



APRENDIZAGEM ATIVA: O USO E APLICAÇÃO DE BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) NA ENGENHARIA CIVIL

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3833

Sueli Sampaio Damin Custódio - smdamin@gmail.com
ITA

Jenner Arduino - arduinoarquiteto@gmail.com
DCTA

João Claudio Bassan de Moraes - jbmoraes@ita.br
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Resumo: Este artigo apresenta o estudo de caso de aplicação de Building Information Modeling (BIM) no curso de Engenharia Civil com o intuito de orientar a escolha de práticas de gestão de projetos conforme as características do empreendimento e fatores ambientais. Para isso, foi implantada a sistemática de trabalho, denominada Projeto Integrador, envolvendo uma integração parcial entre as disciplinas obrigatórias de Direito e Planejamento e Gerenciamento de Obra no curso de Graduação em Engenharia Civil. O Projeto Integrador contemplou três objetivos gerais: (i) ampliar as habilidades e atitudes profissionais desejáveis à prática da engenharia; (ii) desenvolver atividades práticas para resolução de problemas complexos com equipes multidisciplinares e (iii) disseminar a aplicação de BIM na Engenharia Civil. Como resultado, o uso das metodologias ativas empregadas aponta para uma melhor integração de disciplinas nos cursos de graduação de Engenharia Civil e visa atender questões de inovação tecnológica, em consonância com a sustentabilidade, meio ambiente e mercado.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Projetos. BIM. Métodos de Ensino. Trabalho em Equipe.



APRENDIZAGEM ATIVA: O USO E APLICAÇÃO DE BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) NA ENGENHARIA CIVIL

1 INTRODUÇÃO

Embasado nos quatro pilares da UNESCO (DELORS, 2012) que fundamentam a aprendizagem do século XXI – saber ser, saber conviver, saber conhecer e saber fazer – o presente artigo trata do Projeto Integrador, envolvendo a integração parcial entre as disciplinas obrigatórias de Direito e Gerenciamento de Obras, bem como a aplicação da aprendizagem baseada em *Problem-Based Learning* (PBL) empregando o conceito do *Building Information Modeling* (BIM) no curso de Engenharia Civil.

Cada vez mais se observa a exigência de novas competências e habilidades do profissional de engenharia (KRUEGER, CARSRUD, 1993; CASALE, 2011, 2013). Segundo Boahin e Hofman (2014), as empresas e as organizações buscam profissionais que sejam capazes de combinar habilidades e competências de forma inovadora para lidar com os desafios do século XXI. A própria regulamentação, instituída em 2019, das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos cursos de engenharia aponta para um egresso com formação humanista, crítica e reflexiva, na qual permita os profissionais se adaptarem às rápidas transformações sociais, tecnológicas, econômicas e ambientais. É com base neste contexto, que a experiência do projeto integrador se insere, ou seja, do reconhecimento do papel das instituições de ensino superior (IES) na criação de um ambiente acadêmico que seja capaz de contribuir para a inovação e o empreendedorismo no ensino de engenharia (BITTENCOURT, 2019). Esse estudo se direciona aos interessados em explorar a transdisciplinaridade, a inovação no ensino e o empreendedorismo educacional (FAYOLLE, 2007).

Outro ponto que tem se intensificado no ensino de engenharia civil é a aplicação de ferramentas digitais para os sistemas de gestão e integração de dados, assim como a necessidade de se desenvolver soluções de gestão capazes de conciliar criatividade e flexibilidade para adaptação às mudanças, junto com documentos e níveis de controle adequados. Wortmann (2016) expõe que “o conceito de usar modelos digitais e especificações para simulações está firmemente enraizado em diversas indústrias que exigem metodologias mensuráveis e repetíveis”. Aghion, Dewatripont e Stein (2008) enfatizam a dificuldade de gerenciar projetos que envolvam pesquisadores de diversas áreas de conhecimento, trabalhando em equipe, com autonomia e ao mesmo tempo criatividade. Nessa medida, os gestores deparam-se com a necessidade de equipes multidisciplinares para criar sistemas de controle e relatórios de projetos para atender os diversos *stakeholders* e às demandas das agências financiadoras de pesquisas.

Neste contexto, o *Building Information Modeling* (BIM), proposto por G.A van Nederveen e F. Tolman (1992), tornou-se a opção dos professores envolvidos para coordenar as necessidades do projeto integrador definido para o semestre letivo. Primeiro porque o BIM permite reunir as informações sobre o projeto, sendo elas físicas e funcionais da parte de edificação, que ficam armazenadas em um mesmo espaço digital, como um banco de informações do ciclo de vida da construção. Além disso, traz o



conceito 3D, sendo uma excelente ferramenta de planejamento e projeção para o mercado de construção civil. Conforme Eastman *et al.* (2008, p.13), BIM é "uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção".

