



## **Do analógico ao digital: ensino de concepção estrutural com uso de ferramentas de projeto e análise em ambiente imersivo (RV)**

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4138

Luara Batalha vieira - luara.batalha@fieb.org.br  
Centro Universitário SENAI CIMATEC

Bruno Leão de Brito - leaodebrito@gmail.com  
UFBA

**Resumo:** Este artigo apresenta um relato sobre o processo de construção de conhecimento sobre concepção estrutural, utilizando ferramentas de representação, que vão desde o bidimensional até o imersivo. Os discentes da disciplina Estática das Construções têm dificuldades na visualização, concepção e representação de estruturas tridimensionais, mesmo com o uso de softwares. Pesquisas indicam que as informações contidas nas plantas baixas (representações em 2D) são interpretadas de forma parcial. Portanto, o uso de modelos tridimensionais, como o modelo de realidade virtual, facilita a visualização das incompatibilidades, contribuindo para a qualidade do projeto. O objetivo deste estudo foi melhorar a compreensão dos conteúdos e desenvolver as competências propostas para a disciplina. Os discentes foram estimulados a simular o atendimento a um cliente que havia contratado o desenvolvimento de um projeto estrutural para um edifício multifamiliar de quatro andares. O projeto foi dividido em cinco etapas, e foram aplicadas ferramentas analógicas e digitais de projeto, ao longo de um semestre letivo, culminando em uma análise com ambiente imersivo. Os relatos dos discentes sobre a disciplina mostram uma compreensão do conteúdo quando aplicada a metodologia proposta.

**Palavras-chave:** Estática das Construções; Ensino; Tecnologias de ensino

## Do analógico ao digital: ensino de concepção estrutural com uso de ferramentas de projeto e análise em ambiente imersivo (RV)

### 1 INTRODUÇÃO

A forma de desenvolver e apresentar projetos estruturais evoluiu ao longo dos anos. Inicialmente, este tipo de projeto era realizado com a aplicação de ferramentas manuais de representação, tornando necessário o uso de grandes mesas, ambientes de trabalho maiores e a habilidade de representação bidimensional de elementos da construção. Com o avanço das tecnologias digitais, *softwares* de representação e gestão de informação na construção passaram a ser utilizados para o desenvolvimento dos projetos (MENEZES, 2022). Entretanto, apesar da facilidade de acesso aos *softwares*, os discentes de graduação demonstram dificuldades na visualização, concepção e representação de estruturas tridimensionais.

Uma possível justificativa é o fato de que um dos *softwares* mais utilizados para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos, que são a base para a concepção estrutural, é o AutoCad 2D, que apresenta as informações em camadas (*layers*), com a possibilidade de ocorrência de sobreposição de elementos e informações (GIACAGLIA, 2001). Dessa forma, a análise de incompatibilidades entre projetos, e isso inclui arquitetônico *versus* estrutural, “depende exclusivamente da capacidade de imaginação espacial e da atenção refinada aos detalhes pelo projetista, retratando assim, um trabalho desgastante” (JOVANOVIČS e MOUNZER, 2021).

Pesquisas indicam que as informações contidas nas plantas baixas (representações em 2D), por vezes, são interpretadas de forma parcial (FERREIRA e SANTOS, 2007). Por isso, o uso de modelos tridimensionais como o modelo de realidade virtual, devido a possibilidade de manipulação em um ambiente imersivo e com simulação de profundidade, facilita a visualização das incompatibilidades, contribuindo para a qualidade do projeto (FERREIRA e SANTOS, 2007; COSTA, 2013).

Diante do exposto, neste artigo é apresentado um relato sobre o processo de construção de conhecimento sobre concepção estrutural com uso variado de ferramentas de representação, do bidimensional ao imersivo. Foram aplicadas ferramentas analógicas e digitais de projeto, ao longo de um semestre letivo, culminando em uma análise com ambiente imersivo. Com isso, buscou-se a melhoria da compreensão dos conteúdos e o desenvolvimento das competências propostas para a disciplina.

