

MÔNICA SANTOS SALGADO

ORGANIZADORA

BIM NO ENSINO DE ARQUITETURA

**ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS
NA FORMAÇÃO PROFISSIONAL**





] A
] B E R [
T O [
PROARQ UFRJ



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO | UFRJ
CENTRO DE LETRAS E ARTES | CLA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO | FAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA | PROARQ-FAU/UFRJ

Prof. Dr. Roberto Medronho
REITOR

Profa. Dra. Cássia Turci
VICE-REITORA

Prof. Dr. Afranio Gonçalves Barbosa
DECANA DO CENTRO DE LETRAS E ARTES

Prof. Dr. Guto Nóbrega
VICE-DECANIA DO CENTRO DE LETRAS E ARTES

Prof. Dr. Guilherme Lassance
DIRETOR DA FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

Prof. Dr. Alexandre Pessoa
VICE-DIRETOR

Profa. Dra. Ethel Pinheiro Santana
COORDENADORA PROARQ-FAU/UFRJ

Prof. Dr. Marcos Martinez Silvano
VICE-COORDENADOR PROARQ-FAU/UFRJ

Prof. Dr. Rubens de Andrade
COORDENAÇÃO ADJUNTA DE EDITORIA

Profa. Dra. Ethel Pinheiro
Profa. Dra. Fabiola do Valle Zonno
Prof. Dr. Marcos Martinez Silvano
Prof. Dr. Rubens de Andrade
CONSELHO EDITORIAL

Profa. Dra. Cêça Guimarães – PROARQ-FAU/UFRJ
Profa. Dra. Cybelle Salvador Miranda – UFPA
Prof. Dr. Frederico de Holanda – UNB
Profa. Dra. Flavia Brito – FAUUSP
Profa. Dra. Gisele Arteiro – PROARQ-FAU/UFRJ
Profa. Dra. Vera Tângari – PROARQ-FAU/UFRJ
Profa. Dra. Priscilla Peixoto – PROARQ-FAU/UFRJ
Prof. Dr. Lucas Caldas – PROARQ-FAU/UFRJ
COMISSÃO CIENTÍFICA

MÔNICA SANTOS SALGADO

ORGANIZADORA

BIM NO ENSINO DE ARQUITETURA

ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS
NA FORMAÇÃO PROFISSIONAL



1ª EDIÇÃO, 2023

PUBLISHER
Denise Corrêa
Daverson Guimarães

PROJETO GRÁFICO, CAPA E DIAGRAMAÇÃO
Fernanda Oliveira

PRODUÇÃO EDITORIAL E GRÁFICA
Denise Corrêa
Maristela Carneiro

REVISÃO ORTOGRÁFICA
Algo Mais Soluções

IMPRESSÃO
Rio Books

CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
ELABORADA POR BIBLIOTECÁRIA JANAINA RAMOS – CRB-8/9166

B611

Bim no ensino de arquitetura: estratégias didáticas
na formação profissional / Mônica Santos Salgado
(Organizadora). – Rio de Janeiro: Rio Books, 2023.

(Abertos, V. 2)

128 p., il., fotos.; 14 X 21 cm

ISBN 978-85-94971-11-1

1. Arquitetura. I. Salgado, Mônica Santos (Organizadora).
II. Título.

CDD 720

Índice para catálogo sistemático

I. Arquitetura



Rio Books
Av. Jarbas de Carvalho, 1733, 101
Recreio dos Bandeirantes
Rio de Janeiro – RJ

Tel. (21) 99312-7220 CEP 22795-445
contato@riobooks.com.br
www.riobooks.com.br

Todos os direitos desta edição são reservados a:
Editora Grupo Rio Books.

Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida ou transmitida por qualquer forma e/ou quaisquer meios (eletrônicos ou mecânicos, incluindo fotocópias e gravação) ou arquivada em qualquer sistema de banco de dados sem permissão escrita do titular do editor. Os artigos e as imagens reproduzidas nos textos são de inteira responsabilidade de seus autores.

Prefácio

C'est avec un grand plaisir que j'ai reçu l'invitation à préfacer le livre *BIM no ensino de arquitetura: estratégias didáticas na formação profissional*. Je remercie chaleureusement l'éditrice Mônica Santos Salgado de l'honneur qu'elle m'a fait.

Un livre de plus sur le BIM?

Absolument non ! Ce livre s'inscrit dans l'enrichissement continu et nécessaire de l'écosystème numérique des pratiques pédagogiques en architecture. C'est pourquoi la publication de cet ouvrage collectif est particulièrement nécessaire et bienvenue. L'ouvrage est structuré autour de neuf chapitres, et dans son ensemble apporte un regard pluriel sur des exemples à la fois riches et variés d'approches didactiques et de l'état de l'art, tout en favorisant et suscitant des perspectives interdisciplinaires pour penser le BIM et ses médiations instrumentales. En ce sens, ce livre représente un choix pragmatique de la part des auteurs, et nous propose une lecture stimulante qui donne envie d'aller plus loin aux débutants et réserve des surprises aux spécialistes du domaine.

Mais pourquoi le BIM (*Building Information Modeling*) est si important dans l'évolution de l'écosystème numérique en architecture?

Sans prétendre apporter une réponse définitive à cette question, nous partons du constat que les pratiques opérationnelles, pédagogiques et de recherche du BIM participent au renouvellement

du système sociotechnique dans lequel s'inscrit l'environnement construit. Un renouvellement qui dévoile des enjeux à la fois opérationnels et culturels car la démarche de projet BIM: a) aborde autrement la création, la structure, la pérennité et le partage des informations d'un ouvrage (en projet ou existant), et selon les temporalités de son cycle de vie; b) potentialise les porosités disciplinaires entre acteurs du projet à l'échelle architecturale et urbaine.

En effet, la production des savoirs en architecture est engagée dans un processus d'inscription historique, et donc, fonction de l'évolution des mentalités. Bien que relevant d'activités séculaires, la conception architecturale est aujourd'hui confrontée à des défis de plus en plus nombreux. La nécessité de mesurer et d'anticiper les incidences écologiques du projet, les obligations de meilleurs calculs et contrôles des phénomènes physiques, les impératifs réglementaires, la maîtrise des coûts et des délais etc., sont quelques-unes des exigences conduisant à de compétences et de méthodes de travail de plus en plus complexes.

Les transitions énergétique et numérique dans le secteur du bâtiment participent de manière intrinsèque à l'évolution de ce scénario en soulevant des questions sur les pratiques des acteurs et leurs formations. Par conséquent, penser autrement la place du numérique dans les études d'architecture est devenu primordial. Il ne s'agit pas (ou plus) d'une question d'usage d'un outil supplémentaire. Au contraire, le numérique en architecture introduit un changement de paradigme dans la façon de rendre visible, intelligible et partageable le projet. En ce sens, on peut parler d'une culture numérique appliquée à l'architecture.

Cependant, l'enseignement de (ou autour de) la culture numérique dans les études d'architecture pose plusieurs questions. Et le BIM n'y échappe pas. Parmi ces questions, la posture de l'enseignant vis-à-vis du comment enseigner un esprit d'autonomie critique face à l'évolution constante de l'écosystème numérique en architecture,

du comment enseigner un savoir lié à l'interopérabilité technique et organisationnelle (*OpenBIM* versus *ClosedBIM*), du comment interroger de façon transversale les interactions entre BIM et la modélisation paramétrique et générative, l'intelligence artificielle, l'open source, l'empreinte carbone et l'économie circulaire, le HBIM (*Historical/Heritage Building Information Modeling*), le CIM (*City Information Modeling*), l'impression 3D pour la construction, etc. (la liste est longue...).

Il s'agit donc pour nous, enseignants et chercheurs en architecture, d'un défi et d'une opportunité ! C'est le parti pris par les auteurs de cet ouvrage.

Sous un angle ouvert et multidisciplinaire, les contributions rassemblées ici recouvrent différentes facettes de l'enseignement du BIM dans la formation des architectes. Parmi ces facettes : L'intégration du BIM dans les établissements d'enseignement supérieur et le constat qu'une telle intégration n'efface pas les spécificités locales. À ce titre, la description des étapes dans la structuration de la "cellule BIM" de la UFRJ (chapitre 1). L'usage de la modélisation paramétrique et le langage de programmation visuelle dans l'étude de la morphogénèse architecturale lors des premières années d'étude d'architecture (chapitre 2). La démarche BIM dans la compréhension des systèmes constructifs et de leurs interactions dans le cadre du projet (chapitre 3). Le potentiel de la visualisation 3D et des outils de modélisation paramétrique dans l'optimisation de la forme et l'étude de l'irradiation solaire (chapitre 4). L'utilisation d'outils de visualisation et d'analyse *OpenBIM* basés sur le standard IFC (*Industry Foundation Classes*) et la qualité d'échanges entre enseignants et étudiants et en atelier de conception (chapitre 5). L'usage couplé de la modélisation géométrique et paramétrique dans les démarches d'analyses environnementales et énergétiques en situation pédagogique (chapitre 6 et 7). Le dialogue entre les enseignements de la construction et du projet pour faciliter l'estimation des coûts lors des phases initiales

de conception (chapitre 8). L'usage de modèles BIM pour réfléchir à la spécification et à la quantification des matériaux et composants d'un système ou sous-système d'un bâtiment (chapitre 9).

Puisse le parcours stimulant auquel invite ces neuf chapitres, qui résonnent des échos des œuvres lues et des expériences pédagogiques, aider à renouveler notre regard sur le BIM et ses stratégies didactiques en architecture.

Bon voyage au lecteur auquel je souhaite autant de plaisir que j'en ai éprouvé à la lecture de l'ouvrage *BIM no ensino de arquitetura: estratégias didáticas na formação profissional*.

Sandra Marques

ENSA Toulouse

Sumário

Apresentação 12

Monica Santos Salgado

**Estruturação e implementação
de Célula BIM na FAU/UFRJ** 15

Monica Santos Salgado
Aline Marques Calazans
Luciana Maria Bonvino de Figueiredo

**Introdução de conceitos de programação
no ensino de geometria descritiva:
28 _____ proposta de atividade didática**

Mauricio Pereira
Maria Ângela Dias

**Manipulação de modelos no ensino
41 _____ dos sistemas prediais: lições aprendidas**

Kátia Maria Macedo Sabino Fugazza
Sylvia Meimaridou Rola

**Otimização da forma para a captação
51 _____ da radiação solar na envoltória de edifícios**

Giselle Graça Bahiense de Lyra
Sylvia Meimaridou Rola

**Aplicação do BIM no ensino
de projeto de arquitetura educacional
61 _____ na Universidade Federal de Roraima**

Carlos Teodoro Olivares
Aline Calazans Marques
Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

**Uso do BIM no ensino de conforto ambiental:
proposta de atividade para simulação
de desempenho térmico** _____ **72**

Camila Cunha de Souza
Fabrício Pimentel Gaspar da Silva
Mônica Santos Salgado
Thiago Melo Grabois
Reila Vargas Velasco

**Qualidade ambiental no ensino
de projeto a partir do BIM** _____ **83**

Patrizia Di Trapano

**Concepção de projetos com BIM:
viabilidade econômica na construção** _____ **94**

Rodrigo Dantas de Mendonça
Aline Calazans Marques

**O ensino de construção
e a modelagem da informação** _____ **105**

Luciana Bonvino Figueiredo
Elisabeth Guedes Oliveira

Sobre os autores _____ **117**



Apresentação

A adoção das tecnologias digitais tem promovido a modernização do trabalho em diferentes setores produtivos. Na construção civil, empresas de arquitetura e engenharia têm explorado desde a década de 1980 as possibilidades oferecidas pelas ferramentas computacionais.

No entanto, foi a partir da disseminação do *Building Information Modeling (BIM)* que esse movimento ganhou impulso. As possibilidades oferecidas pelos aplicativos que viabilizam a Modelagem da Informação da Construção proporcionam oportunidades para o trabalho colaborativo, visando à produção do projeto integrado. O BIM emerge a partir da evolução das tecnologias computacionais

e se apresenta não apenas como “um conjunto de *software*”, mas especialmente como um novo processo de trabalho, facilitando a “colaboração” entre os membros das equipes de projeto e obra.

Historicamente, a adoção das ferramentas computacionais nas práticas profissionais em arquitetura e urbanismo não chegou a alterar o ensino da profissão – exceto pela criação das disciplinas intituladas “*Informática Aplicada à Arquitetura*” que passaram a tratar o tema em atendimento às Diretrizes Curriculares do MEC (2010). Contudo, a adoção do BIM demanda mais do que incorporar a “informática” ao ensino, uma vez que depende da formação de competências específicas (gerenciais, operacionais e técnicas) ainda pouco (ou quase nada) exploradas pelo ensino de graduação.

O correto entendimento sobre BIM é o primeiro obstáculo à sua adoção, uma vez que muitos ainda o entendem apenas como “ferramenta”. Exatamente por isso, a discussão sobre o tema tem levado ao desenvolvimento de teses de doutorado e dissertações de mestrado que exploram os impactos promovidos pela nova metodologia.

Esse movimento ganhou forte impulso a partir das ações do Governo Federal, como: o Decreto nº 9.983/2019, que instituiu a Estratégia BIM-BR; o Decreto nº 10.306/2020, o qual estabeleceu a utilização do BIM na execução de obras e serviços realizados pela Administração Pública Federal; e, mais recentemente, a homologação da Nova Lei de Licitação e Contratos, Lei nº14.133/2021 (NLLC), que estipulou a preferência para as contratações em BIM. Essas ações sinalizam para um mercado de trabalho no qual não haverá espaço para os profissionais que desconheçam o BIM, o que justifica sua incorporação ao ensino de graduação.

Entretanto, é indiscutível a dificuldade de se mudar toda uma estrutura de curso para incluir o BIM no ensino, dada a complexidade do tema. Além disso, seria preciso que os membros do corpo docente tivessem conhecimento sobre BIM antes de incorporá-lo em suas disciplinas. Daí a necessidade de realizar essa mudança de forma

gradual, a partir da iniciativa dos docentes interessados no tema, que, aos poucos, poderão se familiarizar com as novas possibilidades oferecidas pela metodologia, explorando-as em sala de aula no ensino dos conteúdos específicos de suas disciplinas.

Em 2021, teve início na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ o “Implementação e Estruturação de Célula BIM”, com apoio da Fundação Carlos Chagas de Amparo à Pesquisa no Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo Edital Cientista do Nosso Estado. No âmbito desse projeto, os docentes da FAU/UFRJ têm sido instigados a refletir sobre as possibilidades oferecidas pelo BIM às suas áreas de atuação, de modo a buscar alternativas para viabilizar sua inserção nas práticas didáticas do curso de graduação. Entre as ações de tal projeto, está a criação da disciplina “BIM no Ensino de Arquitetura”, oferecida pela primeira vez em 2022, que atraiu não apenas os discentes de pós-graduação, mas também docentes experientes interessados no tema. Esse grupo de pesquisadores debruçou-se sobre a questão, investigando quais alternativas poderiam ser adotadas na adoção do BIM.

O presente livro traz as principais contribuições apresentadas pelo grupo de docentes e pesquisadores em questão. Cada capítulo apresenta um olhar próprio às possibilidades oferecidas, buscando alternativas que incrementem o ensino de algumas disciplinas que compõem o curso, levando os alunos a experimentar as possibilidades oferecidas pelo BIM. As propostas aqui apresentadas baseiam-se em revisões bibliográficas realizadas pelos autores e/ou na experiência docente. Pretende-se contribuir para a difusão do BIM no ensino de arquitetura, apresentando um olhar focado na sua aplicação prática.

Esperamos que a leitura desta obra incentive (e inspire) a proposição de outras estratégias didáticas, em que o BIM seja explorado em sua totalidade, tendo como objetivo final a formação de arquitetos e urbanistas com a competência necessária para trabalhar de forma colaborativa e integrada.



Estruturação e implementação de célula BIM na FAU/UFRJ

Monica Santos Salgado

Aline Marques Calazans

Luciana Maria Bonvino de Figueiredo

Introdução

a Modelagem da Informação da Construção – Building Information Modeling (BIM) – tem sido o carro-chefe do processo de modernização da construção, envolvendo desde o desenho paramétrico até a simulação de desempenho e gestão da operação e da manutenção. Ao tratar a adoção e implementação do BIM, deve-se reconhecer que

o processo envolve uma mudança cultural, que implica o investimento em capacitação profissional e infraestrutura.

Em 2019, o Ministério da Economia lançou o Edital nº 3/2019 (Ministério da Economia, 2019) propondo o estabelecimento de um “Termo de colaboração para a execução de ações para promover ganho de produtividade e competitividade no setor da construção civil”. Essa iniciativa teve como objetivo o alcance de nove metas básicas. Entre estas, cinco estão relacionadas com a disseminação do BIM.

Essas demandas motivaram a organização do projeto de estruturação e implementação de Célula BIM na FAU/UFRJ, que conta com o apoio da FAPERJ. Sacks et al. (2020) destacam o desafio de colocar tanta complexidade em apenas um campo de estudo como o BIM e a dificuldade de mudar toda uma estrutura de curso para incluí-lo. Entende-se que, para incluir o BIM no ensino de arquitetura, é necessário **estabelecer uma estratégia que permita trabalhar com os professores**, identificando suas habilidades e seus interesses em BIM e elaborando alternativas para divulgar suas possibilidades no ensino dos conteúdos do curso de graduação em arquitetura. As ações voltadas à Célula BIM da FAU UFRJ serão apresentadas neste capítulo.

Etapas da estruturação da célula BIM

A Célula BIM baseia-se no envolvimento de pessoas, apoiada por uma infraestrutura para realizar ações. As pessoas envolvidas são professores, pesquisadores, alunos e funcionários da IES. A infraestrutura deve ser composta por espaço, equipamentos, *softwares* e ambiente de colaboração e compartilhamento em nuvem. As ações visando à implementação da Célula BIM devem ter o enfoque na inovação por meio da integração do BIM às novas tecnologias.

Para viabilizar a estruturação da Célula BIM na FAU/UFRJ, o primeiro passo foi a realização de um levantamento para identificar os docentes interessados em participar do projeto. Nessa primeira sondagem, dos 109 docentes ativos membros do corpo efetivo

da faculdade, 40% foram contactados e declararam seu interesse no tema, mas a maioria afirmou que conhece muito pouco as possibilidades oferecidas.

Dando continuidade ao projeto de estruturação e implementação da Célula BIM, as seguintes ações foram organizadas em cinco etapas: 1ª etapa – planejamento das ações da Célula BIM; 2ª etapa – levantamento, formação e instalação; 3ª etapa – detalhamento e realização das atividades; e 4ª etapa – análise dos resultados e *follow up* com o *feedback* dos docentes e discentes.

A primeira etapa consistiu no levantamento do conteúdo didático BIM existente no país; no diagnóstico quanto ao grau de maturidade BIM da FAU/UFRJ; e no diagnóstico da grade curricular para a identificação das disciplinas com potencial para a adoção do BIM. O conteúdo didático sobre BIM está em constante atualização, uma vez que, em todo o país, observa-se um crescente interesse dos cursos de arquitetura e engenharia no tema. Após o levantamento bibliográfico, teve início a fase de análise das características específicas do curso de graduação da FAU/UFRJ, conforme será apresentado a seguir.

Maturidade BIM da FAU UFRJ

“Maturidade” e “Capacidade” BIM são conceitos discutidos por vários autores. De acordo com BIME (2020), Maturidade BIM é a melhoria gradual e contínua na qualidade, na repetibilidade e na previsibilidade dentro da capacidade BIM disponível, expressas como “Níveis de Maturidade”. A capacidade BIM representa as habilidades mínimas de uma organização ou equipe para fornecer resultados BIM mensuráveis e abrange tópicos de tecnologias, processos e políticas. A capacidade BIM é aprimorada a partir do cumprimento de diferentes estágios e etapas de amadurecimento até se chegar à integração da equipe para o desenvolvimento do projeto otimizado e integrado.

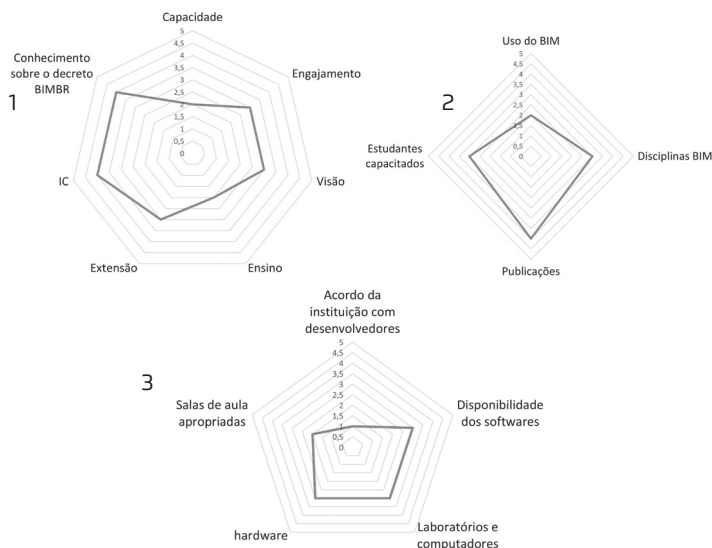
Entretanto, conforme destacam Maharika et al. (2020), não há evidências da relação entre maturidade BIM na indústria e na

educação. Os autores apresentam seis principais critérios de adoção do BIM no ensino que podem facilitar o processo: (a) visão e prioridades da instituição; (b) existência de infraestrutura adequada; (c) análise do currículo; (d) capacitação dos recursos humanos; (e) organização do conhecimento; e (f) gerenciamento de mudanças.

Pesquisa desenvolvida por Bões et al. (2021) sugere um método para análise da maturidade BIM nas instituições de ensino superior que se baseia em três pilares: Políticas, Processos e Tecnologia. Cada um se subdivide em questões a serem analisadas pelos docentes e classificadas numa escala de vai da baixa à alta maturidade. As universidades que participam da rede de Células BIM da ANTAC têm partido dessa análise para a definição do Plano de Implementação BIM nas instituições.

O método foi aplicado considerando as especificidades do ensino de arquitetura na FAU/UFRJ, bem como a infraestrutura disponível até 2022. Os resultados são apresentados nos gráficos 1, 2 e 3.

Conforme se pode observar, embora a FAU atenda adequadamente aspectos relacionados às políticas para a adoção do BIM, ainda apresenta carências no que se refere aos professores e tecnologias disponíveis, o que indica a necessidade de investimentos na criação de laboratórios. De qualquer forma, apesar das dificuldades, o resultado da análise classificou a maturidade BIM no ensino de arquitetura como “Média Maturidade”.



Gráficos 1 (políticas), 2 (processos) e 3 (tecnologias). Fonte: as autoras.

Análise dos componentes curriculares da FAU/UFRJ

Como forma de implementar ações visando à adoção do BIM no ensino de arquitetura, a etapa seguinte consistiu na análise do currículo da FAU tomando por base os Usos do Modelo BIM. Conforme definido por Succar et al. (2016), o Uso do Modelo representa um conjunto de requisitos predefinidos, atividades especializadas e resultados específicos do projeto, agrupados em um único título para que possam ser facilmente especificados, medidos e aprendidos.

De acordo com a Resolução MEC 2010, o Núcleo de Conhecimentos Profissionais da formação em arquitetura e urbanismo deve ser constituído por: Teoria e História da Arquitetura, do Urbanismo e do Paisagismo; Projeto de Arquitetura, de Urbanismo e de Paisagismo; Planejamento Urbano e Regional; Tecnologia da Construção; Sistemas

Estruturais; Conforto Ambiental; Técnicas Retrospectivas; Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo; e Topografia.