Pelo entendimento dos pesquisadores envolvidos, as tecnologias de informação podem dar suporte, transparência e qualidade para a gestão dos processos, assim como para a melhor sistematização das informações de obras e serviços de engenharia como também para as demais etapas da existência de edificações e infraestrutura. De fato, o uso de modelagem como o de BIM deve ser compreendido como o conjunto de protocolos, padrões e metodologia desenvolvidos para a aplicação da tecnologia da informação na construção civil. Essa modelagem permite um tratamento integrado das informações na construção, uma vez que consolida as informações de cada aspecto/informação do projeto que é dada por cada agente envolvido de modo independente, permitindo o gerenciamento e controle das interações políticas, processos e tecnologias envolvidas nos projetos de construção.

Este artigo apresenta o estudo de caso de aplicação de BIM para o gerenciamento de projeto integrador no curso de Engenharia Civil com o intuito de orientar a escolha de práticas de gestão de projetos conforme as características do empreendimento e fatores ambientais. O presente estudo relata o uso desta modelagem, cuja abordagem permite o gerenciamento de um projeto, estruturando uma proposta de modelo de gestão de projetos, de forma a contribuir e ajudar os profissionais da área a aprimorarem o processo de gestão de seus projetos. Neste contexto, foi implantada uma sistemática de trabalho, denominada Projeto Integrador, envolvendo uma integração parcial entre as disciplinas obrigatórias de Direito e Planejamento e Gerenciamento de Obra no curso de Graduação em Engenharia Civil.

O Projeto Integrador contemplou três objetivos gerais: (i) ampliar as habilidades e atitudes profissionais desejáveis à prática da engenharia; (ii) desenvolver atividades práticas para resolução de problemas complexos com equipes multidisciplinares e (iii) disseminar a aplicação de BIM na Engenharia Civil. Os objetivos específicos do Projeto Integrador foram: i. trazer uma visão de contexto, ou seja, expor a percepção do meio em que estará inserido o edifício ou empreendimento, incluindo as questões sociais e culturais, considerando a visão do projeto no mercado imobiliário e ii. explorar soluções na construção, entendendo o projeto integrador como uma ponte para pensar soluções que satisfaçam as questões de inovação tecnológica, em consonância com a sustentabilidade, meio ambiente e mercado. Portanto, este artigo expõe os resultados da aplicação da metodologia do *Problem-Based Learning* (PBL) com aplicação de BIM com o intuito de propor soluções para desafios no curso de Engenharia Civil. Buscou-se como isso, que ao final do projeto, os alunos fossem capazes de identificar e validar correlações entre a classe do edifício e os parâmetros legais de direito urbanístico, de custos operacionais, de gestão e de sustentabilidade, tendo em vista a tecnologia empregada, a partir de soluções mais sustentáveis a serem embutidas na execução do empreendimento.



2 METODOLOGIA

2.1 Apresentação do projeto integrador

O Projeto Integrador introduziu, no segundo semestre de 2021, o método de ensino conhecido como "*Project-Based Learning*" (PBL) com a aplicação de *Building Information Modeling* (BIM) no ensino de Engenharia para a turma do segundo semestre do 5º ano do curso de Engenharia Civil-Aeronáutica. O método PBL introduzido proporcionou aos estudantes a compreensão de cenários contextualizados para enfrentar situações que fazem parte do cotidiano e da futura carreira profissional (ESCRIVÃO FILHO, RIBEIRO, Luis Roberto, 2009; BOULD, FELETTI, 1999) e tratou do seguinte desafio: "Incorporar inovações tecnológicas e sustentáveis no gerenciamento de obras e reduzir o ônus da construção civil imposta ao meio ambiente". O Quadro 1 apresenta a descrição das etapas do ciclo de aprendizado esperado no Projeto Integrador, em que os alunos conheceram e definiram o problema, seguindo para pesquisa e apresentação de soluções.

