

**APLICAÇÃO EDUCACIONAL DE REALIDADE AUMENTADA PARA  
VISUALIZAÇÃO DE VISTAS EM DESENHO TÉCNICO MECÂNICO USANDO  
UNITY, API REST EM PHP E MYSQL**

**EDUCATIONAL AUGMENTED REALITY APPLICATION FOR VISUALIZING  
VIEWS IN MECHANICAL TECHNICAL DRAWING USING UNITY, REST API IN  
PHP, AND MYSQL**

**Venicius Severiano de Sousa<sup>1, i</sup>  
Felipe Sant`Anna Froner<sup>2, ii</sup>  
Daniel Otávio Tambasco Bruno<sup>3, iii</sup>  
Ricardo Martinez Vicentini<sup>4, iv</sup>  
Daniel Camusso<sup>5, v</sup>**

---

<sup>1</sup>Discente do curso de Engenharia de Controle e Automação. E-mail: felipe.froner@senaisp.edu.br

<sup>2</sup>Discente do curso de Engenharia de Controle e Automação. E-mail: venicius.sousa2@senaisp.edu.br

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia da Informação. Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatronica. E-mail: daniel.bruno@sp.senai.br

<sup>4</sup> Mestre em Engenharia Mecânica. Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatronica. E-mail: daniel.camusso@sp.senai.br

<sup>5</sup> Mestre em Engenharia Elétrica. Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatronica. E-mail: ricardo.vicentini@sp.senai.br

## RESUMO

A Realidade Aumentada (RA) tem se mostrado um recurso promissor no ensino de desenho técnico mecânico, especialmente para aprimorar a visualização de vistas ortogonais e a habilidade de rotação mental dos estudantes. A aplicação desenvolvida integra Unity, uma API REST em PHP e um banco de dados MySQL, permitindo a renderização de modelos tridimensionais a partir de códigos QR. A metodologia adotada combina camadas tecnológicas e pedagógicas, incluindo pipeline de conteúdo 3D, reconhecimento de marcadores, módulos de aprendizagem progressivos e design centrado no usuário. Um estudo piloto com alunos de cursos técnicos e tecnológicos avaliou desempenho em leitura de vistas, visualização espacial, usabilidade e engajamento, utilizando testes padronizados, rubricas, escala SUS e questionários de aceitação. Os resultados apontam para melhorias na acurácia e velocidade na interpretação de projeções ortogonais, ganhos na habilidade espacial e elevada aceitação da aplicação. Como perspectiva futura, propõe-se a criação de um repositório aberto de modelos tridimensionais em RA, ampliando o acesso a recursos didáticos no ensino de desenho técnico.

**Palavras-chave:** Realidade aumentada. Ensino de engenharia. Visualização espacial. Desenho técnico. Unity.

## ABSTRACT

Augmented Reality (AR) has proven to be a promising resource in mechanical technical drawing education, particularly for enhancing the visualization of orthographic views and students' mental rotation skills. The developed application integrates Unity, a REST API in PHP, and a MySQL database, enabling the rendering of 3D models through QR codes. The adopted methodology combines technological and pedagogical layers, including a 3D content pipeline, marker recognition, progressive learning modules, and user-centered design. A pilot study with students from technical and technology courses assessed performance in view reading, spatial visualization, usability, and engagement using standardized tests, rubrics, the System Usability Scale (SUS), and post-use questionnaires. The results indicate improvements in accuracy and speed of orthographic projection interpretation, gains in spatial visualization ability, and high acceptance of the application. As a future perspective, the creation of an open repository of 3D AR models is proposed to broaden access to educational resources in technical drawing instruction.

**Keywords:** Augmented Reality. Engineering education. Spatial visualization. Technical drawing. Unity.

## 1 INTRODUÇÃO

Cursos técnicos e tecnológicos dependem fortemente da capacidade de visualização espacial para a leitura e interpretação de vistas ortogonais, uma competência central no ensino de desenho técnico e disciplinas correlatas. Entretanto, diversos estudos indicam que muitos estudantes apresentam dificuldades persistentes ao realizar rotações mentais e ao relacionar representações bidimensionais com seus correspondentes tridimensionais. Essas limitações impactam diretamente a compreensão conceitual e o desempenho acadêmico em áreas como desenho técnico, engenharia gráfica, fabricação mecânica, automação e mecatrônica.