### 2 PROJETO DESENVOLVIDO EM SALA

Os discentes da disciplina Estática das Construções, do curso de Engenharia Civil do OMITIDO PARA AVALIAÇÃO CEGA, divididos em trios, foram estimulados a simular o atendimento a um cliente que havia contratado o desenvolvimento de um projeto estrutural para um edifício multifamiliar de quatro andares (térreo, primeiro pavimento, segundo pavimento e cobertura). Como um dos objetivos era uma avaliação processual, os trios realizaram entregas intermediárias ao longo das duas primeiras unidades da disciplina. O projeto foi dividido em cinco etapas detalhadas a seguir, junto como os objetivos de aprendizagem.

## 2.1 Objetivos de aprendizagem

Os objetivos de aprendizagem propostos e alcançados foram:

Unidade I: Estabelecer de forma coerente a posição dos elementos estruturais; Propor uma estrutura otimizada; Pré-dimensionar os elementos estruturais de acordo com as recomendações normativas; Especificar os carregamentos de acordo com as especificidades da estrutura e as recomendações normativas; Avaliar os requisitos para garantia da segurança estrutural; Transferir adequadamente o carregamento das lajes para as vigas, das vigas para os pilares e dos pilares para a fundação; Confeccionar as Planta de Locação e Cargas e de Formas;

Unidade II: Avaliar a relação cargas verticais *versus* cargas horizontais; Revisar a estrutura para garantir a otimização do sistema estrutural e a estabilidade;

Em ambas as unidades: Buscar orientações com os colegas e com a docente da disciplina ao longo do período avaliativo; Participar ativamente das aulas de orientação.

## 2.2 Etapa 01 (Unidade I)

Os trios receberam a planta baixa impressa (2D) de cada pavimento e, reunidos em sala, realizaram o lançamento estrutural (locação de pilares, lajes e vigas). Assim, nesta etapa foi simulada a concepção estrutural de uma edificação de forma colaborativa, em equipe, como ocorre em escritórios de engenharia estrutural. Além disso, os alunos puderam experienciar como os projetos eram desenvolvidos há algumas décadas, com o uso de lápis, caneta, papel e mesas grandes (pranchetas). Todas as decisões foram baseadas em senso comum, conhecimentos prévios e deduções, já que os conteúdos ainda não haviam sido trabalhados em sala.

## 2.3 Etapa 02 (Unidade I)

Após a apresentação das recomendações normativas para o lançamento estrutural e as dimensões mínimas dos elementos, os trios se reuniram novamente em sala e revisaram a proposta estrutural concebida na Etapa 01. Para facilitar a visualização, cada trio recebeu um Kit Mola 1 e montou, pelo menos, o primeiro pavimento da estrutura, como pode ser visto nas Figuras 1 e 2. O objetivo era permitir que eles identificassem possíveis interferências e testassem novos arranjos estruturais. Algumas equipes relataram alterações na proposta após a montagem da estrutura ao perceberem, por exemplo, que tinham definido balanços grandes com quantidade insuficiente de apoios.

Figura 1 – Exemplo de estrutura com o Kit Molas 1.



Fonte: Autoria própria

Figura 2 – Discentes montando a estrutura utilizando o Kit Molas 1.



Fonte: Autoria própria

## 2.4 Etapa 03 (Unidade I)

Os discentes receberam o projeto arquitetônico em formato .dwg e .rvt para lançamento da proposta estrutural da Etapa 02 no modelo virtual. Não houve a obrigatoriedade do uso de um *software* específico, mas foi exigido que as plantas fossem desenvolvidas em ferramentas digitais e entregues em arquivos com extensão pdf. A Etapa 03 ocorreu de forma autônoma, com a docente tirando dúvidas e orientando sob demanda, representando o papel de uma consultora. Com acesso aos modelos digitais tridimensionais, as equipes puderam identificar e verificar a existência de incompatibilidades entre o projeto estrutural e arquitetônico, modificar e visualizar a estrutura em 3D. Por fim, foi realizado o carregamento (determinação das cargas) da estrutura, conforme as normativas, e a distribuição de esforços como estudado em sala.