Quadro 1 – Descrição das etapas do ciclo de aprendizado esperado

Etapas	Objetivo	Atividade	Exigência
1ª Etapa	Conhecer o problema	Apresentação do desafio pelos professores e divisão dos grupos	Mapear o contexto e efetuar pesquisa preliminar de dados secundários
2ª Etapa	Definir o problema	Orientação guiada pelos mentores e professores sobre o cenário (stakeholders)	Identificar os stakeholders ativos e passivos e estudo de cenários
3ª Etapa	Pesquisar soluções	Integração dos componentes das disciplinas envolvidas	Definir de requisitos, funções e limitações legais
4ª Etapa	Apresentar a solução	Integração dos componentes guiada pelos professores e mentores	Trazer solução técnica e/ou de negócio

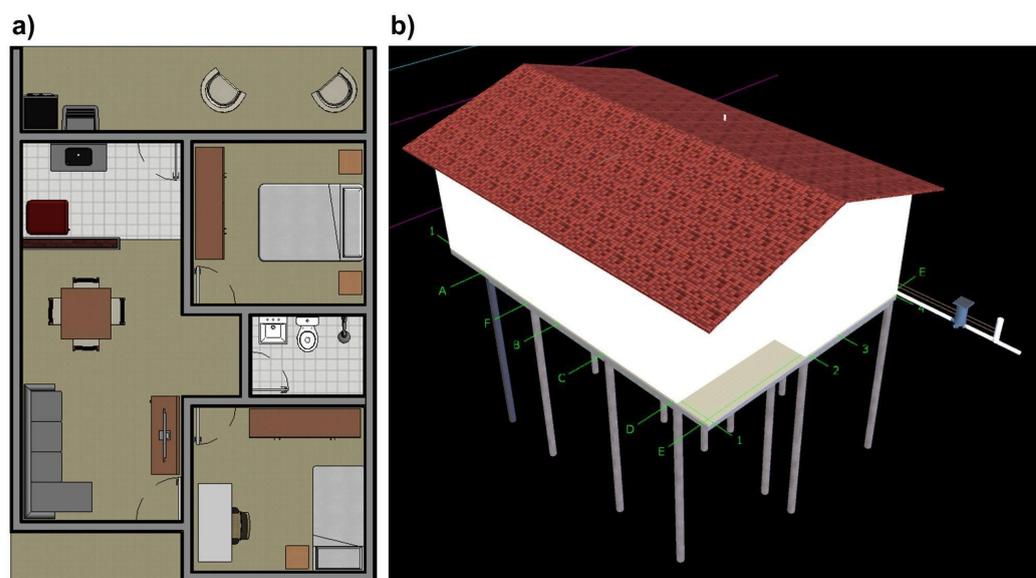
Fonte: Autores

O Projeto Integrador incorporou conceitos das disciplinas Noções de Direito (HUM-20) e Planejamento e Gerenciamento de Obras (EDI-48), cujo objetivo foi integrar conhecimentos de diferentes áreas na resolução de uma situação-problema relacionada à construção civil em um trabalho em grupo. O tema norteador para a elaboração do projeto foi Habitação de Interesse Social (HIS) no município de São José dos Campos/SP (SJC). A Figura 1 apresenta a planta de arquitetura da HIS (a) e uma vista isométrica do modelo (b). A HIS apresenta uma área construída de 63 m², em que é composta por uma sala de estar conjugada com sala de jantar, uma cozinha americana, dois quartos, um banheiro e



uma área de serviço. Os modelos estudados no Projeto Integrador foram arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário. As soluções adotadas pelos grupos incorporaram inovações tecnológicas na execução de obras na construção civil, dentro do âmbito de gerenciamento de recursos e acompanhamento da obra, empregando o conceito do BIM e com caráter sustentável, em que verificaram a conformidade com o Plano Diretor e zoneamento do município de SJ. C.

Figura 1 - Planta de arquitetura da HIS (a) e vista isométrica dos modelos compatibilizados de arquitetura, estrutura, instalações elétricas e hidrossanitárias (b)



Fonte: Autores

O projeto integrador envolveu dois professores, um mentor, quatro palestrantes e dez alunos e se estruturou da seguinte forma: (1) foram organizados dois grupos com cinco pessoas; (2) foi apresentado o desafio direcionado ao tema de Sustentabilidade e (3) os grupos estavam matriculados nas mesmas disciplinas com integração parcial de conteúdo. A Tabela 1 apresenta o alcance do Projeto Integrador, que resultou em dez alunos trabalhando em dois projetos, sendo que cada projeto contou com cinco alunos.

Tabela 1 – Informações quantitativas sobre o alcance do Projeto.