Nos últimos anos, a Realidade Aumentada (RA) tem emergido como uma tecnologia promissora para mitigar tais desafios. Aplicações de RA permitem sobrepor modelos tridimensionais ao ambiente real, facilitando a transição cognitiva entre projeções 2D e formas espaciais. Evidências recentes indicam ganhos consistentes em desempenho, engajamento e clareza conceitual em disciplinas técnicas e de engenharia quando comparadas a abordagens tradicionais, especialmente em conteúdos que demandam habilidades de visualização tridimensional.

Diante desse cenário, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um ambiente educacional baseado em RA para apoiar o ensino de desenho técnico, com foco na leitura de vistas ortogonais e no aprimoramento da visualização espacial. A solução utiliza QR Codes como marcadores para ativar modelos tridimensionais em RA, permitindo manipulação, alternância de vistas e interação guiada pelo docente. O sistema integra ainda arquitetura cliente–servidor, otimização de modelos 3D e princípios de design centrado no usuário, buscando acessibilidade, leveza e escalabilidade em contextos de ensino técnico.

Este artigo apresenta a fundamentação teórica, a metodologia empregada, o desenvolvimento da solução e os resultados preliminares, além de discutir perspectivas de avaliação futura em turmas dos cursos técnicos em Mecatrônica e Automação.

## 1.1 Problema de pesquisa

Embora a visualização espacial seja fundamental em cursos técnicos e tecnológicos, muitos estudantes continuam enfrentando dificuldades na interpretação de vistas ortogonais e na realização de rotações mentais a partir de representações bidimensionais. Os métodos tradicionais de ensino em desenho técnico e engenharia gráfica nem sempre conseguem superar essas barreiras, comprometendo o desempenho e a compreensão dos alunos. Diante disso, surge a necessidade de investigar se o uso de aplicações de Realidade Aumentada pode efetivamente minimizar essas dificuldades, promovendo melhorias no desempenho, no engajamento e na compreensão em comparação às abordagens convencionais.

## 1.2 Objetivos

Objetivo principal: desenvolver e avaliar a viabilidade de uma solução educacional que, a partir de códigos (*Quick Response codes*, códigos QR) gerados no servidor, permita que um aplicativo construído em Unity renderize modelos 3D em RA de peças de desenho técnico mecânico, facilitando a leitura de vistas e a compreensão de projeções ortogonais.

Objetivos secundários: i) medir usabilidade e aceitação; ii) avaliar ganhos em visualização espacial e acurácia na leitura de vistas; iii) levantar requisitos para um repositório aberto e interoperável de modelos RA para docentes e discentes

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Realidade Aumentada tem sido cada vez mais explorada como recurso educacional de alto potencial. Estudos recentes demonstram que sistemas de RA aplicados ao ensino de desenho de engenharia favorecem a aprendizagem de conceitos geométricos complexos, promovendo ganhos de clareza e redução de ambiguidades na interpretação de peças e vistas (TIWARI; BHAGAT; LAMPROPOULOS, 2023). A literatura indica que a RA contribui diretamente para o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial, capacidade reconhecida como essencial no estudo do desenho técnico.

Pesquisas específicas na área revelam resultados significativos. Akkuş e Arslan (2022) identificaram que estudantes expostos a ferramentas de RA apresentaram melhorias expressivas tanto na rotação mental quanto no desempenho acadêmico em

atividades de desenho técnico. Tais achados reforçam a efetividade da RA como instrumento pedagógico para superar dificuldades clássicas enfrentadas por alunos em cursos técnicos e de engenharia.

Revisões amplas da literatura também destacam benefícios consistentes da RA na educação em engenharia, arquitetura e construção. Estudos como os de Hajirasouli e Banihashemi (2022) e Suhail, Bahroun e Ahmed (2024) apontam que a tecnologia aumenta a compreensão conceitual, estimula o engajamento e facilita a aprendizagem ativa. Esses trabalhos reforçam que abordagens imersivas são capazes de diminuir a distância entre abstrações teóricas e representações visuais concretas.

