



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE INTEGRAÇÃO ACADÊMICA E TECNOLÓGICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DELIS VIEIRA DOS SANTOS**

**ENSINO DE BIM NA DISCIPLINA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO E DA  
CONSTRUÇÃO (MIC) POR MEIO DAS METODOLOGIAS ATIVAS**

**FORTALEZA**

**2017**

DELIS VIEIRA DOS SANTOS

ENSINO DE BIM NA DISCIPLINA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO E DA  
CONSTRUÇÃO (MIC) POR MEIO DAS METODOLOGIAS ATIVAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará (UFC), como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cely Martins Santos de Alencar.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S234e Santos, Delis Vieira dos.  
Ensino de BIM na disciplina Modelagem da Informação e da Construção (MIC) por meio das Metodologias Ativas / Delis Vieira dos Santos. – 2017.  
96 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Profa. Dra. Cely Martins Santos de Alencar .
1. BIM. 2. Metodologias Ativas. 3. Engenharia Civil. I. Título.

CDD 620

---

DELIS VIEIRA DOS SANTOS

ENSINO DE BIM NA DISCIPLINA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO E DA  
CONSTRUÇÃO (MIC) POR MEIO DAS METODOLOGIAS ATIVAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade  
Federal do Ceará (UFC), como requisito  
parcial à obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Aprovada em: \_\_/\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cely Martins Santos de Alencar (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Antônio Paulo de Hollanda Cavalcante  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Giancarlo do Nascimento Costa  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará, direção e administração.

Ao corpo docente, essencial à minha formação profissional, que me acompanhou ao longo desses cinco anos.

À professora das disciplinas Projeto de Graduação I e II, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Marisete Dantas de Aquino, pela espirtuosidade e carisma com a turma em momentos de inquietação durante o ano decorrentes da realização do trabalho de conclusão de curso.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cely Martins Santos de Alencar, por ter sido sempre acolhedora às minhas ideias, pelo incentivo, pela atenção, pela paciência e pelas correções sempre pertinentes.

À banca examinadora, por ter aceitado o convite de avaliar este trabalho.

Aos meus pais, Cleide e Francisco, por proverem todo o necessário para a minha educação, por ensinarem que estudar nunca é desperdício de tempo ou dinheiro e por mostrarem que esforço e dedicação valem a pena.

À minha avó Luiza.

À minha irmã, Talita, capaz de mover céus e terras para atender qualquer pedido.

A toda minha família, pelo apoio.

Aos colegas de curso por compartilharem muitas horas de estudo e algumas noites sem dormir, em especial Cristina, Vitor, José Lucas e Ályson.

Aos amigos que me convidavam para sair sempre que eu tinha planos para concluir este trabalho.

Aos entrevistados neste estudo, pela disponibilidade e gentileza.

E a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, muito obrigada.

“Se uma imagem vale mais do que mil palavras, um modelo vale mais do que mil imagens.” (Edward McCracken - CEO SGI)

## RESUMO

Com a Revolução Industrial, a divisão do trabalho influenciou o ensino que, para fornecer profissionais especializados, tornou-se fragmentado em cursos e disciplinas. Na construção civil, isso provoca um distanciamento entre os diversos especialistas, mesmo que trabalhem no mesmo projeto. O BIM surgiu com o intuito de integrar esses profissionais para otimizar os empreendimentos. Logo, a universidade tem o papel de adaptar-se e oferecer o conhecimento segundo essa filosofia. Por isso, o objetivo deste estudo é propor uma metodologia pedagógica para a disciplina Modelagem da Informação e da Construção (MIC) do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará. Os conceitos utilizados abordam temas como o BIM e alguns *softwares* de aplicação, as competências de um profissional, as Metodologias Ativas e a experiência com uma disciplina BIM nos Estados Unidos. Realizou-se um levantamento sobre o ensino do BIM em Fortaleza e, em seguida, discutiu-se a metodologia inovadora mais coerente para a MIC, bem como referências bibliográficas e manual para as aulas práticas. Sugeriu-se a implantação da Aprendizagem Baseada em Projetos, Sala de Aula Invertida, Estudo de Casos e Instrução pelos Colegas, uso de material didático simples e conciso, elaboração de um manual próprio sobre o Revit® e Naviswork® e indicou-se outras disciplinas que podem implantar o BIM. O estudo propõe uma abordagem dinâmica sobre o BIM e constante renovação da MIC.

**Palavras-chave:** BIM. Metodologias Ativas. Engenharia Civil.



## **ABSTRACT**

With Industrial Revolution, the division of labor influenced teaching as in order to provide skilled professionals, became fragmented into courses and disciplines. In civil construction, this causes a segregation among the various specialists, even if they work on the same project. BIM was created with the intention of integrating these professionals to optimize the projects. Therefore, the university has the role of adapting itself and offering knowledge according to this philosophy. Therefore, the objective of this study is to propose a pedagogical methodology to the Building Information Modeling course from the Civil Engineering school at Universidade Federal do Ceará. The concepts covered topics such as BIM and some application softwares, the skills of a professional, the Active Learning Methods and the experience with a BIM course in the United States. A survey was carried out on the teaching of BIM in Fortaleza, and then the most coherent innovative methodology for the course was discussed, as well as bibliographical references and a manual for the practical lessons. The suggestions involved the implementation of Project Based Learning, Flipped Classroom, Case Studies and Peer Instruction, use of simple and concise material, elaboration of a specific manual about Revit® and Naviswork®, and other disciplines that can apply BIM. The study proposes a dynamic approach to BIM and constant renovation of the course.

**Keywords:** BIM. Active Learning Methods. Civil Engineering.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho de projeto feito por Leonardo da Vinci em 1500 .....	15
Figura 2 – Parte do projeto paramétrico de um motor elétrico trifásico industrial modelado em 2014.....	15
Figura 3 – Principais fundamentos do BIM.....	22
Figura 4 – Exemplos de objetos carregáveis.....	23
Figura 5 – Elaboração automática de planta-baixa a partir do modelo 3D.....	24
Figura 6 – Representações e planilhas geradas de um modelo BIM.....	25
Figura 7 – Logotipo do Revit.....	29
Figura 8 – Elementos do Revit.....	29
Figura 9 – Logotipo do Naviswork.....	30
Figura 10 – Etapas da metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas.....	38
Figura 11 – Etapas da metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos.....	39
Figura 12 – Arco de Charles Maguerez.....	40
Figura 13 – Etapas da Aprendizagem Baseada em Equipes e duração aproximada de cada uma.....	41
Figura 14 – Diferenças entre o Método Tradicional e a Sala de Aula Invertida.....	42
Figura 15 – Etapas de aplicação do Estudo de Casos.....	43
Figura 16 – Processo de implementação do Peer Instruction.....	43
Figura 17 – Sistema de Ensino Híbrido.....	44
Figura 18 – Grupos de disciplinas dos cursos de engenharia da UFC.....	46
Figura 19 – Estrutura Acadêmica-Administrativa e Unidades Curriculares de Engenharia Civil.....	46
Figura 20 – Logotipo do DET.....	48

Figura 21 – Tela do arquivo de visualização de um segmento AB.....	49
Figura 22 – Logotipo do CA.....	50
Figura 23 – Logotipo do PET.....	51
Figura 24 – Logotipo da II Semana de Engenharia Civil.....	51
Figura 25 – Logotipo do DIATEC.....	52
Figura 26 – Logotipo do EPE.....	52
Figura 27 – Linha do Tempo sobre o ensino de Desenho na Engenharia Civil da UFC...	54
Figura 28 – Logotipo da University of Wisconsin-Madison.....	55
Figura 29 – Divisão das aulas da disciplina <i>CEE-392 Building Information Modeling (BIM) – Fall 2014</i> .....	56
Figura 30 – Hierarquia da disciplina <i>CEE-392 Building Information Modeling (BIM) – Fall 2014</i> .....	56
Figura 31 – Metodologias Ativas sugeridas para implantação na disciplina MIC.....	66
Figura 32 – Síntese dos tópicos sugeridos sobre o Revit® para o manual.....	70
Figura 33 – Síntese dos tópicos sugeridos para apresentação do Naviswork® no manual.....	71

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Há quantos anos, em média, os contratantes utilizavam o BIM em 2014.....	28
Gráfico 2 – Taxa dos cursos de Engenharia Civil em Fortaleza com disciplinas sobre BIM.....	62
Gráfico 3 – Taxa dos cursos de Engenharia Civil em Fortaleza que realizam pesquisas sobre BIM.....	63
Gráfico 4 – Taxa dos cursos de Engenharia Civil em Fortaleza que implementaram BIM em outras disciplinas.....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de obstáculos para implementar BIM no currículo.....	27
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens do Ensino Híbrido em cursos superiores.....	45
Tabela 3 – Estrutura Curricular Obrigatório de Engenharia Civil da UFC.....	47
Tabela 4 – Parte da Estrutura Curricular Optativa de Engenharia Civil da UFC.....	48
Tabela 5 – Avaliação do desempenho dos alunos da disciplina <i>CEE-392 Building Information Modeling (BIM) – Fall 2014</i> .....	57
Tabela 6 – Fases do projeto em grupo da disciplina <i>CEE-392 Building Information Modeling (BIM) – Fall 2014</i> .....	58
Tabela 7 – Modelo de cronograma da disciplina <i>CEE-392 Building Information Modeling (BIM) – Fall 2014</i> .....	58
Tabela 8 – Resultado da pesquisa sobre o cenário de implantação do BIM nos cursos de Engenharia Civil de Fortaleza em 2017.....	61
Tabela 9 – Metodologias Ativas discutidas no tópico 2.4.2 da Revisão Bibliográfica...	64
Tabela 10 – Assuntos abordados nos guias sugeridos como Referência Bibliográfica para a disciplina MIC.....	68
Tabela 11 – Disciplinas dos curso de Engenharia Civil que poderiam abordar a filosofia BIM.....	72

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	Building Information Modeling
CA	Centro Acadêmico
CAD	Computer Aided Design
DAC	Desenho Assistido por Computador
DET	Departamento de Engenharia de Transporte
DIATEC	Departamento de Integração Acadêmica e Tecnológica
DPE	Desenho para Engenharia
EPE	Escritório de Projetos Integrados de Engenharia
Fametro	Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza
Fanor	Faculdade Devry Fanor
FFB	Faculdade Farias Brito
INBEC	Instituto Brasileiro de Educação Continuada
MIC	Modelagem da Informação e da Construção
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
PET	Programa de Educação Tutorial
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UFC	Universidade Federal do Ceará
Uni7	Centro Universitário 7 de Setembro
Unichristus	Centro Universitário Christus
Unifor	Universidade de Fortaleza
UW	University of Wisconsin-Madison

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Considerações Iniciais.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Justificativa.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3</b>	<b>Problema e Questões Motivadoras.....</b>	<b>17</b>
<b>1.4</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4.1</b>	<b><i>Objetivo Geral.....</i></b>	<b>19</b>
<b>1.4.2</b>	<b><i>Objetivos Específicos.....</i></b>	<b>19</b>
<b>1.5</b>	<b>Estrutura do Trabalho.....</b>	<b>20</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<b>BIM.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.1</b>	<b><i>Definindo BIM.....</i></b>	<b>21</b>
<b>2.1.2</b>	<b><i>Benefícios da aplicação do BIM.....</i></b>	<b>24</b>
<b>2.1.3</b>	<b><i>Incorporação do BIM nas universidades e em escritórios de arquitetura e engenharia civil no Brasil e no mundo.....</i></b>	<b>26</b>
<b>2.2</b>	<b>Softwares.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.1</b>	<b><i>Revit .....</i></b>	<b>28</b>
<b>2.2.2</b>	<b><i>Naviswork.....</i></b>	<b>30</b>
<b>2.3</b>	<b>Competências de um profissional.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4</b>	<b>Métodos de ensino.....</b>	<b>33</b>
<b>2.4.1</b>	<b><i>Modelo Tradicional de currículo no ensino superior.....</i></b>	<b>33</b>
<b>2.4.2</b>	<b><i>Metodologias Ativas.....</i></b>	<b>35</b>
<b>2.4.2.1</b>	<b><i>Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem Based Learning).....</i></b>	<b>37</b>
<b>2.4.2.2</b>	<b><i>Aprendizagem Baseada em Projetos (Project Based Learning).....</i></b>	<b>38</b>
<b>2.4.2.3</b>	<b><i>Aprendizagem Baseada na Investigação (Inquiry Based Learning).....</i></b>	<b>39</b>
<b>2.4.2.4</b>	<b><i>Aprendizagem Baseada em Equipes (Team Based Learning).....</i></b>	<b>40</b>
<b>2.4.2.5</b>	<b><i>Sala de Aula Invertida (Flipped Classroom).....</i></b>	<b>41</b>
<b>2.4.2.6</b>	<b><i>Estudo de Casos (Case Studies).....</i></b>	<b>42</b>
<b>2.4.2.7</b>	<b><i>Instrução pelos Colegas (Peer Instruction).....</i></b>	<b>43</b>
<b>2.4.2.8</b>	<b><i>Ensino Híbrido (Blended Learning).....</i></b>	<b>44</b>
<b>2.5</b>	<b>O curso de Engenharia Civil na UFC.....</b>	<b>45</b>
<b>2.5.1</b>	<b><i>Estrutura Curricular.....</i></b>	<b>45</b>

2.5.2	<i>Histórico do ensino do Desenho, CAD e BIM até a criação da disciplina MIC.....</i>	48
2.6	<b>Experiência com a disciplina BIM nos Estados Unidos.....</b>	55
2.6.1	<i>Aulas.....</i>	56
2.6.2	<i>Avaliação dos estudantes.....</i>	57
3	<b>METODOLOGIA.....</b>	59
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	61
4.1	<b>Estágio atual de ensino do BIM nos demais cursos de Engenharia Civil de Fortaleza.....</b>	61
4.2	<b>Metodologia de ensino.....</b>	64
4.3	<b>Referências Bibliográficas.....</b>	67
4.4	<b>Manual.....</b>	69
4.5	<b>Outras disciplinas que podem implementar o BIM.....</b>	71
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....</b>	74
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	77
	<b>APÊNDICE A – OBSERVAÇÕES SOBRE A PESQUISA DO CENÁRIO DO BIM NOS CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL DE FORTALEZA....</b>	85
	<b>APÊNDICE B – TÓPICOS SUGERIDOS PARA ELABORAÇÃO DE UM MANUAL DE REVIT® E NAVISWORK®.....</b>	86
	<b>ANEXO A – ESTRUTURA CURRICULAR OPTATIVA DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ.....</b>	87
	<b>ANEXO B – PLANO DE ENSINO DA DISCIPLINA CEE-392 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) – FALL 2014.....</b>	88
	<b>ANEXO C – EXEMPLO DE AULA PRÁTICA DA DISCIPLINA CEE-392 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) – FALL 2014.....</b>	90
	<b>ANEXO D – EXEMPLO DE ATIVIDADE DE LEITURA DA DISCIPLINA CEE-392 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) – FALL 2014.....</b>	92
	<b>ANEXO E – CRONOGRAMA DA DISCIPLINA CEE-392 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) – FALL 2014.....</b>	93



## 1 INTRODUÇÃO

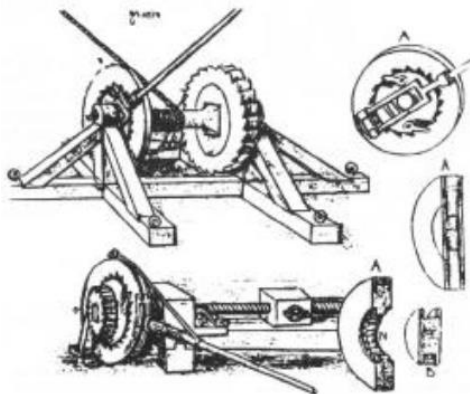
Para o devido entendimento sobre a intenção deste Trabalho de Conclusão de Curso e, também, sobre a importância do ensino do BIM por meio da criação da disciplina Modelagem da Informação e da Construção (MIC), deve-se apresentar um breve histórico do Desenho Técnico, bem como das relações de trabalho nos projetos da construção civil.

### 1.1 Considerações Iniciais

Até a Revolução Industrial, o desenho dependia da experiência do profissional e não havia um tratamento científico para a representação. Como o executor era também o projetista, o desenho servia apenas para registrar as ideias, sem a preocupação com a descrição completa do objeto. (VELASCO, 1998).

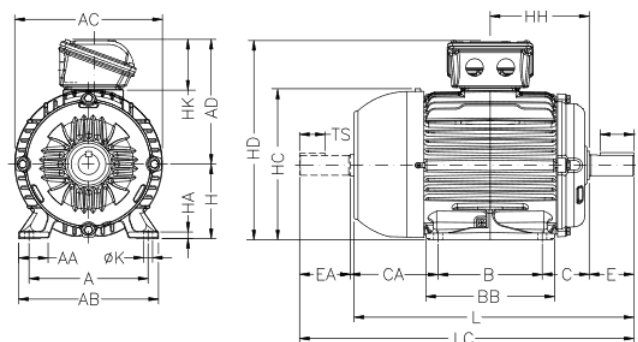
As necessidades industriais de padronização e produção em massa acarretaram numa separação entre a concepção e a execução, e, para isso, precisaria existir uma comunicação entre essas duas fases. Dessa forma, no final do século XVIII, o francês Gaspar Monge concebeu a Geometria Descritiva, generalizando, assim, os métodos introduzidos pelos projetistas da época. Essa técnica permitiu a representação de formas tridimensionais e a descrição do objeto de modo “normatizado”. Este sistema é, até hoje, o método que constitui a base dos desenhos da engenharia. (TRINCHÃO; OLIVEIRA, 1998).

Figura 1 - Desenho de projeto feito por Leonardo da Vinci em 1500



Fonte: French e Vierck (2011).

Figura 2 – Parte do projeto paramétrico de um motor elétrico trifásico industrial modelado em 2014



Fonte: Moteurs Electriques Triphasés (2017).

O desenho à mão era uma das habilidades mais essenciais de um engenheiro projetista até meados da década de 80. Aprender a manusear os tradicionais instrumentos de

desenho e a resolver as interferências entre os projetos era primordial. (MORAES; CHENG, 2000).

Nos anos que sucederam, o avanço tecnológico causou uma revolução nos métodos tradicionais de representação com a chegada da computação gráfica. (MORAES; CHENG, 2000). A evolução e implantação da informática tem, indiscutivelmente, alterado o processo de elaboração de projetos, principalmente por meio dos programas de CAD (*Computer-Aided Design* ou Desenho Auxiliado por Computador, em português) e, mais recentemente, por aqueles baseados em um modelo de informação para a construção (BIM). (CARVALHO; SAVIGNON, 2012).

Por isso, o presente Trabalho de Conclusão de Curso retrata a questão da incorporação do BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção, em português) no currículo do curso de Engenharia Civil na Universidade Federal do Ceará.

A motivação desse estudo começou da necessidade de acompanhar o movimento da construção civil e das universidades nacionais e internacionais na elaboração e introdução de tecnologias para tornar os processos construtivos mais dinâmicos, econômicos e sustentáveis. Nessa constante busca, são desenvolvidas práticas para otimizar todas as fases de um projeto, iniciando com a concepção até a elaboração de programa de manutenção e, até mesmo, plano de demolição. Visto isso, o BIM surgiu para suprir essa demanda de uma filosofia que torne a construção civil mais rápida, segura, reduzindo os custos e o desperdício de materiais.

