis ao tempo de resposta, ao nível de estímulos e à necessidade de previsibilidade. Para essa população, estudos reportam ganhos mais expressivos em engajamento, permanência na tarefa e compreensão de conceitos quando comparados ao ensino tradicional (Perez et al., 2020).

Como reforça Sousa Silva (2025), inovação educacional não depende apenas da adoção de tecnologias, mas da intencionalidade pedagógica e da construção de práticas contextualizadas. Assim, sistemas adaptativos tornam-se ferramentas estratégicas quando integrados a propostas pedagógicas inclusivas, com foco na personalização e no acompanhamento contínuo do estudante.

## ROBÓTICA E INTERFACES SOCIAIS NA EDUCAÇÃO ESPECIAL

A robótica social tem se destacado como uma ferramenta promissora no apoio a estudantes com TEA e, em menor escala, com TDAH. Robôs sociais, como o NAO e similares, oferecem interações previsíveis, repetitivas e de baixa complexidade emocional — características que favorecem a compreensão e reduzem a sobrecarga sensorial para estudantes autistas (Santos, 2022). Além disso, funcionam como mediadores pedagógicos que estimulam habilidades socioemocionais, comunicação e engajamento (Al-Zoubi, 2021).

Pesquisas demonstram que o uso de robôs em ambientes educacionais aumenta a motivação, promove foco e facilita a adesão às atividades, sobretudo em intervenções estruturadas (França, 2025). Ainda que os ganhos em comunicação avançada variem, há consenso sobre o papel dos robôs como elementos facilitadores do processo de aprendizagem.

A integração entre robótica social e sistemas de IA adaptativa, como propõe o Adapted GO, representa um avanço significativo na educação especial. Enquanto o robô atua como interface física motivadora, a IA personaliza o conteúdo, ajusta o nível de dificuldade e fornece trajetórias individualizadas. Essa sinergia combina suporte socioemocional com adaptação pedagógica contínua, considerado o estado da arte em tecnologia assistiva para NEE (Broadbent et al., 2017; Silva, 2022).

Sousa Silva (2025) reforça que práticas inovadoras só ganham solidez quando articuladas com políticas públicas de longo prazo, cenário no qual o Adapted GO se insere ao propor um modelo escalável e replicável para redes estaduais.

## PRIVACIDADE, ÉTICA E RECONHECIMENTO AFETIVO

O uso de câmeras para estimativa de atenção e humor no contexto educacional demanda cautela, devido aos riscos éticos e legais associados ao tratamento de dados sensíveis. Tecnologias de reconhecimento afetivo podem apresentar vieses quando treinadas em bases de dados não representativas, levando a interpretações equivocadas de expressões, especialmente em estudantes com TEA, que apresentam padrões atípicos de comunicação não verbal (Rehman, 2025).

A Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) estabelece diretrizes rigorosas para o tratamento de dados de crianças e adolescentes, incluindo consentimento explícito, minimização de coleta e anonimização. Assim, o uso desse tipo de tecnologia deve seguir o princípio da privacidade desde a concepção (*privacy by design*), priorizando processamento local de imagens e evitando armazenamento desnecessário de dados biométricos (Serviços e Informações do Brasil, 2021).