O Núcleo de Conhecimentos de Fundamentação foi alterado pela Resolução MEC 2019 e deve ser integrado por: Estética e História das Artes; Estudos Sociais e Econômicos; Estudos Ambientais; Desenho; Desenho Universal e Meios de Representação e Expressão. Os usos do BIM são agrupados em: Captura e representação; Planejamento e projeto; Simulação e Quantificação; Construção e Fabricação; Operação e Manutenção; Monitoramento e Controle; e Extensão, que se refere às possibilidades de vinculação do BIM com outros bancos de dados (gestão de *facilities*, IoT).

A partir dessa análise preliminar, realizou-se o cruzamento entre as disciplinas do novo currículo da FAU e os Usos do Modelo BIM de forma a identificar as interfaces. O resultado está ilustrado na figura 1.

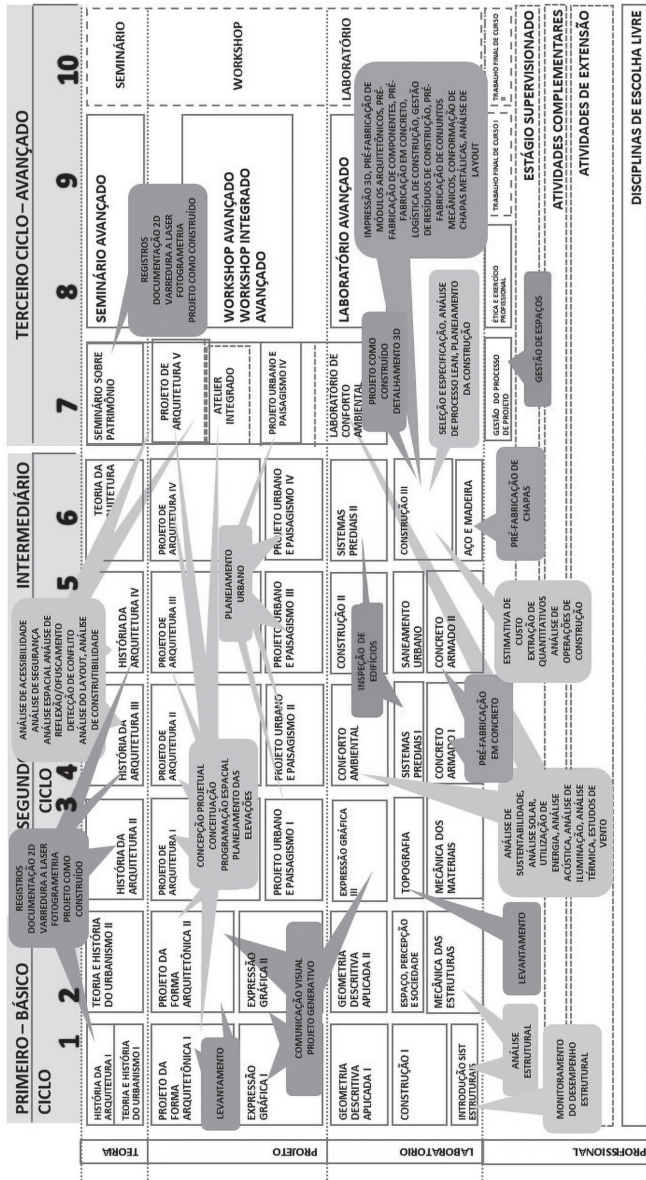


Figura 1: Usos do Modelo BIM no ensino da FAU/UFRJ. Fonte: Salgado, 2022.

A análise realizada tomou por base as ementas das disciplinas, e os resultados permitiram identificar (Salgado, 2022): (i) os usos do Modelo BIM relacionados à **captura de imagem e representação, simulação e quantificação e controle e monitoramento**, que podem ser explorados desde os primeiros períodos do curso, ganhando em complexidade conforme o estudante adquire conhecimentos sobre os conteúdos em arquitetura e urbanismo. Além disso, eles oferecem alternativas para o ensino das disciplinas teóricas (história da arquitetura, documentação do patrimônio, entre outras), permitindo ao aluno a compreensão do potencial do BIM para além da modelagem das informações geométricas; (ii) os usos do Modelo BIM relacionados a **projeto e planejamento e construção e fabricação**, que têm potencial para serem fortemente explorados nos períodos intermediários do curso (do terceiro ao sétimo período) em consonância com as disciplinas de projeto de arquitetura e tecnologias construtivas; e (iii) os usos do Modelo BIM relacionados a **operação e a manutenção e a monitoramento e controle**, que são os que menos oportunidades de inserção apresentam ao se considerar as disciplinas conforme currículo analisado. No entanto, considerando a importância desses temas na formação do arquiteto e urbanista, poderão ser incorporados ao ensino das disciplinas de planejamento, projeto, construção e tecnologia.

A adoção do BIM no ensino deve focar não apenas nos usos do Modelo, mas também na formação de competências. Checcucci e Amorim (2014) advogam a favor da construção de um plano de adoção do BIM a partir da análise dos componentes curriculares buscando identificar em que disciplinas os conteúdos desejados podem ser trabalhados e desenvolvidas as competências necessárias. Os autores propuseram um método de análise que envolve a avaliação de cada disciplina em quatro dimensões:

1. a primeira verifica a relação entre o componente curricular e BIM informando: se não existe interface; se pode haver interface; e se existe interface;

2. a segunda categoria avalia se os seguintes conteúdos da modelagem podem ser trabalhados na disciplina: (1) Ciclo de vida da edificação; (2) Colaboração; (3) Interoperabilidade; (4) Coordenação; (5) Modelagem geométrica tridimensional; (6) Parametrização; (7) Orientação a objetos; (8) Semântica do Modelo; (9) Visualização do Modelo; e (10) simulação e análise numéricas;
3. a terceira categoria identifica que etapas do ciclo de vida da edificação podem ser trabalhadas: (1) estudo de viabilidade; (2) projeção; (3) planejamento da construção; (4) construção; (5) uso, operação e manutenção; e (6) demolição ou requalificação;
4. a última categoria aprofunda-se na etapa de projeto, assinalando se as seguintes disciplinas de projeto têm interface com o componente curricular: (1) arquitetura; (2) estrutura; (3) elétrica; (4) hidráulica; (5) ar-condicionado; e (6) outras disciplinas.

Na análise da grade da FAU/UFRJ, foi adotado o método expandido, conforme sugestão da Rede de Células BIM da ANTAC (2020), incluindo questões como: análise dos estágios da implementação BIM que podem ser trabalhados na disciplina; o potencial de integração da disciplina com outros cursos ou disciplinas; e o tipo de competência a ser desenvolvida pelo componente curricular (teórico/prática).

Conforme se pode verificar na Figura 2, as cores mais escuras identificam as disciplinas com maior potencial para o desenvolvimento de competências BIM. Evidencia-se o potencial das disciplinas práticas (Projeto Arquitetônico) para a implementação do BIM, no desenvolvimento de competências que incluem a colaboração e a coordenação. Mas também foram identificadas oportunidades em outras disciplinas: (i) nas disciplinas teóricas (história e teoria) – que podem explorar as possibilidades oferecidas pelo HBIM (BIM Histórico); (ii) nas disciplinas de expressão gráfica – a partir do uso

da parametrização na representação e na experimentação da forma; (iii) nas disciplinas de conforto ambiental – com a realização de simulações; e (iv) nas disciplinas de construção – com a possibilidade de extrair quantitativos de materiais a partir do modelo. Evidencia-se, portanto, que a maior parte das disciplinas apresenta alguma interface com as potencialidades oferecidas pelo BIM.

Conclusões


A visão integrada do processo BIM, que envolve desde a concepção, o projeto paramétrico (com a manipulação de algoritmos) e até a compatibilização entre projetos das diferentes disciplinas e desenvolvimento projeto executivo, contribui para a formação de profissionais que saibam trabalhar de forma integrada e colaborativa. No entanto, o sucesso da adoção do BIM no ensino de graduação depende da revisão das estratégias didáticas e da disponibilização de infraestrutura adequada.

O projeto de estruturação e implementação da Célula BIM segue para as etapas seguintes, com a disseminação do BIM através da criação de uma disciplina de pós-graduação especificamente sobre o tema e com a disponibilização aos docentes interessados no tema de um laboratório com os equipamentos necessários às experimentações em BIM.

Referências

- BIME Initiative **BIM Dictionary**. 2020. Disponível em: <https://bimdictionary.com/>
Acesso em: 11 maio 2023.
- BÕES, J. S.; BARROS NETO, J. P.; LIMA, M. M. X. BIM maturity Model for Higher Education Institutions. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 131-
<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000200518>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/cfKwhCtwVYZPtNmxPMkRpvb/?lang=en>.
Acesso em 11 de maio 2023.
- BRASIL. Ministério da Economia. Edital n. 3/2019. Termo de colaboração para execução de ações para promover ganho de produtividade e competitividade no setor de construção civil. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/licitacoes-e-contratos/doacoes/chamamentos-publicos/2019/construcao-civil/edital>.
Acesso em: 11 maio de 2023.
- CHECCUCCI, É. S.; AMORIM, A. L. Método para análise de componentes curriculares: identificando interfaces entre um curso de graduação e BIM. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 6-17, 2014. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8634540>.
Acesso em: 11 maio 2023.

- MAHARIKA, I. F.; IRSAN, A.; ATHAS, S. I. et al. Building Information Modeling (BIM) Adoption Model for Architectural Education. **Journal of Design and Built Environment**, v. 20, n. 3, p. 22-42, 2020. Disponível em: <https://ejournal.um.edu.my/index.php/jdbe/article/view/28027>. Acesso em: 11 maio 2023.
- SACKS, R.; EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021.
- SALGADO, M. S. Adoção dos usos do modelo BIM como estratégia para adoção no ensino de graduação: estudo de caso. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC)**, Canela, 2022, p. 1-10, 2022. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2024/1838>. Acesso em: 11 maio 2023.
- SUCCAR, B.; SALEEB, N.; SHER, W. Model Uses: Foundations for a Modular Requirements Clarification Language, Australasian Universities Building Education. **Australasian Universities Building Education Conference (AUBEA2016)**, p. 1-12, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303013287_Model_Uses_Foundations_for_a_Modular_Requirements_Clarification_Language. Acesso em: 12 out. 2023.



Introdução de conceitos de programação no ensino de geometria descritiva: proposta de atividade didática

Mauricio Pereira
Maria Ângela Dias

Introdução

o surgimento de ferramentas digitais (SOUTO; DE CONTO, 2020) vem transformando o processo de ensino, notadamente nos cursos de arquitetura e urbanismo, nos quais essas ferramentas permitem a exploração de formas não convencionais com interfaces intuitivas,

indicando mudanças nos processos de concepção e produção do projeto. O ensino da geometria descritiva aplicada à arquitetura, na FAU/UFRJ, explora os fundamentos geométricos da forma num processo interativo que considera concepção e representação, peculiar aos desenhos de arquitetura. Dessa maneira, a geometria descritiva (GD) não se resume a um método de representação, mas contém duas partes, uma teórica e outra prática. A parte teórica comporta as propriedades do espaço figurado, ou seja, compreende os elementos da geometria tridimensional. A parte prática consiste na representação, sobre folhas de papel bidimensionais, os elementos do espaço a três dimensões. Esse exercício é feito de modo lógico, mas também intuitivo, visando à desenvoltura do aluno ao tratar das formas tridimensionais e suas articulações, habilidade absolutamente indispensável ao arquiteto, não apenas na representação, mas na própria concepção do projeto.

No caso particular da GD2 (disciplina do segundo semestre do curso), além do exercício espacial propriamente dito, a disciplina apresenta as superfícies geométricas mais utilizadas em projetos de arquitetura, de modo a dotar o aluno de um repertório formal avançado, ampliando suas possibilidades de criação. Todas as situações geométricas estudadas são elaboradas, portanto, com base na aplicação em projetos de arquitetura, mostrados em aula, de acordo com os temas apresentados, sendo estes: telhados, superfícies curvas (com interseções) e escadas helicoidais. Essas aplicações são essencialmente trabalhadas no formado de *épura*, com representações bidimensionais de duas vistas, superior e frontal (ou planta baixa e elevação).

Sendo uma disciplina do nível básico do curso, situa-se, portanto, na fase pré-BIM, conforme classificação de Bilal Succar (2010). No entanto, mesmo nessa fase, há na estrutura atual da disciplina rotinas que permitem introduzir conceitos da Modelagem da Informação da Construção, sobretudo no que diz respeito à atividade de

Por outro lado, algumas “incurções” em programas 3D já são feitas, desde a disciplina precedente (GD1), de modo a introduzir os programas de modelagem 3D na prática dos alunos, como o próprio Sketchup, até o Rhinoceros e sua linguagem gráfica de programação, o Grasshopper. Essa prática de usar esses programas em alguns exercícios também se mantém na GD2, não como exigência, mas para introduzir conceitos de modelagem digital.

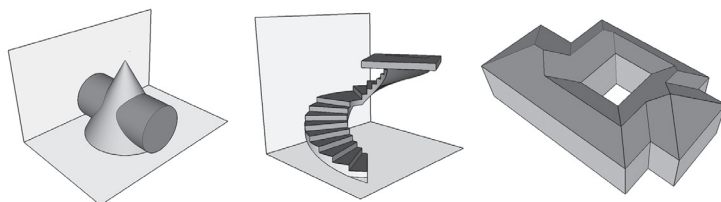


Figura 2: Modelos realizados no Skechup e no Rhinoceros (3D).
Fonte: o autor. Material didático da disciplina, 2020.

Com base nesse conhecimento básico prévio por parte do aluno de GD2, o assunto escolhido para esta proposta de atividade é a escada helicoidal, estudada na parte final da disciplina, cuja sequência de cálculo – assim como os parâmetros envolvidos e suas interdependências – se adéqua perfeitamente à elaboração de um algoritmo programável. A proposta consiste em uma atividade de programação e parametrização de um modelo básico de escada helicoidal, utilizando a linguagem gráfica Grasshopper. A escolha dessa linguagem está fundamentada na facilidade de compreensão, por ser essencialmente visual, assim como pelo fato de estar atualmente disponível para os alunos nos laboratórios digitais da FAU/UFRJ.

Escada helicoidal

São quatro os parâmetros considerados para o cálculo de uma escada helicoidal.

Parâmetros gerais

Fórmula de conforto (Blondel, século XVII, NBR 9050:2020):

$$2h + p = 64\text{cm}$$

Em que: h = altura do degrau (espelho); p = profundidade do degrau (piso); 64cm = comprimento médio do passo de um adulto.

Parâmetros específicos

Ao contrário das escadas lineares, com degraus retangulares que mantêm a mesma profundidade em toda a largura da escada, as escadas helicoidais, que são em curva, apresentam os degraus com profundidade variável. A fórmula de Blondel, portanto, é aplicada numa trajetória imaginária pelo centro do degrau, para garantir a relação de conforto, pelo menos nesse trecho central.

Em planta baixa, essa trajetória imaginária projeta-se como uma circunferência. A profundidade do piso, encontrada no cálculo inicial com a fórmula de Blondel, deve ser marcada sobre esse arco de circunferência. Faz-se a marcação de uma medida linear num arco de circunferência a partir do ângulo determinado pelos raios que contêm os dois pontos dessa medida no arco. Esse ângulo varia de modo inversamente proporcional ao raio da circunferência, conforme a seguinte relação:

$$\frac{360^\circ}{2\pi R} = \frac{\theta^\circ}{p}$$

Uma "regra de 3" simples, em que 360° é a volta completa, medindo 2πR, e θ°, é o ângulo de um piso, medindo p (profundidade do piso).

Cálculos e ajustes

Portanto, no cálculo da escada em curva, o ângulo do degrau (θ°) vai depender do raio (R) dessa trajetória pelo centro do degrau (raio médio) e vice-versa. Assim, um desses dois parâmetros deve ser pre-determinado, para que o outro seja calculado. Há diversas situações de projeto que levam o arquiteto a escolher iniciar o cálculo da escada helicoidal pelo raio médio ou pelo ângulo do degrau, dependendo das condições locais e do resultado desejado.

Isso faz com que o cálculo de uma escada helicoidal raramente apresente o resultado desejado logo na primeira tentativa. Normalmente, os cálculos são feitos e refeitos, mudando-se o ângulo e/ou o raio, ajustando-os até que o resultado final seja considerado satisfatório pelo projetista. Os alunos aprendem a fazer todos esses cálculos “à mão”. É importante que seja assim, para que eles entendam bem a relação entre esses elementos. No entanto, uma vez entendida essa relação, todos esses parâmetros podem ser organizados na forma de um algoritmo programável, de modo que os resultados sejam vistos e testados imediatamente, à medida em que cada um deles é modificado na entrada de dados.

Parâmetros para cálculo das Escadas Helicoidais

- 1) altura do espelho (h)
- 2) profundidade do piso (p)
(fórmula de Blondel: $2h+p=64$)
(os mesmos das escadas lineares)

+ 2 parâmetros

- 3) Raio Médio (trajetória pelo meio do degrau)
- 4) Ângulo do Piso (θ°)

Um é pré-definido, o outro é calculado proporcionalmente (âng. piso / medida piso)

$$\frac{360^\circ}{2\pi R} = \frac{\theta^\circ}{p}$$

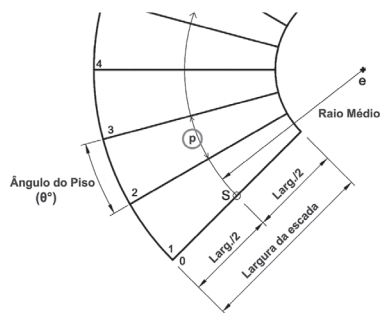


Figura 3: Parâmetros para o cálculo das escadas helicoidais.

Fonte: o autor. Material didático da disciplina, 2020.

Proposta de atividade

em pesquisas realizadas em fóruns de troca de informações sobre códigos em Grasshopper, vários *scripts* de escadas lineares e helicoidais são encontrados. Nenhum deles, porém, considera a fórmula de Blondel em sua elaboração. Esses *scripts* produzem efeitos visuais interessantes, na medida em que os valores são modificados (número de degraus, raio de curvatura, declividade, comprimento total da escada etc.) e os efeitos resultantes são visualizados imediatamente. No entanto, ao não considerar a fórmula de conforto, geram escadas com dimensões e proporções dos degraus fora da norma.

A ideia da experiência didática proposta é colocar esses parâmetros na forma de um *script* em Grasshopper, de modo a poder visualizar imediatamente na tela as escadas geradas a partir desses valores e garantindo que elas sempre estejam em conformidade com a NBR 9050:2020, no que diz respeito à relação entre altura e profundidade dos degraus (fórmula de Blondel, item 6.8.2).

Como, na escada helicoidal, aplica-se esse cálculo a uma trajetória pelo centro do degrau, o resultado independe da largura da escada (l). De todo modo, este será também um parâmetro inserido no conjunto de variáveis, a fim de que a forma da escada possa ser visualizada.

Serão elas, portanto, h = altura do degrau; p = profundidade do piso; R = raio médio da escada; θ° = ângulo do degrau; n = número de degraus; l = largura da escada.

Outros parâmetros poderão ser acrescentados em etapas posteriores.

Para essa atividade, a ser realizada em laboratório próprio da FAU/UFRJ, são previstas duas aulas de 3h cada. A primeira para se relembrar os tipos de comandos do Grasshopper, e como eles se interconectam, assim como para iniciar os comandos básicos do *script*. Na segunda aula, o projeto será desenvolvido e testado passo

a passo, acrescentando-se os comandos restantes. Essas aulas devem ainda ocorrer já depois de os alunos terem praticado manualmente o cálculo e a representação da escada helicoidal em, pelo menos, dois exercícios (duas escadas diferentes).

As categorias consideradas nesta atividade, de acordo com Checcucci (2014), são as seguintes: Interface Clara com o BIM (A); Modelagem Geométrica (B e C); Parametrização (B); e Colaboração (B e D).

- A. Relação entre o componente curricular e o BIM.
- B. Conteúdos da modelagem que podem ser trabalhados na disciplina.
- C. Competências BIM de domínio técnico ou de execução possíveis de serem desenvolvidas.
- D. Estágios da implementação BIM que podem ser trabalhados na disciplina.

Script proposto

A ideia é criar inicialmente um algoritmo básico que defina uma medida vertical (altura do espelho) seguida de uma horizontal (profundidade do piso). Essas duas medidas estão relacionadas de acordo com a fórmula de Blondel ($2h + p = 64\text{cm}$). Um comando *slider* controla a altura do espelho e outro, o número de degraus. A linha gerada por essas medidas é considerada como eixo de uma escada linear retilínea (trajetória imaginária pelo centro do degrau), para que os alunos entendam o princípio básico da fórmula e como a profundidade do piso se altera em função da altura do espelho. A largura do degrau é controlada por outro *slider*, podendo o aluno testar escadas de várias larguras, sempre tendo como referência o centro do degrau.

Num segundo momento, o ângulo do piso é aplicado, de modo que a trajetória pela escada seja curva, definindo o movimento helicoidal. Esta variável (comando *slider*) alterará também o raio da curva, que pode ser mostrado num painel junto ao *slider*, para que fique evidente a relação entre esses dois parâmetros. Agora o aluno pode variar a curvatura da escada (maior ou menor raio) e o número de degraus, assim como sua largura.



Figura 4: *Script* proposto: variação no número de degraus. Fonte: o autor, 2023.

O exercício proposto considera a escada no que diz respeito à sua ergonomia, demonstrada na relação geométrica entre altura e profundidade dos degraus (fórmula de Blondel), assim como a visualização de sua curvatura, conforme se alteram o ângulo do piso e, conseqüentemente, o raio da trajetória central (raio médio). Assim, o *script* foi concebido para que apenas as superfícies dos pisos sejam geradas, e não a estrutura completa da escada (apoiada sobre laje, viga central, vigas laterais, corrimãos etc.). Esses outros elementos podem vir a ser adicionados ao *script* em exercícios posteriores, se for o caso. Outros elementos podem igualmente ser explorados na atividade, como fórmulas diferentes para o cálculo da escada, parâmetros dimensionais destinados especificamente ao uso de crianças, inserção de patamares intermediários etc.



Figura 5: *Script* proposto: variação na altura dos degraus. Fonte: o autor, 2023.

Resultado esperado

Ao mesmo tempo que é necessário conhecer as relações entre os parâmetros que definem uma escada helicoidal para se elaborar o *script*, ao se utilizar dos diversos comandos gráficos do Grasshopper, o inverso também ocorre. Ou seja, no processo dessa programação, ao se conectar cada “caixinha” de comando e testar seu efeito, os conceitos relacionados às dimensões da escada, assim como a seus demais elementos geométricos, são também melhor compreendidos na prática, de forma visual e lúdica, através da “*magia*” do resultado instantâneo, ao se mover um botão de *slider*.



Figura 6: *Script* proposto: variação no ângulo dos degraus e raio médio. Fonte: o autor, 2023.

Assim, o aluno poderá perceber que a mudança da altura dos degraus (Figura 5) acarretará na mudança proporcional da profundidade do piso, pois a escada permanece sempre na fórmula de Blondel. Da mesma forma, ao se variar o ângulo do degrau (Figura 6), o raio médio também varia de forma inversamente proporcional, alterando o espaço que a escada ocupa no ambiente.