No Brasil, pesquisas aplicadas evidenciam o potencial da RA para o ensino de desenho técnico, mas ressaltam desafios como infraestrutura limitada, formação docente insuficiente e dificuldade de implantação de ferramentas complexas. Trabalhos como o de Beck e Costa (2019) mostram que a RA se destaca como recurso eficiente, mas que sua adoção depende de soluções de baixo custo, acessíveis e compatíveis com a realidade das instituições de ensino técnico.

### **3 METODOLOGIA**

A pesquisa caracteriza-se como aplicada e voltada ao desenvolvimento e análise de um ambiente de RA destinado ao ensino de desenho técnico. A solução foi estruturada em diferentes camadas: cliente, servidor, pipeline de modelos 3D, reconhecimento por marcadores e design centrado no usuário. Todas foram concebidas com foco em acessibilidade, interoperabilidade e possibilidade de adoção em ambientes reais de ensino

#### **3.1 Camada Cliente**

O aplicativo foi desenvolvido em Unity, com execução compatível tanto com dispositivos móveis quanto com navegadores por meio de WebGL e Progressive Web App. A camada cliente integra captura de câmera, detecção de QR Codes, renderização de modelos tridimensionais e recursos de manipulação interativa, incluindo rotação, zoom, mudança de cores e seleção de vistas ortogonais. Também foi implementado o modo professor, que permite ao docente controlar sequencialmente as vistas exibidas aos estudantes, criando uma experiência guiada

em sala de aula.

### 3.2 Infraestrutura de Servidor

O **back-end** foi implementado em **PHP**, disponibilizando uma **API REST** (Representational State Transfer) com autenticação por **JSON Web Token (JWT)**. Essa arquitetura possibilita comunicação segura e escalável entre cliente e servidor.

O **banco de dados MySQL** foi organizado em tabelas específicas: users, models, codes, views, sessions e events. Cada tabela possui campos relevantes, como:

- **models**: identificação, título, disciplina, arquivo, escala e licença;
- **codes**: valor do código, referência ao modelo, data de validade e versão;
- **events**: usuário, modelo, ação realizada (ex.: carregamento, troca de vista, conclusão de atividade) e marca temporal.

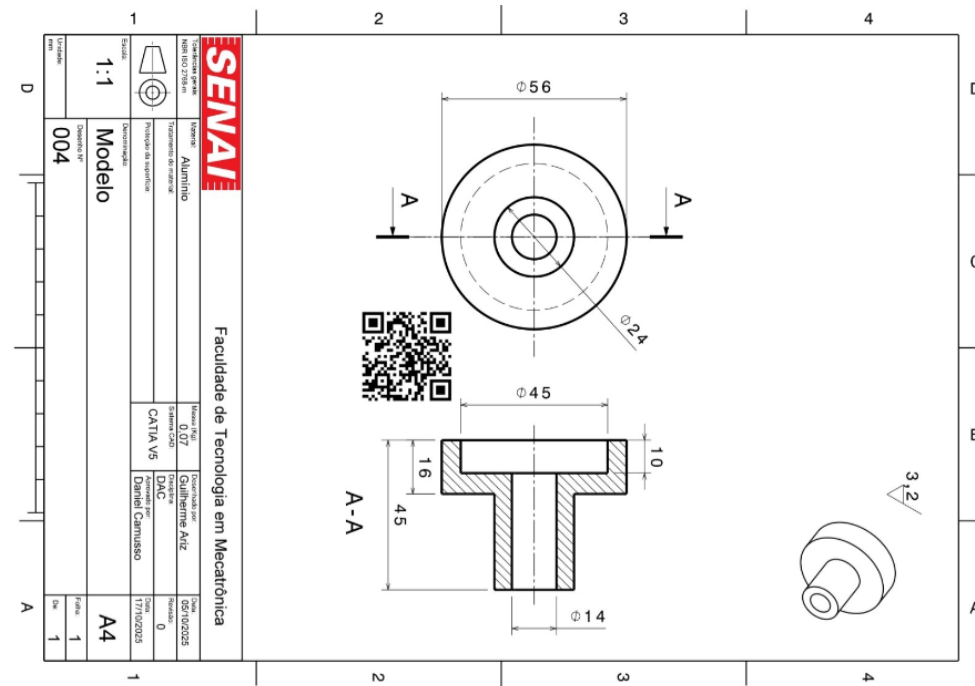
### 3.3 Pipeline de Conteúdo 3D

Os modelos tridimensionais foram criados ou adaptados a partir de softwares CAD, sendo exportados para o formato glTF. Em seguida, foram aplicados processos de normalização de eixos e unidades, redução de complexidade geométrica utilizando técnicas de Level of Detail e compressão Draco. O servidor gerencia as versões dos modelos, enquanto o aplicativo realiza carregamento dinâmico e atualizações em tempo real.

