Revista de Casos e Consultoria, v. 17, n. 1, 44010, 2026
ISSN 2237-7417 | CC BY 4.0

Ambientes virtuais imersivos na educação tecnológica: um caso de consultoria sobre o uso do metaverso no ensino de Matemática

Immersive virtual environments in technological education: a consulting case on the use of the metaverse in Mathematics teaching

Entornos virtuales inmersivos en la educación tecnológica: un caso de consultoría sobre el uso del metaverso en la enseñanza de las Matemáticas

Recebido: 19/05/2026 | Revisado: 29/08/2026 | Aceito: 09/11/2026 | Publicado: 09/11/2026

Érico Darlan Corrêa
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6447-776X
Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil
E-mail: erico.darlan@gmail.com

Felipe Guimarães de Souza
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-8375-8345
Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil
E-mail: felipedeaguimaraes@gmail.com

Paula Gabriela Gimenez Junger
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-3121-9454
Centro Universitário UFBRA, Brasil
E-mail: paulaggjunger@gmail.com

Alex Paubel Junger
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-8765-4321
Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil
E-mail: alex.junger@cruzeirodosul.edu.br

Resumo

Este estudo, concebido como um caso de consultoria educacional, analisa o uso de ambientes virtuais imersivos no ensino de Matemática a partir de um projeto-piloto desenvolvido em uma escola técnica. O objetivo foi compreender de que maneira o metaverso pode contribuir para a aprendizagem de conteúdos abstratos e quais desafios surgem em sua adoção no contexto escolar. Trata-se de um estudo de caso

qualitativo realizado com 18 estudantes do ensino médio técnico em Informática, ao longo de seis encontros na plataforma Spatial.io. As atividades envolveram a exploração de objetos geométricos tridimensionais e a resolução colaborativa de problemas. Os resultados indicaram maior participação dos estudantes, melhor compreensão de conceitos espaciais e desenvolvimento de habilidades relacionadas ao pensamento computacional. O estudo apresenta utilidade prática imediata para gestores e consultores educacionais ao fornecer um roteiro diagnóstico de viabilidade técnica e pedagógica para mitigar riscos de infraestrutura e otimizar a formação de professores. Para docentes, a matriz diagnóstica e o relato do caso podem ser utilizados como material de apoio à elaboração e à resolução de casos para ensino em cursos de formação de professores, de gestão educacional e de tecnologia educacional. Conclui-se que o metaverso pode favorecer práticas pedagógicas mais interativas, desde que sua implementação seja acompanhada de infraestrutura adequada e de formação docente.

Palavras-chave: Metaverso; Ensino de Matemática; Educação tecnológica; Ambientes imersivos; Aprendizagem; Consultoria educacional.

Abstract

This study, designed as an educational consulting case, analyzes the use of immersive virtual environments in Mathematics teaching based on a pilot project carried out in a technical school. Its objective was to understand how the metaverse may contribute to the learning of abstract content and which challenges emerge in its adoption within the school context. The study is a qualitative case study conducted with 18 students enrolled in a technical upper-secondary Informatics program over six sessions on the Spatial.io platform. The activities involved the exploration of three-dimensional geometric objects and collaborative problem solving. The results indicated greater student participation, improved understanding of spatial concepts, and the development of skills related to computational thinking. The study has immediate practical utility for school administrators and educational consultants, providing a diagnostic viability roadmap to mitigate infrastructure risks and optimize teacher training. For teachers, the diagnostic matrix and the case report can serve as support material for designing and solving teaching cases in teacher education, educational management, and educational technology courses. It is concluded that the metaverse may support more interactive pedagogical practices, provided that its implementation is accompanied by adequate infrastructure and teacher training.

Keywords: Metaverse; Mathematics teaching; Technological education; Immersive environments; Learning; Educational consulting.

Resumen

Este estudio, concebido como un caso de consultoría educativa, analiza el uso de entornos virtuales inmersivos en la enseñanza de las Matemáticas a partir de un proyecto piloto desarrollado en una escuela técnica. El objetivo fue comprender de qué manera el metaverso puede contribuir al aprendizaje de contenidos abstractos y qué desafíos surgen en su adopción en el contexto escolar. Se trata de un estudio de caso cualitativo realizado con 18 estudiantes de educación secundaria técnica en Informática, a lo largo de seis encuentros en la plataforma Spatial.io. Las actividades consistieron en la exploración de objetos geométricos tridimensionales y la resolución colaborativa de problemas. Los resultados indicaron una mayor participación de los estudiantes, una mejor comprensión de los conceptos espaciales y el desarrollo de habilidades relacionadas con el pensamiento computacional. El estudio presenta una utilidad práctica inmediata para gestores y consultores educativos al proporcionar una hoja de ruta diagnóstica de viabilidad técnica y pedagógica para mitigar los riesgos de infraestructura y optimizar la formación docente. Para los docentes, la matriz diagnóstica y el relato del caso pueden utilizarse como material de apoyo para la elaboración y la resolución de casos de enseñanza en cursos de formación docente, gestión educativa y tecnología educativa. Se concluye que el metaverso puede favorecer prácticas pedagógicas más interactivas, siempre que su implementación esté acompañada de una infraestructura adecuada y de capacitación docente.