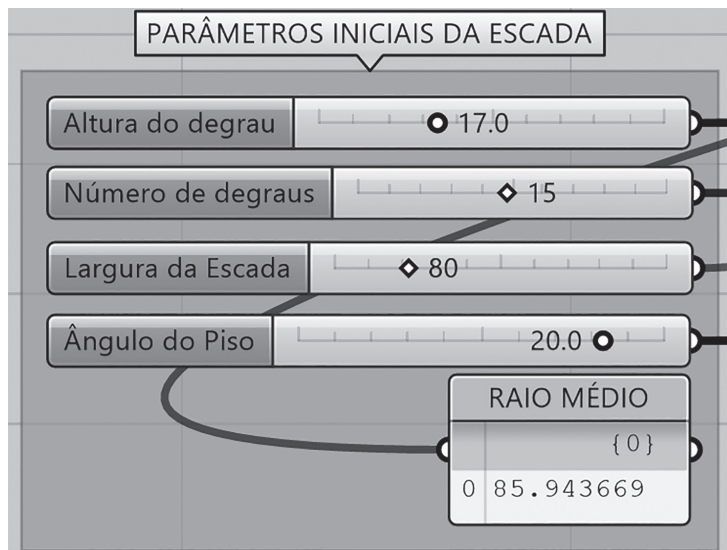


Figura 7: Variáveis controladas do script proposto. Fonte: o autor, 2023.

O resultado esperado dessa atividade é, portanto, duplo: 1) ela reforça a compreensão dessas relações geométricas entre os elementos da escada; e 2) proporciona uma introdução ao conceito de programação num elemento de arquitetura particularmente favorável a isso, pois envolve muitos e repetidos cálculos, o que é facilmente obtido com um algoritmo adequado.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2020.
- CHECCUCCI, E. **Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em engenharia civil e o papel da expressão gráfica neste contexto**. Salvador, 2014. 235 f. Tese de doutorado – Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.
- PEREIRA, Maurício; MARCONE, Raphael. **Geometria descritiva 2 – FAR126**. FAU/UFRJ. Plano de curso da disciplina, 2022-2.
- SALGADO, Mônica S. **BIM no ensino de arquitetura – FAT831**. PROARQ/FAU/UFRJ, Notas de aula da disciplina, 2022-2.
- SOUTO, A. E. M.; DE CONTO, Vanessa. Abordagem contemporânea ao ensino e aprendizagem de projeto arquitetônico: os meios digitais, analógicos e sua relação na formação e atuação do arquiteto. **Pixo, Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade**, v. 4, n. 15, p. 101-121, 2020.
- SUCCAR, Bilal. Building Information Modelling Maturity Matrix. In: **Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies**. Pennsylvania: IGI Global, 2010. p. 65-103.



Manipulação de modelos no ensino dos sistemas prediais: lições aprendidas

Kátia Maria Macedo Sabino Fugazza
Sylvia Meimaridou Rola

Introdução

A inclusão da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) no ensino de sistemas prediais tem se tornado cada vez mais relevante nas áreas de arquitetura e engenharia (Eastman, Teicholz, *et al.*, 2011). O BIM não é apenas um objeto ou programa isolado, mas representa

uma atividade humana que implica transformações abrangentes nos processos da construção.

Ao adotar o BIM no ensino, os estudantes são expostos a uma abordagem interdisciplinar e colaborativa, o que proporciona uma compreensão mais profunda dos sistemas prediais. Essa metodologia permite a criação de modelos virtuais tridimensionais que integram informações de diferentes disciplinas, facilitando a visualização e a análise do projeto como um todo. Além disso, o BIM estimula a colaboração entre os alunos, incentivando o trabalho em equipe e a troca de conhecimentos.

Como exemplo, Veról, Vazquez e Miguez (2021) definem que o sistema predial é composto por dois ou mais elementos inter-relacionados, em que a integração e a compreensão entre os vários processos são essenciais, uma vez que é comum que os diferentes segmentos careçam de intercâmbio de informações. Cada componente do sistema em uma edificação é intrinsecamente indispensável para sua composição, e diversas interações ocorrem entre eles, resultando na necessidade de alcançar uma harmonia funcional no produto final.

Nesse cenário, o objetivo da atividade proposta é a implementação da metodologia BIM, na disciplina de Saneamento Predial, viabilizando o melhor entendimento dos aspectos técnicos e construtivos dos sistemas hidrossanitários e auxiliando em que as tomadas de decisões projetuais sejam conscientes e compatibilizadas. Como resultado, pretendeu-se estimular o desenvolvimento das seguintes competências e habilidades: compreensão dos conceitos; colaboração a partir de atividades em equipe; e identificação de critérios e restrições do projeto para auxiliar na tomada de decisões.

Nesse cenário, os estudantes que utilizam a metodologia BIM estão mais preparados para enfrentar os desafios projetuais, visto que desenvolvem habilidades essenciais para a execução eficiente e sustentável de projetos prediais.

Materiais e métodos

A disciplina de Saneamento Predial (SAP) integra o 4o semestre do curso de graduação de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Com uma média de 30 estudantes por professor e quatro turmas ativas, a disciplina adota uma metodologia dividida em duas partes teóricas. A primeira parte aborda os sistemas prediais de água fria e água quente, proteção e combate a incêndio e o manejo do lixo domiciliar em edificações. Já a segunda parte é focada nos sistemas de gás canalizado, esgoto sanitário e águas pluviais.

Utilizando como base a matriz curricular de cursos de graduação desenvolvida por Érica de Sousa Checcucci no âmbito do trabalho da Célula BIM/UFPE e validada na disciplina de BIM no ensino de arquitetura ministrada pela professora Mônica Salgado no Programa de Arquitetura/PROARQ da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro / UFRJ com alunos de pós graduação (mestrandos e doutorando) e professores da faculdade ministrada no dia 16 de novembro de 2022, identificaram-se os seguintes itens com potencial de serem adotados na disciplina:

- Na categoria B, identificaram-se os itens de colaboração, interoperabilidade, coordenação, modelagem geométrica tridimensional e visualização do modelo;
- Na categoria C, identificaram-se os itens manipulação de modelos BIM, modelagem geométrica (sólidos ou superfícies) e modelagem BIM utilizando biblioteca disponível em programa e exportar e importar modelos/trabalhar questões de interoperabilidade;
- Na categoria D, identificaram-se os itens modelagem e integração;
- Na categoria F, identificaram-se os itens estudo de viabilidade e projeção.

- Na categoria H, identificaram-se os itens teoria e prática, conforme na figura 1.

15	30	45	60	75	90	#	#	#	#
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	6	Sistemas Prediais Hidrossanitários						1	2
2	7							1	5
3	8							2	6
4	9	1	2	3	4	5	6	3	7
5	10	1	2	3	1	2	3	4	8

- Categoria B
- Categoria C
- Categoria D
- Categoria F
- Categoria H

Figura 1: Análise da matriz curricular – verificação de interface com BIM.
 Fonte: Salgado, 2022. BIMEA – aula 4 (adaptada de Ceccucci e readaptado pelos autores).

Durante a implementação da atividade na disciplina, optou-se por manter a estrutura existente, porém propondo uma opção adicional para a entrega e a apresentação de trabalhos. Ambas divididas em duas entregas conforme a divisão teórica, em que o grupo de alunos que projetassem da forma convencional apresentaria o projeto impresso em pranchas preestabelecidas pela ementa. Já o grupo de alunos que optassem a projetar utilizando a metodologia BIM usaria o modelo federado, contando com o arquivo-base da arquitetura e arquivos das disciplinas em plataformas web colaborativas, como o programa Bimcollab.

De acordo com Eastman et al. (2011, p. 136-148), destaca-se que a troca de arquivos de modelo de informação requer uma evolução dos repositórios de documentos para os servidores de modelo. Seguindo esta linha, trabalhou-se com um modelo federado, conforme a figura 2, pois é característico desse sistema permitir que os usuários trabalhem com dados e formatos de maneira que considerem mais produtivo. Ao mesmo tempo em que oferece um controle central

para gerenciar a conectividade e as transações de grande escala (MANZIONE, 2013).

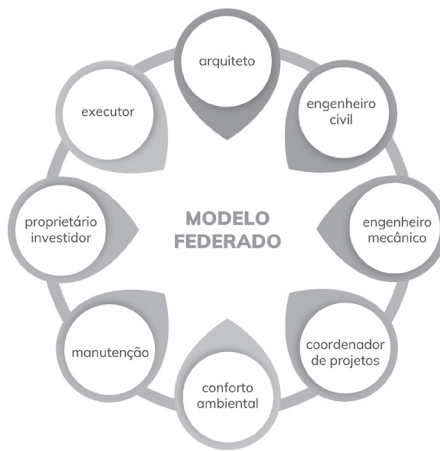


Figura 2: Conceito do modelo federado. Fonte: os autores, 2023.

Experiência didática

A disciplina de SAP, nas turmas FAA e FAD de 2023.1, incorporou o BIM como parte integrante das aulas teóricas, apresentando duas abordagens distintas:

A disciplina estabeleceu que os alunos devem aplicar os conhecimentos adquiridos sobre sistemas prediais, projetando-os em um edifício predeterminado pelos professores. Para a turma FAA 2023.1, foi selecionado o Edifício Cabuçu, localizado no bairro do Lins de Vasconcelos, no Rio de Janeiro. Este edifício possui cerca de 4.000,00m², distribuídos em sete pavimentos, com um apartamento no térreo e dois apartamentos nos demais andares. Cada apartamento é composto por dois quartos, uma suíte e dependências.

Com o objetivo de facilitar a compreensão dos alunos, a equipe de monitoria da disciplina transferiu o projeto para o programa Autodesk AutoCAD (versão educacional) e disponibilizou-o aos estudantes.

Além disso, as autoras desenvolveram e disponibilizaram o projeto modelado, conforme apresentado na figura 3, utilizando o programa Autodesk Revit (versão educacional). Esses projetos foram disponibilizados nos formatos *RVT e *IFC (*Industry Foundation Classes*), que permitem a interoperabilidade entre diferentes *softwares*. O Autodesk Revit foi escolhido como o programa de modelagem BIM. A versão utilizada para a modelagem dos projetos foi a Autodesk Revit 2021. Esse programa é amplamente reconhecido no mercado por abranger várias disciplinas de engenharia, como arquitetura, estrutura e instalações (mecânica, elétrica e hidrossanitária, dentre outras). Além de ser uma excelente ferramenta para a modelagem, a coordenação de projetos, a extração de quantitativos e a obtenção de informações do modelo, o Autodesk Revit também oferece recursos específicos para a modelagem dos sistemas prediais ensinados na disciplina SAP.



Figura 3: Edifício predeterminado para a turma FAA 2023 – Cabuçu.
Fonte: os autores, 2023.

Em relação às tarefas de modelagem dos sistemas, foi estabelecido que os alunos têm liberdade para escolher a ferramenta projetual de sua preferência, desde que seja compatível com o trabalho proposto. Além disso, foram disponibilizados templates específicos para as disciplinas, bem como famílias relacionadas ao projeto. Essas famílias consistem em um conjunto de elementos com propriedades

comuns, denominadas de parâmetros, e uma representação gráfica correspondente (Autodesk, 2023).

Durante as aulas, o modelo de arquitetura do edifício, desenvolvido no software Revit, desempenhou um papel fundamental como ferramenta para demonstrar a estrutura e facilitar a compreensão da arquitetura pelos alunos. Essa abordagem permitiu uma visualização mais clara e imersiva do edifício, auxiliando-os a assimilar os conceitos de forma mais eficiente. Além disso, a integração entre a modelagem do edifício e as aulas expositivas proporcionou uma experiência de aprendizado mais abrangente e prática, estimulando o envolvimento ativo dos estudantes no processo de aprendizagem.

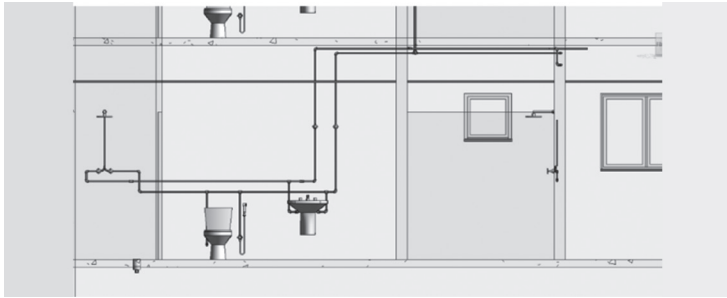


Figura 4: Sistema hidráulico modelado no Revit 2021. Fonte: os autores, 2023.

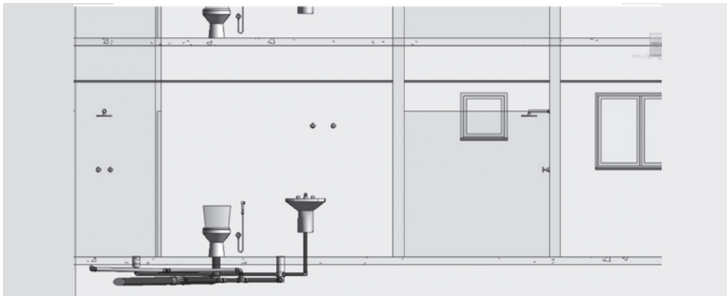


Figura 5: Sistema de esgoto e de ventilação modelado no Revit 2021. Fonte: os autores, 2023.

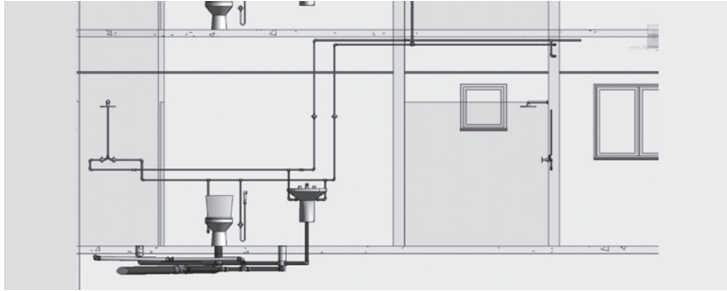


Figura 6: Sistema compatibilizados no Revit 2021 para visualização.
Fonte: os autores, 2023.

É relevante mencionar que as figuras 4, 5 e 6 (referentes ao modelo do edifício no programa Revit) foram utilizadas durante as aulas para ilustrar os conceitos e detalhes arquitetônicos, a fim de enriquecer a compreensão dos alunos. Essas imagens forneceram referências visuais que complementaram as explicações teóricas, permitindo que os estudantes visualizassem o projeto de maneira mais tangível e realista. A inclusão dessas figuras nos materiais de apoio reforçou a importância da representação gráfica na prática do BIM e ressaltou o valor do Autodesk Revit como uma ferramenta versátil e eficaz para a modelagem e a visualização arquitetônica.

A segunda forma de inclusão do BIM na disciplina consiste em oferecer aos grupos de alunos a oportunidade de apresentar o trabalho de avaliação utilizando a metodologia BIM, bem como o modelo federado dos sistemas mencionados. Essa abordagem visa promover uma compreensão mais aprofundada dos sistemas prediais e suas interações no contexto do projeto.

Na primeira etapa de avaliação, os grupos apresentaram os três sistemas prediais hidrossanitários abordados anteriormente na disciplina: água fria e quente, proteção e combate a incêndio e manejo do lixo domiciliar. Já na segunda etapa de avaliação, os grupos apresentaram os sistemas de gás canalizado, esgoto sanitário e águas pluviais, além de demonstrar a compatibilização com os sistemas

mencionados anteriormente. Essa sequência de avaliações permitiu uma análise abrangente e progressiva da integração dos sistemas prediais no contexto do projeto.

É importante ressaltar que os alunos não possuem disciplinas específicas sobre BIM em sua grade curricular de graduação, o que resultou na necessidade de organizar uma monitoria separada para esclarecer dúvidas sobre a implementação da metodologia BIM na disciplina. A falta de conhecimento básico dos programas por parte dos alunos acabou prejudicando o desempenho e desestimulando-os na apresentação da primeira parte do sistema. Apenas um grupo conseguiu realizar a apresentação utilizando a metodologia BIM, enquanto outro grupo desistiu devido às dificuldades de compatibilização de arquivos, optando por apresentar o projeto de forma convencional, utilizando o Autocad e impressões físicas.

Conclusões

A introdução do BIM nas aulas de SAP trouxe uma compreensão mais ampla e prática dos sistemas de arquitetura e projeto. Os estudantes puderam visualizar como esses sistemas prediais interagem com a estrutura e a arquitetura do edifício, fortalecendo tanto sua compreensão teórica quanto sua capacidade de análise crítica. Além disso, a possibilidade de utilizar o programa e a metodologia BIM para entregar trabalhos de avaliação permitiu aos alunos aplicar seus conhecimentos de forma mais prática e alinhada às demandas atuais do mercado.

A inclusão do BIM na disciplina de SAP mostrou-se uma estratégia eficaz para promover uma abordagem integrada e progressiva do conteúdo. A utilização do programa BIM durante as aulas e a constante atualização do modelo federado permitiram aos alunos visualizar e compreender a relação entre os sistemas de arquitetura e o projeto como um todo. A entrega dos trabalhos utilizando o programa e a metodologia BIM proporcionou uma experiência mais próxima da prática profissional.

Essa experiência evidencia a importância de promover uma formação mais abrangente em BIM durante a graduação, a fim de capacitar os alunos para utilizar as ferramentas e metodologias de forma eficaz. Além disso, destaca a necessidade contínua de oferecer suporte e orientação aos estudantes, garantindo que possam aproveitar plenamente os benefícios do BIM em suas atividades acadêmicas e profissionais.

Além disso, o processo de modelagem com BIM, em contraste com o desenho em CAD, revela erros e inconsistências que os projetistas não podem mais ignorar. Isso torna essencial uma comunicação mais efetiva e uma maior tomada de decisões por parte da equipe de projetos. Diante disso, recomenda-se que a inclusão do BIM na disciplina de SAP seja mantida, em busca de oportunidades de aprimoramento e expansão de seu uso mais amplo na graduação em Arquitetura.

Referências

- AUTODESK. Autodesk Revit 2024. **Autodesk**, 2023. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2024/PTB/?guid=GUID-4EBB97AD-C7B6-4828-91EB-BC0E99B81E43>. Acesso em: 25 maio 2023.
- CHECCUCCI, E. D. S.; AMORIM, A. L. D. Método para análise de componentes curriculares: identificando interfaces entre um curso de graduação e BIM. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, p. 6-17, jan.-jun. 2014.
- EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- SALGADO, M. S. Adoção dos usos do modelo BIM como estratégia para adoção no ensino de graduação: estudo de caso. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (Entac)**, Canela, p. 1-10, 2022. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2024/1838>. Acesso em: 11 maio 2023.
- VERÓL, A. P.; VAZQUEZ, E. G.; MIGUEZ, M. G. **Sistemas prediais hidráulicos e sanitários**: projetos práticos e sustentáveis. Rio de Janeiro: Elsevier, 2021.



Otimização da forma para a captação da radiação solar na envoltória de edifícios

Giselle Bahiense Lyra
Sylvia Meimaridou Rola

Introdução

os setores de edifícios e construção civil combinados são responsáveis por 36% do consumo final global de energia; por mais de 55% da eletricidade global; e por cerca de 40% do total de emissões diretas e indiretas de CO₂ (IEA, 2018). O ambiente construído encontra-se no centro do debate sobre a transição para fontes de

energia renovável, que pode permitir uma diminuição constante das emissões futuras.

O aproveitamento da energia solar tem experimentado um crescimento exponencial em todo o mundo. Sua aplicação no ambiente construído reduz a necessidade de grandes áreas livres e permite converter os edifícios de consumidores em produtores de energia (Lyra, 2021).

Os sistemas fotovoltaicos apresentam-se como a fonte de energia renovável mais adaptável ao ambiente construído. As diversas tecnologias fotovoltaicas permitem desde aplicações em sistemas sobrepostos nas coberturas até sistemas BIPV (*Building Integrated Fotovoltaics* – Fotovoltaicos Integrados em Edifícios). Estes são concebidos como componentes construtivos, que agregam a função de geradores de energia, trazendo o potencial de aproveitamento de grande parte da envoltória para a geração solar.

Segundo Corti et al. (2020), atualmente se observa uma mudança de paradigma para a integração fotovoltaica. A evolução da tecnologia já possibilita sua aplicação em larga escala, o que contribui para atender aos critérios de Edifícios de Energia Zero ou quase Zero, definidos pela concepção baseada em máxima eficiência energética, e abastecidos por energias renováveis produzidas localmente (Torcellini et al., 2006).

A integração fotovoltaica na envoltória traz um aumento de complexidade para o projeto, que demanda, em seu estágio inicial, a avaliação aprofundada das variáveis climáticas, da irradiação solar e do potencial de sombreamento pelo entorno e a identificação das superfícies viáveis para a geração solar (IEA-PVPS, 2019).

O desenvolvimento de ferramentas e programas que possibilitam a integração entre a modelagem da edificação com a avaliação de desempenho tem possibilitado a experimentação de novos métodos de projeto (Fonseca, 2019).

Vaninni (2011) explorou alterações da geometria arquitetônica como estratégia de potencialização do desempenho de superfícies

fotovoltaicas em fachadas, propondo uma metodologia de projeto baseada em ferramentas paramétricas. Já Fonseca (2019) aplicou a otimização baseada em simulação a um estudo da forma do Museu da Imagem e do Som (MIS), do Rio de Janeiro, visando maximizar a geração fotovoltaica na envoltória e minimizar a carga térmica de condicionamento, por meio de modelos de fachadas multifacetadas compostas por fotovoltaicos integrados, que tiveram seu desempenho avaliado em três cidades brasileiras.

O presente trabalho parte da premissa de que o entendimento das condicionantes para a geração solar pela envoltória pode ser ampliado a partir da utilização de ferramentas de simulação de baixa complexidade, voltadas para o estágio de concepção. Estas permitiriam a introdução da temática em estudos em nível de graduação.

Nesse contexto, a atividade proposta tem como objetivo a adoção do BIM (*Building Information Modelling* – Modelagem da Informação da Construção) como alternativa para aumentar a compreensão dos conceitos e comportamento da radiação solar, a partir do pensamento tridimensional e da percepção do aluno em relação às possibilidades de otimização da forma, da implantação e da orientação de edificações, para maximizar o potencial de geração solar pela envoltória.

Como resultado, a experiência pretende estimular o contato do aluno com a modelagem tridimensional, o desenho paramétrico e as simulações aplicáveis ao estágio de concepção do projeto. Assim, auxilia no desenvolvimento das seguintes competências e habilidades: compreensão dos conceitos e comportamento da radiação solar; colaboração a partir de atividades em equipe; e identificação de critérios e restrições do projeto para auxiliar na tomada de decisões.

Tais competências relacionam-se com os temas abordados na disciplina de Conforto Ambiental II, ministrada no 5º período da graduação, do curso de Arquitetura e Urbanismo da FAU/UFRJ, especialmente nos campos do conforto ambiental, com ênfase em energia e conforto higrotérmico aplicado ao projeto.

Materiais e métodos

O desenvolvimento da atividade foi pautado na compatibilidade e na interoperabilidade de ferramentas de uso livre, com baixo grau complexidade, porém com grande potencial de visualização e apreensão dos conceitos em estudo, em uma perspectiva de trabalho colaborativo que favoreça as conclusões a partir da experimentação e das discussões em classe.

A metodologia foi concebida em quatro etapas que se refletem na programação das quatro aulas teórico-práticas propostas:

- A. Conceituação e geração do modelo do entorno;
- B. Introdução aos estudos de irradiância;
- C. Experimentação e otimização da forma;
- D. Estudos de irradiação das formas otimizadas.