### 3.4 Reconhecimento de Marcadores com RA

A ativação dos modelos ocorre por meio de QR Codes incorporados ao desenho técnico. A leitura do marcador aciona a renderização do modelo em RA no dispositivo do usuário. A opção por QR Codes deve-se à sua robustez e confiabilidade mesmo em condições adversas de luminosidade, além de seu uso consolidado em estudos educacionais. Como a ilustrado na figura 1:

Figura 1: Desenho Técnico com Marcador



FONTE: AUTORES

### 3.5 Design Centrado no Usuário

A solução foi desenvolvida com base em princípios de design centrado no usuário. Professores e estudantes participaram do levantamento de requisitos e de testes com protótipos. A partir dessa participação, foram priorizadas funcionalidades relacionadas à visualização de vistas ortogonais, correlação entre projeções 2D e modelos 3D, facilidade de uso e suporte ao ensino guiado.

### 3.6 Movimento Simultâneo

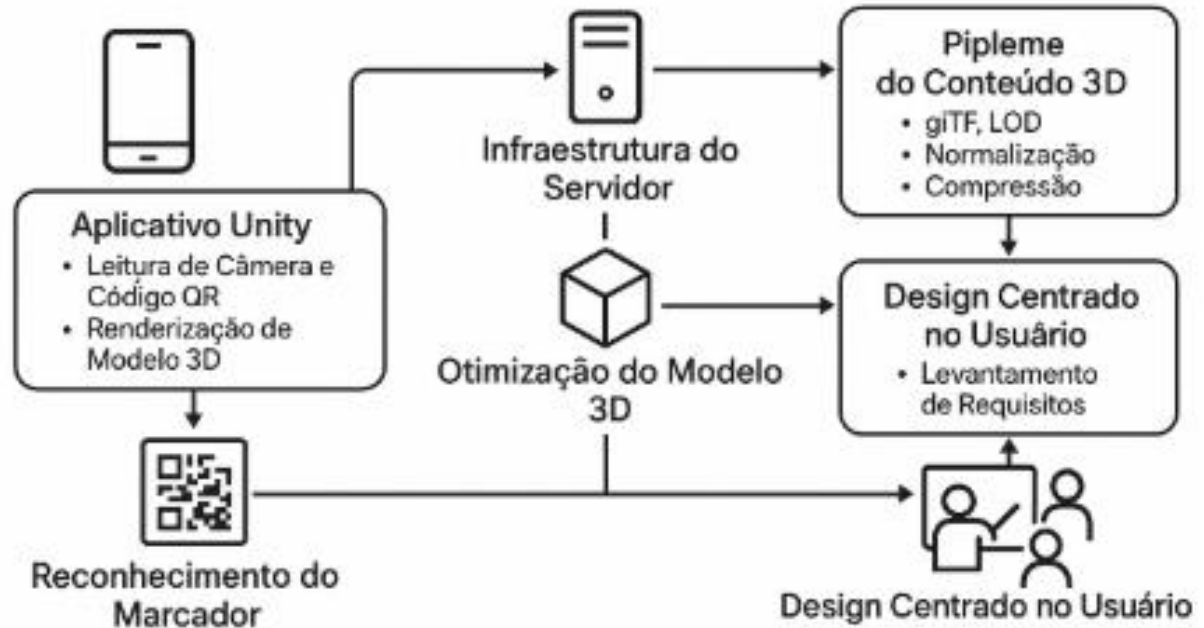
Foi implementado um sistema de espelhamento de movimentos que permite sincronizar, em tempo real, a manipulação da peça realizada no aplicativo master, denominado PROFESSOR, com todos os dispositivos conectados à versão slave, denominada ALUNO.

