

## An Experience with the Use of a BIM Tool in the Thermal Environmental Comfort Discipline

Manoela de Siqueira Leiro<sup>1</sup>, Julia Rocha Darzé<sup>2</sup>, Matheus Coêlho Rios<sup>2</sup>,  
Paulo Martinho Sampaio Lemos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> UNIFACS / UFBA, Brazil

[manoelaleiro@gmail.com](mailto:manoelaleiro@gmail.com)

<sup>2</sup> UNIFACS, Brazil

[juliadarze@gmail.com](mailto:juliadarze@gmail.com)

[matheusc\\_rios@hotmail.com](mailto:matheusc_rios@hotmail.com)

[paulomartinho98@gmail.com](mailto:paulomartinho98@gmail.com)

**Abstract.** This article presents a didactic experience carried out with the use of a BIM tool in the Thermal Environmental Comfort discipline of the graduate course in Architecture and Urbanism of a private Higher Education Institution in the city of Salvador-Bahia. Starting in 2020, students began designing solar protection devices using a geometric model in Revit. The method described in Annex I of the Technical Regulation on the Quality of Energy Efficiency Level in Residential Buildings (RTQ-R) was applied. The results obtained showed a better understanding by the students about the importance of correctly sizing solar protection devices for different orientations.

**Keywords:** Thermal environmental comfort, teaching of thermal environmental comfort, sun protection, geometric modeling, BIM.

### 1 Introdução

Building Information Modeling (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, tem se consolidado como um novo paradigma no mercado da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). No Brasil, estão em andamento estratégias para facilitar e acelerar a implementação da metodologia BIM. O Decreto Nº 9.983, de 22 de Agosto de 2019 instituiu o Comitê Gestor da Estratégia BIM BR e tornou obrigatório o uso de BIM nos projetos de obras públicas brasileiras a partir de 2021.

Nesse contexto, um grande desafio se apresenta para docentes e alunos dos cursos de graduação em arquitetura. Como inserir o paradigma BIM na formação do estudante? O momento exige revisões e mudanças em conceitos, ferramentas e metodologias no âmbito da formação acadêmica. O ensino baseado na representação bidimensional se tornou limitado e insuficiente diante das inúmeras possibilidades que surgem com a utilização de modelos tridimensionais repletos de informações.

Segundo Succar (2009) a adoção da Modelagem da Informação da Construção desenvolve-se em etapas graduais de apropriação da nova tecnologia, de transformação de processos e adaptação ou criação de novos padrões para o desenvolvimento do produto. Para Ruschel (2014) a tecnologia BIM é diversa em funcionalidade sendo composta por múltiplos sistemas de modelagem, de simulação, de verificação, de integração e de compartilhamento. Então, segundo a autora, para apropriar-se desta multiplicidade tecnológica no ensino requer também diversidade de especialidades, modelos de desenvolvimento, de projeto digital e momentos na grade curricular.

Barison (2015) aponta que no Brasil os estudantes ainda não estão sendo preparados para ingressar no mercado de trabalho com conhecimentos e habilidades em BIM. Em sua tese, levanta algumas possíveis causas como a falta de espaço nos currículos e a falta de conhecimento dos professores em relação ao significado do processo BIM. A autora expõe que uma maneira de compensar a falta de espaço para novas disciplinas é a introdução de conteúdos BIM em diversas disciplinas.

Estimulados por essa ideia, realizou-se uma experiência didática com o uso de uma ferramenta BIM na disciplina conforto ambiental térmico, ofertada para alunos do 5º semestre do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Salvador (UNIFACS), Instituição de Ensino Superior privada na cidade de Salvador, Bahia. Dessa forma, o objetivo desse artigo é apresentar os resultados dos estudos da projeção de dispositivos de proteção solar desenvolvidos pelos alunos ao longo de um semestre letivo.

## **2 Metodologia**

### **2.1 Análise da Componente Curricular ARQ018 - Conforto Ambiental Térmico**

ARQ018 - Conforto Ambiental Térmico é uma das disciplinas do 5º semestre do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da UNIFACS e, possui carga horária de 66 horas distribuídas em aulas teóricas e práticas. Apresenta a seguinte ementa: Estudo do conforto ambiental térmico aplicado à arquitetura e urbanismo com enfoque em estratégias bioclimáticas, eficiência energética e avaliação do desempenho do conforto ambiental térmico em edificações, além dos aspectos gerais das certificações ambientais, normas e regulamentos específicos.