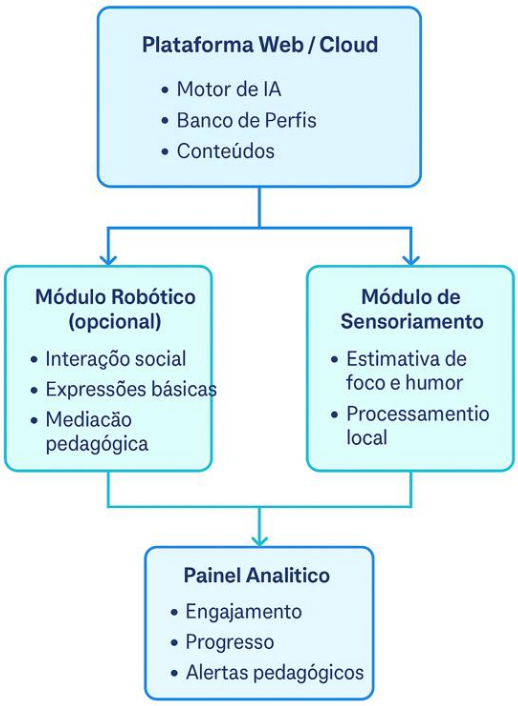
Crawford e Joler (2018) destacam que o reconhecimento afetivo não deve ser interpretado como diagnóstico, mas como uma métrica complementar de engajamento. Para mitigar riscos, recomenda-se auditoria humana contínua, documentação transparente dos modelos e mecanismos de revisão ética, garantindo justiça algorítmica e segurança dos estudantes.

## METODOLOGIA - DESENHO DO PROJETO

### Arquitetura do sistema (overview)

O Adapted GO foi concebido como uma solução modular, escalável e multimodal, integrando componentes de Inteligência Artificial, robótica social e análise pedagógica. A arquitetura geral é composta pelos seguintes módulos:

**Figura 3.1 -** Arquitetura geral do sistema Adapted GO.




Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

**a) Plataforma Web/Cloud:** Gerencia o motor de IA adaptativa, o banco de perfis, o repositório de atividades educacionais e o painel analítico. É responsável pela personalização em tempo real e pelo registro de métricas de engajamento e desempenho.

**b) Módulo Robótico (opcional):** Robô social equipado com fala, expressões básicas e touchscreen, atuando como interface física motivadora. Funciona como mediador pedagógico em sala de aula, potencializando engajamento e reduzindo sobrecarga sensorial.

**c) Módulo de Sensoriamento (opcional e consensual):** Utiliza câmera para estimar atenção e variações emocionais, com processamento preferencialmente local. Nenhum dado biométrico é armazenado sem consentimento específico, conforme diretrizes da LGPD.

**d) Módulo de Conteúdo Adaptativo:** Conjunto de micro tarefas, jogos educacionais e exercícios multimodais com escalonamento automático de dificuldade. O algoritmo ajusta a tarefa conforme o comportamento, erros, tempo de resposta e variações de foco.

**e) Painel Analítico:** Oferece visualização em tempo real de engajamento, progresso, dificuldades, tempo "on-task" e alertas pedagógicos. Fornece informações para tomada de decisão de professores e equipe técnica.

**PARTICIPANTES DO PILOTO (PROPOSTA)**

O piloto será realizado com **200 estudantes** do Ensino Fundamental II (6º ao 9º ano) e Ensino Médio, distribuídos em **10 escolas públicas de Goiás**. Serão priorizados alunos:

- com diagnóstico formal de TDAH e/ou TEA,
- com dificuldades persistentes de atenção,
- ou com indicação pedagógica de acompanhamento por NEE.

O processo seguirá critérios éticos e metodológicos de inclusão e exclusão, visando representatividade e segurança. Pais ou responsáveis assinarão Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), e os estudantes fornecerão assentimento, conforme regulamentação nacional e diretrizes da Secretaria de Educação de Goiás (Portal Goiás, 2023).

**PROCEDIMENTOS DE INTERVENÇÃO**

A intervenção ocorrerá ao longo de **12 semanas**, totalizando três sessões semanais de **25 a 40 minutos** cada. A IA adaptará conteúdo, ritmo e dificuldade das atividades em tempo real, enquanto o professor atuará como mediador, garantindo a contextualização pedagógica.

Quando disponível, o Módulo Robótico será utilizado como interface social complementar, reforçando a motivação e auxiliando a orientação da tarefa.

