



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA
EM REDE NACIONAL – PROFMAT

WESLEY NUNES DA SILVA

PRODUTO EDUCACIONAL
MATEMAI:
UM SISTEMA DE GAMIFICAÇÃO ADAPTATIVA NO ENSINO DE MATEMÁTICA

PALMAS (TO)

2026

WESLEY NUNES DA SILVA

PRODUTO EDUCACIONAL

MATEMAI:

UM SISTEMA DE GAMIFICAÇÃO ADAPTATIVA NO ENSINO DE MATEMÁTICA

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) da Universidade Federal do Tocantins como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre - Área de Concentração: Matemática.

Orientador: Profa. Dra. Betty Clara Barraza De La Cruz.

PALMAS (TO)

2026


WESLEY NUNES DA SILVA

PRODUTO EDUCACIONAL
MATEMAI: UM SISTEMA DE GAMIFICAÇÃO ADAPTATIVA NO ENSINO DE MATEMÁTICA


O Produto Educacional do programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) foi avaliado para obtenção do título de Mestre e aprovado em sua forma final pela Orientadora e Banca Examinadora.

Aprovado em: 11 / 06 / 2026


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **BETTY CLARA BARRAZA DE LA CRUZ**
Data: 19/06/2026 19:20:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Betty Clara Barraza De La Cruz, Orientadora, UFT

Documento assinado digitalmente
 **ROGERIO AZEVEDO ROCHA**
Data: 19/06/2026 14:50:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rogério Azevedo Rocha, Examinador Interno, UFT

Documento assinado digitalmente
 **Jorge Cassio Costa Nobriga**
Data: 18/06/2026 19:18:33-0300
CPF: ***.922.771-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Jorge Cássio Costa Nóbrega, Examinador Externo, UFSC

FICHA TÉCNICA DO PRODUTO EDUCACIONAL

Autor: Wesley Nunes da Silva.

Nível de ensino: Ensino Fundamental II.

Público-alvo: Estudantes e Professores do Ensino Fundamental.

Vínculo do Produto Educacional: Dissertação do Mestrado Profissional em Matemática - *MatemAI: Um Sistema de Gamificação Adaptativa no Ensino de Matemática.*

Programa de ensino: Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT.

Categoria deste produto: Produto Educacional.

Finalidade: Produto Educacional elaborado como extensão da pesquisa desenvolvida pelo autor para a sua dissertação. O material tem como objetivo oferecer um recurso de apoio para professores de Matemática, utilizando Inteligência Artificial Generativa e Gamificação Adaptativa para mediar a aprendizagem matemática de forma contextualizada e personalizada.

Processo de validação: Aprovação em Banca Examinadora de Defesa da Dissertação.

RESUMO

O presente documento apresenta o *MatemAI*, um Produto Educacional desenvolvido no âmbito do Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT). Partindo da premissa de que o ensino de Matemática no Ensino Fundamental II enfrenta desafios crônicos como o desengajamento e a ansiedade matemática, este artefato materializa-se como um ecossistema de Gamificação Adaptativa impulsionado por Inteligência Artificial Generativa. Diferenciando-se de plataformas estáticas, o *MatemAI* utiliza Grandes Modelos de Linguagem (LLMs), especificamente o *Google Gemini*, para modular em tempo real a narrativa, o nível de desafio e o sistema de recompensas, adequando-se ao perfil motivacional de cada usuário para induzir o "Estado de Fluxo". Sua arquitetura *cloud-native* atua como um agente socrático que, por meio de *scaffolding* (andaimes cognitivos), fornece mediação pedagógica personalizada dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal, mitigando riscos de alucinações matemáticas mediante o protocolo *Chain-of-Thought*. O Produto Educacional foi estruturado como um guia prático e guia de uso docente, validado por pares que atestaram sua eficácia na personalização semântica e na segurança operacional. A telemetria digital e a validação empírica realizada na Escola Estadual Vila Guaracy (Gurupi/TO) evidenciaram que o sistema não apenas democratiza a tutoria individualizada, mas empodera o professor através de painéis de *Learning Analytics*, consolidando-se como um recurso robusto para a gestão estratégica e gamificada da aprendizagem na escola pública.

Palavras-chave: Inteligência Artificial na Educação; Sistemas Tutores Inteligentes; Gamificação Adaptativa; Zona de Desenvolvimento Proximal; Ensino de Matemática.

ABSTRACT

This document presents *MatemAI*, an Educational Product developed within the Professional Master's Program in Mathematics in the National Network (PROFMAT). Based on the premise that mathematics instruction in Lower Secondary Education faces chronic challenges such as disengagement and mathematics anxiety, this technological artifact is configured as an Adaptive Gamification ecosystem driven by Generative Artificial Intelligence. Differentiating itself from static contemporary platforms, *MatemAI* leverages Large Language Models (LLMs), specifically Google Gemini, to modulate the narrative, challenge level, and reward system in real-time, tailoring itself to each user's motivational profile to induce the "Flow State." Its *cloud-native* architecture acts as a Socratic agent that, through cognitive scaffolding, provides personalized pedagogical mediation within the Zone of Proximal Development, mitigating the risk of mathematical hallucinations through the *Chain-of-Thought* protocol. The Educational Product has been structured as a practical manual and teacher's guide, validated by peers who attested to its efficacy in semantic personalization and operational safety. Digital telemetry and empirical validation conducted at the Vila Guaracy State School (Gurupi, TO) evidenced that the system not only democratizes individualized tutoring but also empowers teachers through *Learning Analytics* dashboards, consolidating itself as a robust resource for the strategic and gamified management of learning in public schools.

Keywords: Artificial Intelligence in Education; Intelligent Tutoring Systems; Adaptive Gamification; Zone of Proximal Development; Mathematics Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Distribuição dos vetores de motivação lúdica na amostra de usuários-piloto.	11
Figura 2 – Arquitetura <i>Cloud-Native</i> do MatemAI e o fluxo de dados em tempo real.	13
Figura 3 – Interface de autenticação inicial do estudante.	14
Figura 4 – Módulo de ambientação e seleção de interesses pedagógicos.	15
Figura 5 – Ferramenta de customização visual do avatar do estudante.	15
Figura 6 – Interface de gamificação demonstrando a progressão sequencial de missões.	16
Figura 7 – Interface de uma Missão ativa demonstrando o menu lateral, o alinhamento à BNCC e a contextualização narrativa.	17
Figura 8 – Tela de tutoria evidenciando a mediação pedagógica da IA (<i>Scaffolding</i>).	18
Figura 9 – Interface de <i>feedback</i> gamificado e injeção de <i>XP</i>	18
Figura 10 – Visão geral do Painel Administrativo, exibindo a telemetria agregada e a distribuição de níveis da turma.	20
Figura 11 – Matriz de Desenvolvimento da BNCC, evidenciando o diagnóstico pedagógico automatizado das habilidades.	21
Figura 12 – Interface de Gerenciamento de Contas, cruzando a identidade real com a telemetria individual do discente.	21
Figura 13 – Painel de Monitoramento da IA, evidenciando o rastreamento das funções em tempo real e garantindo a transparência do algoritmo.	22
Figura 14 – Curva de telemetria evidenciando a sustentação do engajamento voluntário.	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
IA	Inteligência Artificial
ITS	Sistemas Tutores Inteligentes
LLM	Grandes Modelos de Linguagem (Large Language Models)
PROFMAT	Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional
RNA	Redes Neurais Artificiais
TCC	Teoria da Carga Cognitiva
UFT	Universidade Federal do Tocantins
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
XP	Experiência (Experience Points)
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Eixos Estruturantes e Funcionalidades do Artefato	9
2	CONHECENDO O MATEMAI: FUNDAMENTOS E TECNOLOGIA . . .	11
2.1	O Motor de Personalização: Perfis de Jogador	11
2.2	Infraestrutura Cloud-Native e Acesso	12
2.3	O Cérebro da Operação: A Engenharia Sócrática	12
3	MANUAL DO ESTUDANTE: A JORNADA GAMIFICADA	14
3.1	O Primeiro Acesso: Login, Onboarding e Alinhamento de Interesses	14
3.2	Navegação pelas Trilhas de Aprendizagem Não-Lineares	16
3.3	A Estrutura das Missões e a Descoberta Guiada (Scaffolding)	16
3.4	Feedback Gamificado e a Economia de Fichas	17
4	MANUAL DO PROFESSOR: LEARNING ANALYTICS E GESTÃO ES- TRATÉGICA	19
4.1	Dashboard Geral: Visão Macro do Engajamento	19
4.2	Monitoramento de Aprendizado: Alinhamento Estrito à BNCC	19
4.3	Gerenciamento de Usuários e Acompanhamento Individual	20
4.4	Transparência Algorítmica: Monitoramento da Inteligência Artificial	22
5	RESULTADOS PRÁTICOS E VALIDAÇÃO DOCENTE	23
5.1	A Personalização Semântica na Prática	23
5.2	Aprovação e Validação por Professores	23
5.3	O Impacto no Engajamento Discente (Telemetria)	25
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Matemática no Ensino Fundamental II enfrenta desafios complexos no cenário educacional brasileiro. A densidade abstrata e lógica da disciplina frequentemente converge para obstáculos pedagógicos significativos, tais como o desengajamento discente e a ansiedade matemática. Embora as diretrizes curriculares nacionais (Brasil, 2018) prescrevam o letramento matemático como um pilar essencial para o desenvolvimento do pensamento crítico, observa-se uma lacuna considerável entre as proposições normativas e a prática pedagógica vigente. Esta última, recorrentemente pautada por modelos de instrução massificada, tende a desconsiderar as subjetividades e os ritmos singulares de aprendizagem dos estudantes.