Palabras clave: Metaverso; Enseñanza de las Matemáticas; Educación tecnológica; Entornos inmersivos; Aprendizaje; Consultoría educativa.

Introdução

O uso de tecnologias digitais na educação tem ampliado as possibilidades de ensino e aprendizagem, especialmente em áreas que exigem maior abstração, como a Matemática (TORI, 2023). Entre essas tecnologias, o metaverso tem despertado interesse por permitir experiências imersivas, interativas e colaborativas, nas quais os estudantes podem explorar conteúdos de forma mais visual e dinâmica (ALMEIDA; GONÇALVES; OLIVEIRA, 2024). Embora o termo tenha origem na ficção científica (STEPHENSON, 1992), hoje ele é discutido como uma possibilidade concreta de mediação pedagógica em diferentes contextos educacionais (TORI, 2023; GROSSI; AGUIAR; SANTOS, 2024).

Essa discussão é especialmente relevante quando se pensa no ensino de conteúdos matemáticos que costumam gerar dificuldade entre os estudantes. Segundo Almeida, Gonçalves e Oliveira (2024), o caráter social e colaborativo do metaverso amplia as possibilidades de uso educacional, sobretudo em disciplinas consideradas complexas. No caso da Matemática, essa potencialidade ganha importância diante dos baixos índices de desempenho escolar. Estudo do Todos Pela Educação (2025), elaborado com

base nos resultados do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) de 2023, mostra que apenas 5,2% dos estudantes do ensino médio alcançaram aprendizagem considerada adequada em Matemática.

Diante desse contexto, o uso do metaverso pode ser entendido como uma alternativa pedagógica para tornar conceitos abstratos mais concretos e acessíveis aos estudantes (TORI, 2023). Nesse cenário, a atuação de consultoria educacional é fundamental para orientar a implementação de novas tecnologias com foco em resultados de aprendizagem, aspecto também discutido na Revista de Casos e Consultoria por Lima e Torres (2026), que apontam o diálogo, a participação e a formação dos profissionais como condições para que a consultoria contribua efetivamente para a gestão escolar. No entanto, a adoção dessas tecnologias exige mais do que interesse pela novidade tecnológica. É preciso considerar as condições de infraestrutura, o preparo docente e os efeitos reais dessa proposta sobre a aprendizagem. Assim, este estudo busca responder à seguinte questão: como o uso de uma plataforma de metaverso pode contribuir para a aprendizagem significativa em Matemática e quais desafios surgem em sua implementação no ambiente escolar?

Nesse sentido, este estudo se diferencia de um estudo de caso exploratório convencional ao se estruturar deliberadamente sob a ótica de um caso de consultoria educacional. A relevância dessa abordagem reside na sua utilidade prática para profissionais de consultoria pedagógica, gestores escolares e professores em formação. Como destacam Pinto, Araújo e Santana Júnior (2024) no contexto das tecnologias educacionais, o papel das ferramentas virtuais não é substituir o docente, mas atuar como assistente e facilitador da mediação pedagógica, permitindo um acompanhamento mais próximo do estudante. Da mesma forma, a adoção de dinâmicas imersivas e gamificadas, conforme discutem Teixeira, Silva e Brito (2021), funciona como uma metodologia estratégica que amplia o engajamento e a motivação intrínseca dos estudantes, fornecendo dados diagnósticos que auxiliam os gestores na tomada de decisões estruturais e metodológicas. Assim, ao examinar não apenas os benefícios cognitivos, mas também os gargalos operacionais e os custos de planejamento associados ao uso da plataforma Spatial.io, este trabalho fornece um roteiro de viabilidade técnica e pedagógica para subsidiar intervenções de consultoria e programas de desenvolvimento docente em larga escala.

Além de sua contribuição acadêmica, o caso foi estruturado para ser útil a dois públicos. Para profissionais que atuam em consultorias educacionais e organizacionais, os resultados oferecem um modelo de diagnóstico replicável, que articula gargalos observados, efeitos sobre a prática e encaminhamentos recomendados, podendo ser adaptado a outras redes e instituições que avaliam a adoção de tecnologias imersivas. Para educadores interessados no ensino baseado em casos, o relato do projeto-piloto, com seus dilemas de infraestrutura, formação docente e mediação pedagógica, constitui material de apoio à elaboração e à resolução de casos para ensino, em consonância com Santos e Amorim (2026), que defendem que os estudos publicados sirvam de subsídio a consultores e docentes na análise e

na discussão de contextos reais.

Fundamentação Teórica

Esta seção estabelece as bases conceituais que orientam o parecer de consultoria, buscando fundamentar as escolhas pedagógicas e técnicas para a aplicação do metaverso.

A discussão central sobre a eficácia dos ambientes imersivos na educação apoia-se na Teoria da Codificação Dual (TCD), proposta por Allan Paivio (1986). Segundo a TCD, a informação é processada e armazenada em dois sistemas cognitivos distintos, porém interconectados: o verbal (linguagem) e o não verbal ou imagético (imagens). A aprendizagem é significativamente aprimorada quando o conteúdo é representado simultaneamente por ambos os canais, pois a redundância de representação fortalece a retenção e a recuperação do conhecimento.