Turma	Número de alunos envolvidos	Número de Projetos
CIVIL	10	02

Fonte: Autores



2.2 Responsabilidades das Disciplinas HUM-20 e EDI-48 no Projeto Integrador

Cada disciplina definiu objetivos e aprendizados específicos dentro do Projeto Integrador. A disciplina "HUM-20: Noções de Direito" ficou responsável em trazer os marcos jurídicos e regulatórios para a viabilidade do projeto, assim como os conceitos de zoneamento e plano diretor do município de SJ, além das competências e atitudes desejáveis ao gerenciamento do projeto (AJZEN, 1987; 1991). A disciplina "EDI-48: Planejamento e Gerenciamento de Obras" teve como objetivo estudar e desenvolver práticas de planejamento, projeto, orçamento e gerenciamento de edificações. Durante a disciplina, os alunos trabalharam desde a identificação das atividades de uma obra até a geração do cronograma físico, dentro da questão de planejamento e projeto de edificações; seguindo para a parte de orçamentação, em que os alunos levantaram informações de custos e calcularam o preço de venda de uma edificação; e finalizando com o conteúdo de gerenciamento de obra, que os alunos estudaram técnicas e ferramentas para administrar corretamente a construção da edificação. A metodologia BIM tem atuado como um dos processos de modernização da construção civil. Portanto, empregar esse conceito e aplicá-lo na disciplina de EDI-48 é um passo importante para a atualização de ferramentas ensinadas em sala de aula e que serão empregadas na carreira profissional do estudante. O trabalho buscou integrar softwares de planejamento, gerenciamento e orçamentação de edificações de forma que o aluno trabalhasse com compatibilidade de projeto e cronograma físico-financeiro de uma obra a fim de aplicar estes conceitos em um dos mais modernos conceitos da construção civil. Nessa medida, os softwares para aplicação em BIM dão suporte e recursos para a execução das diferentes disciplinas técnicas que compõem o conjunto de documentos necessários para um empreendimento de forma colaborativa e simultânea, assim cada grupo ajustou seu projeto simultaneamente a cada troca de informação no desenvolvimento com as outras disciplinas e informações do projeto. Portanto, a disciplina EDI-48 ficou responsável em avaliar as soluções dos alunos no que diz respeito ao gerenciamento da obra estudada.

2.3 Atividades realizadas do projeto integrador

Esta seção expõe um descritivo do projeto integrador, seus objetivos, metodologias, e, principalmente, os desafios sobre a adaptação para o formato virtual no ano de 2021, dando destaque às etapas de desenvolvimento do trabalho.

As atividades foram realizadas pelos grupos e divididas em três etapas de trabalho:

i) Contexto socioterritorial do município de SJ e mapeamento jurídico e técnico para a viabilidade do projeto: o grupo de alunos identificou as restrições legais de direito urbanístico e as normas técnicas aplicáveis ao projeto. Nesta etapa, houve a apresentação dos modelos de arquitetura, estrutura, elétrica e hidrossanitário de uma habitação de interesse social (HIS); compatibilidade dos modelos para verificar interferência entre as disciplinas (arquitetura, estrutura, elétrica e hidrossanitário) empregando software de análise de projetos e conteúdo teórico e sua aplicação a partir dos modelos nos softwares de planejamento e projeto de obras para geração do cronograma físico empregando o conceito BIM. Além disso, foi iniciada a integração com HUM-20 para definição do escopo da solução dentro do âmbito de gerenciamento de obras para a HIS com monitorias quinzenais. Os grupos apresentaram empreendimentos de uma Habitação de Interesse Social em São José dos Campos - São Paulo, dando



destaque aos aspectos jurídicos para escolha do local com análises do plano diretor e das definições de zoneamento local. A definição de localização do empreendimento se deu por via de geoprocessamento e análise de viabilidade com aspectos de médio e longo prazo sobre o empreendimento.

ii) Detalhamento mínimo de soluções dentro do escopo da disciplina EDI-48 e HUM-20: Os alunos apresentaram detalhamento de soluções no âmbito de gerenciamento de recursos (aproveitamento sustentável dos materiais, etc.) e acompanhamento da obra (monitoramento sustentável). Nesta etapa, foi apresentado o conteúdo teórico de orçamentação e sua aplicação no orçamento empregando o conceito BIM; conteúdo teórico de gerenciamento de obras; detalhamento da integração com HUM-20 com a solução dentro do âmbito de gerenciamento de obras para a HIS com mentorias semanais;

iii) Apresentação dos resultados por meio de apresentação oral e redação de um Artigo Acadêmico. As avaliações consistiram em entregas de cronograma físico e orçamentação; apresentações parciais e finais; artigo e Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Na apresentação final, os alunos expuseram as análises jurídicas e técnicas para implantação da HIS na cidade de São José dos Campos/SP e apresentação o detalhamento de uma solução sustentável no contexto de gerenciamento de obras, sendo gerenciamento de recursos ou acompanhamento da obra. Os modelos BIM desenvolvidos durante o curso foram empregados de forma a embasar e auxiliar na proposta das soluções.