Diante da necessidade de personalização do ensino em contraposição às limitações estruturais que historicamente acometem a escola pública, a Inteligência Artificial (IA) emerge como uma alternativa viável para a reconfiguração desse ecossistema pedagógico (Russell; Norvig, 2020). Sob essa perspectiva, o presente Produto Educacional consiste no desenvolvimento e na validação do *MatemAI*. Trata-se de um Sistema Tutor Inteligente (ITS) fundamentado em Modelos de Linguagem de Larga Escala (LLMs), concebido para superar a linearidade e a previsibilidade das abordagens de gamificação padronizadas (Niño-Rojas *et al.*, 2024).

O artefato foi estruturado, implementado e avaliado metodologicamente por meio da Pesquisa Baseada em Design (DBR) (Reeves, 2006). Sua fundamentação teórica articula os pressupostos da Teoria da Carga Cognitiva (TCC) (Sweller, 1988) com o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) formulado por Vygotsky (1978). Visando assegurar o rigor científico, a replicabilidade da proposta e o livre acesso pela comunidade escolar, o software encontra-se hospedado em ambiente de computação em nuvem, disponível para consulta e utilização por meio do endereço eletrônico:

<<https://www.matemai.com.br>>

1.1 Eixos Estruturantes e Funcionalidades do Artefato

O *MatemAI* se caracteriza como um ambiente dinâmico e responsivo, organizado em torno de três pilares interdependentes de engenharia pedagógica.

O primeiro pilar constitui o Agente Sócrático. A partir de técnicas de engenharia de *prompt* restritivas e do protocolo de Cadeia de Pensamento (*Chain-of-Thought*) (Wei; Wang;

Schuurmans *et al.*, 2022), o sistema foi programado para não fornecer respostas diretas aos usuários. Em contrapartida, a ferramenta introduz “andaimes cognitivos” (*scaffolding*) progressivos, orientando o estudante de forma reflexiva para que este mobilize suas próprias estruturas conceituais na resolução dos problemas propostos (Wood; Bruner; Ross, 1976).

O segundo eixo estruturante aborda o engajamento discente por meio da Gamificação Adaptativa. Diferenciando-se de abordagens puramente punitivas ou focadas estritamente na avaliação somativa, a plataforma modula a narrativa, o nível dos desafios e os sistemas de recompensa em tempo real. Essa calibração dinâmica fundamenta-se nos arquétipos lúdicos dos usuários (Conquistador, Explorador ou Socializador), tendo como objetivo induzir o estudante ao chamado “Estado de Fluxo” (Csikszentmihalyi, 1990; Bartle, 1996).

O terceiro pilar da arquitetura baseia-se no campo do *Learning Analytics*. Durante a interação do estudante com a interface, mecanismos de telemetria realizam a coleta contínua e não intrusiva de dados relacionados ao percurso lógico adotado. O processamento dessas informações gera um *dashboard* (painel analítico) direcionado ao corpo docente. Esse recurso subsidia o professor com evidências empíricas, permitindo o planejamento de intervenções pedagógicas direcionadas e consolidando o seu papel como gestor estratégico do processo de ensino-aprendizagem (Baker; Inventado, 2014; Siemens; Dawson, 2013).

A referida infraestrutura, amparada nos modelos fundacionais *Google Gemini*, visa democratizar o acesso à tutoria individualizada no nono ano do Ensino Fundamental. Ao alinhar precisão algorítmica às demandas pedagógicas, o *MatemAI* se posiciona não como uma tecnologia substitutiva da docência, mas como um mecanismo de suporte destinado a potencializar e estender o alcance da ação mediadora do professor (Marques, 2020; Silva, 2023).

2 CONHECENDO O MATEMAI: FUNDAMENTOS E TECNOLOGIA

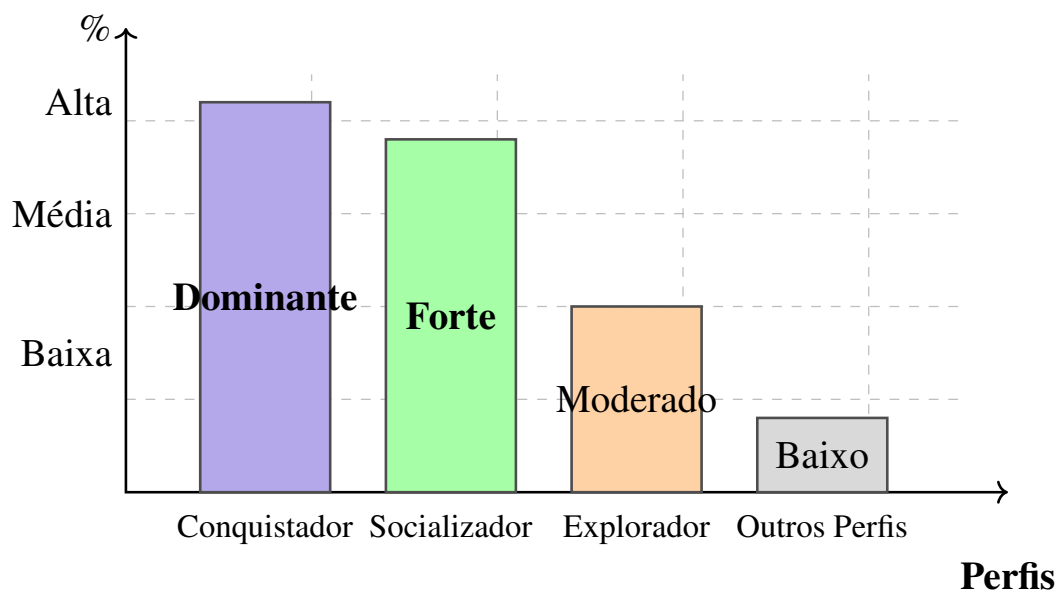
Para a otimização do uso do *MatemAI* no contexto escolar, faz-se indispensável a compreensão de sua estrutura subjacente e de seu funcionamento. O sistema supera o modelo tradicional padronizado (*one-size-fits-all*), estabelecendo um ecossistema pedagógico fundamentado em Inteligência Artificial Generativa e Gamificação Adaptativa. Essa integração resulta em um percurso de aprendizagem personalizado para cada estudante. O presente capítulo expõe os fundamentos teóricos e a engenharia de software que sustentam o tutor virtual.

2.1 O Motor de Personalização: Perfis de Jogador

O desenvolvimento de plataformas educacionais eficazes pressupõe a consideração direta das características de seus usuários. Por esse motivo, o *MatemAI* realiza o mapeamento do perfil do estudante no primeiro acesso. O sistema identifica as tipologias de comportamento lúdico dos discentes com base na taxonomia de perfis de jogadores proposta por Bartle (1996).

Essa identificação é relevante para a estruturação dos mecanismos de recompensa da plataforma, visto que os estímulos digitais demandam alinhamento com as motivações intrínsecas e extrínsecas do usuário para promover o engajamento contínuo. A Figura 1 ilustra a distribuição desses vetores motivacionais observada em uma amostra de usuários-piloto.

Figura 1 – Distribuição dos vetores de motivação lúdica na amostra de usuários-piloto.



Fonte: Bartle (1996). Adaptado pelo autor.

A partir do reconhecimento desses perfis, o algoritmo realiza a identificação de padrões comportamentais. Ao detectar a predominância de arquétipos como "Conquistador" ou "Socializador", o agente inteligente ajusta dinamicamente a natureza das atividades: estudantes com perfil Conquistador interagem com desafios baseados em restrições temporais, enquanto aqueles identificados como Exploradores são direcionados a narrativas contextuais mais detalhadas. A complexidade e a abordagem dos problemas adaptam-se, portanto, ao estilo de preferência lúdica de cada estudante.