Os objetivos de aprendizagem da disciplina são: Entender o conceito de conforto ambiental térmico; Avaliar o clima em áreas de intervenções em frações urbanas; Aplicar estratégias bioclimáticas; Analisar o desempenho térmico das edificações; Desenvolver projetos de arquitetura e urbanismo com ênfase no conforto ambiental térmico, Aplicar softwares de simulação para criar elementos de proteção solar de fachadas; Empregar conceitos de sustentabilidade ao projeto de arquitetura e urbanismo; Aplicar novas tecnologias que promovam o conforto ambiental e a eficiência energética; Realizar projetos de conforto ambiental e de elementos de proteção solar; Formular laudos técnicos de avaliação térmica e de eficiência energética.

Para analisar a componente curricular utilizou-se a metodologia desenvolvida por Checcucci & Amorim (2013). De acordo com o método proposto, a análise deve ser feita a partir de 4 categorias: (1) relação entre a componente e o paradigma BIM: não se visualiza nenhuma interface com o paradigma; pode existir alguma interface, a depender do foco; existe interface clara com o BIM; (2) conteúdos da modelagem que podem ser trabalhados na disciplina: colaboração, interoperabilidade, coordenação, modelagem geométrica tridimensional, parametrização, orientação a objetos, ciclo de vida da edificação, semântica do modelo, visualização e simulação; (3) etapas do ciclo de vida da edificação que podem ser discutidos: estudo de viabilidade, projeto, planejamento da construção, construção, uso e manutenção e demolição ou requalificação; (4) disciplinas do projeto que podem ser trabalhadas: arquitetura, elétrica, hidráulica, estrutura, ar condicionado, outras disciplinas.

Com base nas categorias propostas, realizou-se a análise da componente curricular: Existe interface clara com o paradigma BIM (1); podem ser discutidos todos os conceitos identificados na categoria (2); duas fases do ciclo

de vida da edificação: Projeto e uso e manutenção (3); Podem ser discutidas e avaliadas questões relativas ao projeto arquitetônico, principalmente nas fases iniciais de concepção. Para fazer o registro das análises adotou-se o modelo de legenda da representação proposto por Checcucci (2013). Foram preenchidos os espaços relativos à categoria (1); a categoria (2) – todos os conceitos; a categoria (3) com duas fases do ciclo de vida identificadas; e a categoria (4/a) – projeto arquitetônico. A figura 1 mostra a legenda da representação utilizada para a disciplina conforto ambiental térmico.



**Figura 1.** Legenda da representação utilizada para registrar as análises realizadas. Fonte: adaptado de CHECCUCCI, 2013.

## 2.2 Escolha do Conteúdo e Ferramentas Adotadas

Entre os conteúdos abordados na disciplina ARQ018 – Conforto Ambiental Térmico, estão os estudos de geometria solar e projeto de dispositivos de proteção solar para fachadas. Segundo Lamberts (2014) no Brasil, precisamente, a geometria solar é um conhecimento fundamental para o arquiteto, pois a maior parte do nosso território tem verões quentes e muito sol ao longo do ano. Nesse sentido, dispositivos de proteção solar têm uma relevante função na melhoria do conforto e desempenho térmico das edificações. Em países tropicais, como o Brasil, sua utilização é importante para a eficiência energética do edifício, pois diminuem ou eliminam a radiação incidente em planos envidraçados contribuindo para a redução da necessidade de consumo de energia em sistemas de ar condicionado.

Para trabalhar com os conteúdos escolhidos foram adotadas as seguintes ferramentas: softwares Analysis SOL-AR e o Revit. O SOL- AR é um programa gráfico desenvolvido e disponibilizado pelo Laboratório de Eficiência Energética de Edificações (LaBEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O programa permite a obtenção da carta solar da latitude especificada, auxiliando no projeto de proteções solares através da visualização gráfica dos ângulos de projeção desejados sobre o transferidor de ângulos, que pode ser posicionado para qualquer ângulo de orientação.

O Revit é um software BIM da Autodesk que oferece recursos adequados para os estudos de geometria solar tais como a definição da localização geográfica do projeto, estudos solares com a visualização do percurso aparente do sol em dias e horários específicos, estudos de sombras projetadas pelas edificações e por dispositivos de proteção solar, dentre outros.