2.4 Conteúdo e gerenciamento de informações do BIM

Os modelos da HIS utilizados pelos alunos eram compostos por arquitetura, estrutura, elétrica e hidrossanitário. Nestes modelos, os elementos continham informações relevantes para a etapa de planejamento e gerenciamento de obras, como medidas lineares (altura, largura e comprimento), áreas, volume, massa específica, dentre outras. Estes modelos foram exportados para softwares de planejamento e projeto de obras com estas informações. Além disso, foram adicionadas novas informações nestes softwares, como as composições de elementos e atividades da obra. Nestes softwares e com essas informações, foi possível realizar o levantamento de atividades, extração de quantitativos, cálculo de durações das atividades, precedência para gerar o cronograma físico da HIS. Com um levantamento de preços em bases de dados, os alunos produziram o orçamento da HIS, empregando as informações obtidas no cronograma físico. Com as informações obtidas nos modelos da HIS, com a incorporação de bases de dados de composições e preços, os alunos conseguiram trabalhar com o cronograma físico e orçamento da obra para realizar simulações de acordo com as soluções adotadas pelos alunos no projeto integrador.

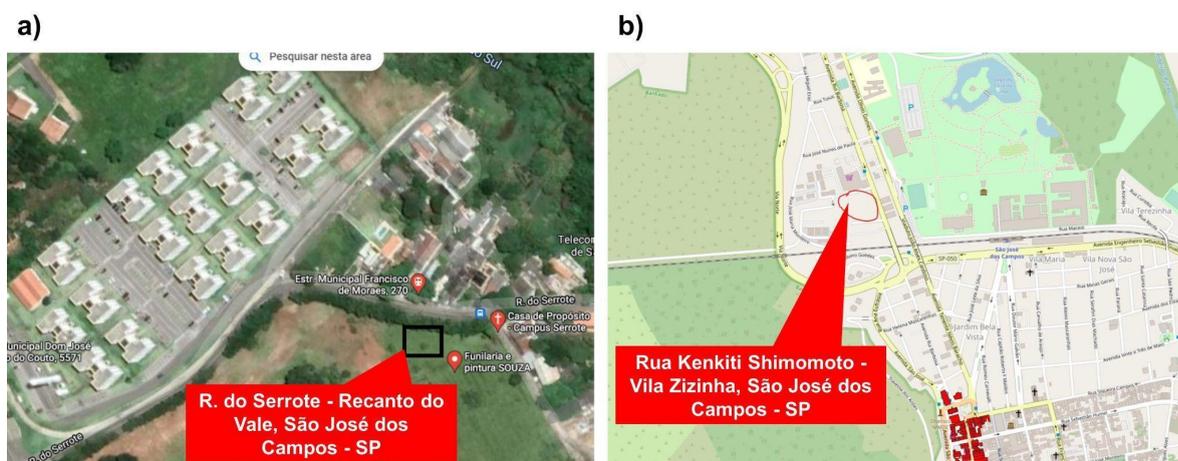
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Apresentação das soluções dos alunos



A apresentação dos alunos foi dividida em duas partes: i) análise jurídica e técnica para implantação da HIS; e ii) apresentação de uma solução sustentável no contexto de gerenciamento de obras. Em relação às análises para implantação da HIS, os alunos buscaram informações dentro do contexto jurídico a respeito de ordenamento territorial, zonas especiais de interesse social e macrozoneamento instituído a partir de leis vigentes e principalmente utilizando o Plano Diretor de São José dos Campos. Além destas diretrizes jurídicas, os alunos também empregaram alguns critérios técnicos, como proximidade de ambientes públicos (escolas, restaurantes, etc.), acesso a transporte público (pontos de ônibus) e financeiro (valor do m² do terreno). Como resultado, os alunos chegaram a diferentes localizações para implantação da HIS. A Figura 2 apresenta a localização da HIS para o Grupo 1 (Fig. 2a) e Grupo 2 (Fig. 2b). Dentro dos critérios escolhidos pelos alunos, o Grupo 1 elegeu o endereço Rua do Serrote (Recanto do Vale) como local de implantação da HIS, enquanto o Grupo 2 considerou o endereço Rua Kenkiti Shimomoto (Vila Zizinha) como local adequado para a HIS. Estes locais se adequam tanto nos critérios jurídicos no que diz respeito ao zoneamento, quanto aos critérios técnicos de pontos de interesse próximos ao local escolhido e valor do terreno.