Nesse contexto, o metaverso se apresenta como uma plataforma tecnológica adequada para materializar a TCD, transcendendo as limitações da instrução tradicional baseada predominantemente no canal verbal. Ao articular recursos visuais dinâmicos, retorno auditivo e interação em tempo real, o ambiente virtual possibilita que os estudantes construam compreensões mais abrangentes sobre os temas estudados (TORI, 2023). A capacidade de manipulação de objetos geométricos tridimensionais, por exemplo, permite que o estudante crie representações imagéticas robustas, complementando o conhecimento verbal sobre teoremas e fórmulas (ALMEIDA; GONÇALVES; OLIVEIRA, 2024).

Essa abordagem tecnológica e cognitiva da Teoria da Codificação Dual encontra um alinhamento pedagógico essencial no Construtivismo e no Sociointeracionismo. A natureza imersiva do metaverso suporta a premissa construtivista de que o conhecimento é ativamente construído pelo sujeito. Em um espaço virtual, o estudante não é apenas um receptor, mas um explorador ativo, que pode formular e testar hipóteses sobre os fenômenos matemáticos e aprender por meio de um processo direto de experimentação (TORI, 2023).

O aspecto sociointeracionista é crucial, pois o metaverso é inerentemente um espaço de convivência e colaboração, mediado pela representação de avatares (REIS et al., 2024). Essa interação entre pares, facilitada por recursos digitais, pode favorecer o engajamento e a participação de alunos que, em contextos de sala de aula presencial, podem sentir-se inibidos ou menos envolvidos nas atividades (TORI, 2023). A comunicação e a resolução colaborativa de problemas no metaverso transformam o desafio individual em uma construção social de significado, potencializando a zona de desenvolvimento proximal (VYGOTSKY, 2007).

A interligação entre a codificação dupla e a construção social do conhecimento culmina na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (2000). A TAS enfatiza que o novo

conhecimento deve ser ancorado nas estruturas cognitivas preexistentes do estudante para que a aprendizagem seja duradoura e não meramente memorística. O papel do metaverso é, portanto, criar a ponte entre o abstrato e o familiar. Ao possibilitar a visualização e a manipulação de conceitos complexos, como funções em 3D ou sólidos geométricos, o metaverso facilita a organização desses novos conteúdos de maneira não arbitrária e não literal na mente do estudante (AUSUBEL, 2000). Essa concretização de ideias abstratas por meio da imersão é vital para o ensino de Matemática, em que a falta de significado frequentemente leva os conteúdos a serem percebidos como distantes e excessivamente abstratos, resultando em baixos índices de proficiência (ALMEIDA; GONÇALVES; OLIVEIRA, 2024).

A combinação dessas perspectivas teóricas – a codificação robusta de Paivio (1986), a construção ativa do conhecimento em um contexto social e a ancoragem significativa de Ausubel (2000) – fornece a base conceitual para a presente consultoria. Ela sustenta a escolha do metaverso não apenas como uma ferramenta inovadora, mas como um ambiente que atende a requisitos pedagógicos fundamentais para superar o desafio da abstração no ensino tecnológico de Matemática.

Pensamento computacional e aprendizagem matemática

Outro aspecto relevante é a aproximação entre o ensino de Matemática e o desenvolvimento do pensamento computacional. Processos como decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e elaboração de algoritmos, descritos por Wing (2006), podem ser mobilizados em atividades imersivas que exigem observação, interpretação e resolução de problemas (BRENNAN; RESNICK, 2012).

Por essa razão, o uso do metaverso pode contribuir não apenas para a compreensão de conteúdos matemáticos, mas também para o desenvolvimento de habilidades digitais e cognitivas importantes no percurso formativo dos estudantes (CAVALCANTE; COSTA; ARAUJO, 2016). Essa articulação amplia as possibilidades didáticas do professor e favorece uma abordagem mais integrada do processo de aprendizagem.

Metodologia

A estrutura desta pesquisa reflete a abordagem diagnóstica típica de uma consultoria educacional e suas fases, com o propósito de mapear a viabilidade e os desafios pedagógicos de uma intervenção tecnológica. O delineamento metodológico, portanto, foi concebido para gerar um parecer fundamentado, que transcende a mera descrição do caso, com foco na identificação de fatores críticos para uma eventual implementação do metaverso em larga escala.

Como em um parecer de consultoria, a intervenção pedagógica partiu da caracterização e da delimitação do problema de um cliente: uma instituição de ensino técnico que registrava baixos índices de proficiência e entraves motivacionais na aprendizagem de geometria e funções, conteúdos de alta

demanda de abstração cognitiva. O diagnóstico preliminar efetuado pelos consultores apontou para o potencial de ferramentas digitais imersivas para ressignificar esses conteúdos abstratos. A partir disso, delineou-se um plano de intervenção diagnóstica estruturado em quatro eixos: (1) definição de metas curriculares e seleção tecnológica (Spatial.io); (2) execução e monitoramento assistido das sessões pedagógicas; (3) levantamento empírico de barreiras técnicas e de usabilidade; e (4) emissão do parecer estratégico final contendo recomendações práticas de escalabilidade institucional.