2.2 Infraestrutura Cloud-Native e Acesso

A escalabilidade do sistema constituiu um requisito central do projeto de engenharia. O *MatemAI* foi desenvolvido sob o paradigma *cloud-native* (nativo em nuvem), o que assegura estabilidade técnica e responsividade sob acessos simultâneos a partir de múltiplos dispositivos — abrangendo desde aparelhos móveis com especificações básicas até computadores desktop em laboratórios escolares. A fluidez da interface é um fator crítico para mitigar a frustração tecnológica e manter o engajamento discente (Csikszentmihalyi, 1990). O acesso à plataforma é público e realizado por meio do endereço eletrônico: <<https://www.matemai.com.br>>.

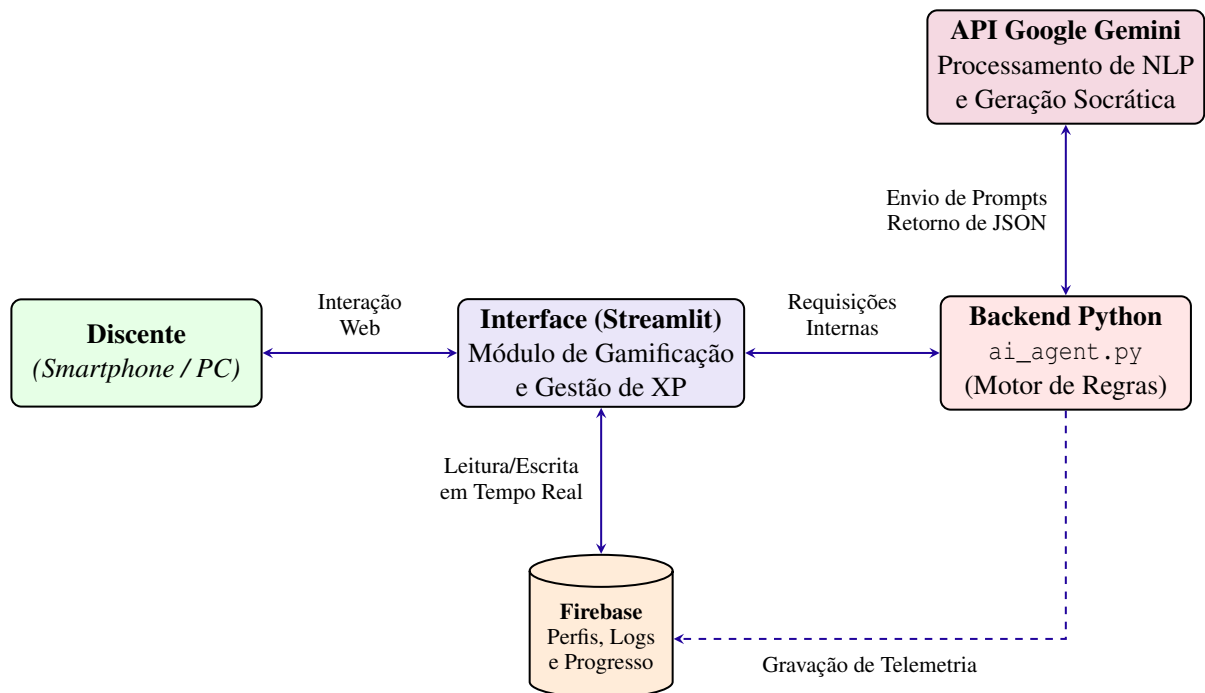
A infraestrutura lógica da aplicação (Figura 2) integra três componentes principais. A linguagem **Python 3** gerencia a interface do usuário; a API do *Google Gemini* opera no processamento cognitivo e de linguagem natural; e o serviço *Firebase* orquestra o armazenamento de perfis, logs de acesso e progressão de dados em tempo real.

2.3 O Cérebro da Operação: A Engenharia Socrática

O diferencial do *MatemAI* em relação às aplicações comerciais genéricas de inteligência artificial reside em sua fundamentação ética e pedagógica. No contexto da educação matemática, o fornecimento direto de resoluções prontas ao estudante pode ser contraproducente para o desenvolvimento do pensamento autônomo (Russell; Norvig, 2020).

Dessa forma, o *backend* do sistema restringe o direcionamento automático da ferramenta por meio de diretrizes rígidas inseridas no comando de sistema (**system prompt**). A inteligência artificial atua na facilitação do processo de descoberta guiada (**scaffolding**), fornecendo pistas graduais que estimulam o discente a progredir dentro de sua Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) (Vygotsky, 1978). O Quadro 1 apresenta o trecho do código responsável por estruturar essa mediação pedagógica:

Figura 2 – Arquitetura *Cloud-Native* do MatemAI e o fluxo de dados em tempo real.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 1 – Algoritmo de Mediação Pedagógica (Regras da IA)

Extrato do System Prompt (`ai_agent.py`)

```

def construir_prompt_pedagogico(perfil_aluno, interacao_atual, nivel_xp):
    system_instruction = f"""
    VOCÊ É O MATEMAI: Um tutor especialista em didática matemática
    para o Ensino Fundamental II.

    O perfil do aluno é: {perfil_aluno['arquetipo']}
    com interesse em {perfil_aluno['tema_interesse']}.

    REGRAS INEGOCIÁVEIS DE MEDIAÇÃO:
    1. PROIBIÇÃO DE RESPOSTA DIRETA: Nunca forneça o resultado final.
       Seu papel é atuar como um 'andaime' (scaffolding).

    2. DIAGNÓSTICO DO ERRO: Analise se o erro foi procedimental ou
       conceitual. Forneça apenas a próxima pista lógica.

    3. PERSONALIZAÇÃO SEMÂNTICA: Crie metáforas usando o interesse do
       aluno ({perfil_aluno['tema_interesse']}) para explicar a abstração.

    4. PRECISÃO BNCC: Conteúdo estritamente alinhado à Base Nacional.

    5. ESTADO DE FLUXO: Se o aluno acertar rapidamente, ajuste o
       desafio dinamicamente.
    """
    return system_instruction
  
```

Fonte: Elaborado pelo autor.

Adicionalmente, visando mitigar a ocorrência de inconsistências informacionais (“alucinações”), o sistema executa rotinas de verificação lógica interna antes da exibição de qualquer orientação na interface do usuário (Wei; Wang; Schuurmans *et al.*, 2022).

3 MANUAL DO ESTUDANTE: A JORNADA GAMIFICADA

Este capítulo analisa as características da interface e a experiência prática do estudante durante a interação com o *MatemAI*. Trata-se de um mapeamento funcional relevante para que o docente possa compreender e acompanhar as dinâmicas de uso de sua turma, evidenciando como as interações digitais se traduzem em ações mediadoras de aprendizagem.

3.1 O Primeiro Acesso: Login, Onboarding e Alinhamento de Interesses

O procedimento inicial de acesso ocorre por meio do endereço <<https://www.matemai.com.br>>, onde o estudante interage com a interface de gerenciamento de perfil (*1_Meu_Perfil.py*), módulo central para a contextualização semântica das atividades.

A etapa inicial consiste na autenticação do usuário. Esse acesso realiza a consulta ao banco de dados para recuperar o histórico e a progressão matemática do estudante, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Interface de autenticação inicial do estudante.



Fonte: *MatemAI*. Extraído pelo autor da plataforma.

Após a autenticação, o usuário realiza o preenchimento do formulário de ambientação (*onboarding*). Nesta etapa, o estudante seleciona áreas de interesse pessoal, tais como música, esportes ou jogos eletrônicos. O sistema processa essas preferências para associar o perfil do

aluno à taxonomia de Bartle, o que permite à ferramenta adaptar a linguagem e o contexto dos enunciados subsequentes (Figura 4).

Figura 4 – Módulo de ambientação e seleção de interesses pedagógicos.

MatemAI

Inicio da Jornada

Meu Perfil

Desafios Gamificados

Missão

Agenda de Estudos

Loja de XP

Ranking

Admin Panel

Personalizar Avatar

Olá, Wesley Nunes!

XP: 660

Nível: 2

Bateria Neural 999/999

Ver Ranking

SAIR ZERAR

Dados Pessoais

Qual é o seu nome?

Wesley Nunes

Como você quer ser chamado no Ranking? (Apelido)

Quantos anos você tem?

10

Em que ano você estuda?

6º ano

Nome da sua escola:

Vila 2

De 1 a 10, o quanto você gosta de matemática?

5

O que você mais gosta de fazer?

Música

Seus Interesses Adaptam Seu Aprendizado!