Figura 2 - Localização da HIS elegida pelo Grupo 1 (a) e Grupo 2 (b)



Fonte: Autores

Na segunda parte, os alunos apresentaram soluções sustentáveis para gerenciamento de recursos (Grupo 1) e acompanhamento de obras (Grupo 2). Em relação ao primeiro tema, o gerenciamento de recursos, o Grupo 1 realizou um levantamento na bibliografia e concluiu que um adequado gerenciamento de recursos para a realidade da HIS tem como objetivo a redução de perdas de materiais e aumento de produtividade da mão de obra. Portanto, o grupo elaborou um procedimento de treinamento para funcionários específicos da obra a fim de atingir esses objetivos. Como resultado, o grupo relatou que houve uma diminuição de custos a longo prazo e melhor formação de recursos humanos. No que diz respeito ao segundo tema, o acompanhamento de obras, o Grupo 2 propôs uma metodologia *SCRUM*, em que essa metodologia se trata em dividir o

projeto principal em atividades de pequena duração com o intuito de gerenciá-los de maneira mais ágil e eficiente. A partir dessa metodologia, é possível dividir as etapas da obra em atividades menores a fim de melhorar a capacidade de acompanhamento. Ao empregar a metodologia em etapas específicas da obra, os alunos relataram a possibilidade de aumentar a produtividade e motivação da mão de obra.

O conceito BIM auxiliou nas soluções dos alunos porque as informações de planejamento e orçamento de obras estavam facilmente acessíveis e interligadas. Com essas vantagens, foi possível apresentar simulações das soluções apresentadas pelos alunos com um adequado embasamento. Portanto, houve um melhor aproveitamento do estudo das soluções e melhor apresentação dos alunos devido a essa metodologia.

3.2 Impacto na formação dos alunos

Dos 10 estudantes que participaram da implementação do projeto integrador, 08 deram feedback por e-mail ou no encerramento do curso sobre a experiência do semestre. Destes, 4 apontaram problemas como: (i) planejamento e concentração de conteúdos no segundo bimestre; (ii) tempo reduzido para apresentação de soluções, bem como a carga de trabalho e do tempo de dedicação extraclasse.

As questões apresentadas pelos estudantes foram agrupadas em organização didático-pedagógica e ferramentas digitais empregadas.

Os desafios de organização didático-pedagógica exigiram uma abordagem transdisciplinar, de modo a despertar nos estudantes o interesse em conectar componentes curriculares, contextualizando-os. Essa dinâmica impulsionou as equipes a acessarem conteúdos multidisciplinares, ferramentas digitais ligadas à gestão do projeto e a vivenciarem problemas do mundo real. Os docentes desempenharam o papel de facilitadores do trabalho desenvolvido pelos grupos, criando ambientes de aprendizagem e dando ênfase à interação dos grupos, escuta ativa e introduzindo técnicas de questionamento, de modo a estabelecer uma comunicação informal e o estímulo de competências relacionadas às atitudes como protagonismo e comprometimento com os usuários.

O primeiro desafio foi o alinhamento, entre os docentes, do que seria possível integrar, levando-se em conta as respectivas ementas e o intervalo temporal de um semestre para viabilizar o projeto no cenário de COVID. Decidiu-se que a integração seria parcial e ocorreria no meio do semestre, após a introdução dos componentes fundamentais de cada área. A decisão decorreu de dois aspectos levantados: (i) a necessidade de introduzir minimamente dos componentes curriculares das disciplinas envolvidas e (ii) o dimensionamento da complexidade da aplicação da modelagem BIM diante do prazo estabelecido.

O ponto de maior reclamação dos estudantes foi a carga de atividades propostas e de organização de conteúdo, sendo que, por exemplo, um estudante expôs como sugestão "a distribuição dos conteúdos ao longo do semestre e não concentração no segundo bimestre". Cabe destacar que durante o 2º semestre de 2021 por conta do cenário da pandemia, professores e estudantes foram inseridos no *Google Workspace for Education*, com acesso a um conjunto de ferramentas e serviços adaptados ao ensino remoto.



O segundo desafio foi a escolha do emprego de ferramentas digitais no desenvolvimento de atividades *hands-on* por meio de dinâmicas de grupos, com a finalidade de promover o engajamento e o bom desenvolvimento do projeto. Nesse ambiente, os docentes e mentores apresentaram os conceitos teóricos necessários, sempre com linguagem acessível, e, na sequência, orientaram os estudantes a realizar algum experimento em que os conceitos estudados eram aplicados. Estudos (RIBEIRO, 2009; ESCRIVÃO e RIBEIRO, 2008) apontam que esse tipo de aprendizagem é aperfeiçoada pela interação social.