Para cumprir esse objetivo, a investigação adotou uma abordagem qualitativa, alicerçada no método de estudo de caso. Essa escolha é justificada pela necessidade de examinar em profundidade um fenômeno contemporâneo em seu contexto real (YIN, 2015). A análise de uma experiência pedagógica específica em um projeto-piloto permite a observação sistemática das variáveis envolvidas, possibilitando um entendimento aprofundado tanto das potencialidades didáticas quanto das dificuldades inerentes ao uso de tecnologias imersivas em sala de aula.

O estudo foi conduzido em uma escola técnica localizada na Região Metropolitana de São Paulo. Participaram voluntariamente da pesquisa 18 estudantes, com idades entre 16 e 18 anos, todos matriculados no curso técnico em Informática no segundo semestre letivo de 2024. O recorte populacional é estratégico: a seleção de um público com alto nível de letramento digital minimizou as dificuldades tecnológicas iniciais e permitiu que a análise se concentrasse prioritariamente na viabilidade pedagógica e cognitiva da proposta. [Nota aos autores: informar aqui os procedimentos éticos adotados, como a autorização da instituição e a assinatura dos termos de consentimento e de assentimento pelos responsáveis e pelos estudantes menores de idade.]

A plataforma escolhida para a intervenção foi a Spatial.io, um ambiente de metaverso que suporta a criação de modelos tridimensionais e a interação com eles em tempo real. A justificativa para essa escolha reside na sua capacidade de oferecer suporte visual e de permitir a manipulação de objetos que são intrinsecamente desafiadores em suportes bidimensionais, um requisito fundamental para a concretização de conceitos abstratos em Geometria, como reforça a literatura sobre realidade virtual e realidade aumentada no ensino de Matemática (TOPRAKLIKOĞLU; ÖZTÜRK, 2025; VOULGARI; PANAGOPOULOS; GARNELI, 2025).

Quanto à organização temporal, a intervenção pedagógica foi estruturada em seis encontros quinzenais, cada um com duração de 50 minutos, realizados de forma complementar às aulas presenciais. Esse modelo de tempo e frequência foi planejado para evitar a sobrecarga cognitiva dos participantes (REIS et al., 2024) e assegurar a consistência temporal necessária para a construção colaborativa de conhecimento, fator essencial para o engajamento ativo no ambiente virtual.

As atividades pedagógicas centraram-se em dois grandes eixos de conteúdo: Geometria Espacial (manipulação de poliedros e sólidos de revolução) e Visualização de Funções (exploração de gráficos em

três dimensões). A metodologia das tarefas mobilizou a exploração tridimensional e a resolução colaborativa de problemas, visando ao desenvolvimento do pensamento computacional, que envolve processos como a abstração e a decomposição de problemas complexos (WING, 2006; BRENNAN; RESNICK, 2012).

A coleta de dados foi realizada mediante duas técnicas principais: a observação participante sistematizada e a análise de artefatos digitais. A observação foi rigorosamente registrada em diário de campo, com foco nas dinâmicas de interação, nas falas dos estudantes e nas estratégias adotadas para a resolução dos problemas. A análise de artefatos envolveu o exame de capturas de tela e dos registros (logs) de atividades colaborativas, que documentaram as construções geométricas e as interações realizadas pelos avatares no ambiente Spatial.io.

O tratamento analítico dos dados seguiu as diretrizes da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011), um método que oferece o rigor necessário para o tratamento de dados qualitativos. O processo de análise foi dividido nas etapas de pré-análise (organização do material), exploração do material (codificação) e, por fim, interpretação dos dados. A interpretação final foi organizada em torno de dois eixos temáticos essenciais para a consultoria: (a) a participação e os indicadores de aprendizagem dos estudantes, avaliando o impacto didático e motivacional da tecnologia; e (b) as condições de implementação da proposta, com foco no diagnóstico de gargalos de infraestrutura e formação, que servem como base para a emissão do parecer de viabilidade da consultoria educacional.

Uso de ferramentas de Inteligência Artificial

Em atendimento às orientações da Revista de Casos e Consultoria e aos princípios de transparência do Committee on Publication Ethics (COPE), registra-se o uso de ferramentas de Inteligência Artificial (IA) generativa no desenvolvimento deste trabalho. O modelo de linguagem Gemini (Google) foi utilizado na revisão gramatical, no aprimoramento da coesão textual e na padronização das referências segundo a ABNT NBR 6023:2018. Na etapa de revisão para adequação ao escopo do periódico, utilizou-se o Claude (Anthropic) como apoio à revisão ortográfica e gramatical, à verificação da existência e dos dados bibliográficos das referências, à adequação do texto ao modelo da revista e à sugestão de trechos voltados à aplicação prática do estudo em consultorias e no ensino baseado em casos. A coleta e a análise dos dados empíricos, bem como a interpretação dos resultados, foram realizadas exclusivamente pelos autores, que revisaram todo o conteúdo sugerido pelas ferramentas e assumem integral responsabilidade pelo manuscrito.