## **1.2 Justificativa**

A indústria da construção civil tem apresentado mudanças consideráveis nos últimos anos com a aplicação das novas tecnologias da informação. A influência dessas tecnologias pode ser notada em todo o processo construtivo de uma edificação, desde o planejamento até a ocupação do empreendimento. (DEZEN-KEMPTER *et al.*, 2012).

Vários proprietários estão demandando práticas baseadas no BIM para o desenvolvimento dos novos projetos, com mudanças nos termos de contrato, de modo a viabilizar essas práticas. O sucesso das primeiras implantações favorecem a aceitação por parte de antigas empreiteiras consagradas no mercado. No entanto, ainda existem barreiras para uma maior disseminação. Trata-se não da tecnologia em si, mas da falta de equipes qualificadas. (EASTMAN *et al.*, 2014).

A transição do CAD para o BIM cria vários desafios e oportunidades para a construção civil brasileira. O uso desta tecnologia no desenvolvimento dos projetos de arquitetura e engenharia civil passaram a ser estudadas e introduzidas, recentemente, em escritórios e universidades do Brasil. (DEZEN-KEMPTER *et al.*, 2012).

No intuito de fazer dos alunos da UFC profissionais capacitados para o mercado da construção civil, é imprescindível a implantação do ensino do BIM assim como acontece em muitas universidades do país e do mundo. A demanda por engenheiros e arquitetos que conheçam e trabalham na aplicação desta filosofia cresce cada vez mais. Não apenas sobre a habilidade de modelar com uma ferramenta computacional específica, mas compreender seus benefícios e barreiras e entender a integração de todas as disciplinas neste processo. Por isso, o Departamento de Integração Acadêmica e Tecnológica (DIATEC) do Centro de Tecnologia da UFC empenhou-se para a criação da disciplina MIC (Modelagem da Informação e da Construção) para suprir essa necessidade do mercado.

Como a filosofia BIM compreende, na prática, a integração de diversos profissionais em qualquer projeto, a transmissão de conhecimento via professor-aluno com a avaliação individual dos estudantes não retrata a realidade desse futuro profissional. Visto isso, devem ser consideradas novas metodologias que fogem do tradicional. Somente dessa forma, os princípios do BIM serão verdadeiramente trabalhados no ambiente acadêmico.

O desafio da criação de uma disciplina sobre BIM encontra-se na aplicação, em uma universidade de ensino tradicional, de uma filosofia que se distancia dessa estruturação fragmentada do ensino em departamentos e disciplinas. Por isso, pode haver certa resistência dos professores e alunos, já acostumados com o ensino unilateral, enquanto trabalham sob novo projeto pedagógico.

### **1.3 Problema e Questões Motivadoras**

A partir dos preceitos da produção padrão e em massa advinda da Revolução Industrial, a divisão de trabalho é considerada um dos pontos-chave para a redução de tempo e recursos. (KUENZER, 1998). Com isso, os profissionais, atualmente, estão cada vez mais especializados em uma área específica. O ensino, da mesma forma, tende a fragmentar-se e a formar especialistas em um conhecimento específico. Por isso, ocorre uma separação entre diferentes profissionais do mesmo ramo.

Esse fenômeno pode ser observado na indústria da construção civil. Os diferentes profissionais responsáveis pelos projetos arquitetônicos, estruturais, elétricos, de instalações,

etc. são formados separadamente e, ainda que trabalhem na elaboração de uma mesma edificação, o distanciamento continua invariável. A implantação da metodologia BIM, no entanto, tem a intenção de tornar os processos mais integrados e encurtar essa separação.

BIM, ao desenvolver um modelo único compartilhado por todas as partes interessadas no projeto, é um processo que está redefinindo a organização do trabalho, afastando-se de uma divisão de tarefas entre áreas específicas e indo na direção de fluxos de trabalho ágeis e gerenciamento de dados. (FORGUES *et al.*, 2011).

Na prática associada ao uso de ferramentas CAD, a elaboração de desenhos do edifício e a compatibilização manual de projetos eram baseados na representação bidimensional. Já no contexto BIM, esses processos são realizados por modelos tridimensionais ricos em informações do edifício. Sua implantação torna os processos de projeto, práticas de canteiro de obras, de operação e manutenção conhecimento fundamental para a elaboração do modelo do edifício no BIM. Dessa forma, a aproximação do aluno com todos esses processos faz com que se considere cada vez mais a integração entre as disciplinas e novas possibilidades de atuação profissional no mercado. Percebe-se, portanto, um novo horizonte para o ensino. (RUSCHEL *et al.* 2013).

Como há uma modificação no método de elaboração de projetos e nas formas de trabalho adotadas nos escritórios e universidades com o BIM, os tradicionais métodos de ensino de projeto devem ser adequados à estas novas condições. (CARVALHO; SAVIGNON, 2012). Em outras palavras, a prática desta nova filosofia de trabalho nas universidades deve considerar suas premissas básicas, como a integração e comunicação entre as partes, e ir de encontro ao ensino unilateral e mecanizado de uma ferramenta computacional.

A prática de desenho no ensino superior passou a ser, basicamente, o ensino de técnicas com alguma teoria do desenho geométrico e da geometria descritiva à medida que os docentes, de formações diversificadas, sentiam necessidade. (VELASCO, 2010). Apesar dessa passagem referir-se principalmente ao desenho manual, o mesmo pode ser dito acerca do ensino de ferramentas computacionais na universidade ou em cursos específicos de curta duração. Em outras palavras, os alunos são instruídos a possuir apenas a habilidade mecanicista sobre o programa.

“[...] o domínio das ferramentas computacionais não garante a qualidade do projeto a ser desenvolvido e tampouco a inserção/aceitação das novas tecnologias por parte do professor assegura um caráter inovador às práticas pedagógicas.” (CARVALHO; SAVIGNON, 2012).

Apesar de tornar o processo ensino-aprendizado mais simplificado, a adoção

dessas novas metodologias e de suas diversas ferramentas não garantem a qualidade final do projeto e nem da melhor formação do aluno na área ensinada. (RUFINO; VELOSO, 2005). Para isso, o ensino dessas novas práticas precisa ser considerado como uma filosofia de trabalho e não mais como um programa de computador específico, o que distancia o profissional do objeto em estudo.

Diante da delimitação do trabalho e do problema exposto, as questões que estimularam a produção do presente projeto estão listadas a seguir:

- a) qual o estado de implantação do BIM nos cursos de Engenharia Civil de instituições nacionais e internacionais? E nos cursos oferecidos em Fortaleza, especialmente?
- b) como preparar os estudantes de Engenharia Civil para que possam ingressar no mercado de trabalho com conhecimentos e habilidades em BIM?
- c) como fazer do ensino de programas computacionais tópico complementar em uma disciplina de BIM, em vez de protagonista?
- d) qual a melhor metodologia pedagógica a ser aplicada no ensino do BIM?

## **1.4 Objetivos**

A partir do tema e questões motivadoras anteriormente determinados, são apresentados, a seguir, o objetivo geral e os objetivos específicos.

### ***1.4.1 Objetivo Geral***

O objetivo geral deste trabalho consiste em contribuir para a proposição de novas metodologias inovadoras do processo ensino-aprendizagem na implementação da filosofia BIM na disciplina MIC (Modelagem da Informação e da Construção) do curso de Engenharia Civil na Universidade Federal do Ceará.

### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

Os objetivos específicos deste trabalho fundamentam-se em:

- a) definir a filosofia BIM;
- b) apresentar superficialmente o estado atual de implementação da filosofia BIM nos escritórios e cursos de engenharia civil e arquitetura no Brasil e no mundo;
- c) apresentar o atual currículo do curso de Engenharia Civil da Universidade

Federal do Ceará;

d) confrontar o estilo tradicional de ensino com as Metodologias Ativas;

e) pesquisar o nível de implantação da filosofia BIM nos cursos de Engenharia Civil das demais instituições de Fortaleza;

f) propor uma metodologia de ensino de BIM na UFC que compreenda sua integração nas grandes áreas de estudo da Engenharia Civil.

### **1.5 Estrutura do trabalho**

Esta monografia é composta inicialmente de Capítulo 1 com Introdução que apresenta um breve histórico do Desenho Técnico até o surgimento do BIM, as Considerações Iniciais com o tema do presente trabalho, Problema e Questões Motivadoras. Ademais, são apontados o Objetivos Geral e os Objetivos Específicos do estudo.

No Capítulo 2 é contemplada a Revisão Bibliográfica com o conceito de BIM na visão de alguns profissionais e pesquisadores, seus benefícios, o crescimento de seus adeptos no Brasil e no mundo e a apresentação de dois importantes programas computacionais, a definição de competência de um profissional, a comparação entre a Metodologia de Ensino Tradicional e as Inovadoras, a apresentação do Curso de Engenharia Civil da UFC e a trajetória da criação da disciplina Modelagem da Informação e da Construção (MIC) e, finalmente, a experiência pessoal de cursar uma disciplina com foco no ensino de BIM nos Estados Unidos.

A Metodologia do trabalho é apresentada no Capítulo 3 e salienta os procedimentos para atendimento dos objetivos do estudo, como a sugestão de uma metodologia de ensino, referência bibliográfica, manual para as atividades práticas da MIC, outras disciplinas do curso que podem abordar a filosofia e pesquisa do cenário de ensino do BIM em Fortaleza.

O Capítulo 4 mostra os resultados e discussões da aplicação dos métodos apresentados no capítulo anterior.

Finalmente, no Capítulo 5, são apontadas as considerações finais perante os objetivos delimitados e reflexões e recomendações sobre estudos futuros para o contínuo desenvolvimento da disciplina.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para que os objetivos apresentados anteriormente sejam cumpridos, faz-se necessário o estudo do BIM - compreendendo sua definição, vantagens da sua aplicação, estágio atual da sua implementação no Brasil e no mundo e dois dos principais *softwares* -, a compreensão das competências de um profissional, o confronto entre a Metodologia Tradicional de Ensino e as Metodologias Ativas e breve apresentação do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará. Além disso, é relatada uma experiência pessoal com uma disciplina de BIM ofertada pela *University of Wisconsin-Madison* nos Estados Unidos.

### 2.1 BIM

O primeiro aparecimento documentado do termo BIM (*Building Information Modeling*, do inglês), no sentido hoje utilizado, ocorreu no título de um artigo em 1986. Na sua aplicação, por outro lado, diversos trabalhos sobre a modelagem de produtos na indústria de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) foram desenvolvidos nos Estados Unidos e Europa ainda nas décadas de 70 e 80. (EASTMAN *et al.*, 2014).

#### 2.1.1 Definindo BIM

Havia certo equívoco em relação à conceituação de BIM entre profissionais e discentes até pouco tempo. Era costumeiro denominá-lo apenas como a aplicação de determinados programas computacionais 3D para a concepção de empreendimentos numa visão considerada mecanicista, assim como o CAD é tratado.

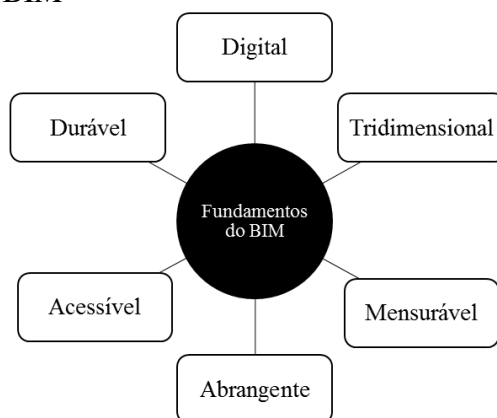
[...] BIM não é apenas um extravagante modelador tridimensional de geometria como ele é percebido. Às vezes, há confusão entre o BIM e a modelagem tridimensional em *software* de CAD padrão. Os arquitetos podem acreditar que estão trabalhando com o BIM desde que estejam modelando seus edifícios em três dimensões. (IBRAHIM, 2006, tradução nossa).

Todavia, a partir de variadas pesquisas acadêmicas e estudos de caso, foi possível divulgar e enaltecer o BIM como uma filosofia da construção e, a partir disso, compreendê-lo como um processo de integração no desenvolvimento de um projeto e não mais como uma mera ferramenta de visualização.

Campbell (2006), atualmente vice-presidente (à época que elaborou esse estudo, gerente de projetos) da consagrada companhia norte-americana especializada em construção

comercial, sustentável, projeto e construção virtual M. A. Mortenson, explicou que o BIM ainda não possuía uma definição singular e amplamente aceita apesar de ter derivado de pesquisas acerca do CAD décadas atrás. A referida companhia enxergava o BIM como uma simulação inteligente de arquitetura e que, para isso, deveria ser caracterizada por seis fundamentos principais. São eles ser digital, tridimensional, mensurável (quantificável e dimensionável), abrangente (incorporar aspectos de intenção do projeto, de finança e sequência da metodologia, desempenho da construção), acessível (à toda a equipe de projeto, ao proprietário, à empreiteira) e durável (utilizável em toda a vida útil do empreendimento).

Figura 3 - Principais fundamentos do BIM



Fonte: Adaptado de Campbell (2006).

BIM é uma filosofia de trabalho que integra profissionais das áreas de arquitetura, engenharia e construção na modelagem virtual e singular de uma edificação, a qual deve conter tanto as suas características geométricas, como seus atributos específicos. Assim, projetos estruturais, arquitetônicos e complementares, orçamento, cálculo energético, gestão, etc. que antes eram fragmentados, passam a ser incorporados e lidos em uma plataforma única. (MENEZES, 2011).

Eastman *et al.* (2014) definem “[...] BIM como uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção.”

Com a tecnologia BIM, a edificação é retratada como um banco de dados que recebe informações sobre a geometria dos componentes bem como seus atributos relevantes. O conceito depende de objetificar os componentes e anexar todas as características relativas a eles como propriedades. (IBRAHIM, 2006).

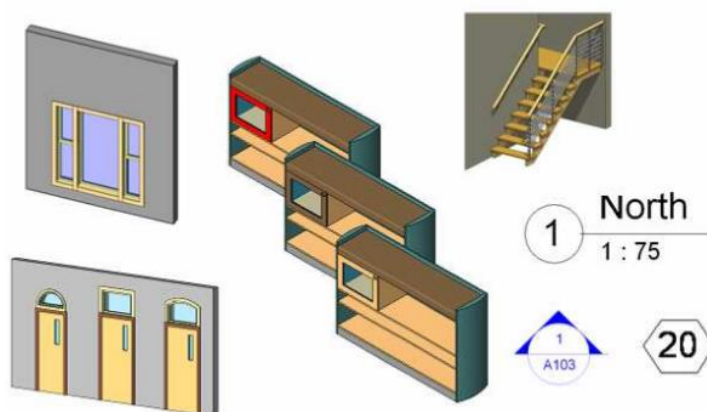
Essa plataforma facilita a colaboração e o compartilhamento de informações em



design e construção, bem como em cursos acadêmicos. Para educar os alunos para contribuir e liderar equipes de modelagem, é fundamental que eles ganhem experiência durante sua educação em projetos integrados. (HOLLAND *et al.*, 2010).

Os arquivos CAD eram constituídos simplificadaamente por vetores, linhas e camadas (*layers*). Nas versões mais atuais, blocos de dados e textos podem ser integrados aos desenhos e a modelagem 3D tornou-se possível. Com o passar do tempo, os usuários ansiavam incrementar esses modelos com informações do projeto. Por isso, a importância dos dados se sobrepôs às imagens. Em contraposição aos modelos CAD descritos pelo conteúdo (onde os objetos são únicos para aquela concepção e, portanto, imutáveis), o BIM tem ganhado espaço por conferir a possibilidade de gerar modelos descritos por suas capacidades (no qual a introdução de parâmetros o permite elaborar objetos padrão que podem ser alterados continuamente para se adaptar ao projeto). Estes modelos de construção BIM são formados por componentes de construção (“objetos que sabem o que eles são” associados com atributos e regras, como é exemplificado na Figura 4), dados coerentes e não redundantes (quando alterações são configuradas em todas as visualizações) e dados coordenados (desde que essas representações do objeto sejam organizadas). (EASTMAN *et al.*, 2014).

Figura 4 - Exemplos de objetos carregáveis



Fonte: Monteiro (2011).

Monteiro (2011) aponta que o BIM:

[...] possui objetos especiais chamados objetos AEC. Estes objetos representam os elementos arquitetônicos mais comuns nas edificações, como paredes, portas, janelas, pisos, pilares, vigas, etc.

Os objetos AEC são capazes de representar dados geométricos como suas dimensões, volumes e áreas, e também, dados não geométricos como materiais de acabamento, fabricante, custo e relacionamentos com outros objetos.

[...] [apresenta] facilidade para extrair levantamentos de materiais e gerar a documentação do projeto para a obra.

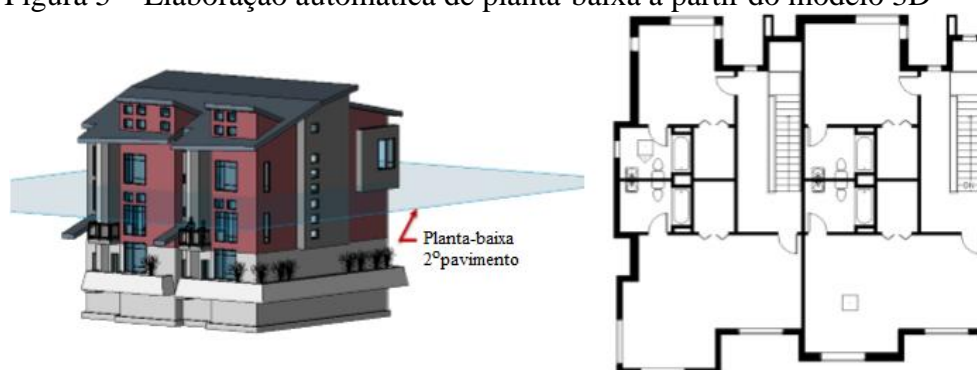
Programas que aplicam o BIM abordam o processo de projeto de outro modo e, por isso, começam a tirar o protagonismo da plataforma CAD, até então predominante. Isso ocorre porque os programas BIM conseguiram suprir algumas deficiências detectadas nas outras plataformas, como o compartilhamento de arquivos entre os participantes, o armazenamento de informações dos desenhos para uma posterior utilização e modificação, a geração de quantitativos, entre outros. (CARVALHO; SAVIGNON, 2012).

### 2.1.2 Benefícios da aplicação do BIM

No âmbito das vantagens da implantação da plataforma para a construção civil, o destaque dado por cada um dos autores depende da sua área de formação (seja ela arquitetura, gerenciamento, engenharia civil, elétrica, entre outras áreas), do objetivo da análise (teórico/exploratório ou estudo de caso), do nível de aprofundamento e do ano de publicação da pesquisa.

“O conceito BIM para modelagem parametrizada da construção facilita e aumenta a velocidade de troca e acesso da informação. A equipe de projetistas de diferentes áreas trabalha com um arquivo base usando a mesma linguagem e versões atualizadas do projeto do edifício.” (CARVALHO; SAVIGNON, 2012), como a elaboração (Figura 5) e a alteração imediata das modificações realizadas em todas as plantas-baixas e cortes da modelagem.

Figura 5 – Elaboração automática de planta-baixa a partir do modelo 3D



Fonte: Autodesk (2015, tradução nossa).