## 2.5 Etapa 04 (Unidade II)

As equipes estudaram a ação dos ventos nas estruturas propostas na Unidade I e verificaram a estabilidade global da edificação. As que foram classificadas como Nós Móveis (instáveis) foram revistas e as atividades descritas na Etapa 03 refeitas.

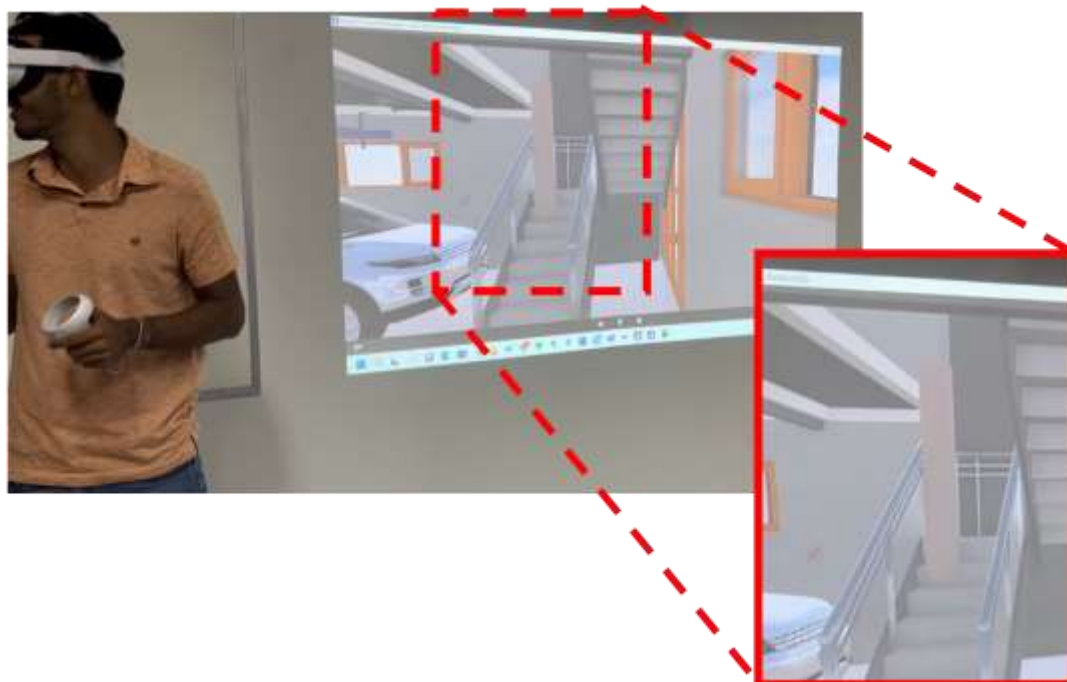
## 2.6 Etapa 05 (Encontro Único)

Com o apoio de um veterano do curso de engenharia civil, os modelos dos projetos da Etapa 03 foram exportados em formato específico para a manipulação através de um headset de realidade virtual (óculos RV)<sup>1</sup>. De forma imersiva, os discentes exploraram as estruturas propostas como usuários e conseguiram identificar incompatibilidades não percebidas nas etapas anteriores. Como exemplo, tem-se a Figura 3, em que um discente analisa o projeto em ambiente imersivo (realidade virtual) e percebe a existência de um pilar em posição inadequada, portanto, uma incompatibilidade a ser solucionada.

<sup>1</sup> Metaquest2 de 128gb



Figura 3 – Exemplo de dinâmica em ambiente  
imersivo.