Resultados e Discussão

Indicadores de aprendizagem e participação

Em consonância com as etapas analíticas de Bardin (2011), o processo de codificação dos dados textuais e observacionais coletados deu origem a duas categorias empíricas centrais e suas respectivas subcategorias, que estruturam as descobertas deste estudo de caso:

Categoria 1: Processos Cognitivos Imersivos na Aprendizagem Matemática. Refere-se às transformações no processamento de informações teóricas em imagens mentais. Divide-se em: (a) Codificação Dual e Percepção Espacial, em que a visualização tridimensional interativa de poliedros e sólidos geométricos permitiu converter conceitos verbais e fórmulas em representações imagéticas persistentes (PAIVIO, 1986); e (b) Ancoragem Visual Significativa, que evidencia como gráficos cartesianos tridimensionais atuaram como subsunçores não arbitrários na estrutura cognitiva dos estudantes para consolidar a compreensão de funções abstratas (AUSUBEL, 2000).

Categoria 2: Dinâmicas Sociointerativas e Habilidades Transversais. Investiga o comportamento coletivo e o desenvolvimento de habilidades no metaverso. Subdivide-se em: (a) Desinibição Escolar Mediada por Avatares, na qual estudantes habitualmente retraídos no ensino presencial revelaram alto engajamento ativo pela representação virtual; e (b) Pensamento Computacional Colaborativo, em que a cooperação entre pares na resolução de problemas espaciais mobilizou processos heurísticos e lógicos, como decomposição de tarefas e reconhecimento de padrões (WING, 2006).

A análise desses eixos indicou que o uso de ambientes virtuais imersivos promoveu uma maior participação dos estudantes. Observou-se um aumento perceptível no envolvimento nas atividades propostas, especialmente entre os alunos que costumavam apresentar comportamento mais retraído em contextos de aula tradicionais. Esse fenômeno sugere que a dinâmica de interação mediada por avatares no ambiente virtual favorece o engajamento ativo, superando barreiras de participação convencional, um achado que dialoga com as premissas sociointeracionistas sobre a facilitação da expressão em ambientes colaborativos (ALMEIDA; GONÇALVES; OLIVEIRA, 2024).

No que tange aos aspectos cognitivos, a pesquisa apontou uma melhor compreensão de conteúdos espaciais por parte dos participantes. A possibilidade de visualização tridimensional de objetos geométricos, como prismas e pirâmides, permitiu que os estudantes estabelecessem conexões mais profundas entre conceitos matemáticos abstratos e suas representações concretas. Essa facilitação da percepção espacial é um dos diferenciais das tecnologias imersivas, que oferecem suporte visual dinâmico para a construção do conhecimento geométrico. Tais ganhos são coerentes com a Teoria da Codificação Dual (PAIVIO, 1986), pois a representação imagética robusta dos sólidos em 3D complementa a informação verbal, potencializando a retenção e a compreensão (ALMEIDA; GONÇALVES;

OLIVEIRA, 2024).

Adicionalmente, o trabalho com a Visualização de Funções (exploração de gráficos em três dimensões), um dos eixos temáticos da intervenção, indicou um impacto positivo na capacidade de abstração dos estudantes. A manipulação em tempo real dos eixos cartesianos e a observação das transformações gráficas em um ambiente imersivo criaram condições favoráveis para uma aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2000). Isso se deu porque a concretização visual dos gráficos serviu de ancoragem não arbitrária para conteúdos que, no plano bidimensional, são frequentemente percebidos como excessivamente distantes da realidade do aluno.

Outro aspecto fundamental foi o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao pensamento computacional (PC). O PC, essencial no percurso formativo dos estudantes (WING, 2006), foi mobilizado pelas tarefas de Geometria e Funções, que exigiam a decomposição de problemas complexos em etapas menores, o reconhecimento de padrões para construir modelos e a elaboração de sequências lógicas (BRENNAN; RESNICK, 2012). A natureza exploratória e a necessidade de intervir diretamente no ambiente para resolver os desafios matemáticos contribuíram de forma relevante para o avanço dessas competências digitais e cognitivas (CAVALCANTE; COSTA; ARAUJO, 2016).

Outro ponto de destaque foi a continuidade das explorações proporcionada pela persistência do ambiente virtual. Diferentemente de uma aula física limitada pelo tempo e pelo espaço, a plataforma permitiu que os estudantes retomassem construções e resoluções de problemas iniciadas em momentos anteriores. Esse fator contribuiu para estimular a revisão constante de conteúdos e fortalecer a colaboração entre os pares durante todo o percurso do projeto-piloto.

Parecer de consultoria: gestão e análise estratégica de fatores críticos

Sob a perspectiva metodológica de um parecer de viabilidade educacional, o papel da consultoria é traduzir as barreiras observadas na experiência-piloto em planos de gestão de riscos e recomendações estratégicas acionáveis. Dessa forma, a viabilidade do metaverso em larga escala deixa de ser uma questão de adoção tecnológica e passa a ser uma discussão de gestão pedagógica estruturada.