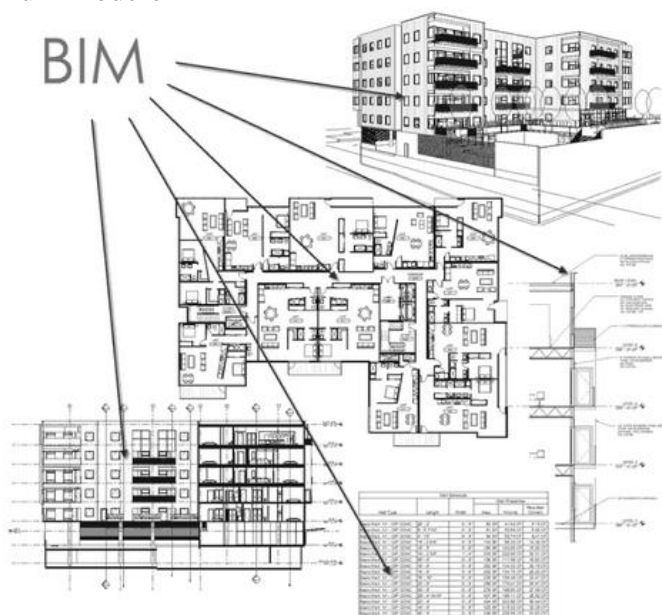
Bernstein e Pittman (2004), discutindo as barreiras para a adoção do BIM na indústria da construção civil, afirmaram que sua aceitação só será possível com a influência de proprietários e mudanças na relação risco/recompensa dos métodos disponíveis. Para delimitar essa problemática em duas dimensões, eles a caracterizaram entre “horizontal” (influências na indústria como um todo) e “vertical” (mudanças que estão focadas na solução

de problemas particulares). Dentre as influências horizontais do BIM citadas estão a redução de resíduos, balanceamento de risco e recompensa (apontando a ineficiência do método tradicional) e construção de edificações complexas. Em relação às estratégias verticais, criação de um meio sustentável, fabricação a partir do modelo digital e gerenciamento do empreendimento por meio de seu ciclo de vida.

Dentre as vantagens que o BIM pode conferir, Campbell (2006) mencionou o aumento do entendimento, confiança, qualidade e segurança, comunicação entre os vários projetistas e profissionais da construção, enquanto reduz custo, tempo e retrabalho no canteiro. Ademais, pode ser aplicado na pré-fabricação e modularização, coordenação e planejamento de projetos, sequenciamento e cronograma construtivos (4D), estimação de custos (5D), instalações de operação e manutenção, etc. As ferramentas dos programas obrigam arquitetos e engenheiros a pensar na maneira que a edificação será constituída, desde que o modelo é uma simulação da construção e não apenas representações de detalhes e seções. O modelo permite que os projetistas ampliem sua influência sobre o trabalho.

[...] no modelo BIM é permitida a associação de informações acerca dos componentes que compõem estes elementos. Ou seja, no modelo BIM, os elementos construtivos são vinculados a atributos gráficos, tridimensionais, quantitativos e paramétricos, permitindo a geração de documentos descritivos da obra, como representações bidimensionais (por exemplo, plantas-baixas, cortes, fachadas e detalhes), análises de desempenho dos materiais (por exemplo, acústica e conforto térmico), planilhas de orçamento e cronograma físico-financeiro [como representado na Figura 6]. (PEREIRA; RIBEIRO, 2015)

Figura 6 - Representações e planilhas geradas de um modelo BIM



Fonte: Demchak, Dzambazova e Krygiel (2009).

Todavia, essas vantagens só serão possíveis com o quase total aproveitamento dos potenciais ferramentais dos *softwares* disponíveis no mercado e, não menos importante, do conhecimento e experiência dos profissionais envolvidos na modelagem. Dessa forma, é exequível a modelagem dos elementos de uma edificação de modo aproximado ao que de fato será construído. Analogicamente, é como estar percorrendo o empreendimento e fosse viável ler em cada um de seus constituintes todas as especificações além das informações geométricas, como fabricante e tipo do cimento, cerâmicas e esquadrias,  $f_{ck}$  do concreto, volume de material, custo, cor do rejunte, percurso da tubulação de água e esgoto, inclinação do telhado, sistemas de impermeabilização, etc.

### ***2.1.3 Incorporação do BIM nas universidades e em escritórios de arquitetura e engenharia civil no Brasil e no mundo***

Holland *et al.* (2010) mostram que arquitetos, engenheiros, construtores e proprietários estão reconhecendo os benefícios de uma maior integração ao facilitar o desenvolvimento de documentos de construção mais coordenados, reduzir alterações no canteiro e considerar o desempenho geral de construção em projetos sustentáveis.

Os investimentos em pesquisas em BIM por instituições internacionais e governos têm aumentado nos últimos anos. No mundo todo, podem ser encontrados vários estudos de caso em *workshops*, conferências e publicações para mostrar os benefícios e barreiras da sua aplicação por projetistas, construtores e clientes no processo de projeto, construção e acompanhamento ao longo da vida útil da edificação. Pode-se observar, entretanto, que ainda se utiliza muito pouco da sua capacidade. Já aqui no Brasil, as pesquisas sobre BIM são recentes. (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Dentre as instituições internacionais que ensinam BIM, com exceção de uma instituição internacional que iniciou pesquisas nos anos 90, várias começaram a partir de 2003, com grande maioria introduzindo a plataforma entre 2003 e 2009. (BARISON; SANTOS, 2011).

Ruschel *et al.* (2013), a partir de uma pesquisa bibliográfica, concluíram que a implantação do BIM nos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil nacionalmente é gradual e de forma pouco efetiva. A nível internacional, há maior amadurecimento e envolvimento de mais de uma disciplina. Barison e Santos (2011) apontaram algumas das barreiras para a introdução do BIM no ensino das universidades, como podem ser vistas na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Tipos de obstáculos para implementar BIM no currículo

<b>Ambiente Acadêmico</b>	<b>Conceito BIM</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Falta de tempo</li> <li>· Pouca motivação</li> <li>· Recursos escassos</li> <li>· Burocracia</li> <li>· Currículo antigo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Ensino Individualizado</li> <li>· Ensino Tradicional</li> <li>· Pouco trabalho em equipe</li> <li>· Falta de colaboração</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Barison e Santos (2011).

Ruschel, Andrade e Moraes (2013), por meio de estudo de pesquisas acadêmicas sobre o ensino de BIM e classificando essas experiências de acordo com o nível de competência e estágios de adoção, avaliaram que a maioria das experiências internacionais estão entre o nível de competência intermediário e avançado, com exceção de poucas em nível introdutório. Já no cenário nacional, o nível de competência é, na sua maioria, introdutório e intermediário. Essas experiências no Brasil, ainda que não sejam abrangentes, dão ênfase principalmente à modelagem paramétrica do projeto arquitetônico, às simulações 4D e à geração de estimativas de custo.

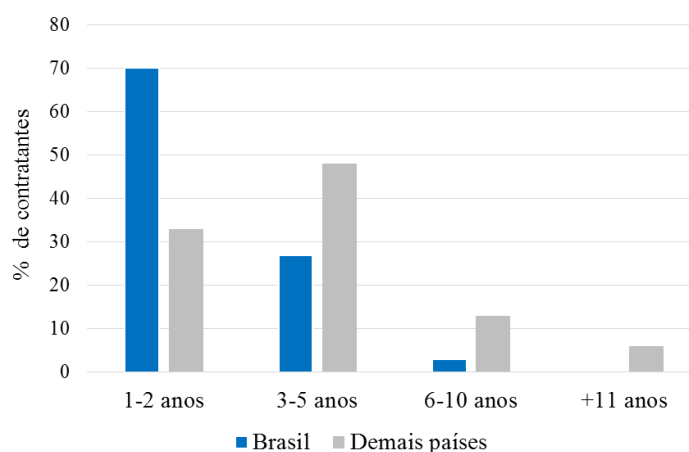
A falta de ensino e pesquisa em BIM implica em dificuldades de implementação da modelagem nas empresas, pois haveria uma grande despesa com treinamento dos profissionais, além dos gastos com aquisição dos *softwares* e também o fato do retorno financeiro não ser imediato. (BARRETO, 2016).

Pereira e Ribeiro (2015) discutem que a introdução do BIM na elaboração e documentação de projetos é um processo em crescimento, mesmo que sejam observados diferentes níveis de implantação da plataforma. No cenário internacional, encontram-se pesquisas e desenvolvimento de projetos com a implementação do BIM na parametrização dos objetos e desenvolvimento de arquivos colaborativos por meio da internet, com ênfase na gestão do ciclo de vida da construção. As instituições internacionais abordam o BIM em vários momentos durante a graduação, já que existe uma demanda de mercado nestes países com a inserção gradativa do BIM pelas empresas. Já no cenário brasileiro, apesar das pesquisas já apontarem o uso do CAD 2D e 3D simultaneamente e do BIM, os projetos em engenharia civil, na maior parte, ainda utilizam como principal ferramenta o CAD 2D. Por isso, a experiência internacional é bem mais amadurecida que a brasileira.

Em 2014, a McGraw Hill Construction, consagrada empresa de consultoria americana, elaborou um relatório com diversos levantamentos sobre o cenário da implementação do BIM em países com os maiores mercados da construção civil mundial: Alemanha, Austrália, Nova Zelândia, Brasil, Canadá, Coreia do Sul, Estados Unidos, França, Japão e Reino Unido. O relatório mostra que o Brasil possuía, naquele ano, a maior parte dos

contratantes usando BIM há menos de dois anos, enquanto a média dos outros países encontrava-se no intervalo de 3 a 5 anos, como mostra o Gráfico 1 abaixo.

Gráfico 1 – Há quantos anos, em média, os contratantes utilizavam o BIM em 2014



Fonte: Adaptado de McGraw Hill Construction (2014).

No Brasil, poucas empresas de arquitetura e engenharia civil inseriram a plataforma e, em geral, deu-se apenas nas fases de elaboração de projetos e geração de orçamento. Esse baixo nível de implantação pode ser explicado pela dificuldade de capacitação de funcionários, custos na aquisição dos *softwares* e máquinas de melhor desempenho e resistência do mercado em se dequar às novas tecnologias. (BARRETO, 2016).

## 2.2 Softwares

“A definição mais ampla de BIM como processo é totalmente independente de *software* para a implementação [...]”. (EASTMAN *et al.*, 2014). No entanto, devido às exigências do mercado, há a necessidade de adoção de ferramentas capazes de atender aos benefícios discutidos anteriormente.

### 2.2.1 Revit

Um dos programas computacionais mais utilizados é o Revit® da empresa Autodesk®, o qual pode ser referido como “[...] um *software* de *design* de projeto de arquitetura e engenharia e um sistema completo de documentação que suporta todas as fases do projeto.” (JUSTI, 2008).

Figura 7 - Logotipo do Revit



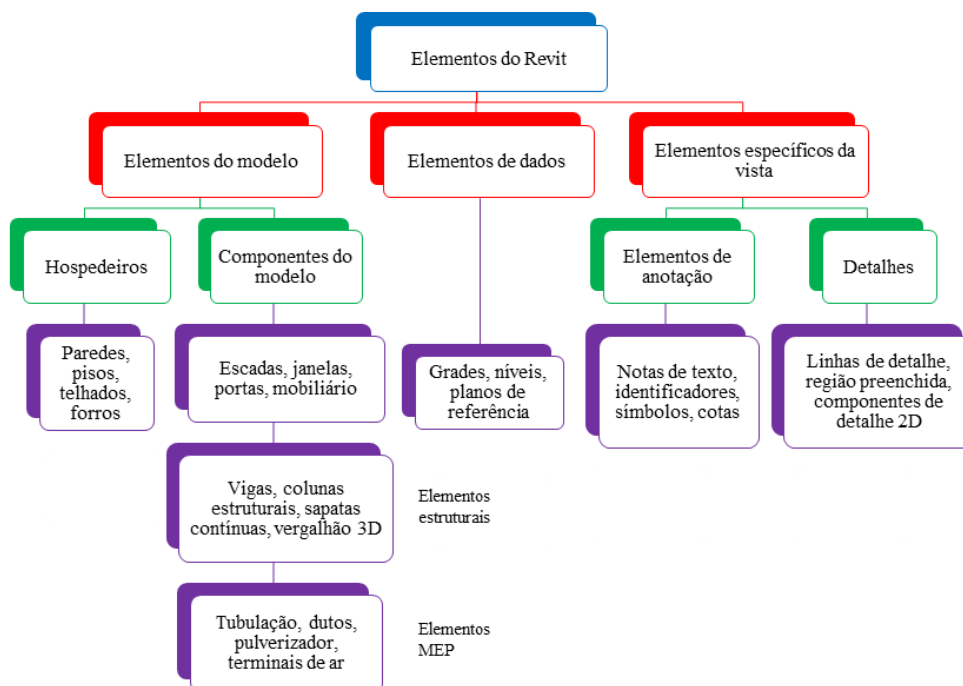
Fonte: Autodesk, 2017b.

A empresa desenvolvedora dessa ferramenta explica que:

Enquanto você trabalha no modelo [...], o Revit coleta informações sobre o projeto de construção e coordena essas informações com todas as outras representações do projeto. O mecanismo de alteração paramétrica do Revit coordena automaticamente as alterações realizadas em qualquer parte - em vistas de modelo, folhas de desenho, tabelas, cortes e plantas. (AUTODESK, 2017a).

De acordo com o manual online disponibilizado pela Autodesk (2017a), os diversos componentes que fazem parte de um modelo qualquer do *software* Revit® são divididos em *elementos do modelo*, *elementos de dados* e *elementos específicos da vista*, como apresenta a Figura 8 a seguir.

Figura 8 - Elementos do Revit



Fonte: Autodesk (2017a).

Os *elementos do modelo* representam a configuração real de uma edificação e são exibidos em vistas relevantes do modelo. São subdivididos em *hospedeiros* (os quais delimitam o modelo e servem de base para a modelagem de outros elementos) e os *componentes do modelo* (todos os demais elementos da construção).

Já os *elementos de dados* ajudam a definir o contexto do projeto e são importantes para a instalação dos elementos do modelo e elaboração de pranchas. São exemplos desses elementos os níveis, grades, eixos e planos de referência.

Finalmente, os *elementos específicos da vista* são exibidos somente em vistas nas quais são colocados. Eles são utilizados com o objetivo de descrever ou documentar o modelo. Por exemplo, cotas, legendas, identificadores, textos, etc.

### 2.2.2 Navisworks

Figura 9 - Logotipo do Naviswork



Fonte: Autodesk, 2017b.

De acordo com a Autodesk (2017b), o Navisworks® é uma ferramenta computacional utilizada:

[...] para ampliar a visualização de todo o projeto a todos os interessados, a fim de ajudar a aprimorar a comunicação e a colaboração. Os modelos multidisciplinares criados em ampla escala de aplicativos - incluindo aplicativos de modelagem de informação da construção (BIM), [...] - podem ser combinados em um único modelo de projeto integrado [...]. O arquivo publicado fornece acesso à hierarquia do modelo, às propriedades do objeto e aos dados de revisão incorporados, incluindo os pontos de vista, as animações, as linhas de marcação e os comentários.

O Autodesk® Navisworks® auxilia a arquitetura e a engenharia ao possuir o controle dos resultados de cada projeto. Possui um conjunto abrangente de ferramentas de integração e comunicação que ajudam as equipes a coordenar disciplinas e resolver conflitos antes da fase de execução. Seus recursos permitem a coordenação, simulação, construção e análise do projeto de construção. (ALVES *et al.*, 2012).

Ele permite a manipulação de modelos tridimensionais, passeios pelo interior da edificação, medição das dimensões dos seus elementos, detecção de interferências e, sobretudo, realização de simulações 4D, as quais consistem na consideração do cronograma da obra. (OSTROWSKI, 2016).

A discussão em torno da introdução de novas ferramentas e metodologias como essas no ensino acadêmico deve considerar as habilidades inerentes ao profissional que se deseja formar, por isso é primordial a consideração de suas competências.



### 2.3 Competências de um profissional

O Dicionário Michaelis define competência como a “1 Aptidão que um indivíduo tem de opinar sobre um assunto e sobre o qual é versado. [...] 4 Conjunto de conhecimentos.” (WEISZFLOG, 1998).

Já Beluzzo (2014) explica que “[...] no campo da sociologia do trabalho e da educação [...], a competência é vista como a capacidade de mobilizar recursos cognitivos (saberes, informações etc.) ou de combinar conhecimentos e experiências para solucionar situações diversas e complexas.”

Ao analisar a influência das novas ferramentas digitais, a mesma autora indica que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) como instrumentos de transformação da realidade, conectam diferentes âmbitos da sociedade e, por isso, surgem novas formas de organização dos processos de produção e de relações de trabalho. Assim, existe estreita relação entre a informação, o conhecimento e a necessidade de desenvolvimento de novas competências, contribuindo para uma atuação profissional eficiente e eficaz no ambiente de trabalho. A velocidade com que a informação e o conhecimento são gerados e circulam atualmente traz nova importância às características individuais e à gestão de competências. Por isso, o acesso à informação não é mais determinante, mas sim o seu uso e significado.

“O uso da informação e sua transformação em conhecimento pressupõem competências e habilidades intelectuais, constituídas por operações mentais, como decodificação, interpretação, controle e organização de conhecimento.” (VARELA; BARBOSA; FARIAS, 2013).

O conhecimento, as redes como novas estruturas sociais e a competência em informação favorecem um novo enfoque de aprendizado devido às oportunidades que os processos que envolvem essas áreas oferecem às pessoas e às organizações atualmente. Desse modo, a aplicação das TIC na construção de conhecimento no contexto brasileiro, vem demandando o aperfeiçoamento de novas habilidades e alterações no modelos tradicionais de ensino. (BELLUZZO, 2014).

Varela, Barbosa e Farias (2013), a partir de pesquisa bibliográfica, abordam as competências a partir de três ramificações, dentre elas as competências informacionais, as competências tecnológicas e as competências científicas.

As competências informacionais compreendem o reconhecimento da necessidade da informação e a capacidade para buscar, avaliar e utilizá-la eficazmente. Desenvolver estas competências é essencial devido às mudanças tecnológicas e ao grande volume e velocidade

de dados. Essas competências devem ser integradas ao ensino universitário pois garantem ao aluno bases para uma educação contínua e competência profissional ao longo da vida.

Já as competências tecnológicas referem-se às habilidades teóricas e práticas do acesso, seleção e utilização, avaliação e gestão dos recursos tecnológicos disponíveis na busca da informação e do conhecimento.

As competências científicas compreendem a capacidade de utilizar as ciências para a construção de representações ou modelos para a explicação de fenômenos e, também, manusear adequadamente os instrumentos, tecnologias e fontes de informação. Essas competências incluem atitudes como curiosidade, perseverança, reflexão crítica sobre a pesquisa realizada, flexibilidade para aceitar o erro e a incerteza e avaliação do seu impacto na sociedade e no ambiente.

Baseado na RESOLUÇÃO Nº 11 do CNE/CES de 11 de março de 2002, o Conselho Nacional de Educação ao definir “os princípios, fundamentos, condições e procedimentos da formação de engenheiros”, indica as aptidões inerentes desse profissional.

Art. 4º A formação do engenheiro tem por objetivo dotar o profissional dos conhecimentos requeridos para o exercício das seguintes competências e habilidades gerais:

- I - Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
  - II - Projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
  - III - Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
  - IV - Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
  - V - Identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
  - VI - Desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
  - VII - Supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
  - VIII - Avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;**
  - IX - Comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;**
  - X - Atuar em equipes multidisciplinares;**
  - XI - Compreender e aplicar a ética e responsabilidades profissionais;
  - XII - Avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
  - XIII - Avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
  - XIV - Assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.
- (BRASIL, 2002, grifo nosso).