Na primeira etapa, foi definida a plataforma CADMAPPER para a geração do modelo do entorno. Além de ter uso livre, a ferramenta já é adotada pelas disciplinas de projeto de edificações, sendo conhecida pelos alunos.

Nas etapas subsequentes, os estudos de irradiância serão realizados com a ferramenta BIMSolar, que atendeu aos critérios adotados, por ser de uso livre e em função de suas características de visualização interativa.

A escolha do BIMSolar baseou-se no estudo da International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Program (IEA PVPS, 2019), que analisou cerca de 200 ferramentas digitais de vários campos em um contexto interdisciplinar de *design* solar, com o objetivo facilitar a escolha da abordagem e das ferramentas adequadas a cada fase do projeto, visando alcançar os objetivos de *design* e desempenho. A ferramenta também foi citada na recente pesquisa global da IEA-PVPS

(2022) sobre métodos e fluxos de trabalho de desenho solar, presente no *ranking* das ferramentas adotadas na fase de concepção do projeto.

Para as tarefas de modelagem das formas, a ferramenta será de livre escolha do aluno, respeitando a compatibilidade com as demais ferramentas.

Experiência didática

a experiência proposta desenvolve-se em torno de dois pontos focais. O primeiro ponto concentra-se em fixar conceitos trabalhados na disciplina Conforto Ambiental, proporcionando uma visualização dinâmica e tridimensional da trajetória solar e sua interação com edifícios. Além disso, pretende-se despertar o aluno para o potencial de ferramentas de baixa complexidade e sua aplicabilidade para a observação e a compreensão das condicionantes para o projeto do envelope do edifício e para a geração solar no ambiente construído.

Etapa A – Geração do modelo do entorno

Para a identificação das condicionantes locais, definiu-se um perímetro de 1 km² situado no Distrito de Baixa Emissão da Cidade do Rio de Janeiro. O modelo da área de estudo será gerado na plataforma CADMAPPER, com o *download* do arquivo separado em camadas, contendo a geometria de quadras, vias e edificações.

O modelo pode ser editado no *software* de modelagem de preferência do aluno, tendo compatibilidade com AutoCAD, SketchUp, Rhinoceros, ArchiCAD e Illustrator CC. Finaliza-se a etapa com o *download* do arquivo climático em formato .EPW, a ser adotada nas simulações.

Etapa B – Estudo preliminar de irradiância

Nesta etapa, é feita uma introdução à ferramenta BIMSolar.

Os dados climáticos e o modelo da geometria são importados no BIMSolar. A aplicação admite modelos com formatos .IFC, .BIS, .XML, .RXML, .IDF e .SKP.

Nesse contato inicial, são trabalhados conceitos da disciplina, com a visualização da carta solar e a observação do comportamento da irradiação solar no ambiente construído em tempo real. A Figura 1 ilustra a visualização da carta solar e o mapeamento da irradiação no modelo do entorno.

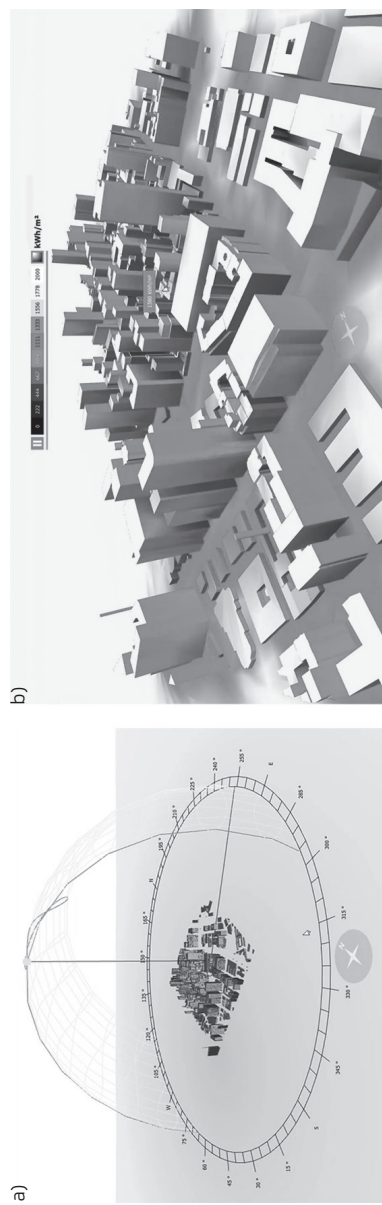


Figura 1: a) Visualização da carta solar; b) Mapa de Irradiação em kWh/m².
 Fonte: As autoras.

Etapa C – Experimentação e otimização da forma

Nesta etapa, observa-se o comportamento da radiação solar sobre as faces de um edifício a partir do estudo de um poliedro no BIMSolar, identificando o percentual de recepção de radiação direta sobre as faces do objeto, conforme sua inclinação e sua orientação.

A proposta de exercício é gerar um prisma retangular que represente uma forma elementar de edifício, compatível com a volumetria de um edifício corporativo, inserido no Distrito de Baixa Emissão. A partir dessa forma primária, propõe-se a criação de geometrias alternativas por: torção, curvatura, escala, ou manipulação de vértices. A ferramenta é de livre escolha do aluno.

O trabalho foi proposto em equipes de modo a gerar diversidade de formas e estimular a discussão e a colaboração. A Figura 2 traz exemplos de possíveis distorções na forma original.

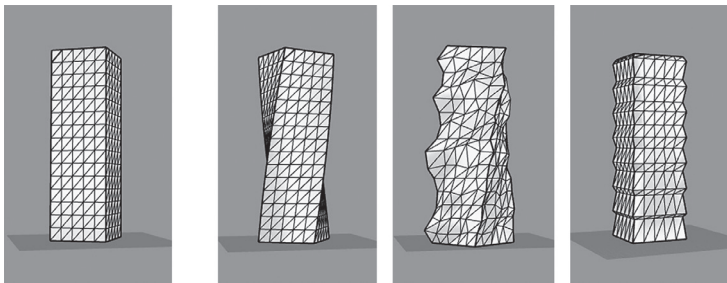


Figura 2 – Forma elementar e geometrias alternativas. Fonte: as autoras, 2023.

Etapa D – Estudos de irradiância das formas otimizadas

Na etapa final, realizam-se estudos de irradiação das formas otimizadas inseridas no modelo do entorno para a identificação da geometria alternativa com melhor desempenho.

As avaliações são focadas na observação do comportamento da irradiação média anual, no percentual de recepção solar direta pelas superfícies do edifício e na variação da irradiação nos solstícios e

equinócios e por horário. São verificados os impactos de sombreamento das obstruções, possíveis variações de orientação e simulados diferentes arquivos climáticos, para a reavaliação do processo e discussões. A Figura 3 ilustra um estudo de irradiação da forma comparando datas e horários distintos.

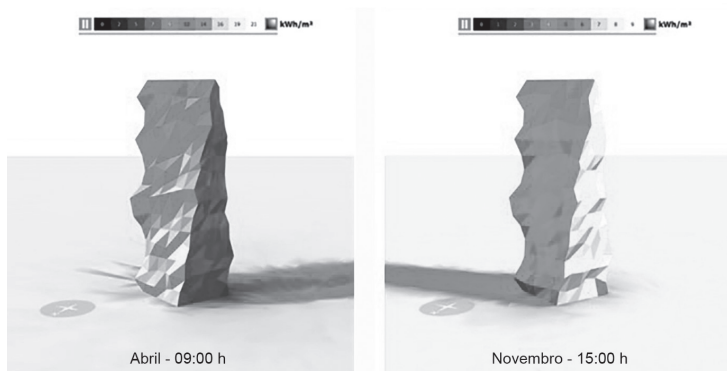


Figura 3: Estudo de irradiação, comparando resultados em abril às 9h e em novembro às 15h. Fonte: as autoras, 2023.

Conclusões

Os caminhos de transição para um ambiente construído energeticamente eficiente e de baixo carbono demandam a quebra de paradigmas no modo de pensar e produzir arquitetura. A experiência proposta tentou despertar o aluno para o potencial da visualização tridimensional e do uso de ferramentas paramétricas para uma compreensão intuitiva de condicionantes projetuais, contribuindo não só para a geração de energia, mas também para o entendimento do comportamento da interação da radiação solar com a envoltória e seu rebatimento nas decisões projetuais.

A colaboração a partir de atividades em equipe proporciona também maior riqueza ao debate e maior envolvimento dos alunos. Em paralelo, a experiência ensejou a fixação de conceitos abordados

na disciplina Conforto Ambiental e estimulou a discussão dos temas relativos a mudanças climáticas, sustentabilidade dos edifícios e uso racional de energia.

Referências

- CORTI, Paolo; BONOMO, Pierluigi; FRONTINI, Francesco et al. BIPV Status Report 2020. **Building Integrated Photovoltaics: A Practical Handbook for Solar Buildings' Stakeholders**. Swiss BIPV Competence Centre – SUPSI, 2020. Disponível em: <https://repository.supsi.ch/12186>. Acesso em: 12 maio 2023.
- FONSECA, Ligiana Pricila Guimarães. **Otimização da volumetria de uma edificação de fachadas multifacetadas e de sua relação com o entorno para a geração distribuída fotovoltaica e consumo de energia**. 2019. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2019.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **2018 Global Status Report Towards a Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector**. 2018. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/27140;jsessionid=4DC427115000COAB9DB6D31BCECBF409>. Acesso em: 14 out. 2023.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAM – IEA-PVPS. **BIPV Design and Performance Modelling: Tools and Methods**. IEA-PVPS, Task 15-09:2019. ISBN: 978-3-906042-86-2. Disponível em: <https://iea-pvps.org/key-topics/iea-pvps-15-r09-bipv-design-tools-report>. Acesso em: 25 abr. 2023.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAM – IEA-PVPS. **BIPV Digitalization: Design Workflows and Methods – a Global Survey**. 2022. Disponível em: <https://iea-pvps.org/key-topics/bipv-digitalization/>. Acesso em: 25 abr. 2023.
- LYRA, Giselle Graça Bahiense de. **Envoltórias fotovoltaicas: desafios e potencialidades de sua aplicação em Edifícios de Energia Zero no Brasil**. 2021. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.
- TORCELLINI, Paul; PLESS, Shanti; DERU, Michael; CRAWLEY, Drury. **Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition**. 2006. In: ACEEE Summer Study Pacific Grove. Califórnia, 2006. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy06osti/39833.pdf>. Acesso em: 2 maio 2020.
- VANNINI, Virginia Czarnobay. **A otimização da forma para captação de radiação solar sobre superfícies de edifícios: um exercício de integração entre os programas Rhinoceros e Ecotect**. 2011. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.



Aplicação do BIM no ensino de projeto de arquitetura educacional na Universidade Federal de Roraima

Carlos Teodoro Olivares
Aline Calazans Marques
Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Introdução

O avanço das tecnologias computacionais relacionadas ao processo *Building Information Modeling* (BIM) tem estimulado a utilização da plataforma nos cursos de graduação de Arquitetura e Engenharia.

As ferramentas de acesso à plataforma também têm sido essenciais no apoio ao ensino às várias disciplinas e, notadamente, ao projeto de arquitetura. O ensino do BIM ao nível acadêmico tem sido objeto de amplo debate sobre a melhor forma de realizá-lo face a uma integração nas disciplinas do curso, formas de avaliação dos discentes e questões da capacitação docente (Lopes, 2022).

No entanto, a experiência do primeiro autor, como docente no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Roraima (UFRR), em Projeto de Arquitetura, vem indicar como extremamente positiva a evolução dos alunos na aplicação do conceito BIM nas atividades em salas de aula. As ferramentas da plataforma BIM auxiliam em todo o processo projetual, desde a concepção dos conceitos volumétricos e de materialidade até o desenvolvimento do anteprojeto.

O capítulo tem como objetivo relatar e discutir sobre uma experiência de aplicação do BIM, realizada em 2022, nas aulas da disciplina Projeto de Arquitetura Educacional do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFRR. Como estratégia, a proposição docente foi de observar e avaliar o processo de projeto com a metodologia BIM, adotando o *software* BIMcollab ZOOM³ para a análise e a visualização dos arquivos, de modo a contribuir como meio de interlocução com os alunos, e a posterior avaliação de seus projetos arquitetônicos. A metodologia adotada pelo docente seguiu-se em etapas: (i) levantamento bibliográfico e disponibilização aos alunos de documentos básicos relativos ao BIM; (ii) acompanhamento das atividades dos alunos em sala de aula, com relação às dúvidas e avanços necessários; e (iii) avaliação dos trabalhos apresentados pelos alunos, seguido de comentários pertinentes.

Quando em sala de aula, no momento de os alunos direcionarem-se à concepção do partido arquitetônico, e estudos de setorização, recomendou-se que inicialmente fossem realizados à mão

³ BIMcollabZOOM é um visualizador de modelos BIM integrado nos fluxos de trabalho de gerenciamento de problemas e ajuda a encontrar falhas de informações.

livre esboços e croquis, por se considerar uma etapa de maior liberdade no projeto e facilitar os ajustes. Definido o partido arquitetônico, ficou estabelecido que o aluno podia escolher livremente o *software* e os instrumentos gráficos que atendessem às suas necessidades projetuais. Assim, pôde-se dar início à modelagem do objeto de estudo BIM com as condicionantes estabelecidas pelo programa de necessidades. Ao final do processo, o material foi entregue com a extensão IFC.⁴

Sendo o IFC um formato que garante a interoperabilidade, nesse caso, viabilizou a avaliação dos modelos pelo professor, mesmo com arquivos gerados por diferentes *softwares* da plataforma BIM (Zigurat, 2019). A proposta foi de que o aluno, em cada etapa do processo projetual, pudesse ter um modelo de informações paramétricas do objeto arquitetônico e seus elementos construtivos, trabalhando desde os conceitos iniciais do projeto até a proposta final: incluindo partido arquitetônico, entorno, condicionantes climáticas, espacialidade, volumetria, materialidades, acessibilidade e ergonomia, com vistas ao desenvolvimento até o nível de anteprojeto (Souto e Conto, 2020).

Materiais e métodos

Ao definir o conceito do BIM (Modelagem de Informação da Construção), referimo-nos como um processo holístico de concepção e criação de uma base de dados em formato digital de todo o processo construtivo, incluindo a manutenção da construção através de um modelo 3D inteligente, além de permitir uma comunicação multidisciplinar mais fácil entre os especialistas envolvidos, no projeto em todo seu ciclo de vida (DENIT, 2023).

A experimentação BIM pôde ser vivenciada na disciplina Projeto Arquitetônico Educacional, do 5º período da grade curricular do curso,

4 IFC significa Industry Foundation Classe, um formato de arquivo neutro e aberto que permite a interoperabilidade em projetos dentro de um fluxo de trabalho BIM. Disponível em: <https://www.construagil.com.br/post/o-ifc-%C3%A9-muito-mais-que-um-formato-de-arquivo>. Acesso em: 14 out. 2023.

no denominado Núcleo de Conhecimentos Profissionais Destinadas à Formação da Identidade Profissional (Departamento de Arquitetura e Urbanismo – DAU-UFRR, 2017).

Na grade curricular vigente desde 2017 no DAU-UFRR, no 3º semestre, o aluno deve cursar a disciplina de Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo (Figura 1), que propõe uma introdução ao conceito da modelagem, não baseada no conceito BIM, mas com foco na representação do projeto arquitetônico. Para tanto, são utilizados o AutoCAD para representação 2D e o Sketchup para representação em 3D, que desenvolve uma humanização de *layout* com o CorelDRAW. Destaca-se, também, que além de outras disciplinas, o aluno deve cursar Projeto de Arquitetura I – Residencial, o que contribui para praticar a integração das ferramentas ao processo de projeto, assim como se propõe explorar no 5º semestre a disciplina de Projeto de Arquitetura III-Educacional (DAU – UFRR, 2017).

SEMESTRE 3					
Código	Disciplina	CH	T – P	CR	Pré-Requisito
AU 031	Informática Aplicada a Arquitetura e Urbanismo	60	15-45	1-3	AU 011
AU 032	THAU III - Idade Média	60	60-00	4-0	-
AU 033	Materiais de Construção I	60	45-15	3-1	-
AU 034	Conforto Ambiental I	60	60-00	4-0	-
AU 035	Estruturas em Concreto Armado I	60	45-15	3-1	AU 025
AU 036	Projeto de Arquitetura I – Residencial	90	30-60	2-4	AU 021 – AU 026
TOTAL		390			-

SEMESTRE 5					
Código	Disciplina	CH	T – P	CR	Pré-Requisito
AU 051	Tecnologia das Construções I	60	45-15	3-1	AU 033
AU 052	THAU V - Idade Contemporânea	60	60-00	4-0	-
AU 053	Estudos Ambientais	60	60-00	4-0	-
AU 054	Conforto Ambiental III	60	60-00	4-0	AU 044
AU 055	Estruturas em Madeira e Aço	60	45-15	3-1	AU 045
AU 056	Projeto de Arquitetura III – Educacional	90	30-60	2-4	AU 046
TOTAL		390			-

Figura 1: Matriz curricular, 2017/DAU-UFRR 3º e 5º semestres. Fonte: DAU-UFRR,⁵ adaptado pelos autores, 2017.

5 Disponível em: https://sigaa.ufrr.br/sigaa/public/curso/ppp.jsf?lc=pt_BR&id=581623. Acesso em: 14 out. 2023.

Estratégias de ensino de Projeto Arquitetônico Educacional em sala de aula

A disciplina tem como ponto de partida a abordagem teórica sobre o tema da arquitetura escolar, com revisão da bibliografia básica e análises de estudos de caso elaboradas pelos alunos organizados em grupos.

Em continuidade, cada aluno trabalha individualmente, como no semestre 2022.2, que foi proposto como tema, uma creche localizada no Campus Universitário da UFRR para os filhos dos funcionários. O aluno é incentivado a trabalhar sua proposta através da associação de desenhos à mão e no computador, utilizando o método BIM por meio de *softwares* específicos de sua escolha. Recomenda-se o uso do *software* que o aluno já tenha alguma familiaridade. Em alguns casos, é a primeira vez que ele trabalha o método BIM; portanto, por desconhecer as potencialidades dos *softwares*, acaba por se limitar no processo criativo da proposta arquitetônica.

No Gráfico 1, pode-se observar a porcentagem de uso dos *softwares* no desenvolvimento do tema, para um total de 26 alunos na turma: 42% utilizaram o Revit, seguidamente com 38% o ArchiCAD e, finalmente, destaca-se o uso do Sketchup e do AutoCAD com 12% e 8% respectivamente. Os dois últimos programas não trabalham o método BIM, mas foram aceitos para efeito de avaliação, já que a ementa não delimita o uso exclusivo de *software* incorporado ao BIM no processo de aprendizagem.

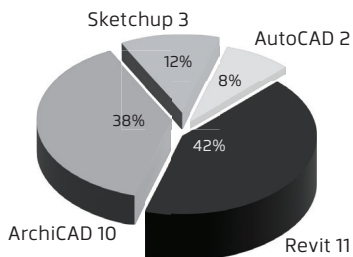


Gráfico 1: Uso do *software* no Projeto de Arquitetura Educacional 2022.2 da UFRR. Fonte: os autores, 2022.

O processo de desenvolvimento do projeto continua com análises de entorno, visita ao local de implantação, análises bioclimáticas, análise do fluxo viário, normativas, organograma, zoneamento e volumetria. Como produto para avaliação o aluno deverá entregar: (i) arquivo do trabalho final (modelo 3D) salvo em formato IFC, o que garante a interoperabilidade com o modelo e viabiliza a avaliação do professor; (ii) os documentos técnicos (pranchas), com desenhos de situação, locação, planta geral, planta de cobertura, cortes, fachada; e (iii) memorial descritivo arquitetônico. Destaca-se a importância de serem demonstrados na proposta os elementos construtivos, assim como os materiais aplicados, a organização espacial e o paisagismo.

A seguir, a Figura 2 ilustra os estágios iniciais do processo de projeto aplicando o uso do BIM, quando o aluno trabalha sua proposta em paralelo com esboços à mão para desenvolver o partido volumétrico.



Figura 2: Orientação em aula – Projeto Arquitetônico Escolar.
Fonte: os autores, 2022.

O uso do BIMcollab ZOOM (Versão Educacional 6.2-2022) – IFC possibilita avaliar o modelo paramétrico e foi o escolhido devido à

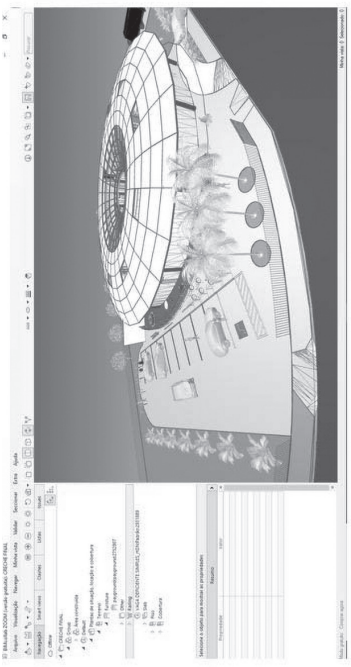

sua interface amigável, que permite visualização geral do modelo BIM, seja em perspectiva ou vista ortográfica, além de salvar as observações. Isso garante a interlocução com os alunos a partir de anotações e comentários.

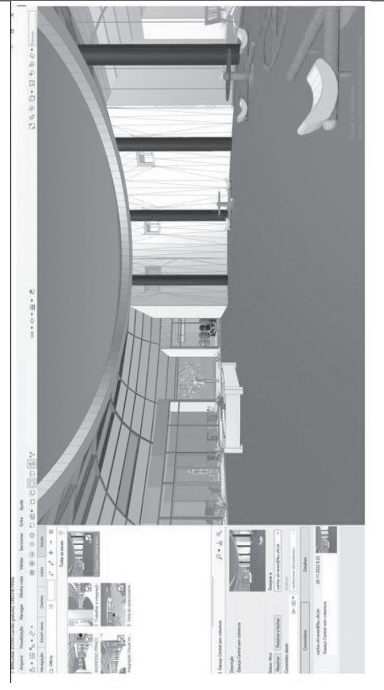

Não é necessário que o professor tenha domínio de *softwares* da plataforma BIM, mas, sim, um conhecimento mínimo desejável para poder interagir com o aluno nas orientações. Cabe ressaltar que o ensino do BIM não é o foco da disciplina, mas é considerado uma ferramenta necessária para o aluno no processo de projeto.

No Quadro 1, mostra-se o processo avaliativo no BIMcollab ZOOM: (a) a interface com as principais funcionalidades para abrir arquivo, salvar projeto, selecionar, anotações; (b) interação com o modelo através da vista interna; (c) salvamento de anotações, capturas de tela em formato BCF;⁶ (d) geração de cortes para uma melhor avaliação do projeto.

6 BCF – BIM Collaboration Format é um formato de arquivo aberto que permite a adição de comentários textuais e capturas de tela para promover uma melhor comunicação na avaliação do projeto. Disponível em [https://www.bimcollab.com/pt/resources/openbim/about-bcf/#::~:~:text=O%20BCF%20\(BIM%20Collaboration%20Format,a%20comunica%C3%A7%C3%A3o%20do%20modelo%20real](https://www.bimcollab.com/pt/resources/openbim/about-bcf/#::~:~:text=O%20BCF%20(BIM%20Collaboration%20Format,a%20comunica%C3%A7%C3%A3o%20do%20modelo%20real). Acesso em: 14 out. 2023.

Quadro 1: Processo avaliativo no BIMcollab.