A despeito dos problemas descritos, a avaliação geral dos estudantes sobre a adaptação ao ensino remoto e a execução das mentorias, no segundo bimestre, foi positiva. Dos que se manifestaram, 7 gostaram da experiência do aprendizado por PBL e informaram que a modelagem BIM foi um diferencial importante para otimização do trabalho da equipe e para a gestão de conhecimento do empreendimento; destacaram também a importância da orientação guiada por problemas reais. Abaixo seguem descritos os principais impactos indicados pelos estudantes:

Quadro 2 – Descrição dos impactos

Impactos Positivos	Impactos Negativos
<ol style="list-style-type: none"> 1. melhor entendimento de projeto, planejamento, orçamento e gerenciamento de obra; 2. importância do conceito BIM na construção civil; 3. integração com outras disciplinas e entendimento do papel da integração. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ajuste da carga e administração de trabalhos; 2. definição dos temas; 3. interoperabilidade

Fonte: Autores

Percebe-se no quadro acima que a proposta implementada impulsionou não apenas a compreensão de problemas técnicos, mas também as restrições legais do empreendimento. Os *feedbacks* aos professores envolvidos foram positivos, com destaque para a capacidade de tomar decisões tendo um entendimento maior sobre os riscos e cenários. Nessa medida, a proposta parece ter propiciado aos estudantes uma experiência próxima da realidade de áreas mais complexas de gerenciamento de obras.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo tratou da aplicação de aprendizagem ativa aplicando BIM no curso de Engenharia Civil e seus desafios, dentre eles: (i) planejamento de atividades com a necessidade dos docentes se apropriarem das ementas das disciplinas envolvidas e sobretudo, das metodologias empregadas em cada disciplina; (ii) design dos desafios com o dimensionamento da complexidade diante do prazo estabelecido e (iii) a adaptação das dinâmicas e do ensino presencial para o ensino remoto. A experiência da aplicação trouxe um aprendizado significativo para os professores e impulsionou uma nova modelagem do design dos desafios para um cenário de médio e longo prazos (pós-pandêmico),



envolvendo estratégias de desenvolvimento regional e local a partir do conceito de desenvolvimento sustentável.

Os estudantes envolvidos foram ouvidos e as percepções registradas evidenciaram o alto grau de interesse pela aprendizagem ativa, especialmente pelo desenvolvimento de atividades hands-on por meio de dinâmicas de grupos, com a finalidade de promover o engajamento e o acesso a novas tecnologias disponíveis para a área. Os resultados obtidos apontaram para o efeito positivo da aplicação de BIM. Nessa medida, o aprendizado por PBL, viabilizado pela integração parcial das disciplinas de Direito e Gerenciamento de Obras, pode ser um dos caminhos a ser adotado pela IES para inserir a trilha de inovação em suas propostas curriculares e cumprir as exigências das DCNs para os cursos de Engenharia.

Ressalta-se, contudo, que os resultados não podem ser generalizados, uma vez que foram obtidos por aplicação restrita a uma turma de engenharia, além de ter ocorrido em período que foge à normalidade, ou seja, o ano de 2021 afetado pela pandemia de COVID. Com o propósito de ampliar a base de dados colhidos, os professores optaram por continuar com o projeto em 2022, envolvendo novos desafios associados à Agenda 2030 e ao Desenvolvimento Sustentável.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial à ITAEx, a qual financiou este projeto.

REFERÊNCIAS

- AGHION, Philippe; DEWATRIPONT, Mathias; STEIN, Jeremy. Academic freedom, private-sector focus, and the process of innovation. **The RAND Journal of Economics**, v. 39, n. 3, p. 617–635, 2008.
- AJZEN, Icek. Attitudes, traits, and actions: Dispositional prediction of behavior in social psychology. In L. Berkowitz (Ed.), **Advances in experimental social psychology**, v. 20, p. 1-6. San Diego: Academic Press, 1987.
- AJZEN, Icek. The theory of planned behavior. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, 50, p. 179–211, 1991.
- BITTENCOURT, A. C.. A influência das práticas empreendedoras de uma universidade na formação de ecossistemas de inovação: Um estudo à luz da teoria do trabalho institucional. **Tese de Doutorado**, Universidade do Vale dos Sinos, São Leopoldo, Brasil, 2019.
- BOUD, David; FELETTI, Grahame. Changing-problem learning. In BOUD, D.; FELETTI, G. (Eds.). **The challenge of problem-based learning**. London, Kogan Page, p. 1-14, 1999.
- CASALE, Adriana et al. Mapas cognitivos na avaliação da Aprendizagem Baseada em Problemas. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 24, n. 2, p. 243-263, 2011.