Dessa forma, sempre que o docente realizar alguma demonstração — como rotações, ampliações ou deslocamentos da peça — essas ações são imediatamente reproduzidas nos dispositivos dos alunos. Essa funcionalidade garante que toda explicação seja acompanhada de maneira integral, simultânea e padronizada,

favorecendo o entendimento coletivo e eliminando discrepâncias na visualização do conteúdo por parte dos estudantes.

### 3.7 Diagrama de comportamento do projeto

Figura 2: Estrutura do Projeto



FONTE: AUTORES

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes iniciais demonstraram que o sistema apresenta desempenho consistente na detecção dos QR Codes e na renderização de modelos tridimensionais. Conforme ilustrado na Figura 2, basta apontar o dispositivo para o QR Code para que o modelo associado seja carregado de forma imediata e exibido em múltiplas vistas ortogonais. Essa rapidez de resposta contribui para uma experiência fluida, adequada tanto ao estudo individual quanto ao uso em sala de aula.

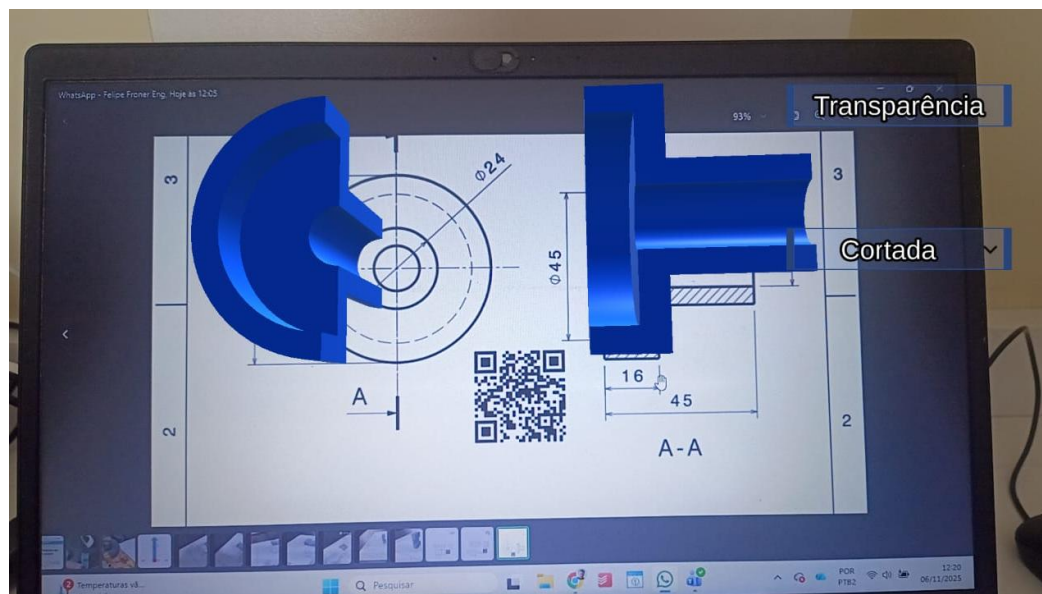
A manipulação interativa mostrou-se um dos elementos mais relevantes. A possibilidade de rotacionar o modelo, aproximar detalhes, alternar cores e selecionar vistas específicas contribuiu para reduzir dificuldades relacionadas à rotação mental, permitindo ao estudante visualizar relações geométricas de forma mais

clara. Essa característica está alinhada com resultados da literatura que apontam a RA como ferramenta eficaz para facilitar a compreensão espacial.

O modo professor também se revelou um recurso importante. Ele permite ao docente controlar quais vistas ou configurações serão exibidas, garantindo que todos os estudantes acompanhem a explicação de maneira coordenada. Tal funcionalidade reduz divergências de interpretação e cria um ambiente de aprendizagem mais uniforme.

A Figura 3 exibe a visualização da peça em RA sobreposta à superfície em que o QR Code está impresso. Essa integração entre o objeto real e o modelo virtual favorece a compreensão de proporções e geometrias. Os estudantes relataram que a visualização tridimensional sobre o desenho técnico facilitou a compreensão da peça representada e tornou o aprendizado mais intuitivo.