A intervenção seguirá três etapas:

1. **Avaliação diagnóstica inicial:** Instrumentos padronizados medirão atenção, autorregulação e habilidades acadêmicas-alvo.
2. **Intervenção guiada pela IA:** A plataforma ajustará continuamente os estímulos e o scaffolding pedagógico com base nas respostas e comportamento do aluno.
3. **Avaliação pós-intervenção:** Repetição das mesmas escalas e testes aplicados no pré-teste, complementada por métricas internas do sistema.

**Figura 3.2 -** Fluxo metodológico da intervenção educacional do Adapted GO.




Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

**Plano 5W3H (detalhado)**

| Elemento | Pergunta | Resposta |
|---|---|---|
| **What** | O que será feito? | Desenvolvimento, validação e implementação do assistente Robótico-IA; realização de piloto em 10 escolas. |
| **Why** | Por quê? | Reduzir lacunas educacionais, aumentar engajamento e melhorar desempenho de estudantes com TDAH/TEA. |
| **Who** | Quem fará? | Equipe multidisciplinar: especialistas em IA, desenvolvedores, pedagogos, psicólogos, professores e Secretaria de Educação. |
| **Where** | Onde? | Escolas públicas de Goiás e ambiente universitário de desenvolvimento. |
| **When** | Quando? | 12 meses (6 meses desenvolvimento; 3 meses piloto; 3 meses avaliação). |
| **How** | Como? | IA adaptativa, gamificação, robótica social, análise contínua de dados, consentimento informado. |
| **How much** | Quanto custará? | Aproximadamente R$ 750.000, incluindo robôs, desenvolvimento e formação docente. |
| **How to measure** | Como medir? | Engajamento, desempenho acadêmico, autorregulação, aceitação de pais e professores e métricas internas do sistema. |

**Proteção de dados e ética**

O projeto segue rigorosamente a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e normas nacionais para pesquisa com menores. As principais diretrizes são:

- **Consentimento informado obrigatório** para coleta e tratamento de dados.
- **Processamento local** e não armazenamento de dados biométricos, sempre que possível.
- **Minimização de dados** e anonimização para fins de pesquisa.
- **Auditoria humana** dos modelos de reconhecimento afetivo para evitar vieses.
- **Direito de retirada** garantido aos participantes e seus responsáveis.

A IA será utilizada apenas como suporte pedagógico; decisões educacionais continuarão sob responsabilidade de professores e especialistas.

## RESULTADOS ESPERADOS E MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO

### Resultados Primários (Hipóteses Centrais)

O projeto Adapted GO espera alcançar melhorias significativas nos indicadores de engajamento, desempenho acadêmico e autorregulação dos estudantes com TDAH, TEA e outras necessidades educacionais específicas. As hipóteses primárias são:

1. **Aumento mínimo de 15% nas métricas de engajamento**
   Com base no tempo "on-task", análise de foco e participação ativa nas atividades propostas pela IA (KR2).
2. **Melhora média de pelo menos 10% no desempenho acadêmico**
   Especificamente em habilidades-alvo como leitura ou matemática, comparando pré e pós-intervenção após 12 semanas (KR3).
3. **Avanço na autorregulação e atenção sustentada**
   Avaliado por meio de escalas respondidas por professores, autoavaliações dos estudantes e observações padronizadas.

Essas metas são coerentes com resultados encontrados em pesquisas sobre aprendizagem adaptativa e robótica educacional para populações neurodivergentes.

### Resultados Secundários

Além dos ganhos primários, o estudo prevê benefícios complementares:

- **Redução de comportamentos "off-task"**, como distrações frequentes e interrupções na tarefa.
- **Aceitação positiva (≥ 80%) de pais, professores e estudantes**
  Em termos de usabilidade, clareza, impacto pedagógico e percepção de segurança.
- **Maior autonomia no processo de aprendizagem**, refletida em menor necessidade de intervenção direta do professor durante as sessões.

### Estratégia de Avaliação dos Resultados

A mensuração dos resultados será conduzida por meio de um modelo híbrido, combinando avaliações quantitativas, qualitativas e métricas coletadas pela própria plataforma.