### 3 Descrição da Experiência Didática

O primeiro passo para fazer a experiência didática foi criar um modelo de unidade habitacional (UH) no Revit considerando que a mesma está localizada na cidade de Salvador e é composta por sala/estar, cozinha/área de serviço, sanitário e dois dormitórios. A figura 2 mostra a planta baixa da unidade habitacional proposta como modelo.

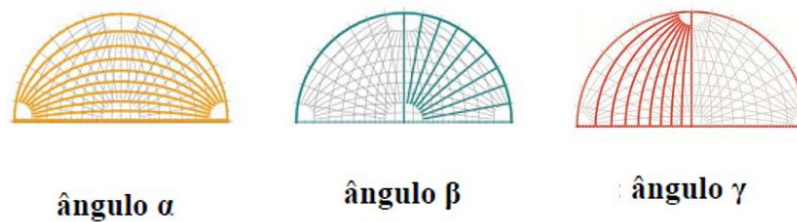


**Figura 2.** Planta baixa da Unidade Habitacional (UH). Fonte: os autores, 2020.

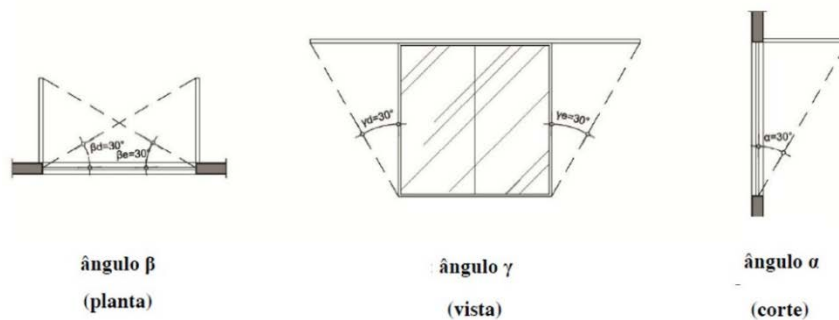
De acordo com Lamberts (2014), para projetar um dispositivo de proteção solar adequado a uma abertura em uma orientação específica é necessário saber qual a necessidade de sombreamento. Para dimensionar corretamente o dispositivo para uma determinada orientação de fachada desenham-se os ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  sobre a carta solar com o objetivo de bloquear a incidência de sol indesejável.

O transferidor de ângulos é uma ferramenta que converte para a geometria solar ângulos de elementos construtivos como os dispositivos de proteção solar. Consiste em um semicírculo com o mesmo diâmetro da carta solar e nele

estão representadas linhas radiais e curvas, representando os ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . As figuras 3 e 4 ilustram respectivamente a representação dos ângulos no transferidor de ângulos e a identificação dos mesmos em planta, vista e corte.



**Figura 3.** Representação dos ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  no transferidor de ângulos. Fonte: adaptado do Manual RTQ-R, 2012.



**Figura 4.** Identificação dos ângulos  $\beta$  em planta,  $\gamma$  em vista e  $\alpha$  em corte. Fonte: adaptado do Manual RTQ-R, 2012.

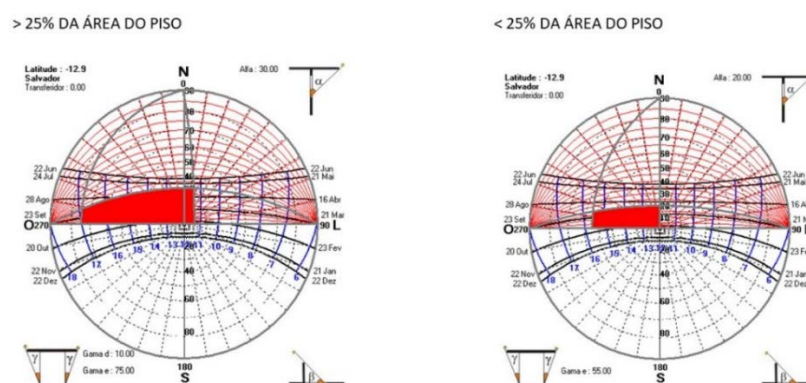
Para fazer os estudos de dispositivos de proteção solar adotou-se os ângulos definidos no anexo I – Dispositivos de proteção solar em edificações residenciais, do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). A figura 5 mostra exemplo de uma das tabelas que constam no anexo I com os ângulos sugeridos para a fachada Norte.