<p>a) A tela principal do BIMcollabZOOM com o modelo paramétrico, destacando-se a janela gráfica na qual o modelo pode ser avaliado.</p>	
<p>b) Vista interna do modelo, que permite avaliar a integração espacial, a aplicação de materiais e a volumetria.</p>	

<p>c) O BIMcollab ZOOM permite salvar as anotações do projeto no formato BCF.</p>	
<p>d) Geração de cortes arquitetônicos para analisar o interior do modelo, conferindo as estruturas.</p>	

Fonte: os autores, 2022.

Conclusões

Com base nas experiências acadêmicas, considera-se que a principal limitação na aplicação do BIM, no ensino do Projeto de Arquitetura, está relacionada ao desconhecimento pelos alunos das ferramentas integradas ao sistema. Atualmente, com a revisão do Plano Pedagógico do Curso do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFRR, o curso deverá contar com uma nova disciplina para o ensino do BIM já no 2o semestre. Outra limitação a ser considerada é o fato de que alguns alunos não têm o conhecimento complementar de disciplinas que abordam questões de estruturas e construção, que são fundamentais para encorpar o repertório técnico e capacitar a elaboração do modelo 3D corretamente parametrizado e mais próximo da realidade.

A aplicação do processo BIM na avaliação de projetos arquitetônicos na graduação é possível com os avanços computacionais das ferramentas de análise e visualização dos modelos digitais, o que resulta em aspectos positivos na leitura do projeto e nas trocas de informações entre professores e alunos.

As novas tecnologias contribuem para um processo projetual mais dinâmico e integrado. No âmbito acadêmico, cabe aos professores se atualizarem e incentivarem as mudanças, enquanto os alunos devem se integrar e explorar o potencial dos recursos tecnológicos disponíveis. É um processo que demanda ajustes e discussão constante. Desse modo, a pesquisa consiste em um campo importante de ensaio e experimentação que pode contribuir diretamente na integração com o ensino.

Por fim, considera-se que os docentes atuam de maneira fundamental na implementação da metodologia BIM na estrutura de capacitação e formação do futuro profissional e têm como parte da estratégia BIM-BR-Decreto Federal no 9.983/2019 a criação de “Células BIM” com o objetivo de estruturar, estimular e fomentar esse processo.

Referências

- DAU – DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO – Universidade Federal de Roraima (DAU – UFRR). **Projeto Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo**. Boa Vista, 2017.
- DENIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Conceito BIM**, 9 mar. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit/o-que-e-o-bim>. Acesso em: 15 jan. 2023.
- LOPES, Rudner Fabiano. **BIM no ensino: ganhos e impasses**. Tese (Doutorado – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2022. 210p.
- SOUTO, A. E; CONTO, V. Abordagem contemporânea para ensino e aprendizagem de projeto arquitetônico. Os meios analógicos, digitais e sua relação na formação e atuação do arquiteto. **Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade – Pixo**, Rio Grande do Sul, v. 4, n. 15, p. 100-121, 2020.
- ZIGURAT. IFC e interoperabilidade BIM. **Global Institute of Technology**, 4 abr. 2019. Disponível em: <https://www.e-zigurat.com/blog/pt-br/ifc-e-interoperabilidade-bim/>. Acesso em: 20 dez. 2022.



Uso do BIM no ensino de conforto ambiental: proposta de atividade para simulação de desempenho térmico

Camila Cunha de Souza
Fabrício Pimentel Gaspar da Silva
Mônica Santos Salgado
Thiago Melo Grabois
Reila Vargas Velasco

Introdução

O ensino de conforto ambiental nos cursos de graduação em Arquitetura é crucial para a formação de profissionais capacitados

a projetar edifícios que atendam aos requisitos de sustentabilidade ambiental. Considerar fatores como a orientação solar, materiais de alto desempenho, ventilação natural, iluminação adequada e controle de temperatura mostra-se essencial. A relação entre o ensino de conforto ambiental e os materiais é importante, a fim de adequar as edificações ao clima local, proporcionando melhor conforto térmico interno aos usuários das edificações. Isso porque alguns materiais apresentam menor condutividade térmica que outros, o que resulta em materiais de alto desempenho que os tornam barreiras, reduzindo o fluxo de calor (LAMBERTS; DUARTE, 2016). Ressalte-se a importância de diminuir o consumo de energia e contribuir para a redução nas emissões de gases de efeito estufa. Assim, existem diversas alternativas para realizar a simulação de desempenho no que se refere ao conforto ambiental na arquitetura, na engenharia e na construção, cada uma com suas próprias características e aplicabilidades. Entre as alternativas, citam-se o Heliodon e o túnel de vento – que adotam mecanismos para a realização dos testes de forma mecânica –; e o EnergyPlus – o qual substitui os grandes equipamentos mecânicos pelas simulações digitais.

Com isso, as simulações de conforto ambiental ganharam um aliado importante a partir da disseminação das possibilidades oferecidas pela Modelagem da Informação da Construção – BIM (Building Information Modeling). O BIM pode ser definido como um ecossistema de aplicativos e processos que permitem a integração de informações de diversas disciplinas (JERNIGAN, 2017). Cabe ressaltar que a metodologia BIM permite a construção de modelos conforme os usos pretendidos. Dessa forma, se o interesse for construtivo – por exemplo, extração de quantitativos para realização de orçamentos –, o modelo deverá ser construído para este fim. Da mesma maneira, se o interesse for a realização de simulações para avaliar o desempenho ambiental, há que se incluir no modelo as informações que serão analisados pelos *softwares* específicos responsáveis pela análise dos

dados. Desse modo, considerando as possibilidades oferecidas pelo BIM ao permitir a antecipação do desempenho ambiental do edifício a partir da modelagem das informações desde a fase de projeto, entende-se que sua adoção no ensino de conforto ambiental traria benefícios pela rapidez com que diferentes testes poderiam ser realizados, usando um mesmo modelo. Isso evidencia desempenhos distintos conforme o material de construção (e respectivo nível de condutividade térmica) especificado, ao contrário das simulações físicas (como o Heliodon e o túnel de vento) que exigem o uso de maquetes físicas. Tal fato limita a quantidade de testes e mudanças que podem ser feitas no projeto para novas rodadas de simulações e não possibilita aos alunos considerar o entorno, principalmente quando cada projeto tem uma localização diferente. Do mesmo modo, as simulações físicas não possibilitam considerar a escolha dos materiais no processo de concepção para melhor desempenho energético. Nesse sentido, o uso de simulações computacionais através do BIM permite aos alunos considerar um número maior de variáveis que influenciam o processo de concepção de projeto. A otimização do tempo no processo de projeção e simulação que a automatização que os *softwares* BIM oferecem é suplantada pelo objetivo principal da experiência, que é a conscientização da influência das escolhas materiais no desempenho termoenergético dos edifícios.

Materiais e métodos

A experiência didática proposta para o ensino de conforto ambiental tem como objetivo associar as propriedades dos materiais ao uso de simulações termoenergéticas, a fim de auxiliar os alunos a fundamentar suas tomadas de decisões de projeto na fase de concepção. Os recursos de análises climáticas como a rosa dos ventos, a carta solar e a carta psicométrica são importantes instrumentos metodológicos no ensino de conforto ambiental e na realização dessa atividade. Considerando o maior nível de abstração exigido

dos discentes devido à proliferação de aplicativos que respondem a um grande apelo visual e imediato característico do paradigma digital (SCHMID apud MÜLFARTH, 2020), a realização dessa experiência visa contribuir com uma abordagem que fomente uma aprendizagem significativa com o uso de uma ferramenta de fácil acesso de acordo com as constantes mudanças no processo de projeto (SOUZA et al., 2021).

De mesmo modo, como parte das variáveis que interferem no conforto ambiental de uma edificação, estão as tecnologias construtivas e as propriedades dos materiais que são condutividade térmica, densidade, calor específico e espessura do material (LAMBERTS, 1994). A escolha da tecnologia construtiva adequada como estratégia de conforto, apesar de ter grande impacto no desempenho térmico de edificações, não é considerada no uso de instrumentos de análise climática nem nas simulações físicas. Por isso, como exemplo para essa atividade, foi escolhido o Ladybug Tool, o qual funciona com os *softwares* Rhinoceros e Grasshopper e se baseia nas alternativas tecnológicas oferecidas por estas ferramentas, que permitem a modelagem das características dos materiais de construção junto à análise de conforto ambiental.

O Rhinoceros é um programa de modelagem de geometria 3D, que, a partir da versão de 2018, incorporou o Grasshopper – e, por sua vez, funciona como um editor de algoritmo gráfico que possibilita a programação por linguagem visual, sem a necessidade de conhecimento prévio de programação textual (MCNEEL, 2020). O Ladybug Tools é um conjunto de aplicativos gratuitos que funcionam dentro das plataformas Grasshopper e Rhinoceros. O conjunto de ferramentas (entre elas, o Honeybee) permite realizar a análise ambiental e energética de edifícios utilizando como motores de simulação outras ferramentas de simulação mais complexas como o Radiance, o EnergyPlus, o OpenStudio, o Therm e o OpenFOAM (LANGNER; SACTH; VETTORAZZI, 2020).

A experiência proposta ocorreria em duas etapas e visa utilizar as ferramentas como instrumento de ensino-aprendizagem de

conforto ambiental aliado às propriedades dos materiais na fase de concepção de projetos. A Figura 1 representa o método de aplicação de tal experiência didática.

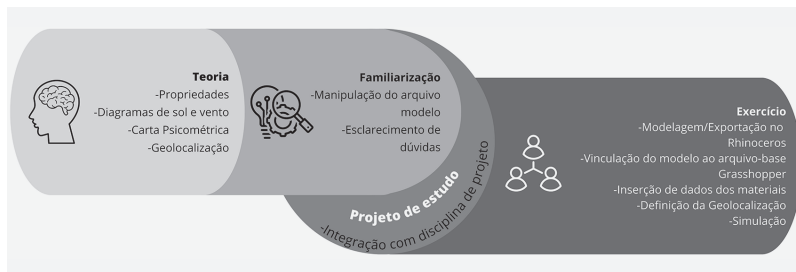


Figura 1 : Método de aplicação da experiência didática. Fonte: os autores, 2023.

A primeira fase da experiência, composta por duas aulas, visa familiarizar o aluno tanto com a teoria dos aspectos envolvidos no processo de avaliação de desempenho termoenergético quanto com a utilização do *software* e os principais comandos a serem usados no processo da etapa seguinte. A segunda fase, composta por uma aula, é focada na realização das simulações, possibilitando aos alunos fazer testes e análises de desempenho e dos resultados das simulações.

Experiência didática

A experiência proposta pode ser realizada em três aulas, na qual na primeira seriam tratados os aspectos teóricos da disciplina. Em seguida, a apresentação da proposta da atividade e a introdução aos *softwares* Rhinoceros e Grasshopper são feitas de maneira prática.

Para viabilizar a experiência, na primeira aula será disponibilizado para a turma um modelo BIM que será manipulado pelos estudantes em conjunto com a exposição do professor. Este deverá orientá-los em relação aos comandos a serem utilizados e o passo a passo necessário para a realização das simulações. Tal manipulação do modelo de aula se faz necessária para antecipar o processo de

simulação que precede a experiência, provocando nos alunos um maior engajamento na participação da atividade.

Cabe acrescentar que o modelo a ser manipulado na experiência proposta deve possuir uma geometria simples, já que para esse tipo de simulação os modelos 3D devem conter apenas informações geométricas, identificadas para melhor vinculação da geometria com os códigos visuais de programação. A linguagem de programação do Grasshopper opera a partir de um conjunto de componentes e ligações entre si (FERREIRA; LEITÃO, 2016), e cada um desses componentes combinados configura uma parte importante do processo de simulação.

A etapa de apresentação da atividade através da manipulação em conjunto com o professor se faz crucial para a identificação de qual componente deverá ser manipulado pelos alunos e de que forma: inserção de parâmetros numéricos (para os dados de propriedades materiais); vínculo com o modelo 3D Rhinoceros estudado; ou ainda ativar ou desativar visualização (no caso dos componentes relacionados aos resultados da simulação). Todo esse processo se dá através do uso de um arquivo base disponibilizado pelo professor.

O arquivo-base Grasshopper é um arquivo com todos os códigos visuais das ferramentas do Ladybug Tools necessários para a realização da simulação já inseridos e conectados no arquivo, de forma que a atividade possa ser personalizada pelo professor (a partir dos tipos de simulação que espera trabalhar). Do mesmo modo, não exige conhecimento prévio dos alunos sobre programação para a manipulação do arquivo. É na etapa de apresentação da experiência e da manipulação do modelo que será feita a indicação de quais comandos correspondem a determinada etapa e na indicação de quais ações devem ser realizadas pelos alunos (inserção de dados numéricos ou de geolocalização, por exemplo).

Na segunda aula, portanto, os alunos deverão acrescentar no modelo BIM disponibilizado pelo professor os dados relativos às propriedades dos materiais aos elementos construtivos correspondentes

(identificação, espessura, condutividade, densidade, calor específico e absorvância) e à geolocalização (norte e dados climáticos) da área escolhida. Obtêm-se esses dados através de fontes de dados como a *Apostila de desempenho térmico de edificações* (LAMBERTS, 2000), a *Norma de desempenho* (ABNT/NBR 15.575/2021), sites como o Projeteee – Calculadora de Propriedades e catálogos como o *Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas* (LABEEE). A geolocalização é obtida de maneira visual, através do componente *epwmap*, que possibilita inserir os dados climáticos de qualquer lugar do mundo. Do mesmo modo, um modelo 3D do entorno deve ser importado para o *software* Rhinoceros – sites como o CADMAPPER auxiliam nessa etapa por possibilitar *download* em formato IFC e em formato Rhino.

Na terceira aula, com os dados necessários inseridos, a etapa de simulação é iniciada utilizando o recurso de ativar ou desativar a visualização de cada componente correspondente ao resultado requerido – que pode ser carta solar, rosa dos ventos, mapa de iluminação natural e média de temperatura por zona térmica, entre outros. Os componentes que geram a imagem resultado das simulações são os que configuram o final do fluxo de componentes e, portanto, seu funcionamento depende da inserção dos dados na etapa anterior.

Por fim, os resultados gráficos e numéricos da simulação devem ser analisados pelos alunos de forma a verificar se o desempenho térmico está alinhado ao almejado na etapa de concepção e escolha dos materiais. Com os resultados obtidos na primeira rodada de simulação e sua seguinte análise, realiza-se a etapa de experimentação com alterações projetuais visando à melhoria do desempenho termoeenergético. Alterações relativas a todos os aspectos do projeto podem ser promovidas pelos alunos de maneira rápida e utilizando poucos comandos – o que facilita a realização da atividade em sala de aula. A Figura 2 mostra quatro tipos de simulações que podem ser feitas pelos alunos durante o processo de simulação em cenários diferentes.

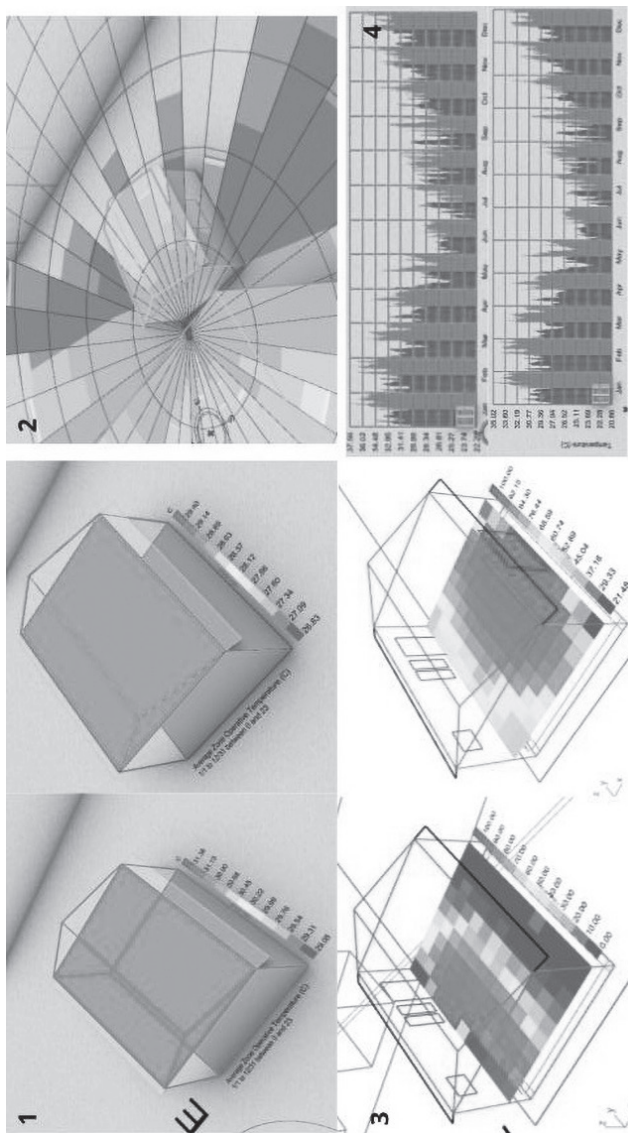


Figura 2 – Tipos de simulação que podem ser realizadas durante a experiência didática e seus resultados em diferentes cenários: 1 – Temperatura média por zona térmica; 2 – Ventilação natural por meio de rosa dos ventos; 3 – Iluminação natural por meio de aberturas; 4 – Média de temperatura média anual por zona térmica. Fonte: os autores, 2023.

Desse modo, o resultado esperado dessa atividade não deve ser somente a entrega dos arquivos digitais Rhinoceros e Grasshopper, mas também a entrega de um relatório de análise dos resultados obtidos pelos alunos em, pelo menos, dois cenários diferentes. Assim, poderá ser avaliada pelo professor a compreensão dos conceitos ensinados na disciplina Conforto Ambiental pelos alunos em vez da habilidade de manipulação dos *softwares* utilizados. Para que essa proposta seja bem-sucedida, há que se considerar os seguintes aspectos:

- a capacitação do corpo docente na manipulação de modelos e na calibração dos *softwares* de simulação;
- a disponibilidade dos *softwares* que permitem a realização das análises;
- a infraestrutura de equipamentos para viabilizar a manipulação pelos estudantes inscritos na disciplina.

Conclusões

O ensino de conforto ambiental sem inter-relações acaba reforçando o caráter de especificidade em detrimento da prática de projeto, o que prejudica o entendimento destes fatores na espacialidade do projeto pelos alunos (SCHMID, 2005). Portanto, uma experiência didática que alie concepção arquitetônica, escolha de materiais construtivos e desempenho termoenergético promove não só a integração entre conteúdos, mas também o estímulo do pensamento sistêmico.

O uso dos arquivos-base durante a experiência tira o foco das ferramentas, enquanto aspectos teóricos apresentados anteriormente são priorizados pelos alunos, como a definição de zonas térmicas, a orientação solar e as propriedades dos materiais.

O uso de fontes de dados como normas (ABNT NBR 15.575/2021), *sites* (Projeteee – calculadora de propriedades) e catálogos (*Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas* – LABEEE) reforça

a necessidade de compreensão dos aspectos teóricos e auxilia o aluno no processo de escolha dos materiais.

A realização da experiência didática que estimula a autonomia dos alunos pode promover maior engajamento tanto nos aspectos teóricos ligados à disciplina em questão quanto no aperfeiçoamento do uso da ferramenta, que pode acompanhá-los no decorrer da graduação e também na vida profissional. Simplificar o uso das simulações computacionais nesse sentido visa dar ênfase à importância das escolhas projetuais desde a fase de concepção de projetos, e não com caráter de especificidade.

Referências

- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15.575*: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2021.
- JERNIGAN F. **Big BIM 4.0**: Ecosystems for a Connected World. 4Site Press: London, 2017. 444p.
- MÜLFARTH, R. C. K. Ensino e conforto ambiental: discussão sobre a inserção da ergonomia no processo de projeto/Teaching and Environmental Comfort: a Discussion about the Insertion of ergonomics in the design process. **Ocolum Ensaios**, v. 15, n. 1, p. 171-182, 2018. Disponível em: <https://seer.sis.puc-campinas.edu.br/oculum/article/view/3413>. Acesso em: 2 abr. 2023.
- LAMBERTS, R.; GHISI, E; PAPST, A. L. **Desempenho térmico de edificações**. UFSC, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil, Núcleo de Pesquisa em Construção, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2000. Apostila. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/graduação>. Acesso em: 28 maio 2023.
- LANGNER, M.; SACTH, H.; VETTORAZZI, E. Análise do uso de ferramentas de Design Generativo para criação de elementos de controle solar para a Arquitetura. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, n. 18, 2020. **Anais [...]**. Porto Alegre: Antac, 2020. p. 1-8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/877/538>. Acesso em: 1 jun. 2023.
- MCNEEL. What's New in Rhino 6. **Rhinoceros**, 2020. Disponível em: <https://www.rhino3d.com/6/new> Acesso em: 14 abr. 2023.

SCHMID, A. L. Proteção solar e seu impacto na iluminação: proposta de ferramenta de apoio ao estudo e projeto. Entac 2020 In: **Anais do... Porto Alegre: Antac**, 2020. p. 1-8.

SOUZA, L. P. et al. Ensino de simulação termoenergética em edificações: um estudo de caso. Encac-Elacac 2021. In: **Anais...** Disponível em: <https://even3.blob.core.windows.net/anais/338689.pdf>. Acesso em: 24 maio 2023.



Qualidade ambiental no ensino de projeto a partir do BIM

Patrizia Di Trapano

Introdução

Diversas ferramentas de simulações têm sido amplamente utilizadas na visualização, na identificação e na análise do desempenho da iluminação, bem como na simulação do consumo de energia. O uso de ferramentas de simulação computacional tendo como base o *Building Information Modeling* (BIM) está crescendo rapidamente, auxiliando os projetistas na tomada de decisões, visando à redução do consumo de energia e criando melhores condições de iluminação para os usuários.

Os objetivos para a utilização da iluminação natural são múltiplos e vão desde questões estéticas e de saúde e conforto dos ocupantes até a economia de energia no uso da iluminação elétrica. As simulações podem ajudar as equipes de projeto a lidar com esses múltiplos aspectos, permitindo-lhes prever a quantidade de luz disponível dentro ou fora dos edifícios sob condições de céu selecionadas ou ao longo de um ano inteiro e interpretar os resultados convertendo-os em métricas de desempenho. As simulações de luz do dia podem ser combinadas com simulações de fontes de luz elétrica para garantir que ambas as formas de iluminação se complementem (Natephra, 2017).

Segundo Reinhart (Hensen; Lambert, 2019, p. 223), a proliferação de *softwares* assistidos por computador (CAD) tridimensional e Modelagem de Informações de Construção (BIM) na prática de projeto de construção e educação é outro fator que está ajudando a promover o uso de simulações de luz do dia. Isso se deve ao fato de que os tipos de modelos de construção tridimensionais comumente usados para a apresentação de projetos já contêm uma grande quantidade de detalhes geométricos que podem ser reutilizados para uma análise de iluminação natural.

O nível de complexidade geométrica necessário para uma simulação da luz natural depende do que está sendo calculado. Aconselha-se modelar o entorno imediato de um local, como edifícios vizinhos e paisagem que podem afetar a disponibilidade de luz natural no local. Também é uma boa prática modelar o plano do terreno e atribuir-lhe um material que reflita as condições no local, em vez de confiar no programa de simulação para tratar as refletâncias do solo automaticamente (Reinhart apud Hensen, Lambert, 2019, p. 225). Para estudos de sombreamento, convém representar volumes simplificados com suas aberturas e as propriedades ópticas das superfícies.