**a) Engajamento e Atenção**

Avaliado a partir de:

- **Índice composto de engajamento**, calculado pela razão entre o tempo efetivamente dedicado à tarefa ("on-task") e o tempo total da sessão;
- **Variabilidade de foco**, quando o módulo de sensoriamento estiver ativo;
- **Observações padronizadas**, aplicadas por avaliadores cegos à condição do estudante.

**b) Desempenho Acadêmico**

Aferido por meio de:

- Testes padronizados aplicados antes e após a intervenção;
- Trajetórias individuais de progresso fornecidas pela IA;
- Indicadores como acertos, tempo de resposta e repetição de tarefas.

**c) Satisfação e Aceitação**

Coletada via:

- Questionários Likert aplicados a pais, professores e estudantes;
- Relatos qualitativos sobre percepção de impacto, facilidade de uso e adequação pedagógica.

**d) Análises Estatísticas**

Os dados serão submetidos a:

- Teste t pareado para comparar pré e pós-intervenção;
- Modelos mistos (mixed models) para análise longitudinal;
- Estratégia de intenção de tratar (ITT), garantindo validade mesmo em caso de evasão parcial.

**Triangulação com a Literatura**

Os objetivos e métricas adotados estão alinhados com:

- estudos de eficácia em aprendizagem adaptativa (Munshi, 2022; Abdi, 2019),
- pesquisas sobre engajamento e robótica social no TEA (Santos, 2022; França, 2025),
- e evidências sobre melhoria de atenção sustentada por meio de intervenções tecnológicas (Zhou & Shi, 2023; Lee et al., 2021).

Essa triangulação reforça a consistência metodológica e aumenta a robustez interpretativa dos resultados esperados.

## DISCUSSÃO

### Potencial de impacto

O Adapted GO apresenta elevado potencial de transformar a educação inclusiva ao oferecer um sistema capaz de personalizar o ensino em tempo real para estudantes com TDAH, TEA e outras necessidades educacionais específicas. A capacidade da IA adaptativa de ajustar o nível de dificuldade, a modalidade da tarefa e o tipo de feedback

permite atender perfis heterogêneos, algo inviável de ser realizado manualmente por professores em salas numerosas (Munshi, 2022).

Ao reduzir a sobrecarga cognitiva, aumentar a previsibilidade e modular estímulos, o sistema contribui diretamente para maior engajamento e melhor desempenho em habilidades acadêmicas-alvo. Alunos com TEA, por exemplo, podem beneficiar-se da previsibilidade do robô social, o qual atua como mediador seguro e motivador, ampliando a adesão à atividade e diminuindo distrações (Santos, 2022; Lee et al., 2021).

Além disso, o Adapted GO otimiza o papel docente, permitindo que o professor concentre seus esforços na mediação pedagógica, no acompanhamento emocional e na tomada de decisões mais informadas. O uso de painéis analíticos facilita a identificação de dificuldades específicas e a intervenção precoce, tornando o processo educativo mais eficiente e equitativo (Gomes & Oliveira, 2020).

Em escala, o projeto pode contribuir para políticas públicas de inclusão ao oferecer uma solução tecnológica gratuita, replicável e alinhada aos princípios éticos da LGPD. Dessa forma, o Adapted GO tem potencial para reduzir lacunas educacionais estruturais e fortalecer práticas inclusivas na rede pública de ensino.

**Limitações e Riscos**

Apesar do forte potencial, algumas limitações precisam ser reconhecidas. A primeira diz respeito aos **vieses do reconhecimento afetivo**, uma vez que expressões faciais e padrões de atenção podem variar significativamente entre indivíduos, sobretudo em estudantes com TEA. Falhas de interpretação podem gerar adaptações pedagógicas inadequadas, exigindo constante auditoria humana e aprimoramento dos modelos (Crawford & Joler, 2018; Rehman, 2025).