A partir do discutido neste tópico, faz-se importante o estudo dos métodos de ensino-aprendizagem para avaliar se as competências imprescindíveis para os profissionais formados são devidamente consideradas e exercitadas no meio acadêmico.

## 2.4 Métodos de ensino

No processo de ensino-aprendizagem, é essencial o estabelecimento prévio da organização dos conteúdos e do modo de interação entre o professor e os estudantes. Apesar do desenvolvimento das Metodologias Inovadoras de ensino, o Modelo Tradicional ainda é amplamente aplicado nas universidades brasileiras.

A seguir são abordadas as desvantagens da aplicação do Modelo Tradicional em instituições de ensino superior, bem como são discutidas algumas das novas metodologias desenvolvidas para suprir essas deficiências.

### 2.4.1 Modelo Tradicional de currículo no ensino superior

[...] a engenharia quando considerada como arte de construir, é evidentemente tão antiga quanto o homem, mas, quando considerada como um conjunto organizado de conhecimentos com base científica aplicado à construção em geral, é relativamente recente, podendo-se dizer que data do século XVIII. (TELLES, 1994).

Considera-se a *École des Ponts et Chaussées*, fundada em 1747 na França, como a primeira escola de engenharia do mundo, a qual era voltada para o ensino prático. No mesmo século, vários cientistas franceses contribuíram para a definição da técnica científica, que resultou na fundação da *École Polytechnique*, em Paris, em 1774, que tinha como finalidade ensinar as aplicações da matemática aos problemas da engenharia. Ao comparar a atuação dessas duas escolas, percebe-se que havia uma divisão da engenharia entre o campo dos engenheiros práticos e o dos teóricos. (BAZZO; PEREIRA, 2006).

Ao tratar desse ensino atualmente, Oliveira (2005) discute que a organização dos cursos de engenharia é baseado nos modelos teóricos da *École Polytechnique* e que, de uma maneira geral, essa abordagem não sofreu grandes alterações ao longo dos anos. Ele acrescenta que, com disciplinas fragmentadas e descontextualizadas em sua maioria, o currículo dos cursos ainda é dividido em básico, básico de engenharia e profissionalizante, assim como indica o Ministério da Educação na Resolução CNE/CES nº 11: “Art. 6º Todo o curso de Engenharia, independentemente de sua modalidade, deve possuir em seu currículo um núcleo de conteúdos básicos, um núcleo de conteúdos profissionalizantes e um núcleo de conteúdos específicos que caracterizem a modalidade.” (BRASIL, 2002).

Dessa forma, o saber está fragmentado nas universidades em centros e departamentos, em cursos, disciplinas, em períodos ou séries. Esse processo tradicional de ensino-aprendizagem tem se restringido, muitas vezes, à reprodução do conhecimento, no

qual o professor é o transmissor do conhecimento e centro das atenções no ambiente da sala de aula, enquanto o aluno retém e reproduz o saber, tornando-se mero expectador, sem exercitar o senso crítico e a reflexão. (BEHRENS, 2005).

Giannasi (1999) aponta outra razão para a falta do pensamento crítico nos cursos superiores:

[...] o processo de aquisição de conhecimento vem adquirindo uma dinâmica progressivamente acelerada na atual sociedade da informação. Observa-se que o tempo para sedimentação e reflexão é cada vez mais curto nos ambientes acadêmicos [...]. Alunos e professores vêm aprendendo a lidar com um número cada vez maior de informações [...].

A partir do ponto de vista desses autores, pode-se notar uma inconsistência entre a metodologia de ensino praticada atualmente no âmbito acadêmico nacional e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional que indica que: “Art. 43º A educação superior tem por finalidade: I - estimular a criação cultural e o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo [...]”. (BRASIL, 1996, grifo nosso).

Concebidos de forma a suprir a demanda de uma organização de trabalho dividida, as propostas curriculares organizam rigidamente as áreas de conteúdo, tanto no que diz respeito à seleção dos assuntos, quanto ao seu sequenciamento. Os conteúdos são repetidos de forma linear e dividida, predominantemente por meio do método expositivo combinado com a realização de atividades, como a cópia de parcelas de um texto na resolução de questões. Desse modo, o objetivo para o professor e o aluno é cumprir a tarefa, em vez de estabelecer uma relação com o conhecimento. (KUENZER, 1998).

Enquanto o modelo curricular atual encontra-se subdividido em disciplinas e o modelo organizacional é fragmentado em cursos especializados, exige-se um profissional com conhecimento integrado e contextualizado para competir em um mercado de trabalho que demanda cada vez mais qualidade, produtividade, competitividade, entre outros atributos. (OLIVEIRA, 2005).

Cunha (2005) discute que “[...] há sinais de esgotamento do modelo atual de educação em engenharia, conforme se pode verificar nas publicações especializadas que tratam da questão, principalmente no que se refere à organização dos cursos, estruturação dos currículos e concepções pedagógicas praticadas.”

Visto isso, Cunha e Burnier (2005) indicam que o currículo deve possibilitar a formação de um profissional que saiba buscar alternativas além do que foi reproduzido no âmbito acadêmico e que tenha capacidade de investigação, avaliação e de intervenção para solucionar os problemas no seu campo profissional.

Além disso, o currículo não deve exigir apenas o conhecimento e técnicas dos estudantes, mas também - por causa da dinamicidade da busca de novas ferramentas pelo mercado para otimizar os processos produtivos -, a capacidade de aprender, reaprender e desaprender para acompanhar essas constantes mudanças. Conhecimentos e práticas podem deixar de ser necessárias à curto ou longo prazo devido a novas evoluções tecnológicas, por isso é importante esse comportamento de constante aprendizado e desapego. (GIANNASI, 1999). Assim como o desenho técnico manual caiu em desuso e foi substituído pelos modelos virtuais, por exemplo, gradativamente ocorre a sucessão desses modelos 2D pelos 3D, 4D e 5D.

Cunha e Burnier (2005) afirmam que não somente por causa dessas mudanças, mas pela realidade social diversificada, é papel da escola compreender e definir os objetos de estudo no seu currículo a partir das circunstâncias dessa realidade, bem como o modo e profundidade como estes conhecimentos serão abordados. Eles indicam que “[...] há necessidade de demarcar a área do conhecimento que o curso irá enfatizar, os conteúdos envolvidos, a metodologia aplicada e a forma de validação e de avaliação deste conhecimento.”

De acordo com o Plano Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da UFC:

[...] faz-se necessária a adoção de práticas pedagógicas que privilegiem o ensino em forma e ritmo compatíveis com a realidade econômica social e cultural do aluno, e que lhe permitam acompanhar a evolução dos conhecimentos produzidos que mudam numa velocidade sem precedentes na sociedade contemporânea. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2004).

Com os avanços tecnológicos, novas formas de trabalho e, conseqüentemente, de educação, surgiram devido às possibilidades que as ferramentas computacionais podem oferecer, principalmente na área da engenharia gráfica. Dessa forma, o ensino do Desenho, assim como as outras áreas de conhecimento, precisa sofrer uma reestruturação dos seus currículos. (MORAES; CHENG, 2001).

Os educadores usam essas novas tecnologias a favor de novas propostas metodológicas para o ensino-aprendizagem. Ao permitir a interação e o trabalho visual, é óbvia a oportunidade de ensino que essas ferramentas apresentam. (VELASCO; BESERRA, 2007).

Essas novas propostas devem atender às mudanças dos conteúdos e do perfil do aluno, sem perder a qualidade, a base teórica e a interação da área gráfica com todo o corpo da engenharia. Portanto, a tecnologia deve ajudar as novas metodologias a superar todos esses obstáculos e atingir os objetivos propostos. (VELASCO, 2010).

Desenvolver a capacidade de projetar e de ensinar a projetar, exige dos professores e da própria instituição de ensino atualização e acompanhamento das novas tecnologias e uma mudança na cultura tradicional do ensino. (VELOSO; RUFINO, 2007).

#### **2.4.2 Metodologias Ativas**

A adoção de novas tecnologias provoca mudanças no processo de ensino-aprendizagem, com conseqüente questionamento dos métodos didáticos tradicionais, bem como a redefinição do papel do professor e de sua interação com os alunos. Contudo, esses aspectos ainda não foram assimilados na sua totalidade e a adoção efetiva das transformações necessárias tem sido feita de forma lenta e não sistemática. (VELASCO, 2010).

A introdução dos computadores no meio educacional torna necessária a adequação dos métodos de ensino-aprendizagem, visto que a informação e o conhecimento devem considerar a dinamicidade e os novos gêneros linguísticos digitais oriundos das novas tecnologias. No entanto, essa mudança em relação ao método tradicional mostra-se desafiadora pois, apesar de haver diversas alternativas pedagógicas em potencial para serem implementadas, é importante uma análise crítica para adequá-las à prática. (VELASCO, 2010).

Neste novo processo ensino-aprendizagem por meio da informática, a interação entre alunos e professores deve considerar o computador como uma ferramenta facilitadora, em vez de protagonista. As novas tecnologias não substituem as pessoas e, sim, ajudam na integração dos indivíduos e conteúdos e estimulam os estudantes na busca pelo conhecimento. Por isso, o conhecimento, experiência e organização do professor é crucial nesse meio. (VELASCO, 2010). Como o professor é o grande intermediador deste processo, ele tem o poder de promover a autonomia e singularidade dos estudantes ou de manter um controle sobre o comportamento deles. (BERBEL, 2011).

As metodologias ativas têm o potencial de despertar a curiosidade, à medida que os alunos se inserem na teorização e trazem elementos novos, ainda não considerados nas aulas ou na própria perspectiva do professor. Quando acatadas e analisadas as contribuições dos alunos, valorizando-as, são estimulados os sentimentos de engajamento, percepção de competência e de pertencimento, além da persistência nos estudos, entre outras. (BERBEL, 2011).

Era comum avaliar um universitário ideal como aquele com amplo conhecimento nas diversas disciplinas e uma boa capacidade de falar em público. Ultimamente com o advento da globalização e da velocidade de circulação de informação e conhecimento, no entanto, pode-se notar que os alunos entram na universidade já com suas características particulares e discernimento de mundo. Dessa forma, o papel do professor na mediação do processo ensino-aprendizagem é atender às ânsias dessa pluralidade a partir da integração da

ciência com a educação social e desenvolvimento de habilidades didáticas proveitosas. (BORGES; ALENCAR, 2014).

Cunha e Burnier (2005), ao questionarem o modelo no qual o professor é mero transmissor de conhecimento para o aluno, argumentam que, o contato do estudante com a realidade e sua capacidade de interpretá-la são primordiais para sua formação. Logo, o aprendizado não acontece em uma mão única. A responsabilidade do professor é estimular os alunos a lidarem com problemas reais e desenvolverem uma capacidade autônoma de pesquisa.

Visto isso, na busca de suprir essa necessidade por novas pedagogias de ensino para atender a uma demanda por profissionais competentes, tanto no âmbito técnico como no social, foram desenvolvidos métodos inovadores para encorajar uma posição crítica sobre a educação tradicional e possibilitar sua substituição gradual.

Borges e Alencar (2015) discorrem que, para a construção de profissionais com uma formação crítico-social, como se requer atualmente, a substituição dos modelos tradicionais pelas Metodologias Ativas de Aprendizagem é imprescindível. Metodologias Ativas são formas de desenvolver o comportamento crítico de futuros profissionais. Sua implementação pode favorecer a independência do estudante ao despertar a curiosidade e estimular tomadas de decisões.

Uma proposta construtivista para o ensino superior consiste em educar para a autonomia, através de metodologias inovadoras, para a descoberta, utilizando-se da pesquisa, participação dos alunos, trabalhos em grupo, como um meio de aprofundar e ressignificar os conhecimentos. (BORGES; ALENCAR, 2014).

#### *2.4.2.1 Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem Based Learning)*

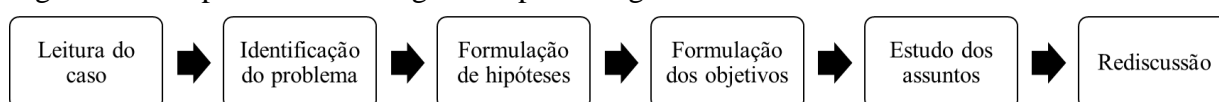
Essa metodologia possui uma capacidade de aproximar o aluno de graduação à prática profissional enquanto estimula a construção de conhecimento pelo próprio sujeito. (NUNES *et al.*, 2008). Além disso, o estudante adquire habilidades e atitudes profissionais essenciais no mercado. (GOMES *et al.*, 2009).

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ou PBL, do inglês) é predominante no aprendizado teórico e na integração de disciplinas em algumas escolas de Medicina. Essa filosofia pedagógica é centrada no aluno e se baseia na proposição de problemas com o intuito de levá-lo a estudar determinados conteúdos. Por despertar essa atitude ativa no discente, é uma metodologia formativa e não informativa como as práticas tradicionais. (SAKAI; LIMA, 1996).

Esse método tem como propósito tornar o aluno capaz de construir o aprendizado por meio de problemas propostos que o exponha a situações motivadoras e o prepara para o mundo do trabalho. (BOROCHOVICIUS; TORTELLA, 2014).

A partir de um grupo tutorial de 8 a 10 alunos, com rodízio de um coordenador e um secretário entre eles, um problema elaborado anteriormente por uma comissão responsável é apresentado. Para completar o processo indicado e partir para o próximo problema, é prevista uma carga horária aproximada de quatro manhãs ou tardes. (BERBEL, 1998).

Figura 10 - Etapas da metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas



Fonte: Berbel (1998).

Depois da apresentação pela comissão, cada grupo se reúne e realiza a leitura do problema, identificando e esclarecendo os termos desconhecidos. Logo, os problemas propostos pelo enunciado devem ser identificados. Com os conhecimentos que dispõem sobre o assunto, os alunos formulam e resumem hipóteses explicativas para os problemas identificados. Em seguida, indicam os objetivos de aprendizado e estudam individualmente os assuntos para aprofundar os conhecimentos incompletos formulados nas hipóteses explicativas. Finalmente, retornam ao grupo tutorial para rediscussão do problema frente aos novos conhecimentos adquiridos. (BERBEL, 1998).

#### 2.4.2.2 Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project Based Learning*)

De acordo com Thomas (2000), nesta metodologia, os projetos são estratégia central de ensino. Os estudantes, nesse sentido, encontram e aprendem os conceitos da disciplina através do projeto. Se as atividades do projeto não representam dificuldade para o aluno ou se elas puderem ser realizadas com a aplicação de informações ou habilidades aprendidas anteriormente, esse é denominado exercício, não uma Aprendizagem Baseada em Projetos (ou PjBL, do inglês). Os projetos de PjBL não acabam em um resultado esperado ou caminhos pré-determinados. Eles incorporam muito mais autonomia estudantil, decisões, responsabilidade e tempo de trabalho não supervisionado do que métodos tradicionais.

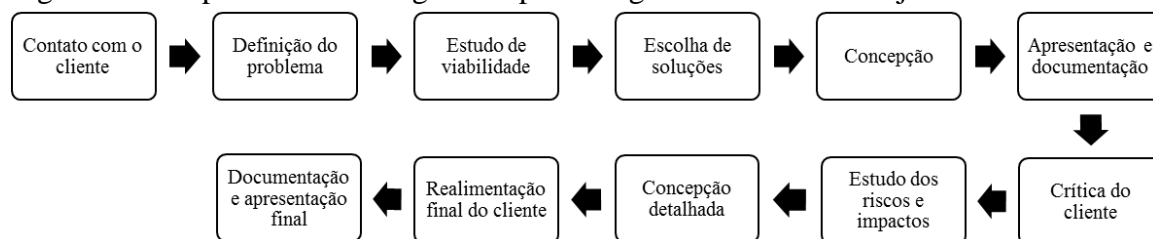
A equipe de estudantes deve começar pelo reconhecimento e formulação do problema, discussão da viabilidade de sua solução e dos possíveis caminhos para isso, buscar,



estudar e desenvolver o que for necessário para resolver o problema, cuidar da gestão do projeto e dos processos de fabricação, estudar riscos e consequências, preparar e apresentar a documentação pertinente, e simular ou implementar um protótipo. (SILVEIRA *et al.*, 2008).

A Figura 11 abaixo apresenta, resumidamente, os processos realizados na implantação dessa metodologia.

Figura 11 - Etapas da metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos



Fonte: Silveira *et al.* (2008).

Por meio do PjBL é possível desenvolver habilidades de comunicação, pesquisa, autoavaliação, relacionamento interpessoal, gestão, questionamento, além de posturas de liderança. (MUSSE *et al.*, 2013).

A avaliação para currículos que implantam essa metodologia é realizada de forma individual e valoriza a qualidade do produto final, as contribuições durante o processo e a profundidade da compreensão do conteúdo. Testes de múltipla escolha e verdadeiro ou falso podem não conseguir julgar a qualidade da aprendizagem. (GRANT, 2002).

#### 2.4.2.3 Aprendizagem Baseada na Investigação (*Inquiry Based Learning*)

A partir de estudos bibliográficos, Mitre *et al.* (2008) discutem que o Aprendizado pela Problematização ou Aprendizagem Baseada na Investigação baseia-se no aumento da capacidade do discente em participar como agente de transformação social. Dessa forma, procura mobilizar o potencial social, político e ético do estudante, para que este atue como cidadão e profissional em formação.

A apresentação dessa metodologia tem como referência o Método do Arco de Charles Maguerez, apresentado pela primeira vez por Bordenave e Pereira, em 1982, o qual é constituído pelas seguintes fases: observação da realidade, pontos-chave, teorização, hipóteses de solução e aplicação a realidade.

Figura 12 – Arco de Charles Maguerez



Fonte: Mitre *et al.* (2008).

Na observação da realidade, ele expressa suas percepções pessoais, efetuando, assim, uma primeira leitura da realidade. Na segunda etapa, pontos-chave, o estudante realiza uma análise reflexiva, elaborando os pontos essenciais para a compreensão do problema. Na terceira etapa, o estudante passa à investigação propriamente dita. As informações pesquisadas são avaliadas quanto à sua relevância para a resolução do problema. Nesse momento, o papel do professor é estimular a participação ativa do estudante. Se a teorização é adequada, o aluno atinge a compreensão do problema nos aspectos práticos e teóricos. Na confrontação da realidade com sua teorização, o estudante formula as hipóteses de solução. A originalidade e a criatividade serão estimuladas pelo professor. No entanto, essas hipóteses de solução devem ser verificadas quanto à aplicabilidade pelo aluno e por seu grupo. Na última fase, o estudante executa as soluções mais viáveis e aprende a generalizar o aprendido para utilizá-lo em diferentes situações, exercitando tomadas de decisões.

#### 2.4.2.4 Aprendizagem Baseada em Equipes (*Team Based Learning*)

A Aprendizagem Baseada em Equipes (ou TBL, do inglês) apresentou uma estratégia educacional para salas de aulas com um grande número de alunos, buscando criar oportunidade e obter os benefícios do trabalho em pequenos grupos de aprendizagem, compostos por 5 a 7 alunos. As equipes devem ser formadas a fim de evitar barreiras à coesão do grupo. (BURGUESS; MCGREGOR; MELLIS, 2014).