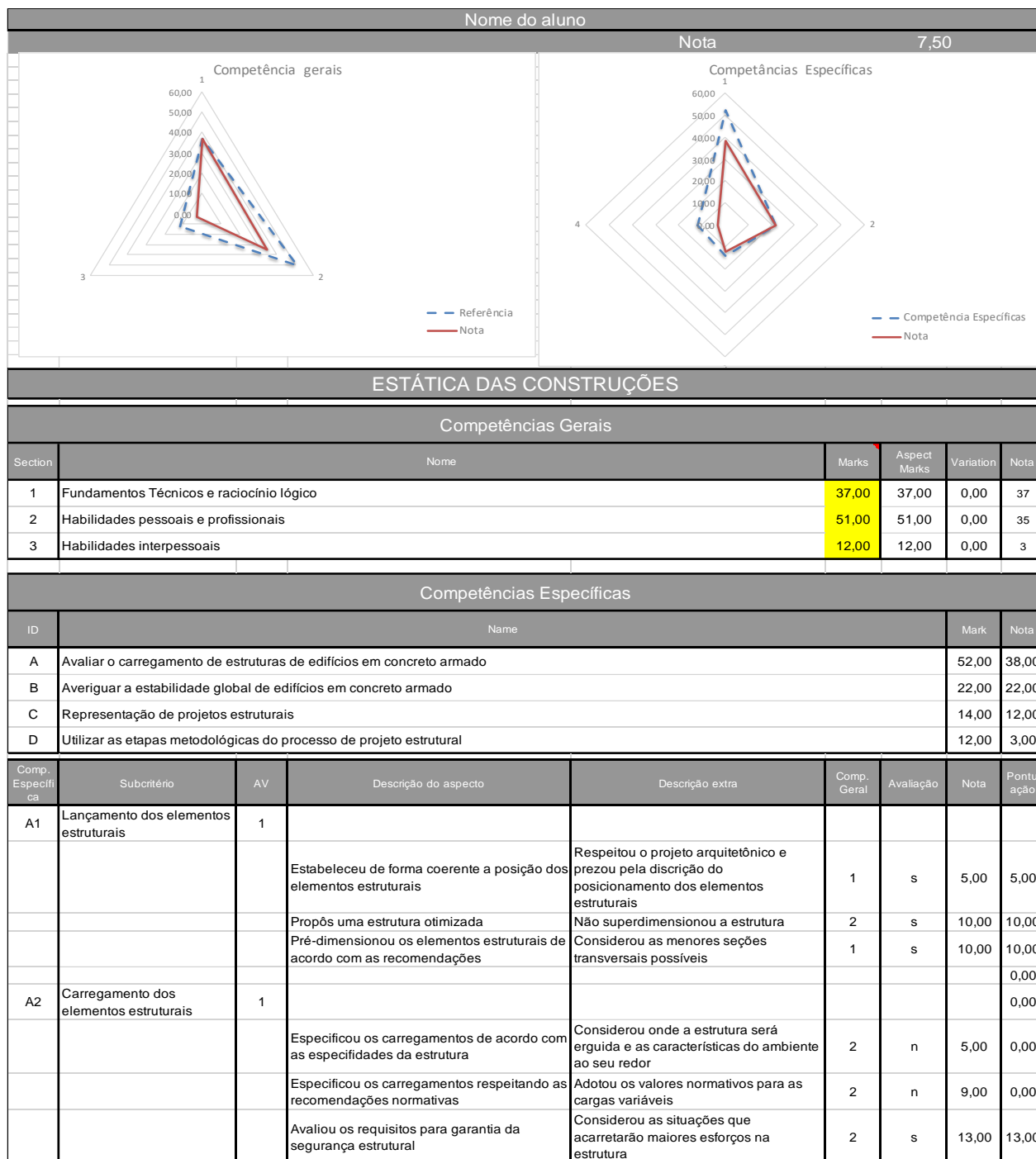


Fonte: Autoria própria

## 2.7 Formato da avaliação

Como citado, a avaliação do desenvolvimento do projeto ocorreu de forma processual. Cada entrega era analisada em função de um barema, exemplificado na Figura 4, que detalhava a rubrica de avaliação. O barema foi concebido considerando que competências podem ser avaliadas a partir da observação de determinados aspectos ao longo do desenvolvimento de um projeto. Portanto, ao final da Unidade II, com o barema preenchido, os grupos puderam perceber como foram desenvolvidas as suas competências, pois, apesar da avaliação por aspectos ser dividida entre competências gerais e específicas, a soma das notas por competência avaliada é individualizada. É importante frisar que as competências gerais e específicas são previstas no descritivo do componente curricular e estão relacionadas ao perfil do egresso do curso de engenharia civil da instituição.

Figura 4 – Barema de avaliação.



Fonte: Autoria própria

## 2.8 Percepção discente

Foi solicitado aos estudantes um retorno sobre a metodologia aplicada (estrutura do trabalho e método avaliativo) e a opinião sobre como a evolução do uso das ferramentas possibilitou um melhor entendimento do projeto. Depoimentos dos discentes foram colhidos em momentos posteriores ao encontro final da disciplina, em que foi relatado um melhor entendimento do processo de projeto, devido ao desenvolvimento de um projeto desde sua

concepção, e uma maior interatividade com o projeto em si, por conta do uso de modelos computacionais tridimensionais.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim do projeto, os discentes haviam utilizado diferentes metodologias e ferramentas para a concepção estrutural e, devido a Etapa 05, compreenderam o quanto uma estrutura ineficiente impacta no uso do empreendimento e na satisfação do cliente final. Com base nos depoimentos dos alunos, percebe-se que a proposta metodológica aqui apresentada contribuiu para a melhoria do entendimento espacial do projeto de estrutura (com base na percepção do aluno) do posicionamento dos elementos estruturais.