Outra limitação envolve a **heterogeneidade clínica** dentro do TDAH e do TEA. Perfis diferentes podem responder de formas distintas aos mesmos estímulos, exigindo que o algoritmo seja altamente sensível e flexível. Assim, os resultados podem variar conforme o nível de suporte adicional oferecido pelos professores e pelas famílias.

A **privacidade dos dados** se destaca como risco central, especialmente quando envolve imagens ou sinais biométricos. Mesmo com processamento local e

anonimização, é necessário garantir mecanismos rigorosos de segurança, consentimento e transparência (Machado & Dourado, 2022).

Por fim, a sustentabilidade da solução depende de investimento contínuo em infraestrutura, manutenção dos robôs, treinamento docente e atualizações dos modelos de IA, o que requer parcerias estáveis com órgãos públicos e instituições de pesquisa.

**Recomendações Práticas**

Para potencializar a eficácia e a aceitação do Adapted GO, recomenda-se:

1. **Co-design participativo** com professores, estudantes e famílias desde as fases iniciais, garantindo que a ferramenta seja intuitiva, pedagógica e culturalmente adequada (França, 2025).
2. **Capacitação docente contínua**, assegurando que os professores compreendam a lógica da IA adaptativa e saibam interpretar o painel analítico para orientar intervenções pedagógicas.
3. **Transparência algorítmica**, permitindo que usuários entendam os critérios que levam a ajustes de dificuldade e feedback, alinhando-se às diretrizes de IA Explicável (Holton et al., 2021).
4. **Auditorias independentes** dos modelos de reconhecimento afetivo, reduzindo riscos de viés e promovendo justiça algorítmica.
5. **Estudos longitudinais**, avaliando impactos de médio e longo prazo no desempenho acadêmico, na autorregulação e no bem-estar dos estudantes.
6. **Expansão incremental**, iniciando por pilotos menores, ajustando a ferramenta e só então ampliando a implementação para toda a rede pública.

**PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO E ESCALONAMENTO (ROADMAP)**

O Plano de Implementação do Adapted GO foi estruturado para permitir desenvolvimento seguro, validação científica robusta e escalabilidade progressiva dentro das redes públicas de ensino. O roadmap contempla quatro fases principais, cada uma com objetivos, entregas e requisitos específicos.

**Fase 0 — Planejamento e Desenvolvimento (0 a 6 meses)**

Esta fase concentra-se na preparação técnica, ética e operacional do projeto.

Objetivos principais:

- Formação da equipe multidisciplinar (engenheiros de IA, pedagogos, psicólogos, desenvolvedores e especialistas em robótica).
- Definição da arquitetura final do sistema e dos módulos integrados.

- Desenvolvimento do protótipo funcional da plataforma web, motor de IA adaptativa e módulo robótico.
- Estabelecimento de parcerias com universidades, centros de pesquisa e Secretaria de Educação.
- Elaboração e submissão do protocolo de ética em pesquisa com seres humanos.

Entregáveis:

- Protótipo de baixa e média fidelidade.
- Versão preliminar das atividades adaptativas.
- Documentação técnica e pedagógica inicial.

**Fase 1 — Programa Piloto (6 a 12 meses)**

Implementação experimental em campo para validação do sistema.

Objetivos principais:

- Implantação do Adapted GO em 10 escolas públicas de Goiás.
- Treinamento inicial dos professores e coordenadores pedagógicos.
- Execução das sessões com estudantes durante 12 semanas.
- Coleta de dados quantitativos e qualitativos (engajamento, desempenho, aceitação).

Entregáveis:

- Relatórios semanais de uso e engajamento.
- Feedback estruturado de professores e estudantes.
- Banco de dados anonimizado para análise de eficácia.

Importante: A fase piloto permite ajustes finos nos algoritmos, nos níveis de dificuldade, na interação robótica e na experiência do usuário.