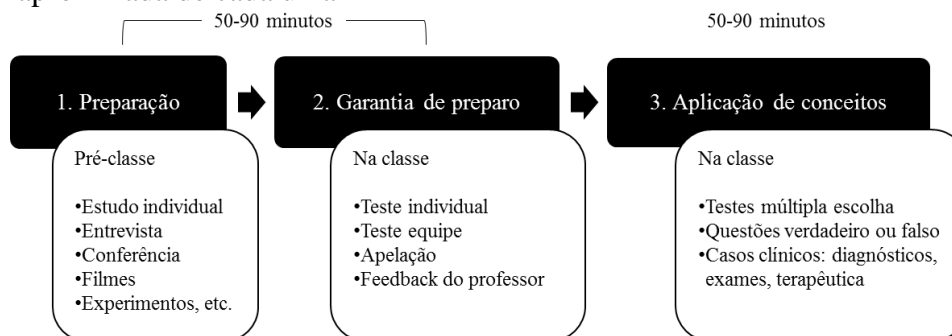
A preparação prévia, com leituras e atividades, é essencial ao processo. Devem ser aplicados testes para verificar a correta preparação por parte do aluno. Compõem o terceiro momento da metodologia, ocupando o maior espaço de tempo, a resolução de problemas e a aprendizagem baseada na interação entre alunos. (BOLLELA *et al.*, 2014).

A Figura 13 apresentada na página seguinte ilustra o desenvolvimento das

atividades em sala de aula e em casa.

A TBL pode ser utilizada como ferramenta complementar a outras metodologias como a Aprendizagem Baseada em Projetos e a Aprendizagem Baseada em Problemas. (PAMELEE *et al.*, 2012).

Figura 13 – Etapas da Aprendizagem Baseada em Equipes e duração aproximada de cada uma



Fonte: Bollela *et al.* (2014).

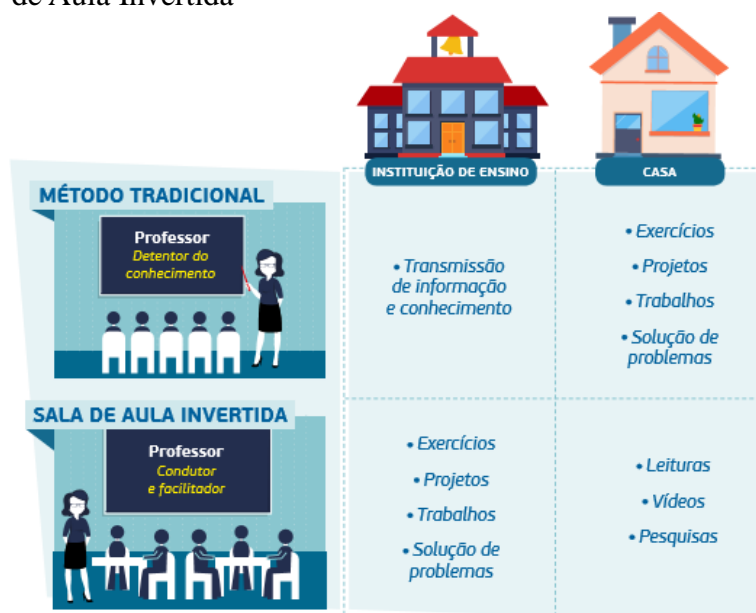
A preparação prévia pode incluir diversas atividades. Se um aluno não se preparar, ele não será capaz de contribuir com a equipe, dificultando a coesão dela. Por isso, a avaliação acontece tanto individual quanto em equipes. (BOLLELA *et al.*, 2014). Atividades como testes múltipla escolha são uma boa ferramenta para verificação da leitura prévia especialmente se utilizarem alguma ferramenta que possibilite o feedback imediato para a etapa em equipe. (AGUILAR; GONÇALVES, 2015).

#### 2.4.2.5 Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*)

Sala de Aula Invertida é uma estratégia que visa alterar a lógica de organização tradicional do ensino presencial. O principal objetivo dessa abordagem é disponibilizar previamente para o aluno o material do curso para estimular a discussão do conteúdo com o professor e os demais estudantes. Dessa forma, a sala de aula se transforma em um espaço dinâmico e interativo, permitindo a realização de atividades em grupo, estimulando debates e enriquecendo o aprendizado a partir de diversos pontos de vista. Assim, para que esta metodologia realmente seja efetiva, o aluno precisa reservar um tempo para estudar o conteúdo antes da aula. (EI! ENSINO INOVATIVO, 2015).

A Figura 14 a seguir ilustra as principais diferenças entre o método tradicional e a Sala de Aula Invertida. Como pode ser notado, o professor passa a ser o mediador das discussões, atividades e projetos em sala que antes eram realizados em casa.

Figura 14 - Diferenças entre o Método Tradicional e a Sala de Aula Invertida



Fonte: EI! Ensino Inovativo (2015).

#### 2.4.2.6 Estudo de Casos (Case Studies)

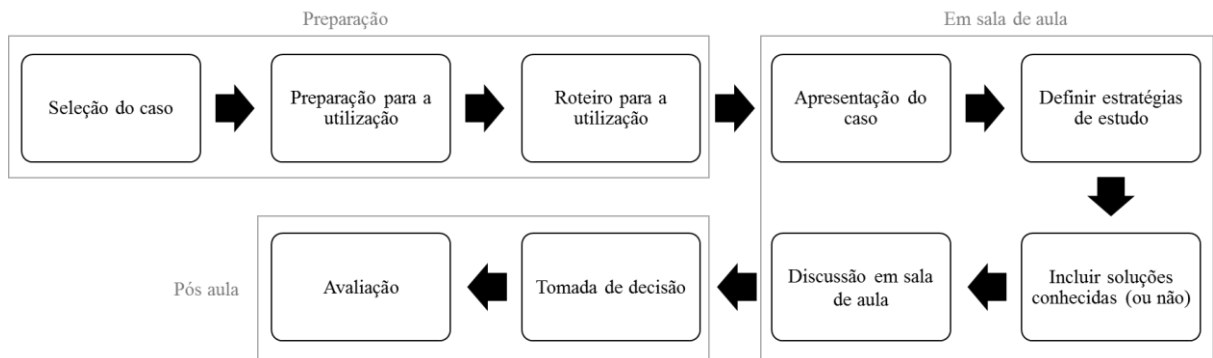
Estudo de Casos é uma variante do método Aprendizagem Baseada em Problemas. Neste contexto, trata-se de uma metodologia desenvolvida com o intuito de possibilitar aos alunos o contato com problemas reais antes de alcançarem os semestres finais do curso. (BOROCHOVICIUS; TORTELLA, 2014).

É um método que oferece aos alunos a oportunidade de direcionar sua própria aprendizagem enquanto exploram a ciência envolvida em situações relativamente complexas. Enquanto o objetivo da Aprendizagem Baseada em Problemas é, principalmente, a aprendizagem do assunto científico, o Estudo de Casos é mais comumente usado para ensinar habilidades para a tomada de decisão (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007).

O método exige do professor uma participação ativa na aprendizagem dos alunos. Seu papel não se limita simplesmente à escolha do caso e sua aplicação. Antes da aplicação do caso, há um minucioso trabalho para elaborar o caso, preparação do professor que vai aplicá-lo (dominar o assunto e sua aplicabilidade para as possíveis discussões em aula), dedicação para avaliar o processo em si, as apresentações dos grupos e dos estudantes individualmente. (SERRA; VIEIRA, 2006).

Desta forma, a aplicação do Estudo de Casos contempla as seguintes etapas:

Figura 15 – Etapas de aplicação do Estudo de Casos



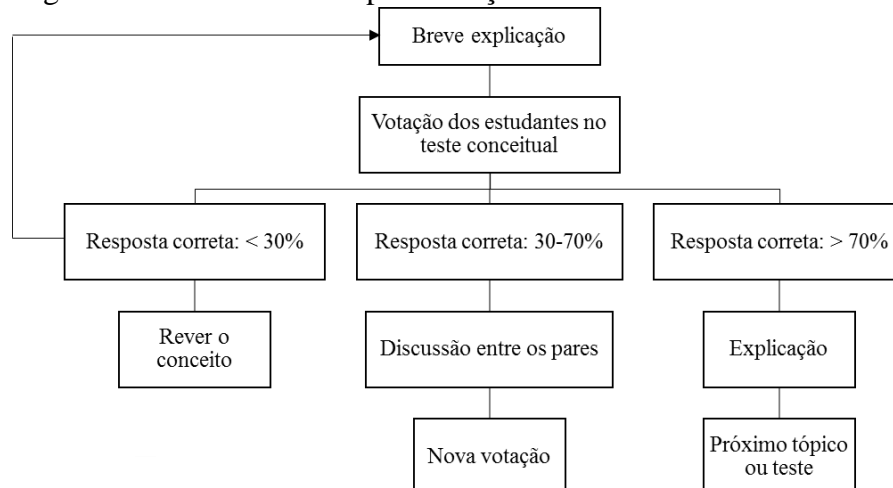
Fonte: Serra e Vieira (2006).

#### 2.4.2.7 Instrução pelos Colegas (Peer Instruction)

O Peer Instruction (PI) envolve os alunos durante a aula através de atividades que exigem que cada aluno aplique os conceitos básicos que estão sendo apresentados e, em seguida, explique esses conceitos para seus colegas. Ao contrário da prática de fazer perguntas informais durante uma aula tradicional, no qual tipicamente participam apenas alguns alunos motivados, o PI incorpora todos os alunos da turma. (CROUCH *et al.*, 2007).

Ele é trabalhado em uma série de etapas. Antes da aula, os alunos têm acesso ao material de estudo. Já em sala, são realizados questionários para testar o nível de conhecimento adquirido com a leitura do material. A partir dos resultados, são realizadas aulas expositivas de até 10 minutos e outros testes conceituais, se necessário. Se o desempenho da turma for satisfatório, conclui-se o tópico e se fornece o conteúdo e atividades para a próxima aula. (DUMONT; CARVALHO; NEVES, 2016).

Figura 16 – Processo de implementação do Peer Instruction



Fonte: Dumont, Carvalho e Neves (2016).

A Sala de Aula Invertida (estudo prévio do material) foi mesclada ao PI para aumentar a eficácia do método. Os questionários aplicados são motivadores para que os alunos leiam o conteúdo previamente e devem possuir um nível de dificuldade desejável para os estudantes, visando encorajar debates sobre pontos controversos dos conteúdos. (DUMONT; CARVALHO; NEVES, 2016).

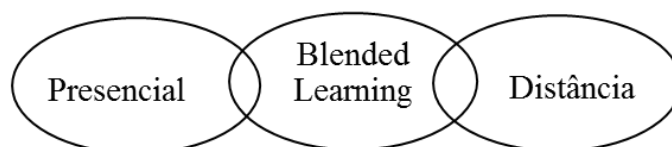
O uso da tecnologia, como apresentação de *slides* e *clickers*, é vantajoso ao otimizar o tempo de aula e expor ao professor e à turma, em tempo real, o resultado dos testes, possibilitando a discussão das questões. Podem ser utilizados, também, os cartões-resposta ou votação das respostas com levantamento das mãos. (DUMONT; CARVALHO; NEVES, 2016).

Usualmente, nos testes conceituais, ao errarem, os alunos não perdem ponto porque o objetivo é gerar a colaboração. Durante as aulas os alunos são avaliados (avaliação formativa), logo qualquer desvio dos objetivos pedagógicos do professor ou insatisfação de aprendizagem por parte dos alunos podem ser contornados antes da prova que, geralmente, detém um maior peso na média final. (DUMONT; CARVALHO; NEVES, 2016).

#### 2.4.2.8 Ensino Híbrido (*Blended Learning*)

A metodologia do ensino híbrido consiste na aplicabilidade do ensino presencial e virtual ao mesmo tempo. O aluno deverá ter acesso aos conteúdos na sua casa e o debate ocorrerá em sala de aula. Assim, contribui-se para novas possibilidades de reflexão e criticidade. (CRUZ *et al.*, 2016).

Figura 17 - Sistema de Ensino Híbrido



Fonte: SELEME *et al.* (2014).

Os cursos propostos no Blended Learning integram o estudo online com o estudo presencial, de maneira a obter vantagens valiosas dentro de um planejamento pedagógico. Não se deve, no entanto, apenas combinar o presencial com o a distância a fim de economizar tempo. (VIGNARE, 2007).

Na Tabela 2, Seleme *et al.* (2014) apresenta os principais benefícios e barreiras na aplicação do Ensino Híbrido em cursos de graduação.

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens do Ensino Híbrido em cursos superiores

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Flexibilidade de horários e locais	Problemas dos alunos com a utilização da tecnologia
Melhoria no feedback	Falta de apoio institucional
Maior interação do aluno	Requer organização e disciplina do aluno
Melhoria nas condições de autoaprendizagem	Experiência prévia da faculdade com a tecnologia

Fonte: Adaptado de SELEME *et al.* (2014).

## 2.5 O curso de Engenharia Civil na UFC

No intuito de contribuir para a sugestão de novas metodologias para o ensino integrado de BIM, um dos objetivos do trabalho, deve-se discutir brevemente a estrutura do curso em foco neste estudo.

O curso de Engenharia Civil da UFC ofertado em Fortaleza teve seu primeiro vestibular em 1956. Oferece, atualmente, 120 vagas por ano para turma integral no Centro de Tecnologia, Campus do Pici. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2017f).

Em mais de meio século de existência, o curso passou por mudanças no seu currículo, principalmente no que se refere ao desenho técnico. A seguir são apresentados o atual Plano Curricular de Engenharia Civil e breve histórico do ensino de desenho até a introdução do BIM.

### 2.5.1 Estrutura Curricular

De acordo com o Plano Pedagógico de Engenharia Civil da UFC (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2004), o curso possui atualmente estrutura curricular formada por 49 disciplinas obrigatórias, pelo menos 48 disciplinas eletivas e 15 optativas, abrangendo 10 períodos.

No primeiro ano, o curso tem uma parte comum aos demais cursos de engenharia, chamada de Conteúdos Básicos (disciplinas obrigatórias). Atualmente, a maioria dessas disciplinas está sob responsabilidade do Departamento de Integração Acadêmica e Tecnológica (DIATEC) e de outros departamentos do Centro de Ciências.

Os anos seguintes são específicos para cada curso e abrangem outros três grupos de disciplinas classificadas conforme os conteúdos: Conteúdos Profissionalizantes (disciplinas obrigatórias); Conteúdos Específicos (disciplinas eletivas) e Conteúdos Complementares (disciplinas optativas, pesquisa, participação em eventos, cursos, etc.).

Figura 18 - Grupos de disciplinas dos cursos de engenharia da UFC

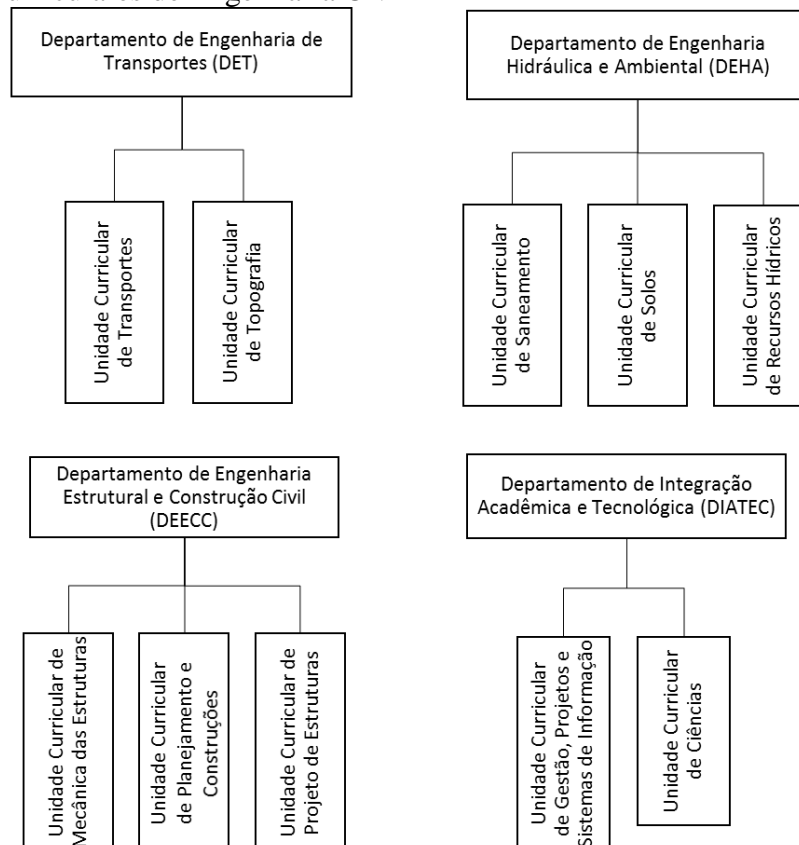


Fonte: Adaptado de Universidade Federal do Ceará (2004).

Os conteúdos específicos estão presentes em outros departamentos que formam a Estrutura Acadêmica-Administrativa do curso: Engenharia de Transportes (DET), Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA) e Engenharia Estrutural e Construção Civil (DEECC).

Cada departamento é dividido em diferentes unidades curriculares, as quais são responsáveis por diferentes grupos de disciplinas obrigatórias e optativas (Figura 19).

Figura 19 - Estrutura Acadêmica-Administrativa e Unidades Curriculares de Engenharia Civil



Fonte: Adaptado de Universidade Federal do Ceará (2004) e De Alencar (2017).



A maioria das disciplinas é semestral, com exceção de 4 disciplinas obrigatórias anuais de Conteúdos Básicos no primeiro ano do curso.

Na Tabela 3 abaixo, é mostrada a distribuição, entre os 10 semestres para uma graduação regular, das disciplinas obrigatórias que compreendem os Conteúdos Básicos e os Conteúdos Profissionalizantes.

Tabela 3 - Estrutura Curricular Obrigatória de Engenharia Civil da UFC

1º semestre	2º semestre
Cálculo Fundamental	Cálculo Fundamental
Física Fundamental	Física Fundamental
Química Geral para Engenharia	Química Geral para Engenharia
Introdução à Engenharia	Introdução à Engenharia
Programação Computacional para Engenharia Civil	Álgebra Linear
Desenho para Engenharia	Probabilidade e Estatística
3º semestre	4º semestre
Mecânica para Engenharia Civil I	Mecânica para Engenharia Civil II
Materiais de Construção I	Materiais de Construção II
Matemática Aplicada à Engenharia Civil	Métodos Numéricos aplicados à Engenharia Civil
Eletromagnetismo	Engenharia Ambiental
Topografia	Eletrotécnica
Cálculo Vetorial Aplicado	Fundamentos da Administração
Fundamentos da Economia	
5º semestre	6º semestre
Resistência dos Materiais I	Resistência dos Materiais II
Projeto e Construções de Edifícios I	Projeto e Construções de Edifícios II
Mecânica dos Solos I	Mecânica dos Solos II
Análise e Planejamento de Sistemas de Transportes	Projeto e Construção da Infraestrutura Viária
Mecânica dos Fluidos	Hidráulica Aplicada
Engenharia Econômica	
7º semestre	8º semestre
Análise de Estruturas I	Análise de Estruturas II
Estruturas de Concreto I	Estruturas de Concreto II
Gerenciamento da Construção Civil I	Estruturas de Aço I
Projeto e Construção da Superestrutura Viária	Pontes I
Higiene Industrial e Segurança do Trabalho	Operação de Sistemas de Transportes
Saneamento I	Saneamento II
Hidrologia	Barragens
9º semestre	10º semestre
Projeto de Graduação I	Projeto de Graduação II
Estágio Supervisionado para Engenharia Civil	

Fonte: Universidade Federal do Ceará (2017a).