O MatemAI utiliza seus gostos pessoais (incluindo o que você digitar em Outros) para personalizar as missões e exercícios matemáticos. Se você escolher Música ou escrever algo como "futebol", a nossa IA vai contextualizar os problemas de matemática com esses temas, tornando tudo muito mais divertido e fácil de aprender!

SALVAR PERFIL

Fonte: *MatemAI*. Extraído pelo autor da plataforma.

A interface inclui também a customização gráfica de um avatar pelo usuário (Figura 5). Esta mecânica visual visa fortalecer o vínculo representativo do estudante com o ambiente digital de aprendizagem.

Figura 5 – Ferramenta de customização visual do avatar do estudante.

matemai.com.br/Meu_Perfil

MatemAI

Inicio da Jornada

Meu Perfil

Desafios Gamificados

Missão

Agenda de Estudos

Loja de XP

Ranking

Admin Panel

Personalizar Avatar

Olá, Wesley Nunes!

XP: 660

Nível: 2

Bateria Neural 999/999

Ver Ranking

SAIR ZERAR

Personalize seu perfil para o Agente de IA adaptar o ensino.

Estúdio de Criação de Avatar

Visualização

Guarda-Roupa

Pele Cabelo/Chapéu Cor do Cabelo Roupas Cor da Roupa Olhos Sobrancelhas Boca Acessórios

BRONZEADO AMARELO PÁLIDO

CLARO MARROM MARROM ESCURO

NEGRO

SALVAR AVATAR

Problemas com o Avatar? Clique aqui

Dados Pessoais

Qual é o seu nome?

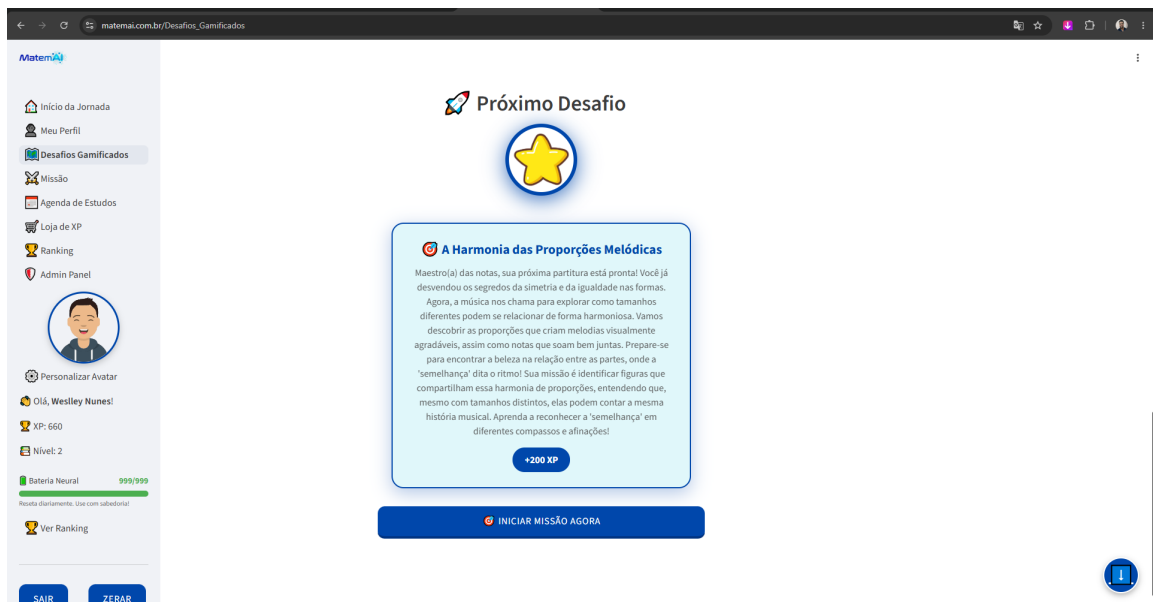
Fonte: *MatemAI*. Extraído pelo autor da plataforma.

3.2 Navegação pelas Trilhas de Aprendizagem Não-Lineares

Concluída a configuração inicial, o estudante acessa o mapa de missões (2_Desafios_Gamificados). Com o propósito de reduzir a carga cognitiva extrínseca associada a listas extensas e estáticas de exercícios (Sweller, 1988), a organização do conteúdo curricular foi estruturada em Trilhas de Aprendizagem Não-Lineares.

Essa progressão afasta-se de modelos puramente sequenciais, oferecendo uma navegação flexível na qual o estudante exerce autonomia sobre o seu percurso de estudo, definindo a ordem de execução dos desafios propostos (Figura 6).

Figura 6 – Interface de gamificação demonstrando a progressão sequencial de missões.



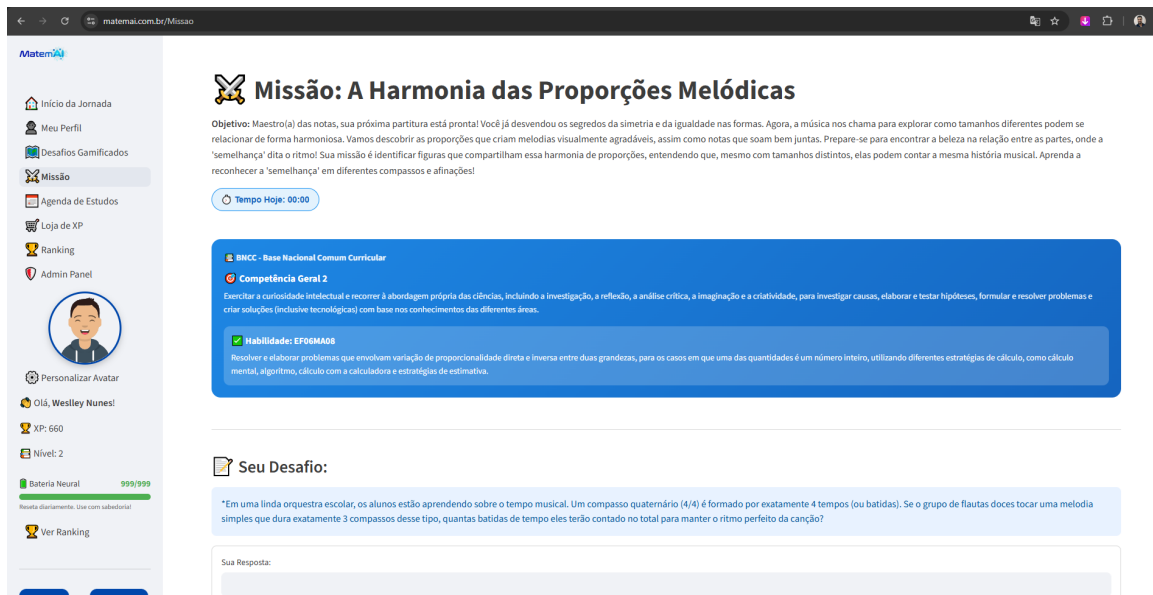
Fonte: *MatemAI*. Extraído pelo autor da plataforma.

3.3 A Estrutura das Missões e a Descoberta Guiada (Scaffolding)

A organização visual da plataforma apoia-se em um menu lateral estruturado que integra as seções principais: *Início da Jornada*, *Meu Perfil*, *Desafios Gamificados* e a *Missão* ativa, além de recursos como *Agenda de Estudos*, *Loja de XP* e *Ranking*. O avatar do estudante permanece visível na interface, exibindo indicadores de nível atual, pontos de experiência acumulados e o nível da Bateria Neural, oferecendo feedback contínuo sobre o seu progresso.

Ao selecionar um desafio, o estudante visualiza a tela da missão, na qual os problemas matemáticos são contextualizados com base nos temas de interesse previamente escolhidos (Figura 7). Cada atividade exibe a indicação da habilidade correspondente da BNCC.

Figura 7 – Interface de uma Missão ativa demonstrando o menu lateral, o alinhamento à BNCC e a contextualização narrativa.



Fonte: *MatemAI*. Extraído pelo autor da plataforma.

Em caso de resposta incorreta, o sistema não se limita à indicação puramente punitiva do erro. A inteligência artificial restringe o acesso imediato ao gabarito, iniciando uma mediação dialógica.

Por meio de uma interface de chat orientada pelas diretrizes do *System Prompt*, o modelo Google Gemini gera analogias baseadas nos interesses declarados do usuário (como a associação de frações ao compasso musical, por exemplo), conforme detalhado na Figura 8. A ferramenta atua na facilitação do processo de descoberta guiada (*scaffolding*), estimulando o estudante a deduzir os passos lógicos necessários para a resolução por autonomia própria.