Materiais e métodos

Os *softwares* de simulação computacional podem auxiliar na análise da integração entre luz natural e elétrica. As análises de desempenho da iluminação natural podem ser realizadas por meio de métricas estáticas ou dinâmicas. A maioria dos *softwares* de iluminação realiza simulações estáticas da luz natural em diferentes horários e dias do ano, sob diferentes tipos de céu, considerando-se os horários de ocupação da edificação quanto à disponibilidade de luz natural. São utilizados modelos de céu padronizados CIE (ABNT: NBR 15.215-2, 2022): o céu claro, o céu parcialmente encoberto e o céu encoberto e o Modelo de Perez (Perez, 1990), tido como mais preciso que o da CIE para representar condições reais de céu.

Os principais dados de entrada (*inputs*) em *softwares* de simulação estática são latitude do local, geometria do ambiente, área, posição e orientação das aberturas, transmissão luminosa dos elementos translúcidos, propriedades de refletância e coeficientes de manutenção (limpeza) das superfícies. Os principais dados de saída (*outputs*) fornecidos são níveis de iluminâncias e luminâncias, Fator de Luz Diurna (FLD), imagens renderizadas, curvas isolux, gráficos cinzas e imagens em *false colour*.

As simulações dinâmicas consideram todas as condições de iluminação natural durante o ano e traçam o perfil anual de iluminação natural. Seus resultados podem ser representados através de métricas específicas, como a autonomia da luz natural (DA) e as iluminâncias úteis da luz natural (UDA) (Reinhart, 2006). Quando se trata de avaliar a disponibilidade de luz natural de forma dinâmica, faz-se necessário o uso de *softwares* com tal funcionalidade. Estes programas utilizam-se de uma base de dados meteorológicos (TMY: *Typical Meteorological Year*), no Brasil chamada de Normal Climatológica, série 1991 a 2020 (INMET, 2022). Recomenda-se o uso

de dados da estação mais próxima à edificação a fim de obter uma melhor precisão na simulação.

As métricas utilizadas nos *softwares* de simulação dinâmica são as propostas pela IES LM-83-12 (IESNA, 2012) para *Spatial Daylight Autonomy* (sDA), *Annual Sunlight Exposure* (ASE), *Useful Daylight Autonomy* (UDA) e *Daylight Autonomy* (DA). A autonomia espacial da luz do dia (sDA) indica se a área analisada tem iluminação suficiente através de fonte natural. Avalia-se isso por meio do percentual de área útil que atende, pelo menos 300 luxes em, no mínimo, 50% do tempo de utilização. Enquanto isso, a exposição solar anual (ASE) considera a radiação direta como fonte de desconforto, sendo avaliado o percentual de área em que se obtém ao menos 1.000 luxes em, no mínimo, 250 horas anuais de ocupação. Para a iluminação natural útil (UDA), considera-se o percentual de área útil que possui entre 100 luxes e 3.000 luxes, sendo abaixo desse valor insuficiente e acima excessivo. A autonomia da luz do dia (DA) é avaliada por meio do percentual de horas ocupadas nas quais o nível de iluminância de 300 luxes é atingido. Como instrumentos de simulação da iluminação natural, os *softwares* Rhinoceros 3D3 com o *plug-in* ClimateStudio,⁴ para simulações dinâmicas, e o *software* DialuxEVO,⁵ para simulações elétricas e estáticas, têm-se mostrado relevantes.

A modelagem paramétrica refere-se ao processo de modelagem da geometria do edifício utilizando parâmetros e funções por meio de tecnologias de programação. Sua interface gráfica de usuário e códigos visuais torna-a mais amigável do que as linguagens tradicionais de programação. Os desenvolvedores de *softwares* têm criado artifícios para aproximar as ferramentas da linguagem dos arquitetos, como é o caso do Grasshopper, *software* de programação

³ <https://www.rhino3d.com/>.

⁴ <https://www.solemma.com/climatestudio>.

⁵ <https://www.dial.de/en-GB/dialux>.

gráfica em que o profissional não precisa lidar constantemente com a linguagem alfanumérica, pois muitos dos comandos são agrupados em caixas, conectadas umas às outras, tornando o processo mais intuitivo (Fonseca, 2018).

Na busca pelas ferramentas aliadas ao Grasshopper para executar simulações termoenergéticas, verificou-se a predominância do Ladybug/Honeybee6 (Da Silva, 2020). O Ladybug é destinado à realização de análise ambiental, importando arquivos climáticos EnergyPlus (.epw) para o Grasshopper, fazendo análises que conectam dados paramétricos e gerando gráficos 2D e 3D que podem auxiliar nas fases iniciais de concepção. O Honeybee possibilita modelagens lumínicas e termodinâmicas detalhadas para estágios mais avançados do projeto.

Experiência didática

Desenvolveu-se a experiência com os alunos do mestrado acadêmico do PROARQ/ FAU/UFRJ no ano de 2022 no âmbito da disciplina Iluminação Natural e Conforto Visual. A primeira proposta de trabalho desenvolvido pela mestranda Alessandra de Oliveira Costa foi a construção em *software* 3D (Revit) da sala de aula na qual estavam desenvolvendo a disciplina. A análise da iluminação natural foi simulada por meio do *software* Climate Studio, tendo como base as métricas especificadas pelo IES LM-83-12 (IESNA, 2012). A sala de aula possui 6,75m de profundidade por 7,20m de largura e pé-direito de 4m. Apresenta balcões com projeção de 1,48m e janelas que vão do piso ao forro, conforme a Figura 1. O espaço de atividades da sala de aula apresenta 48m². Os materiais de revestimento e mobiliários foram considerados com as propriedades ópticas listadas na Tabela 1.

6 <https://www.food4rhino.com/en>.

Tabela 1: Propriedades óticas dos materiais.

Elemento	Material	Propriedades Óticas
Janela	Vidro	Grau de reflexão 8,5% Grau de transmissão 87,7%
Forro	Gesso	Grau de reflexão 70%
Paredes internas	Pintura branca	Grau de reflexão 80,69%
Piso	Madeira	Grau de reflexão 10,06%

Fonte: Tabela cedida pela mestrandia Alessandra de Oliveira Costa, 2023.

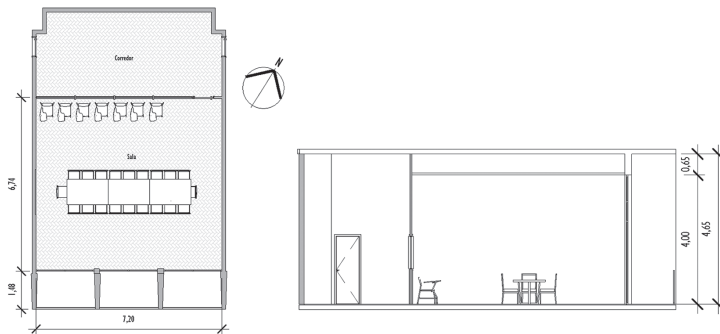


Figura 1: Planta e corte da sala 443 do edifício Jorge Machado Moreira.

Fonte: Imagens cedidas pela mestrandia Alessandra de Oliveira Costa, 2023.

Iluminação natural útil (UDA)

A área útil que possui iluminância entre 100 luxes e 3.000 luxes representa 85,2% da área total. A região que possui luminosidade excessiva encontra-se perto da região das janelas.

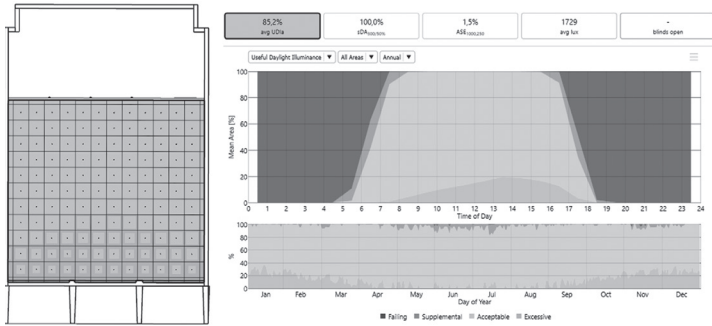


Figura 2: Análise de UDA através do *plug-in* Climate Studio para o *software* Rhinoceros. Fonte: imagens cedidas pela mestrandia Alessandra de Oliveira Costa, 2023.

Autonomia da luz do dia (DA)

O nível de iluminância mínimo de 300 luxes é atingido em 97,45% das horas de ocupação.

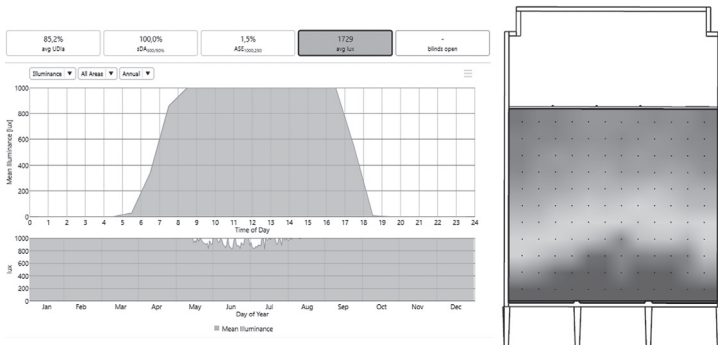


Figura 3: Análise de DA obtida através do *plug-in* Climate Studio para o *software* Rhinoceros. Fonte: imagens cedidas pela mestrandia Alessandra de Oliveira Costa, 2023.

A segunda proposta de trabalho foi desenvolvida pelo mestrando Rodrigo Dantas de Mendonça para a mesma sala de aula, porém elaborando o modelo através do *software* ArchiCAD, compartilhado

por meio de arquivo *IFC* com o *software* Dialux Evo. A seguir, serão apresentados alguns resultados.

Cenário de luz elétrica

Por meio da simulação realizada, considerando apenas a fonte de luz elétrica da sala de aula, utilizou-se o modelo similar ao existente de luminária tipo calha 2x18W TuboLED, com temperatura de cor em torno de 5.000K, sem aletas de proteção. Foi possível constatar que, na área central, onde a mesa está localizada para a realização de atividades, a quantidade de lux mostrou-se adequada, como pode ser visto de na Figura 4. É importante destacar que a iluminância recomendada segundo a norma (NBR ISO/CIE 8.995-1, 2013) é de, no mínimo, 500 luxes.

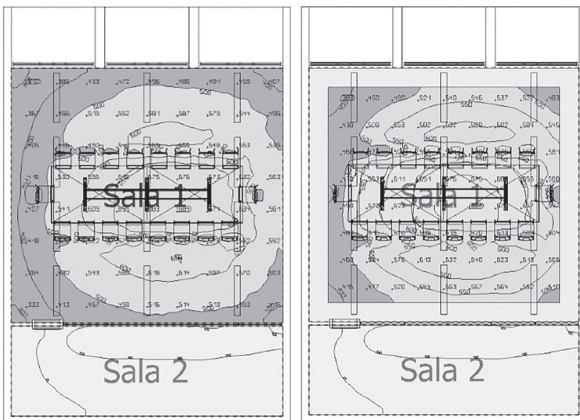


Figura 4: Gráfico de simulação Dialux Evo relativo à luz elétrica a partir de luminárias LED. Fonte: imagens cedidas pelo mestrando Rodrigo Dantas de Mendonça, 2023.

Tabela 2: Resultados da simulação para cenário de luz.

Parâmetros	Sala Inteira	Plano de uso (afastamento marginal de 0,5m)
Média	533 lx	568 lx

Parâmetros	Sala Inteira	Plano de uso (afastamento marginal de 0,5m)
Mín.	270 lx	357 lx
Máx.	690 lx	687 lx
Mín. / Médio (Uniformidade)	0.51	0.63
Mín./Máx.	0.39	0.52

Fonte: Tabela cedida pelo mestrando Rodrigo Dantas de Mendonça, 2023.

Cenário de luz elétrica e luz natural de inverno – 21/6, 12h

A simulação no Dialux Evo também permite analisar a união dos efeitos da luz natural e da luz elétrica no ambiente, como pode ser visto de maneira gráfica na Figura 5. Este tipo de análise torna-se relevante nos casos em que se evidencia a não necessidade do funcionamento de todas as luzes de uma sala durante o dia, o que impacta diretamente o consumo de energia, auxiliando o projetista na distribuição do acionamento das luminárias.

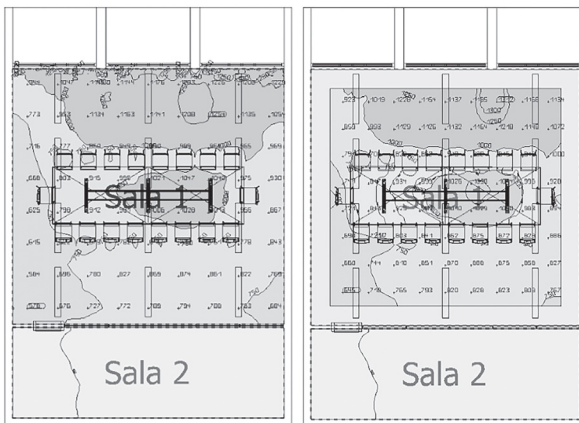


Figura 5: Gráfico de simulação *Dialux Evo* relativo à luz elétrica a partir de luminárias LED + luz natural de Inverno no Rio de Janeiro. Fonte: imagens cedidas pelo mestrando Rodrigo Dantas de Mendonça, 2023.

Tabela 3: Resultados da simulação para cenário de luz artificial.

Parâmetros	Sala Inteira	Plano de uso (afastamento marginal de 0,5m)
Média	917 lx	928 lx
Mín.	477 lx	537 lx
Máx.	1676 lx	1326 lx
Mín. / Médio (Uniformidade)	0.52	0.58
Mín./Máx.	0.28	0.40

Fonte: Tabela cedida pelo mestrando Rodrigo Dantas de Mendonça, 2023.

Conclusões

O estudo mostra que as ferramentas tecnológicas de que dispomos atualmente permitem a utilização de métodos de simulação através de ferramentas em BIM que trazem como resultado respostas que auxiliam nas decisões de projetos de iluminação. Entretanto, ainda existem muitas dificuldades de interoperabilidade entre os *softwares*. Muitos modelos desenvolvidos num determinado *software* podem não ter um resultado satisfatório dentro do *software* específico de simulação lumínica. Essa incompatibilidade dificulta o processo e tem se mostrado uma discussão relevante para o desenvolvimento da tecnologia.

Referências

- ABNT. **NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho.** Parte 1: interior. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT. **NBR 15.215-2: Iluminação natural.** Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural. Rio de Janeiro, 2022.
- DA SILVA, F.; SILVA, C.; GÓES, T. O uso do Grasshopper na simulação termoenergética de edifícios: uma revisão sistemática. **Congresso de Construção Civil, UnB.** Brasília, 2020.

- FONSECA, Carina. **Design computacional e performance acústica.** Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.
- HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R. **Building Performance Simulation for Design and Operation.** New York: Spon Press, 2019.
- IESNA. IES LM-83-12. **Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE).** New York: IESNA, 2012.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020.** Org.: Marcia dos Santos Seabra, Edmundo Wallace Monteiro Lucas. Brasília: INMET, 2020.
- NATEPHRA, Worawan et al. Integrating Building Information Modeling and Virtual Reality Development Engines for Building Indoor Lighting Design. **Visualization in Engineering**, v. 5, p. 1-21, 2017.
- PEREZ, R. et al. Modeling Daylight Availability and Irradiance Components from Direct and Global Irradiance. **Solar Energy**, v. 44, n. 5, p. 271-289, 1990.
- REINHART C. F., MARDALJEVIC J., ROGERS Z. Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. **Leukos**, v. 3, n.1, p. 7-31, 2006.



Concepção de projetos com BIM: viabilidade econômica na construção

Rodrigo Dantas de Mendonça
Aline Calazans Marques

Introdução

A educação em arquitetura tem o compromisso de capacitar os estudantes para a prática profissional, o que demanda habilidades técnicas e artísticas para projetar edificações eficientes. No Brasil, o ensino de arquitetura estrutura-se em: (I) Projeto de Arquitetura; (II) História e Teoria da Arquitetura; e (III) Tecnologia da Construção.

Apesar das recomendações à integração de teoria e prática, a importância das tecnologias construtivas nem sempre é central nos currículos (Rebello e D’azevedo, 2015; Bremer *et al.*, 2018; Latif Rauf e S Shareef, 2019). O descompasso entre as demandas do mercado e a formação acadêmica pode gerar desafios para os recém-formados, especialmente frente a questões práticas e tecnológicas. Isso destaca a necessidade de maior ênfase em disciplinas que preparem os alunos para projetar com uma visão factível da execução do projeto.

Há duas abordagens para o ensino de construção na arquitetura (Santos Neto, 2019): (I) independente; e (II) integrada ao projeto, sendo esta mais eficaz ao aplicar os conteúdos no desenvolvimento de uma edificação, melhorando habilidades de solução de questões construtivas por meio de uma abordagem teórico-prática. A exemplo das disciplinas de gestão e viabilidade econômica, elas tratam o conteúdo a partir de uma abordagem dialógica com o projeto. Assim, isso contribui para a prática da construção com recursos que podem ser previstos, mantendo o compromisso com a qualidade. Desde as etapas iniciais do projeto, cada escolha, como o tipo, o tamanho, a forma e os sistemas gerais da construção, impacta na determinação do custo total da obra. Portanto, a previsibilidade é um elemento importante e depende diretamente da precisão das informações desde o projeto. Decisões tomadas nas fases iniciais têm um efeito mais substancial sobre o projeto do que aquelas feitas posteriormente (Assumpção; Fugazza, 2000). Desse modo, o estudo de alternativas baseadas em estimativas de custos é um requisito importante a ser trabalhado em sala de aula, já que soluções projetuais ou até mesmo o empreendimento como um todo podem ser inviabilizados em razão de um custo equivocados.

Nas fases iniciais de um projeto arquitetônico, as informações são tipicamente esquemáticas e genéricas, caracterizadas por um baixo nível de detalhamento. Nesse estágio, as estimativas de custos baseiam-se principalmente em fatores como área, volume e função dos espaços da edificação. À medida que o projeto avança e se torna

mais detalhado, as estimativas ganham maior precisão. No entanto, é na fase inicial que a flexibilidade para explorar diversas soluções de projeto se mostra maior, tornando possível a minimização dos riscos de prejuízos futuros.

No contexto do ensino de construção, o *Building Information Modeling* (BIM) permite um modelo inter-relacionado de componentes, o que ajuda os alunos a entenderem as implicações de suas decisões, incluindo o impacto econômico das escolhas de implantação e volumetria. Por meio do modelo digital, é possível extrair informações precisas sobre quantidades e componentes, como materiais, área e volume dos espaços (Eastman *et al.*, 2011). Uma estratégia de ensino de construção com BIM pode ser implementada por meio dos Usos do Modelo, termo que se refere a requisitos predefinidos, atividades especializadas e resultados específicos do projeto agrupados sob um único título para facilitar sua especificação, sua medição e seu aprendizado (Succar; Saleeb; Sher, 2016).

Materiais e métodos

Na atividade, utilizou-se o *software* BIM ArchiCAD, versão 26, para desenvolver modelos paramétricos simplificados que permitissem aos alunos explorar, entre outros, a estimativa de custos do projeto. Dos diversos usos de um modelo BIM na construção,³ 13 são particularmente úteis nas fases iniciais de um projeto. A atividade buscou abordar três desses usos específicos: concepção, programação espacial e estimativa de custo (BIME Initiative, 2023).

Um dos compromissos foi promover a integração transversal entre disciplinas (Figura 1). Aplicaram-se conceitos da disciplina Construção III do 6º período (B) em projetos previamente realizados na disciplina Projeto de Arquitetura II (A) do 4º período da FAU/UFRJ.

³ Os usos abordados são relatados pelo *211in Model Uses List – BIME Initiative*. Disponível em: <https://bimexcellence.org/wp-content/uploads/211in-Model-Uses-Table.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.

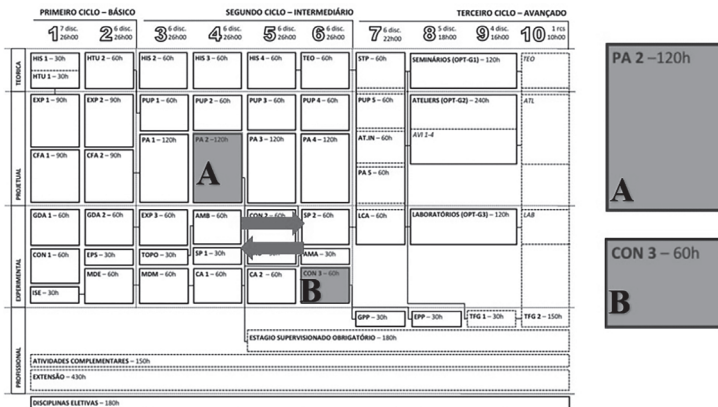


Figura 1: Projeto pedagógico do curso de Arquitetura e Urbanismo (FAU-UFRJ).
Fonte: Universidade Federal do Rio de Janeiro (2021), adaptado pelos autores.

A atividade proposta utiliza a metodologia ativa de ensino, especialmente a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), que propõe a aprendizagem através da ação, da reflexão e da solução de problemas reais e complexos. Nesse processo, o aluno é protagonista, trabalha em grupo e colabora em um projeto específico com a orientação do professor (Fernandes *et al.*, 2003; Masson *et al.*, 2012; Bacich e Moran, 2018).

Experiência didática

A atividade didática teve por um de seus objetivos integrar o ensino de construção ao de projetos, a partir da obtenção de estimativas de custos durante as fases iniciais da concepção projetual, com base nas áreas definidas para a edificação. Com isso, a expectativa era de que os alunos pudessem ter uma visão mais abrangente das implicações econômicas de suas escolhas. A atividade foi projetada para ser concluída em três aulas, e o roteiro da atividade foi desenvolvido em quatro passos fundamentais, como mostra a imagem abaixo (Figura 2):

1. Os alunos desenvolvem um plano de zoneamento vinculado à uma tabela inicial de estimativa de custos para trabalhar.
2. Em seguida, eles adicionam novos parâmetros de custo com base nos conceitos teóricos abordados no curso, como CUB, composição de custos, BDI e ajuste de preços.
3. Os alunos otimizam o projeto com base na área e no custo, fazendo os ajustes necessários.
4. Discussão em sala, onde cada grupo relata suas estratégias e mostra à turma os resultados obtidos.

Figura 2: Roteiro da atividade. Fonte: os autores, 2023.

Conceitos teóricos para estimativa de custos usando BIM

Sugere-se que o professor inclua nas aulas conceituais temas como estimativas de custos, Custo Unitário Básico (CUB), composição de custos, Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), reajustamento de preços e lógica BIM, pertencentes ao escopo da disciplina. A segunda metade das aulas deveria ser destinada a demonstrações e aplicações práticas com *software* BIM.

Plano de zoneamento, estimativa de custos e a composição de novos parâmetros

A seguir (Figura 3), veja a descrição passo a passo de como o zoneamento do projeto foi modelado:

<ul style="list-style-type: none"> Os alunos desenvolvem o plano de zoneamento do projeto desenvolvido em PA II (Projeto de Arquitetura II) por meio do software <i>BIM Archicad</i> utilizando a função “zona”.
<ul style="list-style-type: none"> A partir disso, um modelo 3D do edifício com base no plano de zoneamento.
<ul style="list-style-type: none"> Em seguida, eles atribuem diferentes cores a cada área do edifício, com base no uso pretendido.
<ul style="list-style-type: none"> Os alunos podem então usar o modelo <i>BIM</i> para visualizar a aparência e o funcionamento das diferentes áreas do edifício e para identificar possíveis problemas ou conflitos.
<ul style="list-style-type: none"> O modelo de zoneamento também será usado para estimar o custo do projeto, atribuindo diferentes parâmetros de custo a cada área do edifício com base em valores como o CUB e outros índices de estimativas.