Já na Tabela 4 a seguir, são mostradas algumas das disciplinas eletivas que

compreendem os Conteúdos Específicos.

Tabela 4 - Parte da Estrutura Curricular Optativa de Engenharia Civil da UFC

Álgebra Aplicada I	Tópicos de Construção Civil
Alvenaria Estrutural I e II	Estruturas de Aço II
Estruturas de Alumínio	Estruturas de Concreto Pré-moldado
Estruturas de Concreto Protendido	Estruturas de Fundação
Estruturas de Madeira	Gerenciamento na Construção Civil II
Patologia e Recuperação de Estruturas de Concreto	Pontes II
Tomada de Decisão na Engenharia	Planejamento Urbano e os Transportes
Instalações Hidráulicas e Sanitárias	Portos
Fundações	Gestão de Resíduos Sólidos

Fonte: Adaptado de Universidade Federal do Ceará (2017a).

A lista completa das disciplinas dos Conteúdos Específicos e Complementares encontra-se no Anexo A.

### ***2.5.2 Histórico do ensino do Desenho, CAD e BIM até a criação da disciplina MIC***

Para a aprovação da disciplina Modelagem da Informação e da Construção (MIC) no currículo de Engenharia Civil da UFC, houve mobilização por parte dos docentes e estudantes. Por isso, por meio de entrevistas com professores do Departamento de Integração Acadêmica e Tecnológica (DIATEC), alunos de grupos de pesquisa, Centro Acadêmico (CA) e Programa de Educação Tutorial (PET) e pesquisa de Planos de Ensino e Plano Pedagógico deste curso, apresenta-se o histórico de ensino de Desenho Técnico, CAD e BIM e das iniciativas que culminaram na implantação da MIC.

Figura 20 - Logotipo do DET



Fonte: DET (2017).

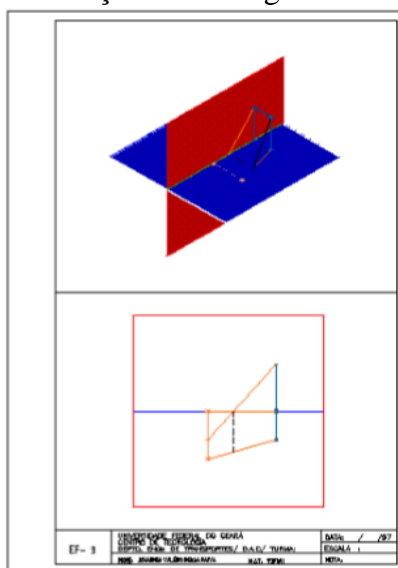
Os Planos de Ensino em relação aos cursos de desenho mais antigos, arquivados no DET - último responsável por essas disciplinas antes do DIATEC -, são de Geometria Descritiva I e II nos anos de 1969 e 1970 da antiga Escola de Engenharia. Elas abordavam

elementos, propriedades e operações de geometria projetiva, sistema diédrico, pontos, ângulos, figuras planas e curvas, intersecções, perspectiva linear e cônica, axonometria e superfícies topográficas. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1975; UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1977; CAVALCANTE, 2017).

A partir de 1992, com a vigência de uma nova Matriz Curricular, Geometria Descritiva I e II foram substituídas por Desenho I e II. Inicialmente, houveram mudanças na ementa, como a inclusão do ensino da perspectiva cavaleira, trabalho com sólidos, aplicações em estradas e estudo de telhados. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1992). Além disso, por causa da movimentação do mercado em relação ao desenho virtual, o ensino teórico de CAD começou a ser implementado nas disciplinas de Desenho. (DE ALENCAR, 2017).

Ainda devido à essa crescente demanda pelo ensino de CAD, foi criada, em 1993, a disciplina de Desenho Assistido por Computador (DAC). Nela eram abordados os conceitos, vantagens e desvantagens do AutoCAD®, comandos básicos e de edição, texto, cotas, criação de blocos, escala, desenho isométrico e tridimensional, sistema de coordenadas e de mapa topográfico e impressão. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1993). Alguns anos mais tarde, outras disciplinas da grade curricular do curso começaram a requerer a aplicação do CAD na elaboração de atividades e projetos, como nas disciplinas de Projeto e Construção de Edifícios I e II. (DE ALENCAR, 2017).

Figura 21 - Tela do arquivo de visualização de um segmento AB



Fonte: Cavalcante, Dutra e Caetano (1999).

Para auxiliar os estudantes de desenho na visualização e interpretação das

diferentes posições de sólidos, retas e pontos, como pôde ser visto na Figura 21 anteriormente, foi introduzido, no ensino da Geometria Descritiva, o Autocad® Release 14.0 como uma ferramenta de modelagem tridimensional em 1999. Esse projeto, denominado *Edro.dwg*, abordou a importância do uso das tecnologias no ensino das representações gráficas tradicionais sem se restringir ao mero manuseio dos programas computacionais, além de incentivar a inclusão de outros aplicativos na grade dos cursos de engenharia. (CAVALCANTE; DUTRA; CAETANO, 1999; CAVALCANTE, 2017).

Em meados de 2000, a disciplina de DAC sofreu uma mudança no conteúdo do seu Plano de Ensino. Desse modo, incluiu visitas de campo, desenvolvimento de projetos, elaboração de plantas e cortes e modelagem 3D. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1993; CAVALCANTE, 2017).

Na nova mudança da Matriz Curricular em 2005, houve novamente a substituição de disciplinas. Dessa vez, Desenho I e II tornaram-se a disciplina anual de Desenho para Engenharia (DPE). (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2017a). Além de manter o conteúdo das disciplinas que substituiu, passou a incluir tópicos de vistas ortográficas, cortes, seções, perspectiva isométrica e noções de computação gráfica. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2013). Nos últimos anos, sofreu uma redução de carga horária de 128 para 64 horas. Com isso, os docentes viram-se obrigados a reduzir o volume de conteúdo da disciplina, dando, assim, mais atenção ao conteúdo básico. (CAVALCANTE, 2017).

Figura 22 - Logotipo do CA



Fonte: CA (2017b).

A partir de 2007, suprimindo a necessidade dos discentes de Engenharia Civil e do mercado cada vez mais exigente desta ferramenta, o Centro Acadêmico (CA) começou a oferecer, desde então, um curso extensão de AutoCAD® de 30 a 40 horas-aula aos sábados. Seu conteúdo incluía desde funções básicas de desenho, edição e impressão até noções de projetos de arquitetura e engenharia no *software*. (CA, 2017a).

Com o início da disseminação da filosofia BIM, iniciaram em 2010 na UFC, a

elaboração dos primeiros Projetos de Graduação acerca desse tema. Mas somente a partir de 2013, o número de Trabalhos de Conclusão de Curso e pesquisas de Iniciação à Docência sobre o BIM tornou-se significativo. (DE ALENCAR, 2017).

Figura 23 - Logotipo do PET



Fonte: PET (2017b).

Figura 24 - Logotipo da II Semana de Engenharia Civil



Fonte: SEC (2017).

Ao analisar todo e qualquer evento nesse curso da UFC que envolva o ensino de BIM, deve-se considerar um minicurso oferecido pelo Programa de Educação Tutorial (PET) na II Semana de Engenharia Civil em 2012 com iniciativa do aluno Luciano Hamed. Apesar de ter tido uma curta duração de 6 horas-aula, esse foi o primeiro contato com o BIM de muitos estudantes recém-ingressos no curso. Foram abordados os conceitos e benefícios da filosofia, além de uma pequena atividade prática na ferramenta Revit®. (PET, 2017a; CAVALCANTE, 2017).

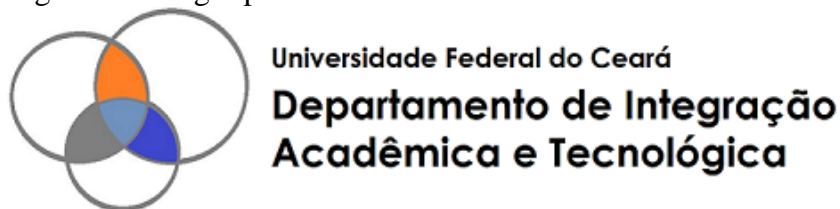
Acompanhando as mudanças do mercado que começava a demandar o conhecimento dos profissionais sobre esse processo, os docentes tomaram a iniciativa de incluir informalmente nas disciplinas de DPE e DAC o ensino sobre BIM a partir de 2013. Logo, nos últimos momentos do semestre letivo, eram abordadas e discutidas a teoria e vantagens dessa filosofia. (CAVALCANTE, 2017).

Já em 2015, alguns discentes de Engenharia Civil - em especial, Luciano Hamed, Bruno e Mateus Capistrano -, com o apoio do Prof. Dr. Antônio Paulo de Hollanda Cavalcante, criaram um grupo de estudos sobre o BIM. Dessa forma, os integrantes estudavam tópicos sobre a filosofia, inclusive sobre ferramentas computacionais relacionadas, e compartilhavam o conhecimento adquirido com os demais uma vez por semana. Nesses encontros, separava-se, também, um período para a modelagem e compatibilização dos projetos de uma residência. (CAVALCANTE, 2017).

Em agosto do mesmo ano, foi aprovada pelo Conselho Universitário, a criação do Departamento de Integração Acadêmica e Tecnológica (DIATEC). A iniciativa de anos era de reunir professores de diversas áreas, como Desenho, Física, Álgebra, Cálculo, etc. de forma a

aproximar o conhecimento e objetivos afins em um mesmo departamento para uma maior integração do ensino. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2017b). A partir de então, as disciplinas DPE e DAC passaram a ser oferecidas pelo DIATEC.

Figura 25 - Logotipo do DIATEC



Fonte: Universidade Federal do Ceará (2017b).

No segundo semestre de 2016, o DIATEC direcionou esforços para a criação de uma disciplina que tivesse como foco o ensino de BIM no curso de Engenharia Civil, visto que, apesar da sua introdução em outras disciplinas, como em DPE e DAC, tornou-se necessária dedicação maior para essa filosofia nos últimos anos. Dessa forma, surgiu o projeto para a aprovação da disciplina Modelagem da Informação e da Construção (MIC). A disciplina foi aprovada em reunião do DIATEC, no entanto foi rejeitada pois, segundo a relatoria reunida no Conselho da Câmara de Graduação, havia sobreposição de conteúdos em relação à uma disciplina do curso de Arquitetura e Urbanismo. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2017d).

Figura 26 - Logotipo do EPE



Fonte: Universidade Federal do Ceará (2017c).

Ato seguinte, o grupo de estudos sobre BIM criado em 2015 deu origem ao Escritório de Projetos Integrados de Engenharia (EPE) no presente ano de 2017. Do grupo de estudos, foram transferidos todos os seus 5 membros e, a partir de um processo seletivo composto de prova e entrevista, aumentou-se em 11 esse número. O EPE ainda mantém a logística do grupo que lhe deu origem com o estudo e compartilhamento de conhecimento

entre seus componentes. A principal atividade do Escritório é modelar o Bloco 717 do Centro de Tecnologia da UFC que será futuramente utilizado como projeto-piloto na disciplina MIC. Além disso, seus componentes tem a intenção de elaborar uma metodologia de modelagem para seus projetos seguintes. (SOUSA, 2017).

Em 2017, com o objetivo de avaliar a viabilidade e a demanda pela MIC depois de sua reprovação, o CA realizou uma consulta aos estudantes do curso por meio de um formulário online. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2017e). As 188 respostas originaram um documento entregue ao DIATEC para ser anexado à um novo recurso de aprovação da disciplina. Finalmente, em abril de 2017, foi aprovada por uma nova reunião de departamento e, em seguida, autorizada pela Câmara de Graduação em agosto do mesmo ano. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2017d).

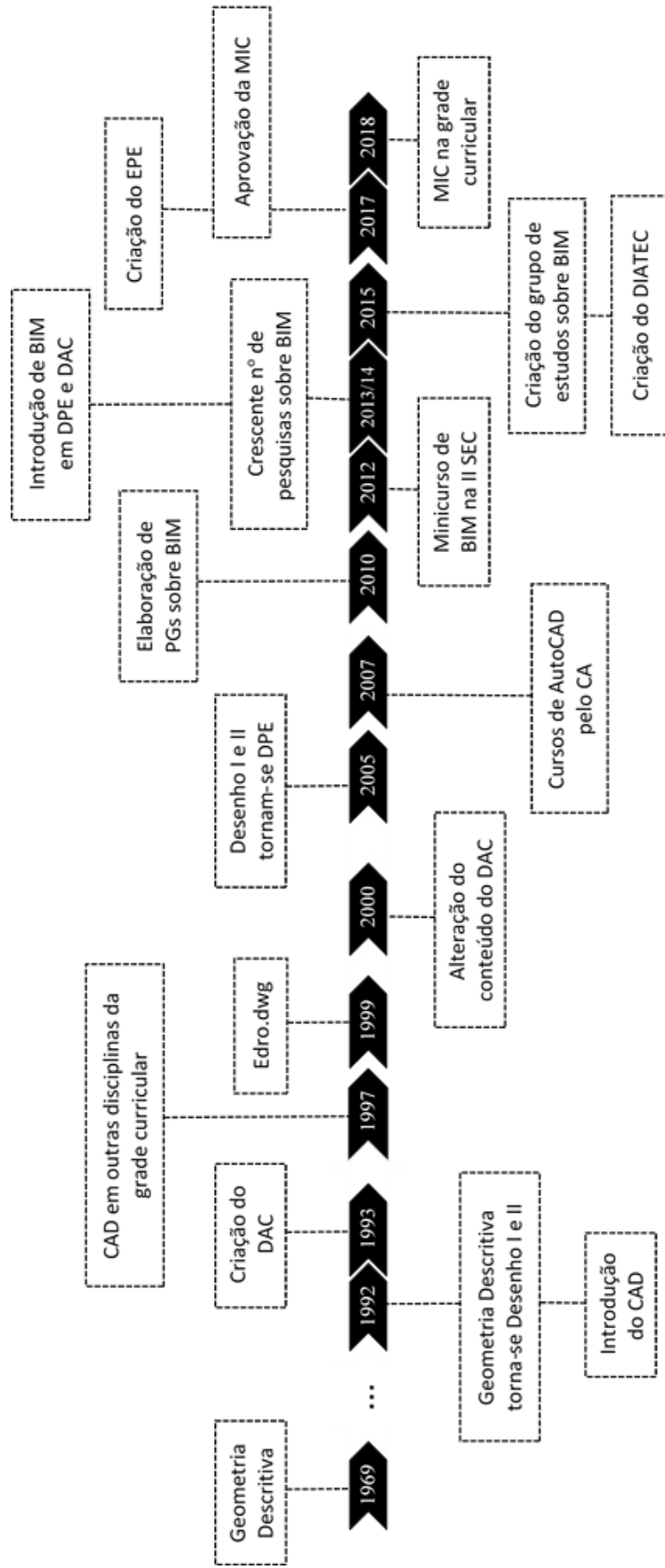
Também em 2017, com dedicação dos professores do DIATEC e estudantes, foram aprovados no COBENGE (Congresso Brasileiro de Educação e em Engenharia) seis artigos, dentre estes, quatro relacionados ao ensino de desenho ou BIM. (DE ALENCAR, 2017).

Depois de grande esforço por parte dos docentes do DIATEC e mobilização dos estudantes de Engenharia Civil, como discutido neste tópico, a disciplina MIC pode ser finalmente ofertada aos alunos no ano letivo de 2018. (DE ALENCAR, 2017).

Na próxima página, está resumida, em uma linha do tempo, o histórico de ensino de Desenho Técnico, CAD e BIM no curso de Engenharia Civil da UFC até a implantação da MIC discutido neste tópico.

Em seguida, são apresentadas as principais características de uma disciplina voltada para o BIM que a autora cursou no exterior. Com isso, pode-se considerar sua estrutura na discussão dos métodos de ensino-aprendizagem de BIM e na implantação da MIC, pontos nos quais o presente trabalho tange.

Figura 27 - Linha do Tempo sobre o ensino de Desenho na Engenharia Civil da UFC



Fonte: Elaborada pela autora.



## 2.6 Experiência com a disciplina BIM nos Estados Unidos

Com o Decreto Nº 7.642, de 13 de dezembro de 2011, instituiu-se o Programa Ciências sem Fronteiras com o intuito de “promover [...] a formação de estudantes brasileiros, conferindo-lhes a oportunidade de novas experiências educacionais e profissionais em áreas prioritárias e estratégicas para o Brasil.” (BRASIL, 2011).

O mencionado programa proporcionou à autora, por meio da disciplina *CEE-392 Building Information Modeling (BIM) - Fall 2014* da *University of Wisconsin-Madison (UW)*, nos Estados Unidos, a oportunidade de contato com essa filosofia ainda em introdução no Brasil e, conseqüentemente, estímulo para a produção do presente Trabalho de Conclusão de Curso.

Figura 28 - Logotipo da University of Wisconsin-Madison



Fonte: UW (2017).

O seu Plano de Ensino, o qual encontra-se completo no Anexo B, apresenta brevemente os tópicos contemplados e descreve a disciplina como:

Tópicos avançados de interesse especial para alunos de graduação do último ano e estudantes de pós-graduação em engenharia e gerenciamento da construção. Este curso foi concebido para proporcionar aos alunos um conhecimento fundamental sobre os usos do Building Information Modeling (BIM) no processo de projeto e construção. Os alunos aprenderão como diferentes ferramentas BIM são usadas para planejar, coordenar e analisar o processo de construção. Os alunos serão principalmente expostos ao Autodesk® Revit® e Navisworks® Manage. (UNIVERSITY OF WISCONSIN-MADISON, 2017a, tradução nossa).

Ela possui como único pré-requisito a disciplina *ME-160 Architectural Graphics* ou *ME-170 Civil Engineering Graphics* que podem ser definidas como equivalentes ao Desenho para Engenharia da UFC, nas quais são abordadas construção geométrica, projeções ortográficas, projeções isométricas, oblíquas e de perspectiva, geometria descritiva, introdução ao desenho assistido por computador e aplicações para problemas de engenharia civil. (UNIVERSITY OF WISCONSIN-MADISON, 2017b).

### 2.6.1 Aulas

As aulas aconteciam uma vez por semana com 2:30 horas de duração e consistiam em palestras e demonstração de ferramentas dos *softwares* mencionados no Plano de Ensino.

Figura 29 - Divisão das aulas da disciplina *CEE-392 Building Information Modeling (BIM) - Fall 2014*

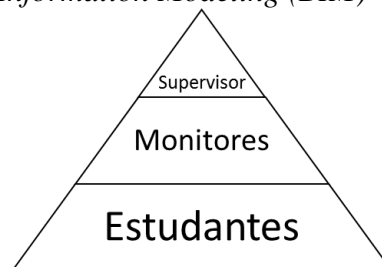


Fonte: Elaborada pela autora.

Houveram três palestras, as quais foram apresentadas por profissionais escritórios convidados que aplicavam o BIM em seus projetos. Foram, geralmente, mostradas as áreas onde a empresa implementou a metodologia e seus benefícios, exemplos de projetos modelados, planilhas e cortes gerados e animações elaboradas nos programas estudados.