**Figura 3: Estrutura do Projeto**



**FONTE: AUTORES**

Do ponto de vista técnico, o sistema demonstrou rastreamento estável do marcador mesmo em condições típicas de sala de aula, como diferentes níveis de iluminação ou variação da distância entre o dispositivo e o QR Code. Isso reforça a escolha dos QR Codes como marcadores adequados para a proposta.

De forma geral, os resultados indicam que a solução desenvolvida contribui de modo significativo para a compreensão de vistas ortogonais e para a transição

entre representações bidimensionais e tridimensionais. Observou-se que os estudantes tendem a interagir mais ativamente com o conteúdo, aumentando o engajamento e reduzindo dúvidas comuns relacionadas às projeções.

Pretende-se, em fase posterior, aplicar a metodologia em turmas dos cursos técnicos em Mecatrônica e Automação, a fim de avaliar sua efetividade em contexto real. Essa etapa permitirá analisar os ganhos concretos em visualização espacial, a aceitação da ferramenta pelos estudantes e sua contribuição para o processo de ensino-aprendizagem.

#### **4.1 Limitações e Desafios Observados**

Durante a execução do projeto, alguns desafios práticos foram identificados. A necessidade de uma padronização de formatos e escalas dos modelos 3D emergiu como um ponto crítico para garantir a consistência visual. Adicionalmente, observou-se que a robustez do rastreamento dos marcadores QR apresentou variações em condições de baixa luminosidade. Outro ponto relevante foi a discussão sobre a integração curricular da ferramenta, com docentes apontando a necessidade de um planejamento pedagógico claro para seu uso efetivo. Esses desafios operacionais corroboram as dificuldades já apontadas na literatura (HAJIRASOULI; BANIHASHEMI, 2022).

#### **4.2 Trabalhos Futuros: Banco Aberto de Modelos RA**

Como desdobramento deste estudo, planeja-se avaliar sistematicamente a metodologia proposta em turmas dos cursos técnicos em Mecatrônica e Automação. Essa avaliação incluirá observações de aula, análise de desempenho, coleta de feedback dos estudantes e investigação da evolução da visualização espacial ao longo das atividades práticas.

Também se pretende ampliar o repositório de modelos tridimensionais, incorporando peças de diferentes níveis de complexidade e aplicações em áreas relacionadas. Outro objetivo é aprimorar a interface e a experiência de uso, com base em testes de usabilidade mais abrangentes.

Além disso, planeja-se incorporar métricas automatizadas de interação, como tempo de uso, sequência de ações e padrões de navegação, de forma a fornecer aos docentes indicadores úteis para acompanhamento do aprendizado. A

integração futura da plataforma com conteúdos complementares, como vídeos explicativos e exercícios gerados dinamicamente, pode ampliar ainda mais o potencial pedagógico da solução.

## 5 CONCLUSÃO

O ambiente de RA desenvolvido mostrou-se adequado para apoiar o ensino de desenho técnico, oferecendo recursos que auxiliam diretamente na interpretação de vistas ortogonais e na compreensão da relação entre projeções bidimensionais e modelos tridimensionais. A solução demonstrou fluidez, boa performance e usabilidade satisfatória tanto do ponto de vista técnico quanto pedagógico.

As funcionalidades de manipulação do modelo, a visualização em RA a partir de QR Codes e o modo professor destacaram-se como elementos essenciais para promover clareza conceitual e envolvimento dos estudantes. A escolha por tecnologias acessíveis e amplamente difundidas reforça a viabilidade da adoção da solução em instituições de ensino técnico com infraestrutura variada.

## REFERÊNCIAS

- AKKUŞ, İ.; ARSLAN, P. Y.** The Effects of Augmented Reality in the Technical Drawing Course on Engineering Students' Spatial Ability and Academic Achievement. *Journal of Learning and Teaching in Digital Age*, v. 7, n. 2, p. 160–174, 2022. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1351634.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2025.
- BECK, T. M.; COSTA, A. C. da.** Aplicativo de Uso da Realidade Aumentada para o Ensino de Desenho Técnico no Ensino Profissional e Tecnológico. In: **CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (CITI)**, 2019, Campos dos Goytacazes. *Anais [...]*. Campos dos Goytacazes: Editora Essentia/IFF, 2019. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/citi/article/view/14745/12038>. Acesso em: 21 ago. 2025.
- HAJIRASOULI, A.; BANIHASHEMI, S.** Augmented reality in architecture and construction education: state of the field and opportunities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 19, art. 39, 2022. Disponível em: <https://educationaltechnologyjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41239-022-00343-9>. Acesso em: 21 ago. 2025.
- LI, G.; LUO, H.; CHEN, D.; WANG, P.; YIN, X.; ZHANG, J.** Augmented Reality in Higher Education: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Literature from 2000

to 2023. *Education Sciences*, v. 15, n. 6, art. 678, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/15/6/678>. Acesso em: 21 ago. 2025.