3.4 Feedback Gamificado e a Economia de Fichas

Após a resolução correta da atividade, a plataforma emite um feedback visual positivo, ressignificando o erro como parte integrante e construtiva do processo de aprendizagem.

A superação do desafio resulta na concessão imediata de Pontos de Experiência (XP). Essa dinâmica reflete a aplicação prática do conceito de Economia de Fichas (*Token Economy*), incentivando a persistência e o engajamento dos estudantes (Figura 9).

Figura 8 – Tela de tutoria evidenciando a mediação pedagógica da IA (*Scaffolding*).

The screenshot shows the MatemAI interface with a sidebar on the left containing navigation options like 'Início da Jornada', 'Meu Perfil', 'Desafios Gamificados', 'Missão', 'Agenda de Estudos', 'Loja de XP', 'Ranking', 'Premium', and 'Admin Panel'. The main content area displays a 'Sua Resposta:' section where the user has entered 'Mi'. Below this, a pink box contains a detailed explanation: 'Olá! Sua resposta anterior foi Mi, mas para formar um acorde maior de Dó, precisamos adicionar a nota Sol. Vamos entender por quê: Um acorde maior é formado por três notas: a tônica (a nota base), a terça maior e a quinta justa. 1. **Tônica:** No seu exemplo, a tônica é Dó. 2. **Terça Maior:** A terça maior de Dó é Mi. (Essa é a nota que você adicionou na primeira tentativa). 3. **Quinta Justa:** A quinta justa de Dó é Sol. O exercício pedia para juntar a nota base (Dó) com uma nota que está 2/3 acima dela. Essa relação de 2/3 não se refere diretamente às notas musicais em termos de nome (Dó, Ré, Mi, etc.), mas sim às relações de frequência ou intervalos musicais. No entanto, a forma mais comum de se construir um acorde maior é com a tônica, a terça maior e a quinta justa. Se considerarmos os intervalos a partir do Dó: • Dó para Mi: É uma terça maior (um intervalo de 4 semitons). • Dó para Sol: É uma quinta justa (um intervalo de 7 semitons). O acorde maior de Dó é formado por Dó, Mi e Sol. A pergunta, ao mencionar "2/3 acima", pode ter sido uma forma simplificada de se referir a um dos intervalos que compõem o acorde maior. Em muitos contextos musicais, a relação de "quinta justa" é frequentemente associada a proporções harmônicas que podem ser simplificadas em frações como 3/2 (para a quinta). No entanto, a construção mais direta de um acorde maior é Tônica + Terça Maior + Quinta Justa. Para formar o acorde maior de Dó, você precisa da nota Sol (a quinta justa) e também da nota Mi (a terça maior), mas a pergunta específica pedia uma nota que está 2/3 acima da base, e a relação mais comumente associada a uma quinta justa em termos de harmônicos e proporções é 3/2 (onde a nota superior tem 3/2 da frequência da inferior). Ao considerar os intervalos musicais padrão, a nota que completa o acorde maior de Dó (além do Dó e do Mi) é o Sol. Não desista, errar faz parte!'. A interface also includes a 'Enviar Resposta' button and a yellow tip box at the bottom stating 'Dica: Pense em qual nota musical está 2/3 acima do Dó.'

Fonte: *MatemAI*. Extraído pelo autor da plataforma.

Figura 9 – Interface de *feedback* gamificado e injeção de XP.

The screenshot shows the MatemAI interface with a sidebar on the left. The main content area displays a challenge titled 'Mi Harmonia dos Acordes'. The objective is 'Combinar notas para criar acordes com sons agradáveis, explorando relações de intervalos e frações.' The interface includes a 'Tempo Hoje: 14:18' timer, a 'BNCC - Base Nacional Comum Curricular' section with 'Competência 1' and 'Habilidade 1' listed, and a 'Seu Desafio:' section with a question: 'Para formar um acorde "maior", você precisa juntar uma nota base (1/1) com outra nota que está 2/3 acima dela. Se você adicionou a nota Mi, qual nota você adicionou para completar o acorde maior de Dó?'. The challenge is marked as 'Missão Cumprida!'. At the bottom, there are buttons for 'VOLTAR PARA O MAPA' and 'PRÓXIMO DESAFIO'. The interface is decorated with colorful balloons (red, green, blue) and a progress bar at the bottom.

Fonte: *MatemAI*. Extraído pelo autor da plataforma.

4 MANUAL DO PROFESSOR: LEARNING ANALYTICS E GESTÃO ESTRATÉGICA

O *MatemAI* desmitifica a concepção de que a tecnologia atua como substituta do educador. A premissa adotada pressupõe uma reconfiguração metodológica da atuação docente (Marques, 2020). Ao delegar ao algoritmo as tarefas de correção procedimental e o suporte conteudista de rotina, otimiza-se o tempo do professor, direcionando-o para a mediação pedagógica complexa e para o acompanhamento individualizado.

Este capítulo analisa o **Admin Panel** (Painel Administrativo). Mais do que uma interface de configuração, trata-se de um instrumento de *Learning Analytics* (Baker; Inventado, 2014), projetado para processar os dados brutos de telemetria e transformá-los em subsídios para decisões pedagógicas assertivas, visando a mitigação das dificuldades de aprendizagem e da defasagem escolar.

4.1 Dashboard Geral: Visão Macro do Engajamento

A eficácia do sistema apoia-se em seu funcionamento interno e na gestão de dados. O primeiro módulo, o **Dashboard Geral**, complementa a interface lúdica do aluno ao apresentar ao professor métricas objetivas e consolidadas de uso.

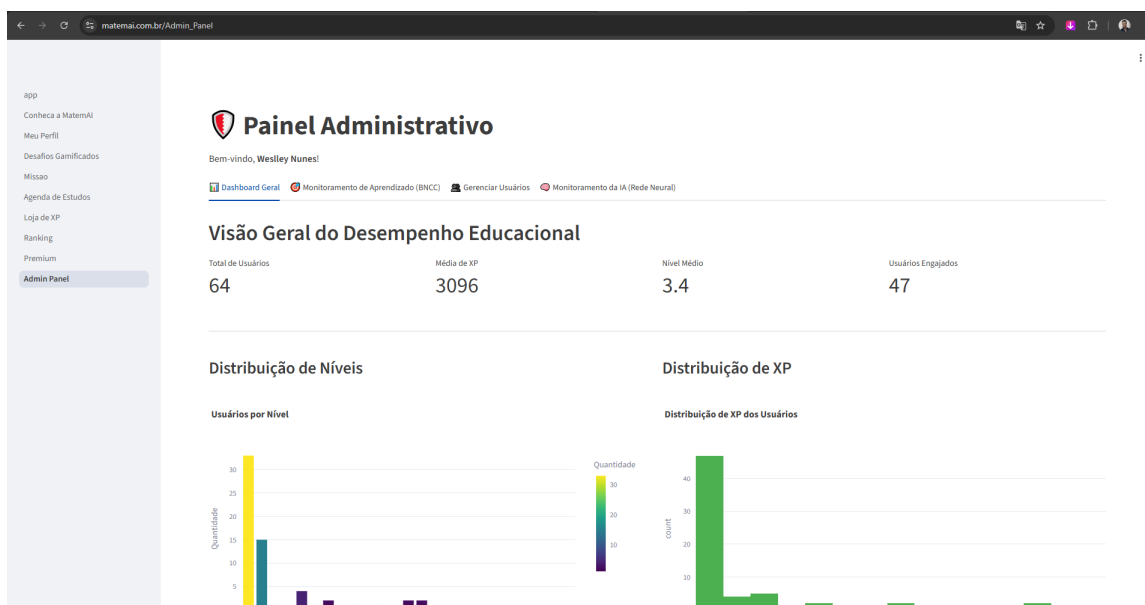
Nesta tela inicial (Figura 10), o educador visualiza uma análise quantitativa do engajamento coletivo da turma. A plataforma cruza e expõe o volume de usuários, a média de Pontos de Experiência (XP) acumulada e a taxa de discentes em estado de engajamento ativo. Os gráficos de “Distribuição de Níveis” e “Distribuição de XP” evidenciam discrepâncias no desempenho. A partir desses dados, o professor identifica os estudantes com progressão regular e aqueles que apresentam retenção nas fases iniciais. Dessa forma, a percepção sobre a homogeneidade da turma deixa de ser baseada em inferências subjetivas e passa a fundamentar-se em evidências empíricas.

4.2 Monitoramento de Aprendizado: Alinhamento Estrito à BNCC

No contexto do ensino em larga escala, mensurar as competências não consolidadas de dezenas de alunos simultaneamente representa um desafio logístico expressivo. O módulo **Monitoramento de Aprendizado (BNCC)** busca atenuar essa limitação estrutural. Ele correlaciona

os registros analíticos de desempenho discente diretamente com as habilidades propostas pela Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018).