Nas demais aulas, os *TAs* (*Teacher Assistant*, Assistente do Professor ou Monitor, em português) apresentaram as aplicações das ferramentas do Revit® e do Naviswork®. No início de cada aula, os estudantes tinham acesso a um arquivo com o passo-a-passo de algumas funções do programa. Então, um dos *TAs* demonstrava alguns dos processos enquanto os estudantes assistiam. Em seguida, os alunos iniciavam a exercitar o que foi demonstrado e poderiam tirar dúvidas com os monitores no resto da aula. Um desses arquivos das aulas práticas é apresentado no Anexo C.

Figura 30 – Hierarquia da disciplina *CEE-392 Building Information Modeling (BIM) - Fall 2014*



Fonte: Elaborada pela autora.

Como pôde ser notado, não existe a figura do professor durante as aulas. O supervisor da disciplina, especialista em gerenciamento na construção civil com interesse em *Integrated Project Delivery* e *Lean Construction*, esteve disponível, no entanto, para atendimento individual extraclasse sobre alguma questão referente à organização e metodologia da disciplina. (UNIVERSITY OF WISCONSIN-MADISON, 2017a).

### 2.6.2 Avaliação dos estudantes

A avaliação do desempenho dos estudantes é dividida entre as notas das 3 fases do projeto em grupo (*Project Submittal*), das atividades de leitura (*Reading Assignment*), das atividades de modelagem (*Modeling Assignment*) e da assiduidade (*Attendance*), conforme a Tabela 5 abaixo:

Tabela 5 - Avaliação do desempenho dos alunos da disciplina *CEE-392 Building Information Modeling (BIM) - Fall 2014*

Projeto em grupo	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
	1-5%	2-20%	3-25%	50%
Atividades de leitura	10%			
Atividades de modelagem	30%			
Assiduidade	10%			

Fonte: University of Wisconsin-Madison (2017a).

O único projeto em grupo do semestre teve o propósito de explorar o uso do Revit® e do Naviswork® para recriar um projeto já existente a partir dos conceitos aprendidos sobre o BIM. Cada grupo deveria submeter os arquivos de cada fase em uma pasta online para correção e comentários.

Os grupos foram formados aleatoriamente para que os componentes não fossem colegas próximos, os quais, no final do semestre, tiveram que avaliar uns aos outros. As notas atribuídas a cada um dos outros componentes foi considerado na nota final individual do projeto.

Na última aula da disciplina, os grupos fizeram uma apresentação sobre cada uma das fases do projeto, a solução para a renovação de um dos ambientes da edificação, vídeo elaborado no Naviswork® com um passeio pelo prédio e utilização de um *smartphone* para a visualização do modelo.

As três fases do projeto em grupo e seus requisitos são apresentados na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - Fases do projeto em grupo da disciplina *CEE-392 Building Information Modeling (BIM) - Fall 2014*

<b>Fase 1 50% Project Submittal</b>	<b>Fase 2 90% Project Submittal</b>	<b>Fase 3 100% Project Submittal</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Modelar o projeto inteiro (arquitetura, estrutura e mecânica)</li> <li>· Utilizar famílias genéricas</li> <li>· Arquivos do Revit® e em PDF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Revisar as correções da Fase 1</li> <li>· Criar famílias customizadas</li> <li>· Teste de interferência entre os elementos</li> <li>· Arquivos do Revit®, Naviswork® e em PDF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Revisar as correções da Fase 2</li> <li>· Criar simulação 4D</li> <li>· Sugerir e modelar a renovação de um dos ambientes do projeto</li> <li>· Apresentação do projeto</li> <li>· Arquivos do Revit®, Naviswork® e em PDF</li> </ul>

Fonte: Elaborada pela autora.

As quatro atividades de leitura do semestre contribuíram para o entendimento do processo do BIM. Elas eram postadas online de acordo com o cronograma da disciplina e deveriam ser respondidas conforme com o formato indicado pela atividade e, então, enviadas online até antes da aula da semana de entrega. Essas atividades consistiram, normalmente, na leitura de uma artigo e discussão do que é pedido em uma ou duas páginas. No exemplo de atividade de leitura do Anexo D, foi demandado a discussão de dois benefícios do BIM apresentados em um artigo e, em seguida, elaborar um exemplo de como os membros da equipe de um projeto podem comunicar-se melhor durante a fase de construção.

As cinco atividades de modelagem tiveram a intenção de avaliar o aprendizado das habilidades dos *softwares* em sala. Essas atividades consistiam no conteúdo das aulas práticas apresentadas pelos *TAs*, as quais foram descritas no tópico anterior, e que deveriam ser modeladas de acordo com as instruções. Elas também eram postadas online e obedeciam às mesmas regras das atividades de leitura.

Se as atividades ou fases do projeto não fossem postadas online até o dia e horário previstos, seriam deduzidos 10 pontos da nota. E para cada 24 horas de atraso, outros 10 pontos seriam retirados. A pontuação vinculada para cada tarefa era de 0 a 100 pontos.

As fases do projeto em grupo e atividades individuais eram alternadas durante o semestre de acordo com o cronograma da disciplina apresentado no Anexo E. A organização do cronograma segue o esquema apresentado na Tabela 7 a seguir.

Tabela 7 - Modelo de cronograma da disciplina disciplina *CEE-392 Building Information Modeling (BIM) - Fall 2014*

<b>Semana</b>	<b>Data</b>	<b>Tópicos abordados em sala</b>	<b>Atividade atribuída</b>	<b>Atividade a ser entregue</b>
6	09/04/14	Modelagem 4 sobre o Revit Palestra com convidado	Modelagem 3	Leitura 3

Fonte: Elaborada pela autora.

### 3 METODOLOGIA

Diante do que foi apresentado na Revisão Bibliográfica e no intuito de atender aos objetivos indicados inicialmente, é traçado abaixo um plano de pesquisa e discussão a ser realizado.

Primeiramente, explorou-se o nível atual do ensino e pesquisa de BIM nas demais instituições que oferecem o curso de Engenharia Civil em Fortaleza. Para isso, foi feito contato por telefone ou pessoalmente com os coordenadores ou professores responsáveis pelo ensino das disciplinas de desenho técnico dos cursos de Engenharia Civil das demais universidades/faculdades na cidade, o que compreende instituições particulares e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

A pesquisa foi realizada com base nas quatro perguntas apresentadas a seguir:

- a) há uma disciplina específica para o ensino do BIM? Se sim, algum *software* é utilizado neste processo ou a disciplina é predominantemente teórica?
- b) a prática de BIM é implementada em outras disciplinas?
- c) há grupos de pesquisa ou iniciação à docência/científica com a elaboração de artigos sobre o BIM?
- d) existem iniciativas sobre o BIM na pós-graduação?

Depois da criação da disciplina MIC para o ensino de BIM na UFC, sua primeira turma acontecerá no primeiro semestre de 2018. Para isso, são sugeridas metodologias de ensino, referências bibliográficas, um manual para as atividades acerca da ferramenta computacional e demais disciplinas do currículo da Engenharia Civil que podem aplicar o BIM.

Inicialmente, discute-se a escolha da metodologia de ensino desta disciplina a partir da Revisão Bibliográfica sobre as Metodologias Ativas e, também, levando em consideração os fundamentos da filosofia BIM. É importante, igualmente, elaborar uma forma de justificar a escolha de tal metodologia pedagógica e apresentar seus benefícios para uma maior probabilidade de acolhimento pelos estudantes.

No intuito de indicar um modelo de referência bibliográfica para o ensino do BIM na disciplina, é imprescindível supor a escolha de um material claro, atual, objetivo e sintético para estimular o interesse dos alunos. Nesse sentido, a intenção da recomendação é agilizar o processo de análise do conteúdo e facilitar a assimilação da prática da metodologia BIM pelos estudantes no processo de aprendizagem.

Para isso, são considerados os artigos, monografias e dissertações, nacionais e

internacionais, de repositórios digitais das principais universidades brasileiras, periódicos eletrônicos brasileiros de relevância, anais de eventos e bases de dados digitais que, dentre os documentos utilizados na composição do presente trabalho, abordem o BIM de forma semelhante aos artigos das atividades teóricas da disciplina norte-americana apresentada no tópico 2.6.

Posteriormente, a partir das grandes áreas abordadas no curso de Engenharia Civil presentes na sua grade curricular já apresentadas no item 2.5.1, serão sugeridos assuntos a serem considerados na elaboração de um futuro manual base para apoio às atividades práticas das ferramentas computacionais Revit® e Naviswork®, ambas pertencentes à Autodesk®. São consideradas como base desses tópicos sugeridos, as páginas de Ajuda Online de cada *software* oferecidas gratuitamente pela empresa.

Finalmente, de modo a incentivar a integração das demais disciplinas do curso de Engenharia Civil com a prática do BIM, serão indicadas outras disciplinas do curso que podem abordar o tema teoricamente ou sugerir seu uso na elaboração de suas atividades. São julgadas todas as disciplinas obrigatórias e as optativas oferecidas com maior frequência nos últimos anos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir são apresentados os resultados e análises para as pesquisas do estado atual de implantação do BIM pelos cursos de Engenharia Civil oferecidos em Fortaleza, discussão sobre a escolha da metodologia de ensino do BIM mais adequada para a UFC, sugestão de referências bibliográficas a serem abordadas na disciplina MIC para consulta e atividades de leitura, proposição da elaboração de um manual para a abordagem de *softwares* que apliquem a filosofia e indicação de outras disciplinas que podem implantar o BIM no seu plano de ensino.

### 4.1 Estágio atual de ensino do BIM nos demais cursos de Engenharia Civil de Fortaleza

As instituições que oferecem o curso de Engenharia Civil em Fortaleza são Faculdade Ari de Sá, Faculdade Ateneu, Centro Universitário Estácio do Ceará, Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza (Fametro), Faculdade Devry Fanor, Faculdade Farias Brito (FFB), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Centro Universitário 7 de Setembro (Uni7), Centro Universitário Christus (Unichristus), Universidade de Fortaleza (Unifor) e Universidade Federal do Ceará (UFC).

Tabela 8 – Resultado da pesquisa sobre o cenário de implantação do BIM nos cursos de Engenharia Civil de Fortaleza em 2017

Instituição	Ano de criação do curso	Disciplina sobre BIM	Outras disciplinas com BIM	Pesquisas	Pós-graduação
Ari de Sá	2015	•	•	•	
Ateneu	2014		•		
Estácio	2015		•		
Fametro	2016				
Fanor	2012			•	
FFB	2014				
IFCE	2011				
Uni7	2016		•		
Unichristus	2012		•		
Unifor	1973			•	
UFC	1956		•	•	

Fonte: Elaborada pela autora.

A Tabela 8 acima apresenta os resultados referentes à pesquisa do cenário de implantação do BIM nessas instituições em relação à existência de alguma disciplina dedicada ao seu ensino, outras disciplinas que o incluam no seu currículo, grupos de estudo/pesquisas

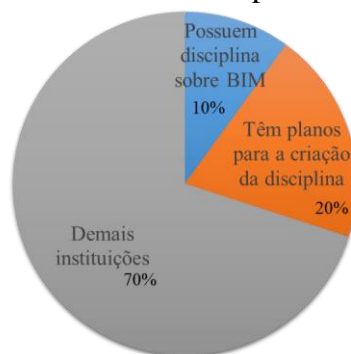
sobre o assunto e pós-graduação dedicada ao BIM. Além disso, também o ano de fundação de cada um dos cursos de Engenharia Civil.

No Apêndice A, é apresentada uma tabela com observações acerca das entrevistas realizadas para essa pesquisa. Nela são transcritos alguns pontos relevantes mencionados pelos entrevistados e que serão discutidos a seguir.

A análise realizada a seguir não inclui a UFC, a qual foi incorporada na Tabela 8 apenas para comparação, visto que seu ensino de BIM foi abordado no tópico 2.5.2 *Histórico do ensino do Desenho, CAD e BIM até a criação da disciplina MIC*.

Até o presente ano de 2017, apenas uma das dez instituições oferecia uma disciplina com foco em BIM na sua grade curricular. No entanto, pelo menos duas têm intenção de criar a disciplina nos próximos anos, duas oferecem cursos de extensão sobre o BIM e pelo menos três oferecem cursos de extensão para o ensino de ferramentas computacionais como o Revit®.

Gráfico 2 – Taxa dos cursos de Engenharia Civil em Fortaleza com disciplinas sobre BIM



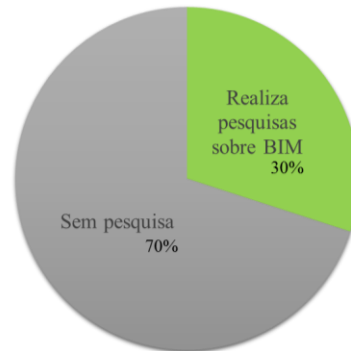
Fonte: Elaborado pela autora.

Como pode-se notar, a maioria dos cursos de Engenharia Civil da cidade foi criada nos últimos seis anos, com exceção da Unifor e da UFC. Alguns entrevistados justificaram a ausência de uma disciplina sobre BIM no currículo por causa desse pouco tempo de existência do curso.

Outro ponto a ser observado refere-se às pesquisas realizadas sobre BIM. Percebe-se que há estudos sobre o assunto em menos da metade dos cursos. Os entrevistados admitiram que a iniciativa dos alunos foi preponderante para que os estudos sobre a filosofia acontecessem.



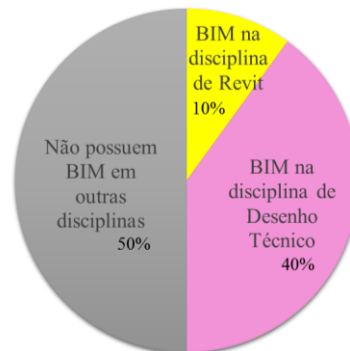
Gráfico 3 – Taxa dos cursos de Engenharia Civil em Fortaleza que realizam pesquisas sobre BIM



Fonte: Elaborado pela autora.

Além disso, cinco das dez instituições possuem outras disciplinas que abordem o BIM nos seus planos de ensino. Em quatro delas, a abordagem ocorre em disciplinas de Desenho Técnico e/ou Gerenciamento e, na outra, o BIM é abordado superficialmente em uma disciplina de ensino do *software* Revit®.

Gráfico 4 - Taxa dos cursos de Engenharia Civil em Fortaleza que implementaram BIM em outras disciplinas



Fonte: Elaborado pela autora.

O último ponto a ser mencionado é a ausência de pós-graduação sobre o BIM nas instituições pesquisadas, entretanto uma delas tem o intuito de criar uma nos próximos anos. Por outro lado, existem institutos de ensino em Fortaleza especializados em pós-graduação, que não foram o foco da pesquisa, que oferecem esse tipo de formação, como é o caso do Instituto Brasileiro de Educação Continuada (INBEC).

## 4.2 Metodologia de ensino

Na discussão sobre metodologias de ensino a serem implementadas na MIC, deve-se considerar o perfil do estudante de Engenharia Civil da UFC e avaliar sua possibilidade de aceitação frente a esse novo projeto pedagógico. Não seria promissor elaborar uma disciplina com uma metodologia de ensino ambiciosa e revolucionária caso houvesse desinteresse por parte dos discentes. Como o ambiente acadêmico oferece na sua maioria o ensino de disciplinas de maneira tradicional, a aplicação das Metodologias Ativas precisa dar-se de maneira gradual.

Outro desafio na escolha da metodologia mais adequada para o ensino do BIM é balancear o ensino prático e o teórico. A teoria compreende sua definição e objetivos, os benefícios de sua implantação para proprietários, empreiteiros, clientes, engenheiros e arquitetos e as barreiras para o seu completo estabelecimento. Apesar desse conhecimento ser suficiente para a incorporação da filosofia, já que o BIM não aborda a aplicação mecanicista de programas computacionais, a habilidade prática sobre os *softwares* e o comportamento profissional frente às diversas disciplinas de um empreendimento (elétrica, arquitetônica, estrutural, entre outras) e os outros componentes da equipe de projeto são essenciais para a formação dos profissionais exigidos pelo mercado.

Inicialmente, para a escolha ótima da metodologia de ensino a ser implementada na disciplina MIC a partir das principais Metodologias Ativas apresentadas no tópico 2.4.2 da Revisão Bibliográfica, pode-se iniciar com a desconsideração de algumas delas por motivos de possível resistência dos estudantes quanto às atividades propostas, não ser vantajosa para o ensino de BIM ou até mesmo falta de estrutura física.

Tabela 9 - Metodologias Ativas discutidas no tópico 2.4.2 da Revisão Bibliográfica

Aprendizagem Baseada em Problemas	Sala de Aula Invertida
Aprendizagem Baseada em Projetos	Estudo de Casos
Aprendizagem Baseada na Investigação	Instrução pelos Colegas
Aprendizagem Baseada em Equipes	Ensino Híbrido

Fonte: Elaborada pela autora.

Em relação à Aprendizagem Baseada em Problemas, que se baseia na proposição de diferentes problemas durante o período letivo com a intenção de estimular o estudo de determinados conteúdos entre grupos de alunos, é considerada uma metodologia de aprendizado teórico por ter como objetivo a discussão dos problemas sem a proposição ou prática de soluções, como pôde ser visto no tópico 2.4.2.1. Por isso, sua implantação não seria

recomendada no projeto de modelagem em grupo de um edifício modelo na disciplina MIC. Já em relação às atividades teóricas, pode-se julgar que a necessidade de escolha de um secretário e um coordenador pode desestimular a participação de estudantes que são sejam usualmente proativos em atividades em sala por que o Método Tradicional de ensino ainda é dominante na cultura de ensino brasileiro.

A Aprendizagem Baseada em Projetos, se empregada corretamente, é uma boa alternativa a ser implementada na MIC. As aulas teóricas e práticas da disciplina podem e devem oferecer um conhecimento base para o desenvolvimento do projeto, entretanto as dificuldades apresentadas no decorrer do processo estimulam o estudante a buscar novas informações e habilidades. Além disso, por meio do projeto, é possível aproximar-se de situação reais de uma futura rotina profissional do aluno e, dessa forma, exercitar a tomada de decisão, independência, comprometimento e organização. Apesar dos projetos serem realizados em grupos de estudantes, a avaliação é individual e leva em consideração a contribuição de cada um para o sucesso da atividade.

Acerca da Aprendizagem Baseada na Investigação, ela poderia ser aplicada em conjunto com a Aprendizagem Baseada em Projetos enquanto o estudante entende os obstáculos durante o projeto e busca referências para a sua solução. No entanto, o estímulo à originalidade e a criatividade na elaboração das soluções é um caminho ousado frente à novidade que é o conceito BIM aos estudantes brasileiros. Portanto, como o objetivo da MIC é a discussão dos conceitos-chave sobre a filosofia, a Aprendizagem Baseada na Investigação pode não ser uma escolha adequada.

Apesar de ser um bom complemento para a Aprendizagem Baseada em Projetos, a Aprendizagem Baseada em Equipes requer a aplicação de testes individuais e em equipe de curta duração, o que possivelmente requereria a memorização de terminologias e aplicações para sua resolução, o que não é o intuito do ensino de BIM. A intenção da disciplina deve ser incitar a discussão sobre os seus processos ao longo da cadeira produtiva de projetos na construção civil.