FACHADA NORTE Salvador				
Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso				
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$
20°	--	--	--	55°
Área da janela > 25% área do piso				
$\alpha$	$\beta_d$	$\beta_e$	$\gamma_d$	$\gamma_e$
30°	--	--	10°	75°

**Figura 5.** Ângulos sugeridos para a fachada Norte. Fonte: anexo – I do RTQ-R, 2012.

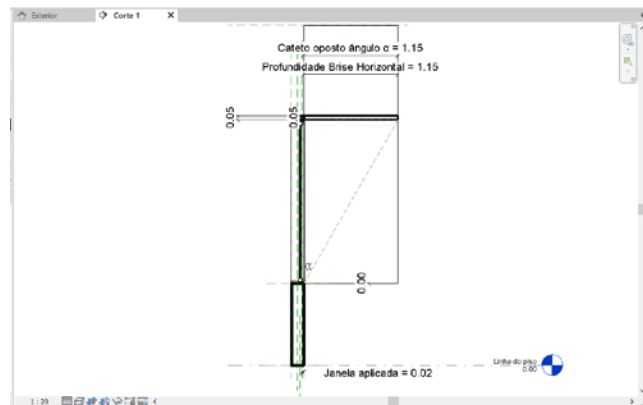
Estão disponíveis no anexo I os ângulos sugeridos para 8 orientações de fachadas (0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°). O método define os ângulos para a determinação de dimensões mínimas do sistema de proteção solar em aberturas de cômodos de permanência prolongada através da conjunção de critérios de temperatura externa e radiação solar incidente na fachada, que são plotados em cartas solares para a latitude da cidade onde se localiza o projeto em estudo. Este método foi aplicado para as cidades que dispõem de Normais Climatológicas do INMET (1961-1990).

No caso dessa experiência didática a UH foi projetada para a cidade de Salvador, Latitude 13° Sul, Zona Bioclimática 8. Para cada fachada analisada foram feitas 2 tipos de máscara de sombra: uma para aberturas consideradas pequenas e outra para aberturas grandes. A figura 6 mostra exemplos das máscaras de sombra elaboradas no software SOL-AR.



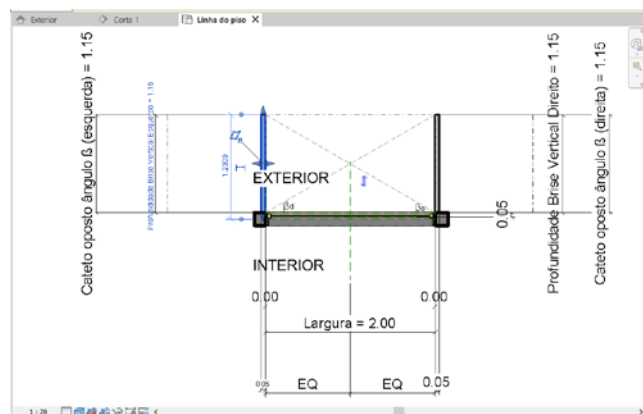
**Figura 6.** Máscaras de sombra feitas no software SOL-AR a partir dos ângulos sugeridos no anexo I do RTQ-R para a fachada com orientação 0° (Norte) na cidade de Salvador.

Para dimensionar os dispositivos de proteção solar foi criada uma janela parametrizada, a partir da janela M-Fixo, nativa do Revit. Todos os parâmetros necessários foram criados como parâmetros de instância a fim de permitir um uso mais intuitivo e a edição individual de cada janela.



**Figura 7.** Exemplo de vinculação de parâmetro. A altura do triângulo está diretamente vinculada à altura da janela. Fonte: os autores, 2020.

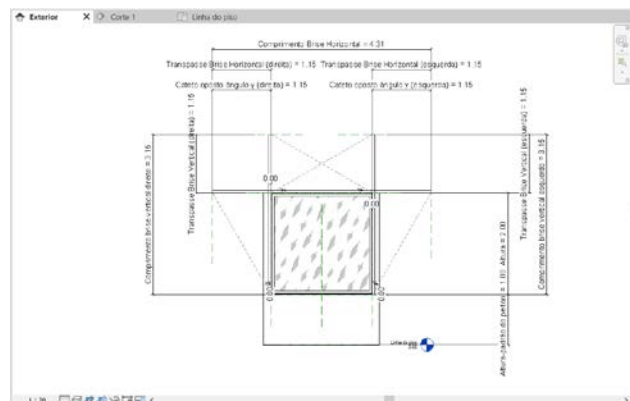
O controle dos ângulos tornou-se possível por meio de itens de detalhe aninhados na família. Esses itens consistem em triângulos com dois parâmetros: ângulo e altura. Ao inseri-los na família, é possível vincular os parâmetros dos triângulos aos parâmetros da janela. As figuras 7, 8 e 9 mostram os exemplos de vinculação.