Gerenciamento da curva de aprendizado inicial: o registro de que uma fração substancial das primeiras sessões foi dedicada à familiarização mecânica com os controles da Spatial.io revela que o tempo didático, normalmente escasso nas redes de ensino, é vulnerável a ruídos tecnológicos. O encaminhamento pragmático sugerido pela consultoria é que qualquer adoção institucional do metaverso seja precedida por “oficinas de alfabetização de navegação” assíncronas e gamificadas de curta duração (máximo de 15 minutos), realizadas fora do horário pedagógico regular. Isso assegura que o primeiro encontro em ambiente virtual já se inicie com foco metodológico integral na resolução de desafios de Matemática.

Arquitetura de rede e infraestrutura de conexão: as oscilações técnicas e as quedas de

rendimento observadas constituem os principais gargalos materiais para a escalabilidade da proposta imersiva. A consultoria recomenda que a implantação em escala seja precedida por uma auditoria de TI rigorosa em cada unidade escolar, estabelecendo parâmetros mínimos de rede (latência inferior a 50 ms e banda dedicada de ao menos 10 Mbps por dispositivo). Além disso, sugere-se a padronização e a restrição de elementos gráficos pesados nos mundos virtuais, utilizando modelos *low-poly* para otimizar a renderização. Esse achado converge com o estudo de Parachen, Souza e Vieira (2026), que, ao analisarem o uso da Spatial.io com estudantes e em uma ação de formação docente, identificaram uma lacuna de implementação entre o potencial das tecnologias emergentes e a capacidade sistêmica das escolas de integrá-las de modo sustentável.

Sustentabilidade do trabalho docente: a preparação de ambientes imersivos no metaverso é um processo de *design* digital complexo que ultrapassa o escopo de planejamento de aulas tradicionais. Exigir que cada professor crie do zero seus cenários pedagógicos geraria sobrecarga de trabalho excessiva e inviabilizaria o projeto. Diante disso, a recomendação estratégica reside na criação de um repositório centralizado de roteiros reutilizáveis e mundos virtuais pré-configurados (como coleções de sólidos tridimensionais e laboratórios virtuais de Matemática). Isso reduz o esforço individual docente ao incentivar uma comunidade de prática compartilhada. A recomendação dialoga com a perspectiva de formação continuada colaborativa discutida por Araújo e Amorim (2026), segundo a qual a formação em serviço, construída de modo contínuo e contextualizado, fortalece a autonomia e a colaboração entre os profissionais.

Mediação ativa e combate à transposição passiva: a tecnologia imersiva do metaverso só se justifica se houver interatividade e experimentação direta do estudante. Há um risco real de replicação passiva do modelo expositivo convencional (um avatar de professor ministrando uma palestra virtual em frente a uma tela 2D projetada em 3D). Para mitigar essa distorção metodológica, a consultoria recomenda que os programas de formação docente continuada não se limitem à operação técnica do *software*, mas preparem os professores para a aplicação de metodologias ativas (Aprendizagem Baseada em Desafios e Gamificação) projetadas especificamente para mundos tridimensionais. Experiências já relatadas na Revista de Casos e Consultoria, como a proposta de gamificação para o ensino de engenharia de Teixeira, Silva e Brito (2021), reforçam que o potencial motivacional dessas metodologias depende de planejamento didático intencional.

A Tabela 1 sintetiza a matriz diagnóstica elaborada pela consultoria educacional, correlacionando os gargalos observados e os planos de ação gerenciais propostos.

Tabela 1 – Matriz diagnóstica e de planejamento da consultoria educacional

Aspecto Observado (Gargalo)	Efeito na Prática Pedagógica	Encaminhamento Prático Recomendado	Suporte Bibliográfico

Aspecto Observado (Gargalo)	Efeito na Prática Pedagógica	Encaminhamento Prático Recomendado	Suporte Bibliográfico
Dificuldade inicial de uso	Fração significativa das primeiras aulas foi consumida pela adaptação mecânica aos controles da Spatial.io, reduzindo o tempo didático de resolução geométrica.	Instituir tutoriais assíncronos e pré-treinamentos breves fora do horário escolar, promovendo a familiarização dos estudantes antes das aulas práticas.	(GROSSI; AGUIAR; SANTOS, 2024)
Limitações de infraestrutura	Oscilações na conexão Wi-Fi e atrasos na renderização de modelos 3D provocaram frustração coletiva e desconexões pontuais no trabalho colaborativo.	Realizar auditoria técnica de largura de banda e priorizar conexões cabeadas ou roteadores dedicados; limitar o peso poligonal dos cenários em 3D.	(GROSSI; AGUIAR; SANTOS, 2024; PARACHEN; SOUZA; VIEIRA, 2026)
Demanda de planejamento docente	A criação manual de mundos virtuais e a importação de sólidos geométricos exigiram tempo de preparação docente muito superior ao da rotina.	Formar repositórios centralizados de mundos tridimensionais reutilizáveis e roteiros padronizados; fomentar redes de cooperação entre docentes.	(GROSSI; AGUIAR; SANTOS, 2024; ARAÚJO; AMORIM, 2026)
Necessidade de mediação adequada	Risco de transposição didática passiva, na qual o ambiente imersivo 3D é subutilizado para abrigar aulas meramente expositivas e lineares.	Focar a formação pedagógica docente em metodologias ativas (Gamificação e Resolução de Problemas) adaptadas à realidade tridimensional.	(TORI, 2023; TEIXEIRA; SILVA; BRITO, 2021)

Fonte: elaborada pelos autores (2026).