Figura 10 – Visão geral do Painel Administrativo, exibindo a telemetria agregada e a distribuição de níveis da turma.



Fonte: *MatemAI*. Extraído pelo autor da plataforma.

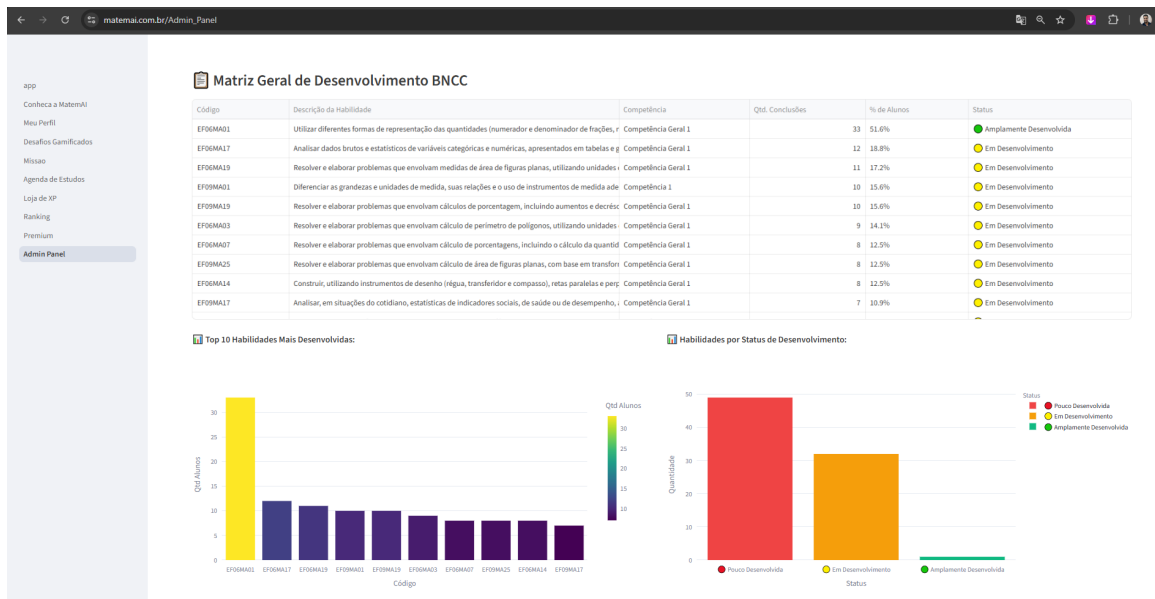
Conforme ilustra a Figura 11, o sistema gera uma “Matriz Geral de Desenvolvimento” detalhada. Para cada habilidade isolada (como EF06MA01 ou EF09MA01), o algoritmo cruza as missões concluídas com a taxa de acerto e aciona indicadores visuais baseados em um sistema de cores: verde para domínio consolidado, amarelo para desenvolvimento parcial e vermelho para alerta crítico. Com base no diagnóstico de descritores em vermelho, o professor substitui a avaliação intuitiva pelo planejamento de intervenções pedagógicas direcionadas e precisas para as aulas presenciais.

4.3 Gerenciamento de Usuários e Acompanhamento Individual

O ambiente gamificado requer o uso de pseudônimos (*nicknames*) no *ranking* para promover o engajamento de forma segura, mitigando a exposição pública e preservando a identidade dos estudantes. Contudo, a gestão pedagógica exige identificação nominal. O módulo de **Gerenciar Usuários** possibilita ao docente o acesso controlado a essas informações.

Nesta interface (Figura 12), o docente visualiza a correlação entre o nome civil do estudante e o seu pseudônimo virtual, além de acessar métricas individuais como o nível atual, a pontuação de XP e a data do último acesso (*last_login*).

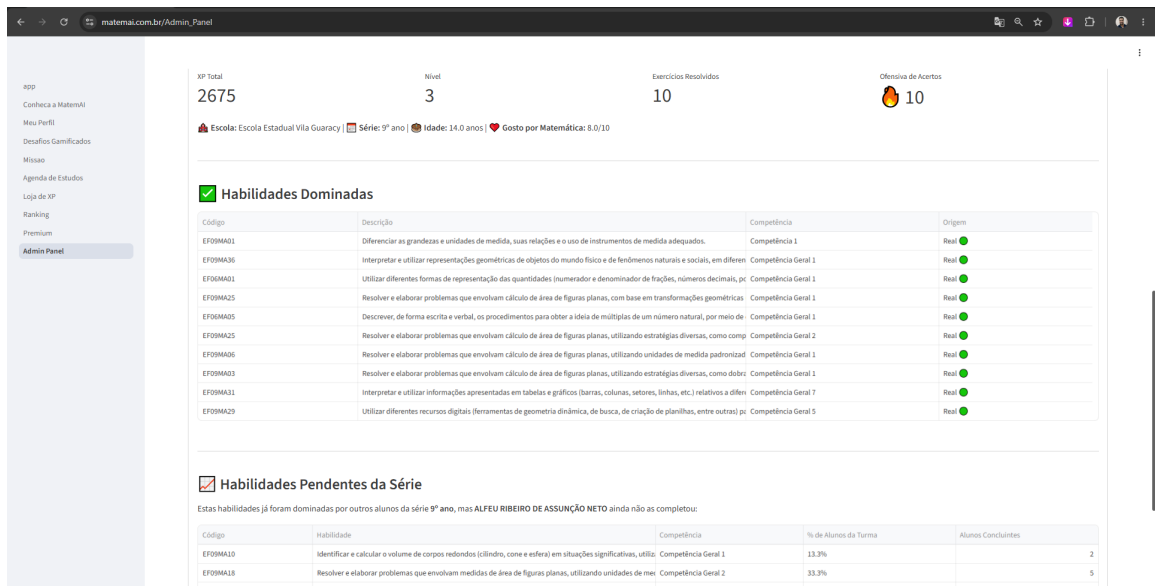
Figura 11 – Matriz de Desenvolvimento da BNCC, evidenciando o diagnóstico pedagógico automatizado das habilidades.



Fonte: MatemAI. Extraído pelo autor da plataforma.

Esse último indicador é particularmente relevante, atuando como um mecanismo preventivo contra a evasão. O monitoramento contínuo da frequência de acesso permite a identificação precoce do absenteísmo, viabilizando o resgate pedagógico antes que o desinteresse resulte em desvinculação estrutural.

Figura 12 – Interface de Gerenciamento de Contas, cruzando a identidade real com a telemetria individual do discente.



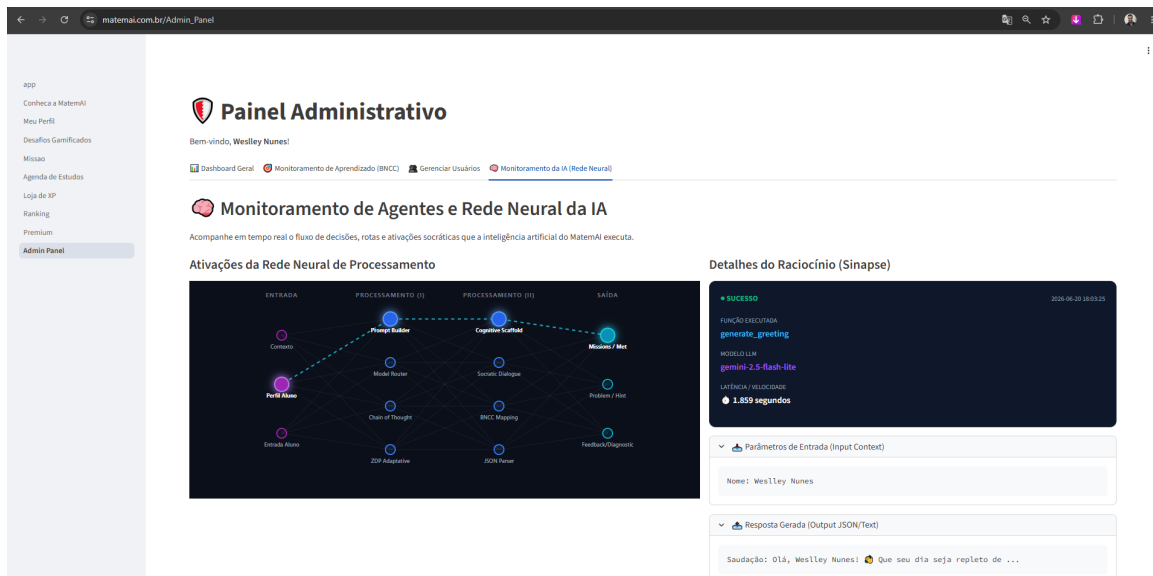
Fonte: MatemAI. Extraído pelo autor da plataforma.