**Fase 2 — Avaliação e Ajustes (12 a 15 meses)**

Após a conclusão do piloto, inicia-se a análise dos resultados e o refinamento da solução.

Objetivos principais:

- Analisar o impacto da intervenção com base nas métricas definidas (OKRs).
- Identificar pontos fortes, limitações e oportunidades de melhoria.
- Atualizar algoritmos, interfaces e processos pedagógicos com base no feedback do piloto.
- Estabelecer diretrizes finais para escalonamento.

Entregáveis:

- Relatório técnico-científico com análise estatística dos resultados.
- Versão aprimorada da plataforma e da interação robótica.
- Recomendação formal para expansão.

**Fase 3 — Escalonamento Estadual (Ano 2)**

Expansão planejada para ampliação do impacto na rede pública de Goiás.

Objetivos principais:

- Introduzir o sistema em até 20% das escolas estaduais, priorizando instituições com maior demanda por educação inclusiva.
- Realizar formação continuada de professores, com módulos presenciais e online.
- Monitorar implementação em larga escala por meio de painéis analíticos regionais.
- Ajustar fluxo de suporte técnico e pedagógico para redes maiores.

Entregáveis:

- Relatórios trimestrais de desempenho por município.
- Dados para subsidiar políticas públicas de inclusão digital e educacional.

**Fase 4 — Expansão Nacional (Ano 3 e seguintes)**

Consolidação do Adapted GO como referência nacional em inclusão mediada por IA.

Objetivos principais:

- Implantação piloto em outros estados, em parceria com Secretarias de Educação.
- Integração com políticas públicas federais de inclusão e inovação educacional.
- Criação de um modelo sustentável de financiamento, suporte e atualização tecnológica.

Entregáveis:

- Versão nacional da plataforma e guia de implementação.
- Relatórios para órgãos reguladores e de fomento.
- Publicações científicas e técnicas sobre os resultados obtidos.

**Figura 6.5** – Roadmap.




Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

**CONSIDERAÇÕES ÉTICAS, LEGAIS E DE GOVERNANÇA**

A implementação do Adapted GO envolve o tratamento de dados sensíveis de crianças e adolescentes, o uso de tecnologias de reconhecimento afetivo e a integração de Inteligência Artificial em contextos educacionais. Por essa razão, a condução ética e a governança responsável constituem pilares fundamentais do projeto.

**Consentimento, Assentimento e Direito de Retirada**

Antes da participação no programa piloto:

- Pais ou responsáveis deverão assinar o **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)**;
- Estudantes deverão fornecer **assentimento**, respeitando sua compreensão e autonomia;
- Será garantido o **direito de retirada a qualquer momento**, sem prejuízo pedagógico para o estudante.

Essa política assegura transparência e respeito à vontade dos participantes, conforme preconizado pelo Conselho Nacional de Saúde e pelas diretrizes do Portal Goiás (2023).

**Proteção de Dados e Conformidade com a LGPD**

A Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) rege todo o processamento de dados no Adapted GO. Para garantir a privacidade dos estudantes, o projeto adota:

- **Minimização de dados**, coletando apenas o estritamente necessário para fins pedagógicos;
- **Anonimização** de informações utilizadas para análises científicas;
- **Processamento preferencialmente local** (no dispositivo) quando câmeras forem utilizadas;
- **Proibição de armazenamento permanente** de dados biométricos sem consentimento adicional e específico;
- **Controle de acesso rigoroso**, garantindo que apenas profissionais autorizados acessem dados sensíveis;
- **Política de retenção limitada**, excluindo dados após o término da pesquisa ou conforme solicitação da família.

Tais diretrizes asseguram que a tecnologia opere em consonância com princípios de privacidade desde a concepção (*privacy by design*), mitigando riscos legais e éticos.