**Figura 8.** Exemplo de vinculação de parâmetros. Fonte: os autores, 2020.



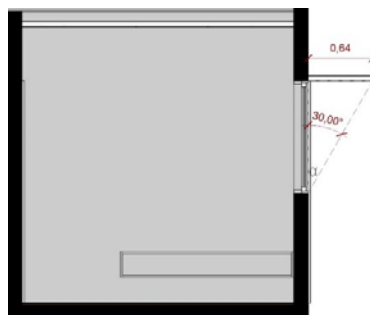
Os dispositivos de proteção solar foram modelados como extrusões dentro da própria família, com parâmetros lineares atribuídos às suas dimensões. Além disso, há parâmetros de visibilidade para cada dispositivo. Ao alterar os parâmetros de ângulo, os triângulos automaticamente alteram a dimensão do cateto oposto, que será a dimensão adequada para o dispositivo.



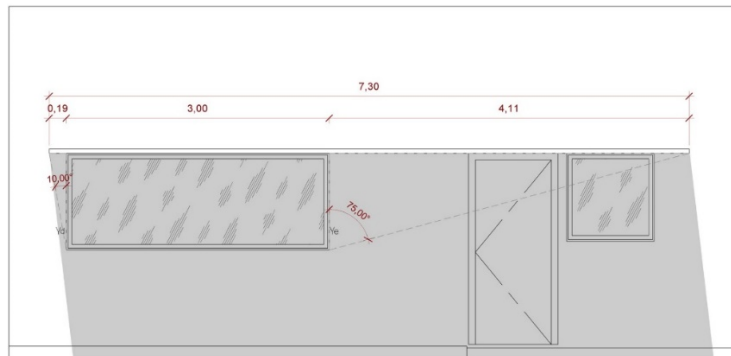
**Figura 9.** Exemplo de vinculação de parâmetro. Fonte: os autores, 2020.

#### 4 Resultados e Discussões

Os alunos desenvolveram os estudos para as oito orientações de fachadas consideradas no Anexo – I do RTQ-R. As figuras 10 e 11 mostram os estudos realizados para uma janela grande de um dos dormitórios da UH considerando a orientação 0° (Norte) para a fachada que contém a janela.

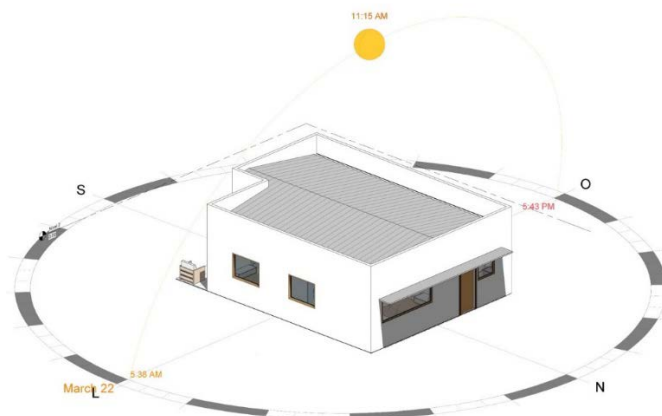


**Figura 10.** Visualização do ângulo  $\alpha$  (corte) e a dimensões da largura do dispositivo de proteção solar para janela com orientação Norte. Fonte: Autores, 2020.



**Figura 11.** Visualização dos ângulos  $\gamma$  (vista) e as dimensões do comprimento do dispositivo de proteção solar para janela com orientação Norte. Fonte: Autores, 2020.

No Revit é possível fazer estudos solares e visualizar o caminho do sol para diferentes dias e horários. Dessa maneira, foi possível visualizar o sombreamento proporcionado pelo dispositivo na área da janela em estudo e verificar a eficiência dos dispositivos de proteção solar nos períodos e horários encobertos na carta solar pela máscara de sombra.



**Figura 12.** Visualização do caminho do sol nos equinócios e o sombreamento proporcionado pelo dispositivo de proteção às 11:15 hs. Fonte: autores, 2020.