4.4 Transparência Algorítmica: Monitoramento da Inteligência Artificial

A opacidade dos algoritmos representa um desafio ético e metodológico na adoção de tecnologias educacionais (Holmes; Bialik; Fadel, 2019). Em contraponto ao modelo de “caixa preta”, que dificulta a auditoria dos processos cognitivos da máquina, o *MatemAI* implementou a aba **Monitoramento da IA (Rede Neural)** para assegurar a transparência de suas operações.

A referida tela (Figura 13) detalha os processos internos do modelo em tempo real. O educador pode acompanhar o fluxo completo de dados e as decisões do agente socrático: desde o *Input Context* submetido pelo aluno, passando pelo roteamento do modelo e pela aplicação do protocolo de “Cadeia de Pensamento” (*Chain-of-Thought*) (Wei; Wang; Schuurmans *et al.*, 2022), até o mapeamento da intervenção na Zona de Desenvolvimento Proximal. O painel expõe o modelo operante (por exemplo, *gemini-2.5-flash-lite*), a função invocada e a latência da resposta em milissegundos. Esse recurso fornece o registro técnico necessário para atestar que a inteligência artificial atua estritamente condicionada aos limites e propósitos pedagógicos delineados pelo sistema.

Figura 13 – Painel de Monitoramento da IA, evidenciando o rastreamento das funções em tempo real e garantindo a transparência do algoritmo.



Fonte: *MatemAI*. Extraído pelo autor da plataforma.

5 RESULTADOS PRÁTICOS E VALIDAÇÃO DOCENTE

A validação empírica constitui etapa essencial na consolidação de um artefato educacional. O presente capítulo analisa a implementação do *MatemAI* no contexto prático da rede pública de ensino. A Inteligência Artificial e a gamificação adaptativa são avaliadas não apenas como construtos teóricos, mas como instrumentos operacionais de promoção do engajamento discente. A análise contempla tanto os dados quantitativos oriundos da telemetria do sistema quanto a avaliação crítica dos docentes que participaram da testagem da ferramenta.

5.1 A Personalização Semântica na Prática

O diferencial do *MatemAI* não reside estritamente no processamento matemático, mas em sua adaptabilidade semântica. O sistema atua como um mediador contextual. Diante de um erro discente, a IA não se restringe à exposição direta da fórmula algébrica, atuando na mitigação da barreira abstrata. A contextualização do problema é ajustada no momento da dificuldade, estabelecendo uma conexão com o repertório de interesses do estudante.

O Quadro 2 ilustra essa dinâmica. A transcrição extraída do *backend* evidencia a utilização do algoritmo na associação da matemática à teoria musical — área de interesse mapeada na etapa de *onboarding* — com o intuito de atenuar o bloqueio cognitivo associado à soma de frações heterogêneas.

O registro demonstra a capacidade do software de alinhar o rigor algébrico a um contexto cognitivamente confortável para o sujeito (Dehaene, 2020). Dessa forma, um procedimento que frequentemente atua como fator gerador de ansiedade matemática é convertido, por meio da mediação digital, em um processo progressivo de descoberta guiada.

5.2 Aprovação e Validação por Professores

A inserção de sistemas algorítmicos na mediação cognitiva de estudantes demanda protocolos rigorosos de controle e segurança educacional. Sob essa premissa, o *MatemAI* foi submetido à análise técnica de cinco professores de Matemática atuantes na rede estadual de ensino (Tabela 1). O objetivo consistiu em avaliar a ergonomia da interface e testar a eficácia dos mecanismos de contenção de inconsistências do modelo generativo (frequentemente denominadas alucinações).

Quadro 2 – Transcrição de *Log* do Backend: Personalização Semântica em Ação

Missão: A Harmonia das Frações Perfil do Aluno: Interesse em Música
Desafio Matemático: Soma de Frações Heterogêneas ($\frac{1}{2} + \frac{1}{4}$)
MatemAI: Para completar o compasso, precisamos somar estas durações: $\frac{1}{2} + \frac{1}{4}$. Qual é o resultado final?
Aluno: Fácil. Dá $\frac{2}{6}$. (<i>Erro Conceitual: Soma direta de denominadores</i>)
MatemAI [Processamento Interno]: <i>Identifica erro procedimental. Aplica Scaffolding Semântico.</i>
MatemAI (Interface): Segura o andamento, Maestro! Musicalmente, isso soaria estranho. Vamos pensar no ritmo: Se você tocar uma Mínima (que vale $\frac{1}{2}$ do compasso) e depois uma Semínima (que vale $\frac{1}{4}$), quanto tempo você preencheu?
<i>Dica:</i> Lembre-se que a Mínima dura o mesmo que duas Semínimas.
Aluno: Ah, entendi. A Mínima vale 2 tempos e a Semínima vale 1. Então são 3 tempos no total.
MatemAI: Perfeito! Agora, como escrevemos "3 Semínimas" em forma de fração, sabendo que a Semínima é $\frac{1}{4}$?
Aluno: Seria $\frac{3}{4}$?
MatemAI: Na mosca! Você acabou de fazer o MMC sem perceber. Você transformou a Mínima ($\frac{1}{2}$) em duas Semínimas ($\frac{2}{4}$) para poder somar. O resultado é $\frac{3}{4}$. Pronto para o próximo acorde?

Fonte: Logs de telemetria da plataforma *MatemAI*.

Tabela 1 – Caracterização do Corpo Docente na Validação

ID	Escola	Formação Acadêmica	Docência	Fluência Digital
P1	Escola Estadual Vila Guaracy (Local de Aplicação) - Gurupi - TO	Licenciatura em Matemática	2 anos	Alta
P2	Escola Estadual Rui Barbosa - Gurupi - TO	Licenciatura + Especialização	8 anos	Média
P3	Escola Estadual Rui Barbosa - Gurupi - TO	Mestre em Ensino	15 anos	Média
P4	Escola Estadual Vila Guaracy (Local de Aplicação) - Gurupi - TO	Licenciatura em Matemática	22 anos	Baixa
P5	Colégio Militar do Estado do Tocantins (CMTO) - Araguaína	Licenciatura + Especialização	10 anos	Alta

Fonte: Dados empíricos da pesquisa (2026).

As sessões de validação envolveram testes de estresse, nos quais os especialistas inseriram intencionalmente comandos e simulações de erros projetados para desafiar os limites da plataforma. O sistema demonstrou estabilidade, resultando em um consenso docente quanto à segurança pedagógica de sua arquitetura. O relato do Professor P4 exemplifica a eficácia da diretriz restritiva quanto ao fornecimento de gabaritos:

“Minha maior preocupação era a IA simplesmente dar a resposta pronta ou ensinar algum conceito errado. Mas [...] o sistema de ‘travas’ realmente funciona. Ele não entrega o jogo, ele obriga o aluno a pensar, o que respeita o nosso método de sala de aula.” (Professor P4)

A precisão analítica e o alinhamento restrito aos descritores da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) também foram validados no escopo de avaliação dos docentes:

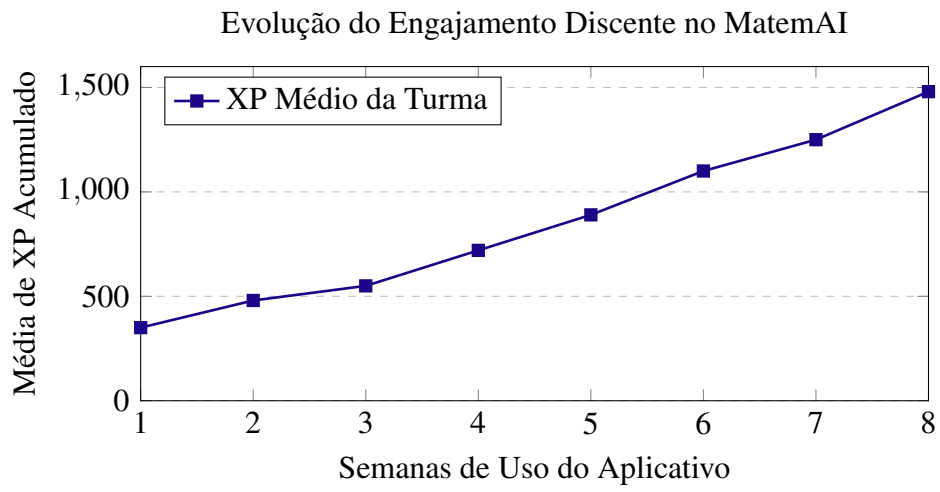
“Como professor, eu temia as chamadas ‘alucinações’ da IA. No entanto, ao interagir com o software, percebi que aquela validação oculta garante que as habilidades exigidas pela BNCC sejam respeitadas rigorosamente.” (Professor P3)

Os relatos corroboram a premissa central do projeto. O *MatemAI* não atua em substituição à função essencial da sala de aula. Ao contrário, consolida-se como um recurso tecnológico complementar e seguro, estruturado com o propósito de apoiar e potencializar a práxis do educador (Bardin, 2016).