**SUHAIL, N.; BAHROUN, Z.; AHMED, V.** Augmented reality in engineering education: enhancing learning and application. *Frontiers in Virtual Reality*, v. 5, art. 1461145, 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/virtual-reality/articles/10.3389/frvir.2024.1461145/full>. Acesso em: 21 ago. 2025.

**TIWARI, A. S.; BHAGAT, K. K.; LAMPROPOULOS, G.** Designing and evaluating an augmented reality system for an engineering drawing course. *Smart Learning Environments*, v. 11, art. 1, 2023. Disponível em: <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-023-00289-z>. Acesso em: 21 ago. 2025.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos sinceramente a todos que contribuíram para a realização deste artigo. Suas orientações, apoio e insights foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos também aos nossos colegas e amigos que nos incentivaram e compartilharam suas experiências, tornando este processo ainda mais enriquecedor. Este artigo é fruto de uma colaboração valiosa e somos gratos por cada contribuição.

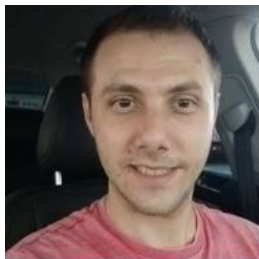
## SOBRE OS AUTORES

### i VENICIUS SEVERIANO DE SOUSA



Técnico em Eletroeletrônica pela escola SENAI A. Jacob. Lafer (2022) e graduando em Engenharia de Controle e Automação pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. Atualmente é Estagiário de Tecnologia no SESI-SP.

### ii FELIPE SANT'ANNA FRONER



Formado em Eletricista de Manutenção pela escola SENAI A. Jacob Lafer (2007) e graduando em Engenharia de Controle e Automação pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. Atualmente é Eletricista de Manutenção no Grupo M.Dias Branco.

### iii DANIEL OTÁVIO TAMBASCO BRUNO



Doutorando (2016) e Mestre (2013) em Engenharia da Informação pela UFABC. Especialista em Banco de Dados (2007) e em Educação a Distância (2012). Bacharel em Análise de Sistemas (2003). Professor do ensino superior na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. Atua nas áreas de Inteligência Artificial, Sistemas de Informação e Processamento de Imagens Médicas. Revisor de periódicos como *IEEE Transactions on Medical Imaging* e *ForScience*. Editor da *Revista Brasileira de Mecatrônica* e membro do conselho científico da *Revista Científica SENAI*.

#### iv RICARDO MARTINEZ VICENTINI



Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do ABC - UFABC (2018), pós-graduado lato sensu em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2016) e Tecnólogo em Automação Industrial pela Faculdade de Tecnologia de São Vicente - FATEF (2013). Atualmente é professor na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica e na Faculdade de Tecnologia de São Vicente. É membro da Sociedade Brasileira de Automática (SBA).

#### v DANIEL CAMUSSO



Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade de Taubaté - UNITAU (2024). Pós-Graduando em Industrial 4.0 pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2023). Possui Licenciatura plena em pedagogia para educação profissional em ensino médio, pela Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP (2004). Pós-Graduação em Engenharia Automobilística pela Faculdade de Engenharia Industrial-FEI (2000). Graduado em Engenharia Mecânica Plena pela FEI (1996). Atualmente é Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica em São Caetano do Sul SP, onde ministra disciplinas no Curso de Engenharia de Controle e Automação, no Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica e na Pós-Graduação na área de CAD/CAM/CAE. Participação no projeto BLERIOT, um trabalho colaborativo entre Brasil, França e Índia e apresentado em 2010 na Feira Internacional de Aviação em Le Borget (França) . Possui experiência como engenheiro na área de desenvolvimento de projetos para a indústria automobilística, utilizando os softwares CATIA e NX.