### REFERÊNCIAS

COSTA, Eveline Nunes. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. A percepção de interferências espaciais através de desenhos 2D e modelos 3D por profissionais de projetos de edifícios. In: Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. **Anais**. Curitiba, 2007.

GIACAGLIA, M. E. A organização da informação em sistemas CAD: análise crítica de esquemas existentes e proposta para o caso brasileiro. **Sinopses**, 2001, n.35, p.70-74, 2001.

JOVANOVICH, C.; MOUNZER, E. Evolução tecnológica do desenvolvimento de projetos nos setores de engenharia civil e arquitetura. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.8, p. 77089-77111, 2021.

MENEZES, G. **Como foi o avanço dos desenhos de Engenharia?** Disponível em: <https://engenharia360.com/o-avanco-dos-desenhos-na-engenharia/>. Acesso em 23 mar. 2023

## FROM ANALOGUE TO DIGITAL: TEACHING STRUCTURAL DESIGN USING DESIGN AND ANALYSIS TOOLS IN AN IMMERSIVE ENVIRONMENT (VR)

**Abstract:** *This paper presents the process of building knowledge about structural design, using representation tools, ranging from two-dimensional to immersive. Students of the course Statics of Constructions have difficulties in visualizing, designing and representing three-dimensional structures, even with the use of software. Research indicates that the information contained in 2D representations is interpreted in a partial way. Therefore, the use of three-dimensional models, such as the virtual reality model, facilitates the visualization of incompatibilities, contributing to the quality of the project. The goal of this study was to improve the understanding of the contents and to develop the competences proposed for the course. Students were encouraged to simulate customer service that had contracted the development of a structural project for a five-floor multifamily building. The project was divided into five stages, and analog and digital design tools were applied over a semester, culminating in an analysis with an immersive environment. The students' reports about the course show an understanding of the content when the proposed methodology is applied.*

**Keywords:** *construction statics, teaching, teaching technologies*