Uma das maiores dificuldades relatadas pelos estudantes em semestres anteriores, era não conseguir visualizar e perceber a relação entre os ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  e as dimensões dos dispositivos de proteção solar. Nesse experimento observou-se que a utilização da ferramenta BIM permitiu uma melhor compreensão por parte dos alunos dessa relação ângulos x dimensões.

Na percepção dos estudantes que cursaram a disciplina em 2020, a ferramenta BIM os ajudou a compreender a importância de dimensionar corretamente os dispositivos em função da necessidade de sombreamento para cada orientação de fachada. A possibilidade de visualizar os resultados num modelo tridimensional facilitou a compreensão dos conteúdos trabalhados.

O uso do software Revit na disciplina causou entusiasmo aos estudantes, não só pela oportunidade de conhecer a interface e alguns recursos de uma ferramenta BIM, como pela expectativa de aplicar o aprendizado adquirido no desenvolvimento de seus próprios projetos. A disponibilidade de uma versão educacional, o apoio dos monitores na orientação e aprendizagem dos recursos utilizados, além do conhecimento prévio do software Revit por alguns alunos, contribuiu para a inserção dessa ferramenta nos estudos realizados.

Em relação aos resultados, houve uma discussão sobre o resultado estético de alguns dispositivos de proteção. Em alguns casos, os ângulos sugeridos no anexo I do RTQ-R geraram dispositivos eficientes, mas com dimensões desproporcionais. Nesse sentido, registrou-se a importância de estudar outras opções de soluções para os ângulos em questão antes de aplicá-los nos próximos semestres.

Como a disciplina ocorreu de maneira remota, alguns estudantes tiveram dificuldade por não terem acesso à computadores com configurações mínimas para utilizar o software Revit. Contudo, pode-se afirmar que a experiência foi gratificante e a maior parte dos alunos ficaram satisfeitos com os resultados alcançados.

## **5 Considerações Finais**

A partir da análise das categorias propostas por Checcucci e Amorim (2013) verificou-se que a disciplina ARQ018-Conforto Ambiental Térmico tem interface clara com o paradigma BIM. A experiência didática com a projeção de elementos de proteção solar trabalhou conteúdos de modelagem tridimensional, parametrização e visualização do modelo, e envolveu a fase de projeção na arquitetura.

De acordo com o esquema conceitual proposto por Succar e Kassen (2015), essa experiência didática se enquadra no primeiro estágio de adoção de BIM “modelagem paramétrica” e no campo “tecnologia”. Já em relação a proposição dos Níveis de Proficiência BIM (NPBIM) de Barison e Santos (2011), trata-se de uma disciplina isolada em que o NPBIM desenvolvido é o introdutório.

A inserção de novos conceitos, novas metodologias e ferramentas podem possibilitar novas abordagens dos conteúdos e novas formas de aprendizagem no ensino do conforto ambiental térmico. Nesse sentido, espera-se que esse artigo possa, além de descrever uma experiência didática, instigar a realização de muitas outras no intuito de contribuir para o avanço do paradigma BIM no ensino do Conforto Ambiental.

## Agradecimentos

Aos monitores voluntários da disciplina ARQ018 - Conforto Ambiental Térmico por suas participações e contribuições na experiência didática e cessão das imagens para a publicação desse artigo.

## Referências

- Barison, M. B. (2015). Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no currículo: uma contribuição para a formação do projetista. *Tese*. Universidade de São Paulo.
- Barison, M.B.; SANTOS, E. T. (2011). Ensino de BIM: Tendências atuais no cenário internacional. *Gestão e Tecnologias de Projetos*, v. 6, n. 2, dez, 2011.
- Checcucci, É. de S., & Amorim, A. L. (2013). Método para análise de componentes curriculares: identificando interfaces entre um curso de graduação e BIM. *PARC Pesquisa Em Arquitetura e Construção*, 5(January), 6–17.
- INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2012). *Anexo da Portaria Inmetro Nº 18/2012 Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R*. Rio de Janeiro. 2012.
- INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2013). *Anexo da Portaria Inmetro Nº 50/2013 Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações – RAC*. Rio de Janeiro. 2013.
- Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, (2014). F. O. R. *Eficiência energética na arquitetura*. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014. 366 p.
- Ruschel, R. C. (2014). To BIM or Not to BIM ? *In III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo* (pp. 12–14). São Paulo.
- Succar, B. (2009) Building Information Modelling Framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, [S.l.], v. 18, p.357-375, 2009.