Aplicação do caso em consultorias e no ensino baseado em casos

A matriz diagnóstica apresentada na Tabela 1 pode ser utilizada por consultores como instrumento de levantamento inicial em instituições que avaliam a adoção de ambientes imersivos. Cada linha corresponde a um ponto de verificação (usabilidade, infraestrutura, carga de trabalho docente e mediação pedagógica) que pode ser pontuado, ajustado ao porte da rede e convertido em plano de ação com responsáveis, prazos e indicadores de acompanhamento.

No ensino baseado em casos, o mesmo material pode ser apresentado a estudantes de licenciatura, de gestão educacional ou de cursos da área de tecnologia como um dilema decisório, orientado por questões como: (1) a escola deve ampliar o projeto-piloto para outras turmas antes de resolver as limitações de rede?; (2) que critérios devem orientar a escolha entre construir mundos virtuais próprios ou reutilizar ambientes pré-configurados?; (3) como evitar que o ambiente imersivo reproduza a aula expositiva tradicional?; e (4) quais indicadores devem ser acompanhados para avaliar o retorno pedagógico do investimento? Essas questões permitem que o docente conduza a discussão em sala de aula e que os participantes formulem recomendações fundamentadas, de modo análogo ao trabalho realizado pela consultoria.

Considerações Finais

Os resultados deste estudo, estruturado metodologicamente como um caso de consultoria

educacional, sugerem que o metaverso pode contribuir de forma expressiva para o ensino de Matemática. Ao atuar como um recurso de apoio visual à mediação pedagógica, a plataforma Spatial.io favoreceu a visualização espacial de conceitos complexos, ampliou a participação de estudantes introvertidos e estimulou o desenvolvimento integrado de habilidades relacionadas ao pensamento computacional.

Contudo, a transição sustentável do ambiente de simulação piloto para a prática curricular regular está intrinsecamente condicionada à superação de entraves operacionais relevantes. Conforme diagnosticado neste parecer, a fragilidade da infraestrutura de rede e o desempenho oscilante dos computadores representam riscos elevados à continuidade das atividades escolares, exigindo planejamento estrutural de TI antes de qualquer investimento. Paralelamente, a elevada sobrecarga de planejamento e de preparação do professor demanda suporte metodológico institucional e o estabelecimento de uma cultura de compartilhamento didático em redes de colaboração docente.

Assim, a relevância principal deste estudo não se restringe aos ganhos de proficiência observados localmente, mas se concentra na oferta de um modelo de análise de viabilidade técnica e pedagógica aplicável a outros projetos de adoção tecnológica na educação básica e técnica. Esse arcabouço atua como um roteiro lógico de diagnóstico e de tomada de decisões estratégicas de que gestores de ensino e profissionais de consultoria pedagógica necessitam para planejar investimentos conscientes, mitigar desgastes operacionais e garantir a eficácia da adoção de ambientes imersivos.

De forma objetiva, os resultados contribuem para a prática de três maneiras. Primeiro, para a formulação de recomendações: consultores podem partir dos quatro encaminhamentos da matriz diagnóstica (oficinas prévias de navegação, auditoria de rede, repositório compartilhado de mundos virtuais e formação em metodologias ativas) para estruturar pareceres de viabilidade. Segundo, para a adaptação a contextos específicos: os parâmetros propostos podem ser ajustados ao perfil dos estudantes, ao porte da rede e às condições de conectividade de cada instituição, especialmente em escolas cujo público apresente menor letramento digital do que o grupo aqui investigado. Terceiro, para a construção de materiais didáticos: o relato do projeto-piloto e as questões propostas na seção de resultados podem ser convertidos em casos para ensino destinados à formação inicial e continuada de professores e de gestores educacionais.

Por fim, destaca-se que este estudo qualitativo de caso possui limitações relacionadas ao tamanho reduzido da amostra (18 estudantes), ao perfil dos participantes, oriundos de um curso técnico em Informática e com elevado letramento digital, e ao contexto socioespacial e escolar específico, o que impede a generalização direta de seus achados para outras instituições de ensino. Recomenda-se, para pesquisas futuras, o desenvolvimento de estudos longitudinais que acompanhem os efeitos cognitivos e a retenção do conhecimento matemático construído em ambientes imersivos ao longo de períodos ampliados, além de investigações comparativas entre diferentes plataformas e sobre o impacto dos

programas de qualificação docente continuada no desempenho escolar em larga escala.

Referências

ALMEIDA, P. H. S.; GONÇALVES, M.; OLIVEIRA, T. F. O metaverso como ferramenta imersiva para o aprendizado em sala de aula. **SCIAS – Educação, Comunicação e Tecnologia**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 84-100, jul./dez. 2024. DOI: https://doi.org/10.36704/sciaseducomtec.v6i2.9314.