CASALE, Adriana. Aprendizagem Baseada em Problemas – desenvolvimento de competências para o ensino de Engenharia. 162 p. **Tese** (Doutorado) – Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2013.

DELORS, Jacques (Org.). Educação um tesouro a descobrir – **Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI**. Editora Cortez, 7ª edição, 2012.

ESCRIVÃO FILHO, Edmundo; RIBEIRO, Luis Roberto. Aprendendo com PBL – Aprendizagem baseada em problema: relato de uma experiência em cursos de Engenharia da EESC-USP. **Revista Minerva**, v. 6, p. 23-30, 2009.

FAUST, Jennifer, PAULSON, Donald. Active learning in the college classroom. **Journal on Excellence in College Teaching**, 9 (2), p. 3-24, 1998.

FAYOLLE, Alain. (Ed.), **Handbook of research in entrepreneurship education – a general perspective**. Cheltenham, Northampton: Edward Elgar. Vol. 1, 2007.

FRAGOSO, Rui, ROCHA-JUNIOR, Weimar, XAVIER, Antônio. Determinant factors of entrepreneurial intention among university students in Brazil and Portugal. **Journal of Small Business & Entrepreneurship**, 2169-2610, 2019.

KRUEGER, Norris; CARSRUD, A. **Intenções Empreendedoras**: Aplicando a Teoria do Comportamento Planejado. *Empreendedorismo e Desenvolvimento Regional* 5, p. 315-330, 1993.

VANLANDE, Renaud, NICOLLE, Christophe; CRUZE, Christophe. IFC and lifecycle management. **Automation in Construction**, 18, 70-78, 2008.

VAN NEDERVEE, G.; TOLMAN, F. Modelling Multiple Views on Buildings. **Automation in Construction**, 1, p. 215-224, 1992.

WORTMANN, Anine Eschberger. The current global context of BIM Standards and protocols. In: Harris, V. (Ed.). **Journal for Digital Construction Solutions**, [e-journal] Volume 23(1), 2016.

CHUCK, Eastman; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Bookman Editora, 2014.



ACTIVE LEARNING: THE USE AND APPLICATION OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) IN CIVIL ENGINEERING

Abstract: This paper presents a case study of the application of Building Information Modeling (BIM) in the Civil Engineering course to guide the choice of project management practices according to the characteristics of the enterprise and environmental factors. The work system, called Integrator Project, was implemented involving a partial integration between the mandatory subjects of Law and Construction Planning and Management in the Civil Engineering Undergraduate Course. The Integrating Project contemplated three general objectives: (i) to expand the skills and professional attitudes desirable to the practice of engineering; (ii) to develop practical activities to solve complex problems with multidisciplinary teams and (iii) to disseminate the application of BIM in Civil Engineering. As a result, active methodologies point to better integration of disciplines in Civil Engineering undergraduate courses and aim to address technological innovation issues in line with sustainability, the environment, and the market.

Keywords: Project-Based Learning. Building Information Modeling. Teaching method. Team Work.

APRENDIZAGEM ATIVA: O USO E APLICAÇÃO DE BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) NA ENGENHARIA CIVIL

Este artigo apresenta o estudo de caso de aplicação de *Building Information Modeling* (BIM) no curso de Engenharia Civil com o intuito de orientar a escolha de práticas de gestão de projetos conforme as características do empreendimento e fatores ambientais. Para isso, foi implantada a sistemática de trabalho, denominada Projeto Integrador, envolvendo uma integração parcial entre as disciplinas obrigatórias de Direito e Planejamento e Gerenciamento de Obra no curso de Graduação em Engenharia Civil. O Projeto Integrador contemplou três objetivos gerais: (i) ampliar as habilidades e atitudes profissionais desejáveis à prática da engenharia; (ii) desenvolver atividades práticas para resolução de problemas complexos com equipes multidisciplinares e (iii) disseminar a aplicação de BIM na Engenharia Civil. Como resultado, o uso das metodologias ativas empregadas aponta para uma melhor integração de disciplinas nos cursos de graduação de Engenharia Civil e visa atender questões de inovação tecnológica, em consonância com a sustentabilidade, meio ambiente e mercado.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Projetos. BIM. Métodos de Ensino. Trabalho em Equipe.