Figura 3: Elaboração do zoneamento. Fonte: os autores, 2023.

A Figura 4 a seguir ilustra a construção das áreas estimadas usando zonas. Cada zona é associada a cores e nomes específicos para facilitar o rastreamento nas etapas seguintes. A representação em 3D das zonas é gerada automaticamente e pode ser relacionada às mesmas cores das zonas vistas no 2D por meio de sobreposição

gráfica. Para isso, foi necessário criar regras no *ArchiCAD* e aplicá-las às zonas do projeto.

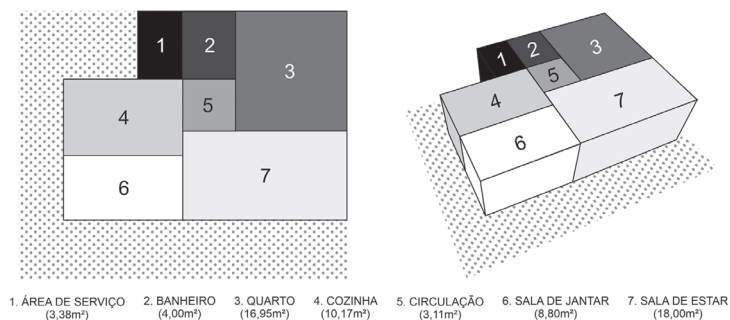


Figura 4: Zoneamento e o modelo digital. Fonte: os autores, 2023.

A seguir, veja a descrição passo a passo (Figura 5) da geração da tabela de estimativa de custos inicial e incorporação de parâmetros⁴.

<ul style="list-style-type: none"> Com base em um mapa de zonas gerado automaticamente (Figura 6) com informações de categoria e área, é possível criar uma tabela de custos inicial usando a ferramenta "gerenciador de propriedades". Essa ferramenta permite adicionar diferentes parâmetros de custo à tabela compostos de valores numéricos ou até mesmo expressões.
<ul style="list-style-type: none"> São criados parâmetros relativos ao CUB (Custo Unitário Básico)
<ul style="list-style-type: none"> O CUB não inclui certos custos importantes, como Fundações, Hidráulica e Elétricas, bem como o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) - que abrange Imprevistos, Administração, Projeto, Aprovações e Atendimento. Esses custos representam uma porcentagem do Custo Final CUB m², sendo uma estimativa as Fundações (5%), Hidráulica (7%), Elétricas (7%), BDI - Imprevistos (10%), BDI - Administração (15%) e BDI - Projeto, aprovações, atendimento (8%). Esses parâmetros podem ser acrescentados conforme forem abordados na disciplina.
<ul style="list-style-type: none"> Os alunos podem então usar a tabela de custos para estimar o custo total do projeto, com base na área de cada zona.
<ul style="list-style-type: none"> A tabela de custos pode ser atualizada e refinada à medida que o projeto avança, para refletir mudanças no projeto ou o acréscimo de novos parâmetros de estimativa de custo ao longo das disciplinas de Construção.

Figura 5: Elaboração da tabela inicial de estimativa de custos. Fonte: os autores, 2023.

⁴ As estimativas apresentadas são valores aproximados baseados em dados médios de bibliografias disponíveis na página do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Para obter mais informações detalhadas e ajustar os valores de acordo com cada estado, visite o *site* do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Disponível em: <https://vtp.ifsp.edu.br/nev/ifestima/ifestima.html>. Acesso em: 17 out. 2023.

A partir do mapa de zonas, gerado automaticamente com informações genéricas de categoria e área (Figura 6), novos parâmetros podem ser adicionados à tabela de custos usando o gestor de propriedades, inclusive valores numéricos e expressões.



Figura 6: Inserção de parâmetros. Fonte: os autores, 2023.

Categoria de Zona	Índice por ambiente	Valor CUB m³	Área m²	Custo Final CUB m²
Área de Serviço	0,76	2102,00	3,38	5397,42
Área Externa	0,00	2102,00	39,13	0,00
Banheiro	1,40	2102,00	4,00	11772,54
Circulação	0,84	2102,00	3,11	5483,89
Cozinha	1,40	2102,00	10,17	29919,71
Quarto	0,84	2102,00	16,95	29937,09
Sala	0,84	2102,00	18,00	31782,24
Sala de Jantar	0,00	2102,00	8,80	0,00
Total			103,54 m²	114292,89

Figura 7: Tabela inicial de estimativa de custos. Fonte: os autores.

Criação de novos parâmetros de custos

Na criação da tabela de estimativa de custos, é importante demonstrar como os resultados foram obtidos por meio de expressões matemáticas (Figura 8) que envolveram multiplicação, divisão e percentis dos valores presentes nas células da tabela.



Figura 8: Inserção de novos parâmetros. Fonte: os autores, 2023.

Categoria de Zona	Índice por ambiente	Valor CUB m³	Área m²	Custo Final CUB m³	Fundações (5%)	Hidráulica (7%)	Elétricas (7%)	BDI - Imprevistos	BDI - Administra...	BDI - Projeto, a...	Custo final
Área de Serviço	0,96	2102,08	3,38	5327,42	260,87	377,82	377,82	520,74	809,61	437,79	7806,27
Área Estufa	0,90	2102,08	26,13	4390	215,50	308,68	308,68	425,26	637,82	335,60	6100
Banheiro	0,84	2102,08	5,19	1063,93	53,19	74,35	74,35	103,05	154,58	82,28	438,71
Cofre/Arca	0,94	2102,08	10,37	2152,91	107,65	150,58	150,58	204,78	307,14	161,56	3783,19
Quarto	0,84	2102,08	16,96	3563,78	178,19	252,58	252,58	340,71	511,06	270,37	4380,78
Sala	0,94	2102,08	16,96	3563,78	178,19	252,58	252,58	340,71	511,06	270,37	4380,78
Tela	0,90	2102,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tela de Jantar	0,90	2102,08	103,54 m²	11420,20	5714,64	8006,51	8006,51	11420,26	17143,83	9143,43	16524,71

Figura 9: Expansão da tabela. Fonte: os autores, 2023.

No gestor de propriedades, criaram-se critérios para as colunas da tabela, permitindo especificar, por exemplo, que “Fundações” correspondem a 5% do valor do CUB m² via expressão. Esse processo pode ser replicado para outras propriedades de estimativa de custos, o que resulta na expansão da tabela com novos parâmetros (Figura 9). Isso enriquece a compreensão dos custos durante o processo de projeto e permite aos alunos perceberem a conexão entre essa dimensão e a otimização espacial.

Otimização área x custos

Para fins de otimização de custos do projeto, suponha-se que o aluno chegue à conclusão de que é possível diminuir as áreas do quarto e da sala. A imagem a seguir exemplifica essa situação:

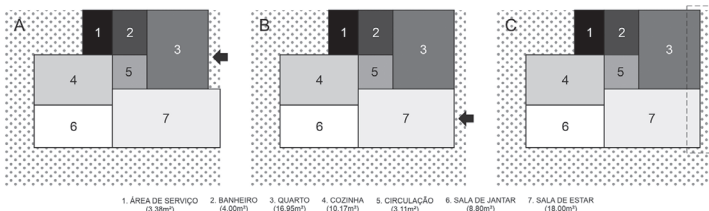


Figura 10: Otimização área/custos. Fonte: os autores, 2023.

Na figura 10A, há recuo de 50 cm ao longo da lateral de de todo o quarto. Na figura 10B, o espaço da sala passa pelo mesmo processo, para alinhamento dos ambientes. Na 10C, a redução impacta automaticamente a tabela de estimativa de custos, detalhada a seguir.

É importante enfatizar aos estudantes que a atividade busca assegurar a qualidade do projeto, considerando não só os custos, mas outros aspectos associados. Os resultados dessas alterações na estimativa de custos podem ser vistos a seguir (Figura 11).

Quarto	50	100	16,95	150	200	250	300	165724,71			
Sala	18,00										
Mapa de Zonas											
Categoria de Zona	Índice por ambiente	Valor CUB m²	Área m²	Custo Final CUB m²	Fundações (%)	Hidráulica (%)	Estruturas (%)	BDI - Impermeáveis	BDI - Adornativa	BDI - Projeto	Custo Final
Área de Serviço	0,20	2182,00	3,38	5197,82	209,87	377,82	539,74	809,51	831,79	820,27	1820,27
Área de Entrada	0,20	2182,00	39,13	8506,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8506,00
Banheiro	0,50	2182,00	4,00	11723,54	508,63	824,08	1177,26	1764,88	1811,80	1756,19	4383,19
Circulação	0,84	2182,00	3,11	5883,59	274,19	383,87	548,91	822,58	838,71	785,63	1961,63
Cozinha	1,40	2182,00	10,17	29019,71	1486,99	2054,98	2991,38	4481,96	4592,68	4383,19	11483,19
Quarto	0,84	2182,00	16,95	29937,50	1496,95	2095,50	2993,21	4492,56	2784,57	43488,25	43488,25
Sala de Jantar	0,84	2182,00	8,80	19322,04	1048,11	1424,76	2220,76	3192,92	3782,94	3642,68	8684,26
Sala	0,00	2182,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			103,34 m²	114292,89	5714,64	8000,51	11429,28	17143,83	9143,43	9143,43	165724,71

Quarto	50	100	14,95	150	200	250	300	156763,87			
Sala	18,00										
Mapa de Zonas											
Categoria de Zona	Índice por ambiente	Valor CUB m²	Área m²	Custo Final CUB m²	Fundações (%)	Hidráulica (%)	Estruturas (%)	BDI - Impermeáveis	BDI - Adornativa	BDI - Projeto	Custo Final
Área de Serviço	0,20	2182,00	3,38	5197,82	209,87	377,82	539,74	809,51	831,79	820,27	1820,27
Área de Entrada	0,20	2182,00	39,13	8506,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8506,00
Banheiro	0,50	2182,00	4,00	11723,54	508,63	824,08	1177,26	1764,88	1811,80	1756,19	4383,19
Circulação	0,84	2182,00	3,11	5883,59	274,19	383,87	548,91	822,58	838,71	785,63	1961,63
Cozinha	1,40	2182,00	10,17	29019,71	1486,99	2054,98	2991,38	4481,96	4592,68	4383,19	11483,19
Quarto	0,84	2182,00	14,95	26445,73	1330,29	1848,40	2645,57	3862,86	2112,48	3828,30	8288,30
Sala	0,84	2182,00	18,00	29123,72	1456,69	2030,36	2913,27	4320,96	2320,70	4213,90	10413,90
Sala	0,00	2182,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			103,34 m²	108113,81	5485,66	7962,91	10811,29	16216,26	8684,64	8684,64	156763,87

Figura 11: Alterações automatizadas na tabela de estimativa de custos. Fonte: os autores, 2023.

Dessa forma, os alunos passam a reconhecer as diversas oportunidades de conexão entre informações de diferentes categorias dentro do processo BIM. O foco atual está em explorar essas relações possíveis, em vez de encerrar a tecnologia unicamente como um suporte para o desenho e a representação.

Conclusões

A atividade relatada neste estudo explorou a inter-relação entre informações de diferentes naturezas, como dados espaciais e econômicos, demonstrando como os alunos podem lidar de forma mais holística com o conteúdo relacionado à estimativa de custos de uma edificação, conectando-a às propostas iniciais de espacialidade do projeto. Essa abordagem visa evitar os efeitos indesejados que podem surgir ao se ensinar conceitos de construção por meio de exemplos isolados, desconectados do desenvolvimento do projeto. Embora os alunos possam aprender conteúdos específicos de cada disciplina isolada, geralmente encontram dificuldade em compreender a relação entre eles.

O ensino com BIM oferece agilidade para a análise de alternativas e a comparação de cenários, como demonstrado para o item de custos. Essa rapidez não compromete o aprendizado, pois os alunos compreendem a composição da estimativa de custos de forma sequencial. No entanto, ao economizar tempo em alterações manuais de valores, ganham para a reflexão sobre qualidade/custo dos espaços e a experimentação de mais alternativas.

A integração transversal de disciplinas permitiu aos alunos revisar escolhas de projetos anteriores, comparando-as com otimizações atuais, fomentando a reflexão sobre suas escolhas prévias. Isso possibilitou incorporar novos modos de pensamento na concepção de projetos e formar estudantes capazes de tomar decisões mais realistas e economicamente viáveis.

Referências

- ASSUMPÇÃO, J. F. P.; FUGAZZA, A. E. C. Execução de orçamento por módulos para obras de construção de edifícios. In: VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Salvador, **Anais...** v. 8, p. 469-476, 2000.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso Editora, 2018.

- BIME INITIATIVE. **21iin Model Uses List – BIME Initiative**. Disponível em: <https://bimexcellence.org/wp-content/uploads/21iin-Model-Uses-Table.pdf>. Acesso em: 1. abr. 2023.
- BREMER, C. F. et al. Metodologias de ensino de tecnologias construtivas. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 37, n. 1, p. 3-12, 2018.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a Guide To Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.
- FERNANDES, J. D. et al. Estratégias para a implantação de uma nova proposta pedagógica na escola de enfermagem da Universidade Federal da Bahia. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 56, p. 392-395, 2003.
- LATIF RAUF, H.; SHAREEF, S. Understanding the Relationship Between Construction Courses and Design in architectural education. **International Journal of Recent Technology and Engineering**, v. 8, n. 3, p. 3201-3207, 2019.
- MASSON, T. J. et al. Metodologia de ensino: aprendizagem baseada em projetos (PBL). **Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (Cobenge)**. Belém, 2012. P. 13.
- REBELLO, Y. C. P.; D'AZEVEDO, M. A. D. F. Considerações sobre o ensino e aprendizagem de estrutura nas escolas de arquitetura. **Paranoá**, n. 15, p. 1-14, 2015.
- SANTOS NETO, Edson Fernandes D'Oliveira. *Ensino de construção para arquitetura como ensino de projeto: reflexões e concepções pedagógicas*. Tese de doutorado – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2019.
- SUCCAR, B.; SALEEB, N.; SHER, W. Model Uses: Foundations for a Modular Requirements Clarification Language. *Australasian Universities Building Education (Aubea 2016)*, p. 1-12, 2016.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Centro de Letras e Artes. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. *Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo 2021-2030*. Rio de Janeiro, 2021.



O ensino de construção e a modelagem da informação

Luciana Maria Bonvino Figueiredo
Elisabeth Guedes Oliveira

Introdução

O ensino de Construção (materiais, tecnologias, sistemas e processos construtivos) dentro dos cursos de Arquitetura e Urbanismo do Brasil desperta muitos questionamentos por se desenvolver, muitas vezes, de forma apartada das disciplinas de projeto. Santos Neto (2019) sugere que uma abordagem pedagógica que busca a integração das disciplinas em conteúdo e atividades contribui para uma formação mais ampla nos campos da **construção** e do **projeto de arquitetura**.

Neste capítulo, a proposta é que tal integração aconteça por meio do *Building Information Modeling* (BIM), a partir de alternativas já apresentadas por Salgado (2022).

No curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, assim como em outras instituições, há uma sequência de disciplinas que visam instrumentalizar os alunos com as possibilidades de sistemas e técnicas construtivas.

A primeira disciplina (Construção 1) desta sequência acontece no 1º período do curso e tem o objetivo de promover a sensibilização dos alunos ingressantes do curso para questões da materialidade, bem como a importância da experimentação na concepção projetual em arquitetura. A segunda disciplina (Construção 2), do 5º período da grade curricular, tem ementa bastante focada nos sistemas construtivos em concreto armado, incluindo elementos de fundação. Estas duas disciplinas propõem o desenvolvimento de trabalhos práticos no Canteiro Experimental, com projeto e execução de modelos físicos.

Este texto apresenta uma proposta de aplicação da modelagem BIM no processo de ensino e aprendizagem da terceira disciplina desta sequência (Construção 3), em que são abordados os sistemas de vedação vertical, os sistemas de piso e os sistemas de cobertura. Construção 3 está no 6º período do curso e busca desenvolver nos alunos habilidades como:

1. Capacidade de selecionar materiais e componentes para compor um sistema de vedação vertical (desde a estrutura da parede até as camadas de revestimento), um sistema de piso e um sistema de cobertura, considerando as especificidades de cada situação;
2. Capacidade de especificar esses materiais e componentes, indicando as informações necessárias e suficientes para que seja possível fazer seu orçamento e sua aquisição;

3. Capacidade de quantificar esses materiais e componentes;
4. Pensar novas possibilidades de materiais e componentes, bem como novas formas de fazer, que tragam impactos sociais, econômicos e/ou ambientais, e;
5. Apropriação das habilidades apresentadas nos itens anteriores de forma que possam ser incorporadas no processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico.

Para que esses objetivos sejam alcançados, além de aulas expositivas e em laboratório, são propostas atividades avaliativas que estimulam os alunos a vivenciarem situações práticas. Uma destas atividades avaliativas propostas está em consonância com os três primeiros objetivos listados. O trabalho é chamado de Trabalho de Especificação de Sistemas Construtivos (TESC) e tem um roteiro para orientar os alunos em seu desenvolvimento que é feito em 5 (cinco) etapas ao longo do semestre, com entregas de relatórios para cada uma delas. Para cada etapa, os alunos são desafiados a selecionar, especificar e quantificar os materiais e componentes de um sistema ou subsistema de uma edificação unifamiliar composta por sala, cozinha, área de serviço, quarto e banheiro, com 58 m². Para o desenvolvimento da atividade, é fornecido um roteiro dos itens que devem ser apresentados em cada entrega, bem como a planta da moradia. O Quadro 1 apresenta, de modo simplificado, o Trabalho de Especificação de Sistemas Construtivos (TESC).

Quadro 1: Atividade Avaliativa da disciplina Construção 3.

TESC 1 - Vedação Vertical	Sistema de Vedação Vertical
Escolha, especificação técnica e quantificação do bloco adotado Especificação e quantificação da argamassa de assentamento	
TESC 2 - Revestimentos argamassados	
Escolha e especificação técnica de todas as camadas de revestimento argamassado; Quantificação dos materiais para produção destas argamassas.	
TESC 3 - Revestimentos de acabamentos	
Escolha, especificação e quantificação do revestimento de acabamento (revestimentos cerâmicos e pintura) e de todos os materiais necessários para sua aplicação (argamassas colantes, e rejuntas, no caso de revestimento cerâmico; massas corridas, fundos preparadores, no caso de pintura).	
TESC 4 - Sistema de piso	
Escolha, especificação e quantificação de todos os materiais e componentes das camadas de sistemas de piso.	
TESC 4 - Sistema de cobertura	
Escolha, especificação e quantificação dos materiais e componentes que formam o sistema de cobertura.	

Fonte: as autoras, 2023.

Dados o contexto em que a disciplina Construção 3 está inserida no curso de Arquitetura e Urbanismo da FAU/UFRJ, sua ementa e sua forma de avaliação, desenvolveu-se uma Proposta de Experiência Didática, a fim de explorar possibilidades de uso de um modelo BIM na disciplina com os seguintes objetivos:

1. apresentar aos alunos as possibilidades de aplicação de um modelo BIM para a quantificação de materiais e componentes de maneira mais rápida e flexível;
2. usar o modelo para apresentar a interação entre os diferentes sistemas da edificação;
3. apresentar aos alunos outras possibilidades de uso do modelo BIM.

Materiais e métodos

Para a elaboração da Experiência Didática, foi desenvolvido um modelo em BIM de uma guarita, de 15 m², que contém todos os sistemas de uma edificação, segundo a Norma de Desempenho, a NBR 15.575 (2021): sistema de vedação vertical, sistema de piso, sistema de cobertura, sistema estrutural e sistema de instalação predial.

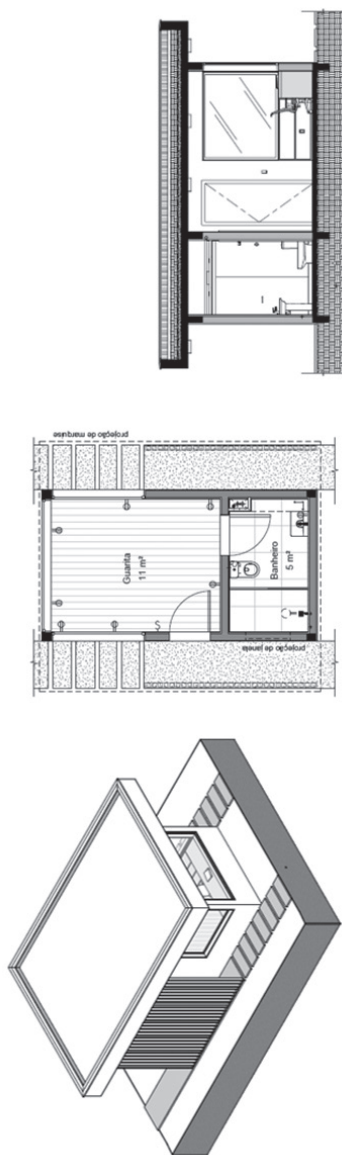


Figura 1: Modelo da guarita construído para o desenvolvimento da Experiência Didática: (a) modelo em três dimensões, (b) planta e (c) corte.
Fonte: as autoras, 2023.

A partir deste modelo, projetaram-se quatro atividades para que os alunos pudessem refletir sobre os conceitos apresentados durante a disciplina e ainda sobre o uso de modelos BIM para especificação e quantificação de materiais e componentes de um determinado sistema ou subsistema da edificação. A proposta é a apresentação do modelo aos alunos, de modo que possam visualizar sua manipulação para o desenvolvimento de atividades em sala de aula. É importante esclarecer que não se está propondo que os alunos desenvolvam um modelo, tampouco que o manipulem, uma vez que este não é o foco da disciplina. Entende-se que, dessa forma, não há necessidade de sujeitar o aluno ao uso de um determinado *software*.

Para o desenvolvimento das atividades, escolheu-se o sistema de vedação vertical, mas que poderiam ser realizadas atividades semelhantes para os outros sistemas ou subsistemas da edificação.

Experiência didática

As atividades aqui propostas são desenvolvidas em apenas um dia de aula, aproximadamente no meio do semestre corrente. É importante que todos os tópicos referentes ao sistema de vedação vertical já tenham sido apresentados em aulas teóricas. Também é importante que as entregas dos relatórios do Trabalho de Especificação de Sistemas Construtivos (TESC) já devem ter sido feitas até o item 3, de modo que os alunos já tenham escolhido, especificado e quantificado os materiais e componentes que formam a estrutura da parede e as camadas de revestimento argamassado, bem como os revestimentos de acabamento.

Trata-se de uma atividade que se utiliza de uma estratégia de ensino expositiva, em que há momentos em que o docente propõe questões que favorecem a reflexão (Exposição Provocativa) e outros momentos em que as questões são colocadas para estimular que os alunos discutam seus pontos de vista (LEAL, 2019). A Experiência

Didática proposta está dividida em quatro atividades que estão descritas a seguir. Cada uma delas se inicia por uma apresentação do docente seguida por análises e discussões envolvendo os alunos, que devem estar organizados em *grupos* pequenos para que façam discussões entre si.

Atividade de apresentação do modelo

Num primeiro momento, o *software* no qual o modelo da guarita foi gerado é aberto e o modelo, apresentado aos alunos, por meio de projeção, explicitando-se do que se trata. A apresentação deve ser seguida por questionamentos (Quadro 2) e trocas com os alunos de forma que cada um revele qual é o nível de conhecimento da modelagem BIM.