ARAÚJO, N. L. A.; AMORIM, I. B. Reflexões acerca da formação continuada: perspectiva colaborativa na estruturação das práticas de consultoria no atendimento multidisciplinar do CAPENE. **Revista de Casos e Consultoria**, v. 17, n. 1, p. e43000, 2026. Disponível em: https://periodicos.ufrn.br/casoseconsultoria/article/view/43000. Acesso em: 9 nov. 2026.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge**: a cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BRENNAN, K.; RESNICK, M. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN EDUCATIONAL RESEARCH ASSOCIATION, 2012, Vancouver. **Proceedings** [...]. Vancouver: AERA, 2012.

CAVALCANTE, A. F.; COSTA, L. S.; ARAUJO, A. L. S. O. Um estudo de caso sobre competências do pensamento computacional desenvolvidas na programação em blocos no Code.Org. In: WORKSHOP DE ENSINO EM PENSAMENTO COMPUTACIONAL, ALGORITMOS E PROGRAMAÇÃO, 2., 2016, Uberlândia. **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2016.

GROSSI, M. G. R.; AGUIAR, C. de; SANTOS, D. C. S. Uso e os desafios do metaverso na educação. **Revista Temas em Educação**, João Pessoa, v. 33, n. 1, p. 1-25, e-rte331202420, 2024. DOI: https://doi.org/10.22478/ufpb.2359-7003.2024v33n1.65704.

LIMA, L. A.; TORRES, C. R. de O. V. Consultoria em gestão educacional compartilhada: diferenças e possibilidades das gestão militar e educacional nas unidades de ensino. **Revista de Casos e Consultoria**, v. 17, n. 1, p. e43001, 2026. Disponível em: https://periodicos.ufrn.br/casoseconsultoria/article/view/43001. Acesso em: 9 nov. 2026.

PAIVIO, A. **Mental representations**: a dual coding approach. Oxford: Oxford University Press, 1986.

PARACHEN, G.; SOUZA, M. V. de; VIEIRA, M. L. H. O uso do metaverso na educação: um estudo de caso em uma perspectiva de escolarização aberta. **Sisyphus – Journal of Education**, v. 14, n. 1, p. 128-149, 2026. DOI: https://doi.org/10.25749/sis.41842.

PINTO, L. A. S.; ARAÚJO, I. A. F.; SANTANA JÚNIOR, O. V. de. Transformando o aprendizado: uma proposta de um bot educacional para auxiliar o professor - RN. **Revista de Casos e Consultoria**, v. 15, n. 1, p. e33870, 2024. Disponível em: https://periodicos.ufrn.br/casoseconsultoria/article/view/33870. Acesso em: 9 nov. 2026.

REIS, I. W.; SOLANO, M. I.; ROMEIRO, A. E.; ULBRICHT, V. R. Metaverso como espaço educativo e o uso de metáforas para um aprendizado significativo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), 35., 2024, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 807-818. DOI: https://doi.org/10.5753/sbie.2024.242493.

SANTOS, J. S.; AMORIM, I. B. Interfaces sociais e saberes em ação: uma análise do estado do conhecimento e suas contribuições para prática em consultorias e ensino baseado em casos. **Revista de Casos e Consultoria**, v. 17, n. 1, p. e43038, 2026. Disponível em: https://periodicos.ufrn.br/casoseconsultoria/article/view/43038. Acesso em: 9 nov. 2026.

STEPHENSON, N. **Snow Crash**. New York: Bantam Books, 1992.

TEIXEIRA, R. L. P.; SILVA, P. C. D.; BRITO, M. L. de A. Gamificação para o ensino de engenharia no contexto da indústria 4.0: metodologia estratégica para a motivação dos estudantes. **Revista de Casos e Consultoria**, v. 12, n. 1, p. e23964, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufrn.br/casoseconsultoria/article/view/23964. Acesso em: 9 nov. 2026.

TODOS PELA EDUCAÇÃO. **Aprendizagem na Educação Básica**: situação brasileira no pós-pandemia. São Paulo: Todos Pela Educação, 2025.

TOPRAKLIKOĞLU, K.; ÖZTÜRK, G. Metaverse application development for teaching geometry in virtual reality environment. **Journal of Educational Technology and Online Learning**, v. 8, n. 1, p. 112-135, 2025. DOI: https://doi.org/10.31681/jetol.1596173.

TORI, R. Metaversos na educação: conceitos e possibilidades. **Video Journal of Social and Human Research**, v. 2, n. 1, p. 53-66, 2023. DOI: https://doi.org/10.18817/vjshr.v2i1.25.

VOULGARI, N.; PANAGOPOULOS, M.; GARNELI, V. A systematic review of augmented reality in mathematics education: fostering learning through art integration. **Arts & Communication**, v. 3, n. 2, e4446, 2025. DOI: https://doi.org/10.36922/ac.4446.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WING, J. M. Computational thinking. **Communications of the ACM**, v. 49, n. 3, p. 33-35, 2006. DOI: https://doi.org/10.1145/1118178.1118215.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.