5.3 O Impacto no Engajamento Discente (Telemetria)

Os princípios da Gamificação Adaptativa (Deterding; Dixon; Khaled; Nacke, 2011) foram submetidos à validação empírica baseada em dados. As métricas processadas no painel de *Learning Analytics* constataram um crescimento consistente e progressivo na participação voluntária dos alunos. A Figura 14 ilustra esse fenômeno, mapeando a evolução média dos Pontos de Experiência (XP) ao longo de oito semanas de intervenção no ambiente escolar.

Figura 14 – Curva de telemetria evidenciando a sustentação do engajamento voluntário.



Fonte: Logs da plataforma *MatemAI*.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto educacional desenvolvido neste trabalho demonstrou-se viável e exequível. O *MatemAI* consolidou-se não apenas como um protótipo, mas como um ecossistema funcional de personalização pedagógica fundamentado em Inteligência Artificial Generativa (Carvalho, 2025). A arquitetura em nuvem — desenvolvida no *framework Streamlit* e apoiada nos modelos do *Google Gemini* — atendeu às demandas estruturais da escola pública brasileira, oferecendo escalabilidade e baixo custo marginal de implementação (Silva, 2025). Durante o projeto-piloto realizado com os 57 alunos da Escola Estadual Vila Guaracy, o sistema transcendeu as limitações físicas da sala de aula, viabilizando uma extensão da tutoria individualizada que historicamente encontrava barreiras no modelo analógico tradicional (Bloom, 1984). Dessa forma, o docente passou a contar com suporte computacional para orientar e monitorar múltiplos discentes simultaneamente.

Os dados de telemetria evidenciaram o engajamento dos estudantes, registrando incremento expressivo na evolução de Pontos de Experiência (XP) e na resiliência discente diante das falhas procedimentais (Deterding; Dixon; Khaled; Nacke, 2011; Niño-Rojas *et al.*, 2024). No entanto, os avanços tecnológicos observados devem ser ponderados frente à realidade infraestrutural das instituições de ensino. Os entraves operacionais permanecem significativos: a instabilidade da conectividade à internet e a expressiva desigualdade no acesso a dispositivos de *hardware* adequados continuam a limitar a adoção integral de soluções *cloud-native* na educação pública. Reconhecem-se, ademais, as limitações de escopo desta pesquisa. Tendo em vista que este estudo priorizou a análise transversal da motivação imediata, faz-se necessária a condução de investigações longitudinais futuras. Tais estudos são fundamentais para mensurar de que maneira esse fluxo de engajamento se traduz, a longo prazo, no desempenho efetivo dos estudantes em avaliações padronizadas de larga escala.

Os obstáculos mapeados estabelecem as diretrizes para a continuidade do projeto. A etapa subsequente visa aprimorar o artefato como um instrumento de gestão pedagógica preditiva. Destaca-se a necessidade de implementação de módulos avançados de *Learning Analytics* (Baker; Inventado, 2014; Siemens; Dawson, 2013). A transição de métricas descritivas para análises dinâmicas exigirá que o sistema processe dados brutos para gerar diagnósticos precoces, alertando o educador sobre defasagens cognitivas iminentes e potenciais riscos de evasão escolar.

O objetivo central é instrumentalizar o professor com um painel de suporte à tomada de decisão em tempo real, possibilitando intervenções pedagógicas tempestivas e preventivas antes da consolidação do desinteresse acadêmico.

O *MatemAI* afasta-se de concepções que preveem a substituição tecnológica da docência. O recurso algorítmico não suprime o papel do professor, mas pressupõe uma reconfiguração substancial de sua prática profissional (Marques, 2020). Ao delegar ao sistema automatizado as tarefas exaustivas de correção procedimental e de suporte conteudista repetitivo, otimiza-se o tempo do educador. Esse recurso temporal é devolvido ao professor para o exercício da mediação pedagógica complexa, do planejamento estratégico e do acolhimento socioemocional. Conclui-se que o ensino de Matemática, quando amparado pela precisão e adaptabilidade de plataformas digitais de acesso livre (<<https://www.matemai.com.br>>), possui o potencial de superar seu histórico caráter excludente. A disciplina deixa de operar estritamente como um filtro social punitivo para consolidar-se, progressivamente, como um espaço de emancipação crítica e de promoção da equidade democrática (Skovsmose, 2000).

REFERÊNCIAS

- BAKER, R. S.; INVENTADO, P. S. Educational data mining and learning analytics. **Learning Analytics: From Research to Practice**, Springer, p. 61–75, 2014.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BARTLE, R. Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit muds. **Journal of MUD research**, v. 1, n. 1, p. 19, 1996.
- BLOOM, B. S. The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. **Educational Researcher**, Sage Publications, v. 13, n. 6, p. 4–16, 1984.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Educação é a Base**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- CARVALHO, E. G. **A Inteligência Artificial no Ensino da Matemática**: Possibilidades de aplicações nas turmas de ensino médio. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) — Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), PROFMAT, Vitória da Conquista, 2025. Disponível em: <https://sca.profmtat-sbm.org.br/busca_tcc.php>. Acesso em: 21 jan. 2026.
- CSIKSZENTMIHALYI, M. **Flow**: The psychology of optimal experience. New York: Harper & Row, 1990.
- DEHAENE, S. **How We Learn**: Why brains learn better than any machine... for now. London: Penguin Books, 2020.
- DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R.; NACKE, L. From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". In: **Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference**. New York, NY, USA: ACM, 2011. p. 9–15.
- HOLMES, W.; BIALIK, M.; FADEL, C. **Artificial Intelligence in Education**: Promises and implications for teaching and learning. Boston, MA: Center for Curriculum Redesign, 2019.
- MARQUES, A. P. **Panorama do uso de Inteligência Artificial no ensino de Matemática no Brasil**. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) — Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), PROFMAT, Macapá, 2020. Disponível em: <https://sca.profmtat-sbm.org.br/busca_tcc.php>. Acesso em: 21 nov. 2025.
- NIÑO-ROJAS, F.; LANCHEROS-CUESTA, D.; JIMÉNEZ-VALDERRAMA, M. T. P.; MESTRE, G.; GÓMEZ, S. Systematic review: Trends in intelligent tutoring systems in mathematics teaching and learning. **International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)**, v. 12, n. 1, p. 203–229, 2024.
- REEVES, T. C. Design research from a technology perspective. **Educational Design Research**, Routledge, v. 1, n. 1, p. 52–66, 2006.
- RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence**: A modern approach. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2020.
- SIEMENS, G.; DAWSON, S. Learning analytics: Envisioning a data-driven education system. **UNESCO Technology, Policy and Education**, UNESCO, Paris, 2013.

SILVA, A. C. d. **Desafios e Possibilidades do Uso de Inteligência Artificial Generativa na Elaboração e Revisão de Itens de Matemática**. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) — Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), PROFMAT, Santarém, 2023. Disponível em: <https://sca.profmtat-sbm.org.br/busca_tcc.php>. Acesso em: 21 dez. 2025.

SILVA, B. E. S. d. **Inteligência Artificial na Educação**: Uma abordagem comparativa das propostas dos governos por meio de análise documental. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) — Universidade do Estado do Amazonas (UEA), PROFMAT, Manaus, 2025. Disponível em: <https://sca.profmtat-sbm.org.br/busca_tcc.php>. Acesso em: 21 fev. 2026.

SKOVSMOSE, O. **Educação Matemática Crítica**: A questão da democracia. Campinas: Papirus, 2000.

SWELLER, J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. **Cognitive Science**, Wiley, v. 12, n. 2, p. 257–285, 1988.

VYGOTSKY, L. S. **Mind in Society**: The development of higher psychological processes. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

WEI, J.; WANG, X.; SCHUURMANS, D. *et al.* Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models. **Advances in Neural Information Processing Systems**, v. 35, p. 24824–24837, 2022.

WOOD, D.; BRUNER, J. S.; ROSS, G. The role of tutoring in problem solving. **Journal of Child Psychology and Psychiatry**, Wiley, v. 17, n. 2, p. 89–100, 1976.