Quadro 2: Questionamentos da primeira atividade.

Vocês já viram uma modelagem BIM? Vocês acham que um modelos destes poderia ser útil nas atividades que foram feitas até agora na disciplina? Como? Quais seriam as dificuldades para uso de modelos semelhantes?

Fonte: as autoras, 2023.

Espera-se que os alunos relacionem o modelo apresentado com as atividades de especificação e quantificação dos materiais e componentes da parede desenvolvidas no TESC. Assim, segue-se uma nova rodada de questionamentos para que os alunos reflitam sobre a forma de extrair os quantitativos e sua relação com a forma de modelar a parede.

Atividade de cálculo dos coeficientes para aplicação no modelo BIM

A segunda parte da atividade inicia-se com um questionamento simples (Quadro 3) e que deve ser dado um tempo para que os alunos discutam em grupo.

Quadro 3: Questionamentos iniciais da segunda atividade.

Como seria possível extrair a quantidade de blocos/tijolos das paredes da guarita?

Fonte: as autoras, 2023.

Neste momento, espera-se que os alunos reflitam sobre os diferentes níveis de detalhamento que são possíveis de serem feitos no modelo. O desafio para os alunos é o entendimento de que a entidade “parede” pode ser modelada de diferentes formas, com diferentes níveis de detalhes. Assim como é possível modelar todos os materiais e componentes que formam a parede (blocos, tijolos, argamassa de assentamento, argamassas de revestimento, revestimentos de acabamento, entre outros), também se pode modelar a parede como um volume único, com sua espessura final, fazendo a indicação de qual é a porcentagem de cada material ou componente que compõe a parede. As figuras 2 e 3 apresentam a parede com esses dois formatos.

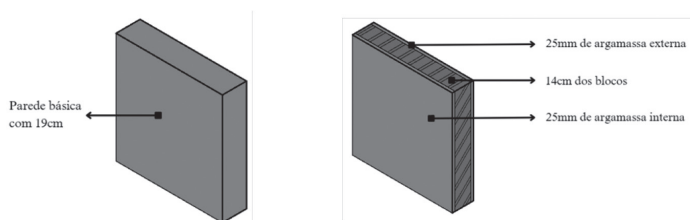


Figura 2: Parede de 1m² em modelagem básica e detalhada.

Fonte: as autoras, 2023.

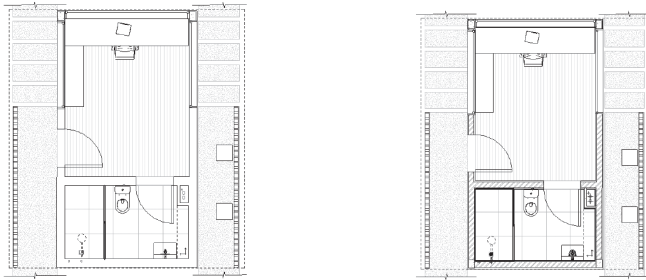


Figura 3: Guarita com parede básica (a) e parede detalhada (b).
 Fonte: as autoras, 2023.

O formato de modelagem apresentado em (a) é mais simples e consome menos memória do computador. Assim, em vez de modelar a estrutura da parede, formada por blocos cerâmicos de 14 x 19 x 29 cm, e cada camada de argamassa de revestimento nas duas faces da parede (chapisco com 5 mm de espessura e camada única com 20 mm de espessura), modela-se apenas um único volume com espessura final de 19 cm (14 cm do bloco + 2,5 cm de revestimento em cada face da parede). Nesse caso, o *software* fornece o volume e a área da superfície da parede. Para a quantificação dos materiais/componentes, é necessário definir a forma de quantificação a partir desses dados fornecidos.

Assim, o desafio que se coloca para os alunos nesse momento é que definam e determinem o parâmetro de cada material/componente que forma a parede e o questionamento pode ser colocado aos alunos conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4: Questionamento para a definição do parâmetro de quantificação.

Quais são os parâmetros para quantificar bloco, chapisco e camada única desta parede?

Fonte: as autoras, 2023.

Para responder a essa questão, os alunos deverão definir, para cada material/componente, se os quantitativos serão calculados em função da área ou do volume do elemento criado no *software*. No caso de paredes, os quantitativos podem ser determinados em função da área da superfície da parede. No Quadro 5, estão detalhadas as definições dos parâmetros para cada material de uma parede similar à da guarita do modelo.

Quadro 5: Definição da forma de quantificar materiais/componentes para inserção das informações no modelo.

a) **Blocos:** quantidade de blocos por m² de parede é determinado em função das dimensões do bloco, do tipo de assentamento e espessura da junta de argamassa. No exemplo, foi considerado o assentamento em meio tijolo e junta de argamassa de assentamento de 1cm.

$$\text{Quantidade de blocos por m}^2 \text{ de parede} = 1/(0,20 \times 0,30) = \mathbf{16,67 \text{ unidades}}$$

b) **Argamassa de assentamento:** a quantidade de argamassa por m² de parede será dada pela diferença entre o volume total da parede (sem argamassa) subtraída do volume ocupado pelos blocos.

$$\text{Vol. de 1m}^2 \text{ de parede sem revestimento argamassado} = 0,14 \times 1,00 \times 1,00 = 0,14\text{m}^3$$

$$\text{Vol. de blocos por m}^2 \text{ de parede} = 16,67 \times (0,14 \times 0,19 \times 0,29) = 0,12857\text{m}^3$$

$$\text{Vol. de argamassa de assentamento por m}^2 \text{ de parede} = 0,14 - 0,12857\text{m}^3 = 0,01143\text{m}^3$$

c) **Argamassa de chapisco:** a quantidade por m² de parede, considerando 2 faces da parede.

$$\text{Vol. de argamassa de chapisco por m}^2 \text{ de parede} = 2 \times 0,005 \times 1,00 \times 1,00 = 0,010\text{m}^3$$

d) **Argamassa de camada única:** a quantidade por m² de parede, considerando 2 faces da parede.

$$\text{Vol. de argamassa de camada única por m}^2 \text{ de parede} = 2 \times 0,02 \times 1,00 \times 1,00 = 0,040\text{m}^3$$

Fonte: as autoras, 2023.

Nesse momento, mostra-se para os alunos que os valores calculados devem ser inseridos no modelo para que este possa fornecer os quantitativos de forma rápida e prática. Também deve ser

discutido com os alunos que, caso se deseje mudar as especificações dos materiais e componentes escolhidos, com outras configurações, esses coeficientes podem ser facilmente determinados e inseridos no modelo.

A Figura 4 apresenta uma tabela exemplificando como essas informações podem ser inseridas no *software* para a determinação dos quantitativos do modelo.

A	B	C	D	E	F	G
Família e tipo	Área	Volume	Quantidade bloco/m ²	Quantidade de argamassa (m ³) de assentamento por m ²	Quantidade (m ³) de chapisco por m ²	Quantidade de argamassa (m ³) para camada única por m ²
Parede básica: 19 cm	6,00 m ²	1,14 m ³	16,67	0,01143	0,010	0,040
Parâmetros determinados pelo <i>software</i>			Quantitativos por m ² de parede			
H		I		J		K
Blocos (unidades)		Argamassa de assentamento (m ³)		Chapisco (m ³)		Camada única (m ³)
100		0,069		0,060		0,240
Quantitativos totais dos materiais						

Figura 4: Janela do *software* para quantificação dos materiais.
Fonte: as autoras, 2023.

Atividade de quantificação dos blocos da guarita

Nesta etapa da atividade, os alunos são estimulados a fazer os cálculos manuais dos quantitativos de blocos e volume de argamassa para a construção da guarita, a partir dos questionamentos apresentados no Quadro 6. Vale lembrar que os alunos já fizeram esse cálculo manualmente para a moradia de 58m² da atividade avaliativa da disciplina (TESC 1). Portanto, tal cálculo não deve ser um desafio muito grande para eles nesse momento.

Quadro 6: Questões apresentadas para a atividade de quantificação.

Quantos blocos serão utilizados para executar esta guarita? Qual é o volume de argamassa de chapisco? Qual é o volume de argamassa de camada única?

Fonte: as autoras, 2023.

Os grupos de alunos devem desenvolver os cálculos e, ao término, o docente deve apresentar os quantitativos fornecidos pelo modelo BIM. Em seguida, pode ser estimulado um debate destacando as diferenças e coincidências entre os valores apresentados. Deve-se estimular a reflexão sobre a ordem de grandeza das discrepâncias observadas. Também convém avaliar a diferença entre os tempos dispendidos para os dois processos de obtenção dos quantitativos, enfatizando que, com essa facilidade, é possível fazer avaliações rápidas sobre o impacto em caso de alteração de um material, componente ou até das dimensões das paredes.

Atividade de encerramento

Para finalizar, propõe-se uma última atividade. Os questionamentos elaborados buscam uma reflexão sobre os desdobramentos que podem ser elaborados a partir da experiência didática vivenciada.

Quadro 7: Questionamentos finais da experiência didática.

Tendo como ponto de partida o modelo da guarita apresentado, como um modelo construído por meio de *Building Information Modeling* pode colaborar em outras atividades relacionadas ao escopo da disciplina, além das apresentadas nesta aula?

Fonte: as autoras, 2023.

Espera-se que os alunos sejam capazes de refletir e elaborar discussões em relação aos seguintes aspectos:

- a. possibilidades de construção de bibliotecas personalizadas com as informações dos principais materiais e componentes, de forma a auxiliar o processo de especificação;
- b. como os modelos podem colaborar para as etapas de orçamentação e planejamento;

- c. como o modelo facilita a visualização da interação entre os vários sistemas/subsistemas da edificação, facilitando a identificação de incompatibilidades.

Por fim, deve-se concluir a atividade com uma discussão sobre como o modelo BIM é construído: o *software* escolhido e as informações a serem fornecidas ao modelo, bem como o nível de detalhamento, dependem dos objetivos a que o modelo se propõe.

Conclusões

A Experiência Didática proposta neste texto está bastante detalhada e pode ser aplicada em disciplinas que tenham conteúdo similar à Construção 3 do curso de Arquitetura e Urbanismo da FAU/UFRJ. Atividades similares podem ser elaboradas para disciplinas afins, tanto da área de Tecnologia da Construção quanto de outras áreas técnicas, como Instalações Prediais. Percebe-se ainda a possibilidade de integração da atividade proposta com atividades de Canteiro Experimental, outro recurso didático bastante importante para o ensino de Construção no curso de Arquitetura e Urbanismo.

Referências

- ABNT. *NBR 15.575: Edificações habitacionais – Desempenho*. Rio de Janeiro, 2021.
- LEAL, B. M. F. BIM no ensino de tecnologia da construção: estudo de caso. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 10, p. e019027, 25 dez. 2019.
- SALGADO, M.S. Adoção dos Usos do Modelo BIM como estratégia para inserção no ensino de graduação: estudo de caso. ENTAC2022. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, **Anais...** Porto Alegre: Antac, 2022. p. 1-10.
- SANTOS NETO, Edson Fernandes D’Oliveira. **Ensino de construção para arquitetura como ensino de projeto: reflexões e concepções pedagógicas**. Tese. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2019.

Sobre os autores

Aline Calazans Marques

Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal de Juiz de Fora UFJF (2001) e Doutora em Arquitetura pelo PROARQ-FAU/UFRJ em cotutela com LRA/INSAToulouse (2017) com apoio do Programa CAPES/COFECUB (Projeto 693/10), Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense - UFF (2008). Professora Adjunta do Departamento de Análise e Representação da Forma - DARF - da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAU/UFRJ. Professora permanente do PROARQ - Programa de Pós-graduação em Arquitetura da UFRJ. Professora colaboradora externa nos projetos de extensão e pesquisa do Laboratório ECOS - Laboratório de Estudos em Conforto Ambiental e Sustentabilidade e do LCS - Laboratório Casa Sustentável da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAU/UFJF. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Conforto Ambiental, Representação Gráfica e Maquetes.

Antonio Mauricio Pereira da Silva

Doutorando em arquitetura no Programa de Pós Graduação em Arquitetura da UFRJ com mestrado em arquitetura pelo mesmo Programa (1997) e graduação em arquitetura na mesma instituição (1983), onde atua como professor e pesquisador. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Adequação Ambiental e Ensino de Arquitetura, atuando principalmente nos seguintes temas: ambiente sonoro, percepção e materiais compostos, geometria descritiva, projeto de arquitetura.

Camila Cunha de Souza

Professora substituta do Departamento de Tecnologia da Construção (DTC – FAU UFRJ - 2023), Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) com Bolsa Nota 10 FAPERJ, Arquiteta e Urbanista formada pela FAU UFRJ (2022) Foi bolsista de Iniciação Científica na FAU UFRJ com bolsa PIBIC CNPq.

Carlos Teodoro Olivares

Doutorando em Arquitetura-Programa de Pós-graduação em Arquitetura da UFRJ (início em 2021). Mestrado em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPG-GEO-Universidade Federal de Roraima (2021). Possui graduação na Faculdade de Arquitectura Urbanismo y Artes - Universidad Nacional de Ingeniería (1996) Lima-Perú. Atualmente é professor do curso de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Roraima (UFRR) na área de projetos e expressão gráfica. Especialização em arquitetura ambiental sustentável arquitetônica e urbanística-Universidade de Brasília-Unb (2019). Especialização em Master em Arquitetura e Iluminação-Instituto de Pós-Graduação & Graduação, IPOG (2017). Projetista arquitetônico - ARQUING. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Projeto de Arquitetura e Urbanismo.

Elisabeth Guedes de Oliveira

Graduanda do Curso de arquitetura e Urbanismo da FAU UFRJ, Bolsista de Iniciação Científica na FAU UFRJ com bolsa PIBIC CNPq.

Fabício Pimentel Gaspar da Silva

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) com Bolsa CAPES, Arquiteto e Urbanista formado pela FAU UFRJ (2022) Foi bolsista de Iniciação Científica na FAU UFRJ com bolsa PIBIC CNPq.

Giselle Graça Bahiense de Lyra

Doutoranda em arquitetura no Programa de Pós-graduação em Arquitetura da UFRJ com mestrado em arquitetura pelo mesmo Programa (2021). Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal Fluminense (EAU/UFF) em 1989, com especialização em Conforto Ambiental e Conservação de Energia pela Universidade de São Paulo (FUPAM/USP), em 2003. Integrante do

Grupo de Pesquisa em Energia Espaço e Sociedade (EES). Docente (2002-2009) nos Cursos de Arquitetura e Urbanismo e Design de Interiores, do Centro Universitário Módulo, em Caraguatatuba, SP, Integrante do Grupo Cruzeiro do Sul, Coordenadora do Curso de Design de Interiores da instituição. Sócia da empresa Oficina de Criação de Espaços Sustentáveis (OCES Arquitetura Ltda.), atuando como arquiteta nas áreas de projeto, gestão de obras e consultoria em Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Katia Maria Macedo Sabino Fugazza

Doutoranda em arquitetura no Programa de Pós-graduação em Arquitetura da UFRJ com mestrado em arquitetura pelo mesmo Programa (2020). Arquiteta e Urbanista pelo Instituto Metodista Bennett (2007). Especialista em Arquitetura em Ambientes de Saúde pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ-2016) e Auditoria, Avaliações e Perícias de Engenharia pelo Instituto de Pós-Graduação e Graduação (IPOG - 2018) e Neuroarquitetura (IPOG - 2021). Pós-graduanda em Gestão, Inovação e Serviços em Saúde (PUC RS - 2022). Diretora regional RJ da Associação Brasileira para o Desenvolvimento da Arquitetura Hospitalar (ABDEH).

Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Docente do PROARQ-FAU/UFRJ. Coordenador do Grupo de Pesquisa Projeto Arquitetura e Sustentabilidade - GPAS. Docente do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Cidade da Universidade Vila Velha - UVV. Pós-doutorado no LAAS/CNRS- Toulouse, França (1977). Doutor em Ciências em Engenharia Mecânica/ UFRJ (1975); Mestre em Ciências em Engenharia Mecânica/ UFRJ(1969), Engenheiro Industrial Mecânico/ UFF (1967). Professor Titular aposentado da COPPE e Escola Politécnica da UFRJ. Participou como Professor Visitante na Faculdade de Engenharia - UERJ; Universidade de Coimbra; Universidade Técnica de Berlim; Centre

Thermique des Bâtiments CETHIL- Institut des Sciences Appliquées de Lyon - INSA; e École d'Architecture- ENSA e INSA de Toulouse. Agraciado com o Grande Prêmio CAPES de Tese Antonio Houaiss 2015, na qualidade de orientador de tese de doutorado. Outorgado Cientista do Nosso Estado - CNE da FAPERJ.

Luciana Maria Bonvino de Figueiredo

Possui graduação (1995) em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP), mestrado (1998) e doutorado (2004) em Engenharia de Estruturas também pela EESC - USP. Foi coordenadora e professora do curso de pós-graduação em Engenharia de Estruturas da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação (UNILINS) durante 10 anos. Coordenou o curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Central Paulista (Unicep), onde também atuou como professora de cursos de Engenharia e Arquitetura. Tem experiência no desenvolvimento de projetos estruturais em concreto armado, aço e alvenaria estrutural. Atualmente é Chefe do Departamento de Tecnologia da Construção da FAU UFRJ e pesquisadora do grupo LabHab, no Programa de Pós-graduação em Arquitetura da UFRJ, PROARQ onde se dedica ao tema Processos Construtivos em Territórios Populares.

Maria Angela Dias

Professora Titular Emérita da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Membro do corpo docente permanente do PROARQ /FAU-UFRJ). Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (2014 - 2016). Professor do Mestrado Profissional do PROARQ. Diretora da FAU-UFRJ (1998-2002), Prefeita da UFRJ (2002 - 2004), Diretora do Escritório Técnico da UFRJ (2002 - 2007). Graduada pela FAU-UFRJ (1972), Mestre em Educação pela FE- UFRJ (1983) e Doutor (2003) em Engenharia de Produção pela COPPE - UFRJ. Líder do Grupo de

Pesquisa Ensino de Arquitetura, desenvolve a pesquisa A Educação do Olhar: atributos geométricos da forma dos lugares, atuando principalmente na renovação didática do curso de arquitetura; na reformulação do ensino gráfico face às novas tecnologias. Integra o grupo de Sistemas de Espaços Livres - SEL RJ (PROLUGAR). Membro da Latin American Studies Association (LASA).

Monica Santos Salgado

Membro do Corpo Permanente do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da (PROARQ UFRJ) Professora Titular pela FAU UFRJ. Outorgada Cientista do Nosso Estado FAPERJ (2021). Professora Visitante da Parsons School of Design, EUA (CAPES PRINT - 2020). Pesquisadora do CNPq (desde 2011). Coordenadora do PROARQ (2016-2019) Docente da Escola Politécnica/UFRJ de 1993 a 2005 e da FAU/UFRJ de 2005 a 2021. Pós-doutorado na École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse - França (ENSAT - 2010); Doutorado em Engenharia de Produção COPPE/UFRJ (1996). Mestrado pelo PROARQ FAU UFRJ (1992) Arquiteta formada pela FAU UFRJ (1986). Foi Coordenadora do PROARQ de 2016 a 2019 e membro do Conselho Superior da Universidade (CONSUNI) de 2015 a 2019. Desde 1996, é líder do GEPARQ - Grupo de Pesquisa Gestão de Projetos em Arquitetura: tecnologia, sustentabilidade e BIM.

Patrizia Di Trapano

Professora Associada da Escola de Belas Artes - EBA/UFRJ (2001). Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Santa Úrsula, 1987. Especialização em Interior Designer pelo Istituto Superiore di Architettura e Design - Milano, 1992. Mestrado em Arquitetura pelo PROARQ UFRJ, 1998. Especialização em História da Arte e Arquitetura no Brasil pela PUC/RJ, 2002 e Doutorado em Arquitetura pelo PROARQ UFRJ, 2008. Formação complementar MBA em Edifícios Sustentáveis

pela UCP/RJ em parceria com o GBC Brasil - Green Building Council, 2012. PósADM pela FGV, 2015. Master em Neuroarquitetura pelo IPOG, 2021. Participante dos Grupos de Pesquisas certificados pelo CNPq: GPAS - Grupo Projeto, Arquitetura e Sustentabilidade - PROARQ/FAU/UFRJ e LabCA - Laboratório de Criação e Análise de Ambiências EBA/UFRJ, e também do Grupo de Estudos e Extensão em Arquitetura, Conforto Ambiental e Eficiência Energética AMBEE FAU/UFRJ.

Reila Vargas Velasco

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora (1999), mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2002) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2008). Atualmente, é professora associada do Departamento de Estruturas e diretora adjunta de Pesquisa da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (DE-FAU/UFRJ). Atua como pesquisadora no Laboratório de Ensaios em Materiais de Construção (Lemc) com alunos de graduação. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Materiais e Estruturas de Concreto, atuando, principalmente, nos seguintes temas: concretos autoadensáveis, concreto leve, compósitos cimentícios, concreto de alto desempenho e ultra-alto desempenho e resíduos.

Rodrigo Dantas de Mendonça

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) com Bolsa CAPES PROEX. Arquiteto e Urbanista formado pela FAU UFRJ (2021).

Sandra Marques

Arquiteta, professora (Maître de conférences) e pesquisadora na Escola Nacional de Architectura (ENSA) de Toulouse, França (Grupo

de Investigação: LRA/Laboratoire de Recherche en Architecture). Professora associada do “Mastère Spécialisé BIM: concept intégré et cycle de vie du bâtiment et des Infrastructures” (École des Ponts ParisTech; École Spéciale des Travaux Publics, du bâtiment et de l’industrie). Desenvolve atividades de pesquisa e ensino focadas em: projeto colaborativo, Modelagem de Informação da Construção (BIM), arquitetura paramétrica, diálogo entre mídias digitais, teorias do design e pedagogia do design.

Sylvia Meimaridou Rola

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Ceará (1994). Especialista em Design de Estruturas pela Universidade Pontifícia Católica do Rio de Janeiro (PUC, 1997). Mestre em Arquitetura pelo PROARQ/FAU/UFRJ (2000). Especialista e em Sustentabilidade das Cidades pela Universidad Atónoma Chapingo, no México (2001). Doutora em Planejamento Energético pelo PPE/COPPE/UFRJ (2008). Pesquisadora do Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais -IVIG/COPPE/UFRJ - desde 2001. Professora Adjunto do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, de 2009 até 02/2012. Professora Adjunto, desde 02/2012. Diretora Adjunto de Extensão de 2014/01 a 2018/01, da FAU UFRJ. Diretora Adjunto de Graduação de 2020/01 a 2022/01. Atua principalmente nos seguintes temas: tecnologia, eco-construções, materiais não energia-intensivos, natureza (telhados verdes), meio ambiente, eficiência energética, Conforto Ambiental, sustentabilidade das cidades e das construções.

Thiago Melo Grabois

Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) da UFRJ. Arquiteto, tem doutorado em engenharia, com período sanduíche

na Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, e pós-doutorado na COPPE UFRJ. É orientador do Escritório Modelo de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ (Abricó-EMAU/FAU/UFRJ). Atua em atividades de ensino, pesquisa e extensão relacionadas ao Canteiro Experimental da FAU, com ênfase em materiais e processos construtivos, no desenvolvimento e caracterização de materiais inovadores e de baixo impacto ambiental, reaproveitamento de resíduos de construção e demolição, correlação de imagem digital aplicada a técnicas experimentais e ao diagnóstico de patologias construtivas no patrimônio edificado.