**Governança da Inteligência Artificial**

Para garantir o uso responsável da IA adaptativa, o projeto incorpora práticas de governança técnica e pedagógica:

- Transparência algorítmica, por meio da adoção de princípios de Inteligência Artificial Explicável (XAI), permitindo que educadores compreendam como e por que adaptações ocorrem;
- Monitoramento humano contínuo, assegurando que professores e especialistas pedagógicos mantenham o controle sobre a tomada de decisões educacionais;

- Auditorias independentes para avaliar inconsistências, vieses ou falhas nos modelos de IA;
- Documentação completa dos modelos, processos de treinamento e critérios de decisão.

Essas medidas fortalecem a confiança da comunidade escolar e promovem o uso ético da IA na educação.

**Riscos Éticos e Mitigação**

O uso de reconhecimento de atenção ou humor apresenta riscos, especialmente porque expressões faciais podem variar significativamente entre estudantes, sobretudo aqueles com TEA. Para mitigar esses riscos, o projeto prevê:

- Calibração contínua dos modelos de reconhecimento afetivo;
- Treinamento com bases de dados diversas, reduzindo vieses relacionados a gênero, idade, etnia ou neurodivergências;
- Uso exclusivo para fins pedagógicos, nunca diagnósticos ou punitivos;
- Interpretação sempre contextualizada e supervisionada por professores ou especialistas;
- Ferramentas opcionais, ativadas somente mediante consentimento específico.

**Responsabilidade Pedagógica e Limitações da IA**

O Adapted GO não substitui o professor, mas sim amplia sua capacidade de oferecer intervenções individualizadas. Todas as decisões pedagógicas — como intervenções específicas, encaminhamentos ou avaliações subjetivas — permanecem sob responsabilidade de profissionais humanos.

A IA é uma ferramenta de apoio e, portanto, suas recomendações devem ser interpretadas com cautela e criticidade, especialmente em casos envolvendo comportamento, atenção ou variabilidade emocional.

**CONCLUSÃO**

O projeto Adapted GO propõe uma solução inovadora e acessível para ampliar a inclusão escolar de estudantes com TDAH, TEA e outras necessidades educacionais específicas, integrando aprendizagem adaptativa, robótica social e reconhecimento afetivo sob rigorosa governança ética e aderência à LGPD. A arquitetura modular do sistema, alinhada a princípios de IA Explicável (XAI), permite a personalização contínua do conteúdo pedagógico e o acompanhamento preciso do engajamento e do

desempenho, oferecendo suporte individualizado em escala — algo inviável no formato tradicional de sala de aula.

Os resultados esperados indicam potencial significativo para melhorar atenção, autorregulação e habilidades acadêmicas, beneficiando tanto estudantes quanto professores, que passam a contar com dados analíticos para orientar intervenções pedagógicas mais assertivas. O programa piloto estruturado, aliado a um plano de escalonamento estadual e nacional, demonstra a viabilidade técnica e educacional do Adapted GO como política pública tecnológica voltada à equidade.

Reconhecem-se, entretanto, desafios relacionados à proteção de dados, vieses algorítmicos e heterogeneidade dos perfis atendidos, exigindo auditoria constante, formação docente contínua e ajustes progressivos dos modelos de IA. Ainda assim, o projeto se posiciona como uma contribuição relevante para a área de tecnologias educacionais inclusivas, oferecendo um caminho promissor para democratizar o acesso à personalização pedagógica na rede pública.

Assim, o Adapted GO representa um avanço significativo na integração entre educação, tecnologia e inclusão, mostrando-se uma alternativa viável para apoiar o desenvolvimento acadêmico e socioemocional de estudantes neurodivergentes, além de fortalecer a infraestrutura de inovação educacional no Brasil.

**REFERÊNCIAS**

ÁLVAREZ-GODOS, R. **Intervenções baseadas em robótica para o desenvolvimento social de crianças com TEA.** Rio de Janeiro: Editora Científica, 2023.

ABDI, A. E. The importance of immediate feedback in adaptive learning systems. Journal of Educational Technology, v. 46, n. 3, p. 112–125, 2019.

ALMEIDA, L. C.; SOUZA, M. R. **Panorama da Inclusão Escolar no Brasil: Desafios e Possibilidades.** São Paulo: Editora Inclusão, 2024.

AL-ZOUBI, R. C. Social robots in special education: a review of current applications and efficacy. International Journal of Robotics and Education, v. 8, n. 1, p. 45-60, 2021.

BARKLEY, R. A. **Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: A Handbook for Diagnosis and Treatment.** 4th ed. New York: The Guilford Press, 2015.

BROADBENT, E. et al. Social robotics and children with autism: a comprehensive literature review. Autism Research, v. 10, n. 4, p. 705–720, 2017.

CRAWFORD, K.; JOLER, V. **Anatomy of an AI System: The Amazon Echo as an anatomical map of human labor, data and planetary resources.** AI Now Institute and Share Lab, 2018.

FRANÇA, P. A. **A robótica social como ferramenta de apoio pedagógico para alunos com TEA.** Curitiba: Editora Educacional, 2025.

GOMES, I. B.; OLIVEIRA, C. F. **O papel do professor na mediação de tecnologias adaptativas em sala de aula.** Revista de Educação e Tecnologia, v. 12, n. 2, p. 89–105, 2020.

HOLTON, E. et al. **Explainable AI for Education: transparency in adaptive learning systems.** Journal of Learning Analytics, v. 9, n. 1, p. 34–50, 2021.

LEE, S. W. et al. Robot-assisted social skills training for children with autism spectrum disorder: a meta-analysis. Autism Research, v. 14, n. 11, p. 2380–2395, 2021.

MACHADO, R. S.; DOURADO, T. **Governança de dados e ética em IA na educação: adesão à LGPD.** Revista Brasileira de Tecnologia Educacional, v. 20, n. 1, p. 55–70, 2022.

MUNSHI, H. N. **Effectiveness of adaptive learning platforms: a meta-analysis on academic performance.** Educational Research Review, v. 37, e100465, 2022.

PATIL, S. K. **Prevalence and impact of Attention-Deficit Hyperactivity Disorder on academic outcomes.** Journal of Neurodevelopmental Disorders, v. 14, n. 1, p. 1–15, 2022.

PEREZ, L. R. et al. Adaptive learning environments: enhancing engagement and self-regulation in vulnerable populations. Computers & Education, v. 150, 103845, 2020.

PORTAL GOIÁS. **Diretrizes e Regulamentações para Pesquisa em Escolas Públicas do Estado de Goiás.** [S.l.]: Secretaria de Educação de Goiás, 2023.

REHMAN, S. A. **Ethical AI and bias mitigation in affective computing for vulnerable populations.** AI and Society Journal, v. 40, n. 3, p. 601–618, 2025.

SANTOS, L. M. **Robótica social no atendimento a crianças com Transtorno do Espectro Autista.** Revista de Inclusão Digital e Social, v. 15, n. 3, p. 145–160, 2022.

SERVIÇOS E INFORMAÇÕES DO BRASIL. **Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).** Brasília: Presidência da República, Casa Civil, 2021.

SILVA, A. C. **A sinergia entre robótica social e inteligência artificial adaptativa na educação especial.** Cadernos de Educação Inclusiva, v. 5, n. 1, p. 33–48, 2022.

SOUSA SILVA, L. Desafio Crescer: estratégia inovadora de Goiás para o resgate equitativo e a ampliação da aprendizagem na rede pública: innovative strategy for the equitable

recovery and expansion of learning in the public school system. **Revista Educação Em Contexto**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 167–178, 2025.

ZHOU, Y.; SHI, X. Adaptive scaffolding and feedback mechanisms in intelligent tutoring systems. British Journal of Educational Technology, v. 54, n. 4, p. 945–962, 2023.

*Recebido: dezembro de 2025*
*Aceito: julho de 2026*