Em relação à Sala de Aula Invertida, na qual a organização do ensino é modificada e as atividades que antes eram realizados em casa são aplicados em sala, tem-se uma alteração da metodologia pedagógica ideal, porém consideravelmente radical. Ela requer a disponibilização do material antes da aula, como artigos, vídeos e pesquisas, e, na aula, são realizados exercícios, projetos e discussões. Sua implantação pode ocorrer, por exemplo, com a disponibilização de artigos com a aplicação de questões subjetivas acerca do que foi lido e, posteriormente, uma discussão, em duplas ou grupos do que foi abordado por cada estudante.

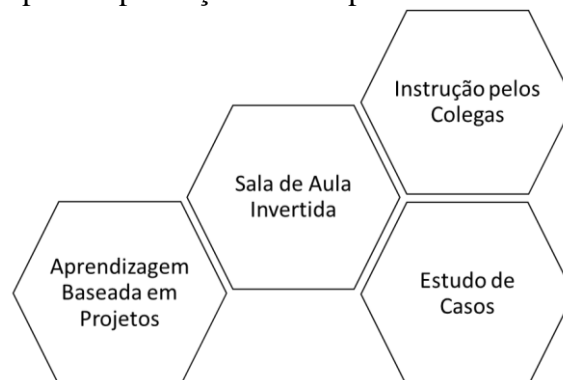
Dessa forma, os alunos podem compartilhar diferentes pontos de vista e conhecimento sobre o mesmo assunto em estudo.

O Estudo de Casos é uma boa alternativa para a disciplina MIC. Pode ser implementada em atividades teóricas ou junto da aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos. Todavia, sua implantação em diversas atividades teóricas requer muito tempo de estudo antes da aulas para a análise e domínio do professor e/ou monitores e, por isso, pode ser considerada apenas à longo prazo para a MIC. Por outro lado, em relação ao projeto da disciplina, por compreender a prática da modelagem de apenas um empreendimento por semestre, torna viável a quantidade de esforço necessário dos docentes.

A Instrução pelos Colegas estimula os alunos a aplicarem os conceitos básicos aprendidos anteriormente por meio de testes e, depois, ao explicar esses conceitos para seus parceiros. Como discutido acima, a aplicação de testes rápidos sobre o BIM requereria a memorização de conteúdos. Além disso, para a realização dos testes, a compra de *clickers* não é viável no país e o sistema de levantar as mãos ou cartões para responder desestimula e inibe os estudantes na possibilidade de errar alguma das questões. Entretanto, o ensino do assunto por meio dos colegas já foi discutido em conjunto da aplicação da Sala de Aula Invertida e tem potencial para ser implementado na MIC.

Sobre o Ensino Híbrido com a fusão do ensino presencial com o ensino a distância, o qual, de certa forma, tem relação com a Sala de Aula Invertida ao disponibilizar vídeos e materiais antes da aula, requer grande organização e planejamento dos assuntos pelos docentes e monitores e, sem dúvidas, necessita de boa estrutura tecnológica para gravação e acesso das aulas pelos alunos. Por isso, não é viável economicamente para a MIC à curto e médio prazo.

Figura 31 - Metodologias Ativas sugeridas para implantação na disciplina MIC



Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 31 apresentada anteriormente, indica que a sugestão da Metodologia Ativa mais adequada para o ensino do BIM não foi feita a partir de uma e, sim, na aplicação de quatro metodologias: Aprendizagem Baseada em Projetos, Sala de Aula Invertida, Estudo de Casos e Instrução pelos Colegas.

Na implantação de alguma das novas Metodologias Inovadoras de Ensino, é recomendável justificar a escolha de tal pedagogia no início da disciplina e apresentar seus benefícios na formação pessoal e profissional da turma para uma maior expectativa de aceitação e participação ativa dos estudantes no decorrer do período letivo. Pode-se apresentar a essência das principais metodologias e exemplificar outros cursos que já fazem utilização delas, como no curso de Medicina.

### 4.3 Referências bibliográficas

Na procura de pesquisas sobre o BIM com um formato mais dinâmico e atraente aos olhos de estudantes com pouco conhecimento prévio sobre o assunto, foram considerados os diversos formatos de publicação utilizados na produção do presente Trabalho de Conclusão de Curso. O intuito das publicações buscadas deveria apresentar os conceitos, os benefícios que a prática da filosofia pode trazer para os proprietários, profissionais e clientes e exemplos de aplicação.

Desse modo, atendendo aos requisitos enumerados acima, recomenda-se com veemência o estudo do BIM por meio de guias disponíveis online elaborados por associações de engenharia e arquitetura brasileiras ou por empresas desenvolvedoras de *softwares* com enfoque na filosofia.

Três exemplos de guias que preenchem esses requisitos são:

a) *Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras* facilitado pela CBIB - Câmara Brasileira da Indústria e da Construção (CBIC, 2016);

b) *Guia AsBEA - Boas Práticas em BIM* publicado pela AsBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA, 2013);

c) *Introdução ao BIM: Um guia para o seu primeiro projeto* da Autodesk® (AUTODESK, 2017c).

Além da linguagem simples e direta utilizada nesses documentos, os dois primeiros guias foram elaborados com a contribuição conjunta de diversos professores e/ou profissionais, o que garante uma diversidade de pontos de vista acerca do tema. Outro benefício é a novidade deles por terem sido divulgados há pouco tempo e, também, a

facilidade de atualização e reformulação com o passar dos anos em comparação aos livros físicos.

A Tabela 10 abaixo apresenta os tópicos abordados em cada uma dos volumes dos guias indicados.

Tabela 10 - Assuntos abordados nos guias sugeridos como Referência Bibliográfica para a disciplina MIC

Guia	Parte	Assunto
Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras (CBIC, 2016)	Volume 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Conceitos;</li> <li>· Benefícios;</li> <li>· Tipos de projetos e objetos;</li> <li>· Ciclo de vida de uma construção;</li> <li>· Fases mais comuns de implantação;</li> <li>· Nível de desenvolvimento (LOD).</li> </ul>
	Volume 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Obstáculos para a adoção;</li> <li>· Planejamento para implementação.</li> </ul>
	Volume 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Colaboração;</li> <li>· Interoperabilidade;</li> <li>· Integração.</li> </ul>
	Volume 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Fluxogramas do processo de planejamento.</li> </ul>
	Volume 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Contratação;</li> <li>· Direitos e responsabilidades;</li> <li>· Garantia e controle da qualidade;</li> <li>· Avaliação.</li> </ul>
	10 motivos para evoluir com o BIM	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Motivações para sua implantação;</li> <li>· Conceitos;</li> <li>· Benefícios.</li> </ul>
Guia AsBEA - Boas Práticas em BIM (AsBEA, 2013)	Fascículo I	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Processos de implementação em um escritório;</li> <li>· Fases para implantação no projeto;</li> <li>· Benefícios.</li> </ul>
	Fascículo II	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Objetivos da implantação;</li> <li>· Requisitos do projeto para a implementação;</li> <li>· Colaboração;</li> <li>· Interoperabilidade;</li> <li>· Mapeamento e cronograma;</li> <li>· Controle da qualidade.</li> </ul>
Introdução ao BIM - Um guia para o seu primeiro projeto (AUTODESK, 2017c)	Único	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Definição;</li> <li>· Requisitos para implantação;</li> <li>· Liderança.</li> </ul>

Fonte: Elaborada pela autora.

Em comparação com os artigos utilizados nas atividades teóricas na disciplina BIM dos Estados Unidos mostrada no tópico 2.6, os guias que mais aproximaram dessa abordagem foram os Volume 1, Volume 2 e *10 motivos para evoluir com o BIM* da CBIC pela apresentação de exemplos de aplicação do BIM e simplicidade da didática.

#### 4.4 Manual

A importância da concretização de um manual próprio pela MIC na UFC é a possibilidade de disponibilizar o material antes das aulas e direcionar o ensino da disciplina de acordo com os assuntos que os docentes acharem essenciais na formação dos estudantes. Ou seja, há um filtro sobre o que é ensinado e, sobretudo, todos os estudantes terão oportunidades iguais de aprendizado e de desenvolvimento intelectual. Dessa forma, oferece-se a base para o aprendizado das ferramentas computacionais cada vez mais exigidas pelo mercado e, por meio dos projetos e exercícios práticos, os alunos adquirem a capacidade de buscar outros conhecimentos para a resolução de novos desafios no decorrer da disciplina.

Os assuntos sugeridos nesta seção estão listados no Apêndice B e referem-se aos tópicos das ferramentas de Ajuda Online disponibilizados pela Autodesk®. (AUTODESK, 2017a; AUTODESK, 2017b; AUTODESK, 2017c).

Os tópicos aconselhados para a elaboração de um manual precisam, inicialmente, cobrir os comandos básicos do *software* Revit® para que o estudante familiarize-se com o programa. Por isso, deve-se considerar as ferramentas para abrir um novo projeto, navegar pelos modelos, vistas e plantas, inserir níveis e linhas de grade (*elementos de dados*), comandos de copiar, recortar, colar, etc., bem como inserir elementos básicos como paredes, pisos, forros e telhados (*elementos do modelo hospedeiros*). Em seguida, pode-se abordar a instalação dos componentes mais comuns do modelo, como portas, janelas, mobília, escadas e rampas.

Depois da familiarização com o programa, é essencial a introdução das disciplinas específicas. Seguindo as grandes áreas abordadas no curso de Engenharia Civil, merece atenção o setor de estruturas, que compreende a modelagem de vigas, pilares, fundações, armadura, treliças, alvenaria estrutural e a parametrização de seus atributos, como tipo de material empregado, resistência, deformação, densidade, marca, dimensões, aparência, entre outros.

Pela MIC tratar-se de uma disciplina oferecida para diversos cursos de engenharia e, ainda, pela necessidade do engenheiro civil possuir conhecimento global de uma edificação, é importante que sejam apresentados os elementos de projetos elétricos (iluminação, fiação, circuitos, etc.), mecânicos (dutos e terminais de ar) e hidrossanitários (tubulação de água, esgoto, ventilação e caixas de visita). Além dos componentes específicos, a elaboração de tabelas com os quantitativos da obra é ponto importante para a modelagem com o BIM.

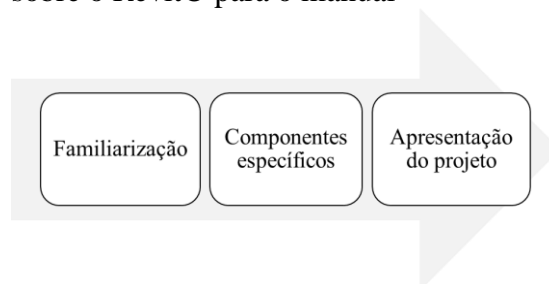
A seguir, para a apresentação do modelo com todas as suas propriedades

importantes para o entendimento do projeto, é imprescindível o ensino dos *elementos específicos da vista*, os quais compreendem os elementos de anotação (cotas, texto, identificadores, símbolos) e detalhes (linhas de detalhes, hachuras, setas), como visto no tópico 2.2.1 *Revit*.

Finalmente, deve-se abordar a renderização das vistas e pranchas (conversão do modelo para uma aparência realista), exportação do modelo em diversos formatos para compatibilidade com outros programas, além de impressão e suas configurações.

A Figura 32 abaixo apresenta o resumo dos assuntos que merecem ser cobertos sobre essa ferramenta computacional.

Figura 32 – Síntese dos tópicos sugeridos sobre o Revit® para o manual



Fonte: Elaborada pela autora.

Em relação ao Naviswork®, recomenda-se, também, a familiarização com os comandos de iniciar, abrir e sair de um modelo, bem como navegação pela edificação.

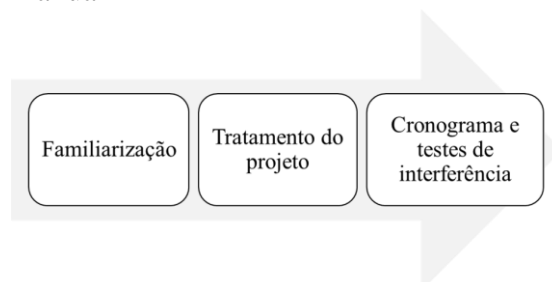
Para a análise do projeto, faz-se importante a introdução dos comandos para alterar a aparência do modelo com a renderização, localização de elementos e realização de medidas. Ademais, para a apresentação dos modelos, podem ser utilizadas as ferramentas para a elaboração de animações que mostram um passeio pelo empreendimento.

Outro método de apresentação do modelo envolve o cronograma de obra e mostra, em vídeo, a construção de todos os componentes da edificação de acordo com a duração de cada processo e a ordem escolhida.

Por fim, o Naviswork® oferece a oportunidade da realização de testes para a detecção de interferências entre os distintos elementos do modelo. Dessa forma, são produzidos relatórios mostrando cada um dos erros, os quais podem ser resolvidos ainda na fase de elaboração dos projetos e, assim, evitar retrabalho no canteiro de obras.



Figura 33 - Síntese dos tópicos sugeridos para apresentação do Naviswork® no manual



Fonte: Elaborada pela autora.

Para a elaboração de um manual a partir dos tópicos indicados, sugere-se a incorporação de textos explicativos, imagens exemplificadoras e símbolos indicando os comandos na interface do *software* para mostrar com clareza o passo-a-passo dos processos de que se fala.

#### 4.5 Outras disciplinas que podem implementar o BIM

Com o intuito de estimular a aproximação das demais disciplinas do currículo de Engenharia Civil com o BIM, assim como acontece na elaboração de um empreendimento que aplique esse sistema, são sugeridas outras disciplinas do curso que podem indicar sua implantação na elaboração de seus projetos. Dessa forma, o ensino e aplicação do BIM não restringe-se apenas à disciplina MIC, o que seria subutilizar sua capacidade de assimilação entre os diversos campos da engenharia.

O ensino teórico do BIM, como e quando pode ser aplicado em certa área da engenharia civil e seus benefícios, pode ser abordado em algumas disciplinas que envolvam a elaboração de projetos que compreendam a especificação de elementos da construção civil, como na determinação das dimensões de vigas ou do sistema de distribuição de água de uma edificação. Ou seja, as atividades práticas da disciplina devem, necessariamente, tratar do comportamento espacial dos elementos (dimensão e localização), o qual pode interferir fisicamente nos outros projetos, e não de atributos como resistência do concreto, condutividade térmica, tipo de cimento, flechas das vigas, entre outros. Esses aspectos dos materiais e dos componentes estruturais, no entanto, são considerados nos parâmetros de caracterização dos elementos para enriquecer o projeto, os quais poderão ser acessados facilmente em um modelo tridimensional de BIM.

É importante mencionar que nem todas as áreas da engenharia civil possuem

trabalhos e artigos aprofundados sobre a implantação do BIM visto que a maioria das pesquisas abordam os ganhos globais da filosofia e não os proveitos pontuais da modelagem virtual, por exemplo, da compatibilização das contenções e sapatas de um empreendimento.

Em relação à prática do BIM em outras disciplinas, o ideal seria o exercício da gestão de diferentes projetos ao mesmo tempo, simulando, dessa forma, as vivências do mercado de trabalho, como é o intuito do DIATEC. Contudo, o que se tem no momento é a fragmentação de projetos em diversas disciplinas independentes. Logo, a prática do BIM, hoje, torna-se apenas a aplicação de comandos aprendidos em determinados *softwares*.

A Tabela 11 a seguir indica algumas das disciplinas obrigatórias e optativas do curso de Engenharia Civil que têm potencial para abordar alguns assuntos acerca do BIM no seu plano de ensino.

É importante mencionar que as disciplinas optativas consideradas nessa análise referem-se as que a autora já cursou ou que são ofertadas no curso de Engenharia Civil com mais frequência.

Tabela 11 - Disciplinas do curso de Engenharia Civil que poderiam abordar a filosofia BIM

<b>Disciplinas obrigatórias</b>	
Introdução à Engenharia	Eletrotécnica
Engenharia Ambiental	Estruturas de Concreto I e II
Projeto e Construção de Edifícios I e II	Gerenciamento da Construção Civil I
Estruturas de Aço I	
<b>Disciplinas optativas</b>	
Práticas Construtivas	Alvenaria Estrutural I e II
Estruturas de Aço II	Instalações Hidráulicas e Sanitárias
Estruturas de Concreto Pré-moldado	Gestão de Resíduos Sólidos
Obras de Contenção	Fundações

Fonte: Elaborada pela autora.

Acerca das disciplinas obrigatórias, a Introdução à Engenharia, por abordar as diferentes áreas que fazem parte da Engenharia Civil por meio de palestras com profissionais convidados, poderia incluir, sem grandes dificuldades, a apresentação da filosofia BIM no seu plano.

Já as disciplinas de Eletrotécnica (aplicações de instalações elétricas), Estruturas de Concreto I e II (especificação de elementos estruturais e armaduras) e Estruturas de Aço I (estudo de estruturas metálicas, como cobertas) tratariam apenas da prática da modelagem dos elementos da edificação por meio de ferramentas computacionais, como discutido

anteriormente, e substituir, assim, a utilização do AutoCAD® na geração de pranchas de projetos estruturais e de instalações.

Por compreender as questões de gestão de canteiros de obras, de orçamento e cronograma de forma mais ampla, Projeto e Construção de Edifícios I e II e Gerenciamento da Construção Civil I podem considerar a modelagem 4D e 5D do BIM no seu ensino, mesmo que superficialmente.

A abordagem da redução de resíduos da construção civil, ao evitar o retrabalho na detecção de interferência ainda na fase de elaboração de projetos pelo BIM, é sugerido na disciplina de Engenharia Ambiental, a qual também faz parte do currículo obrigatório.

Em relação às disciplinas optativas, a mesma questão da inclusão de um palestrante sobre o BIM que foi discutido na Introdução à Engenharia poderia ser reproduzida na disciplina de Práticas Construtivas, apesar de, nessa última, já haver o debate acerca da compatibilização e gestão de projetos em um de seus oito módulos.

A prática da modelagem de elementos da edificação que também já foi mencionado para as disciplinas obrigatórias, é atribuída às optativas Alvenaria Estrutural I e II e Estruturas de Concreto Pré-moldado (especificação de elementos estruturais e armaduras), Estruturas de Aço II (estudo de estruturas metálicas), Obras de Contenção e Fundações (especificação de elementos estruturais e possíveis interferências entre si) e Instalações Hidráulicas e Fluviais (determinação de caminhamento das tubulações, localização e dimensões de *shafts*, possíveis furos na alvenaria, etc.).

Sobre o caso de diminuição do volume de resíduos gerado em obras civis, designado para ser debatido na Engenharia Ambiental, também pode ser incluído na optativa Gestão de Resíduos Sólidos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O nível de implementação do BIM no ensino de Engenharia Civil em Fortaleza é pouco variado. Metade das instituições consultadas abordam a filosofia em outras disciplinas e um terço realiza pesquisas acerca do tema, as quais tiveram iniciativa, geralmente, dos discentes. Dentre os 10 cursos, apenas um oferecia uma disciplina com foco no BIM. A maioria dessas instituições inaugurou o curso de Engenharia Civil há poucos anos, no entanto, mesmo as que não possuíam pesquisa ou disciplina sobre o BIM, reconheceram sua importância e mencionaram planos para sua abordagem nos anos subsequentes.

Em relação às Metodologias Ativas, foram sugeridos quatro métodos pedagógicos para a aplicação na MIC: Aprendizagem Baseada em Projetos, Sala de Aula Invertida, Estudo de Casos e Instrução pelos Colegas. Por outro lado, para não haver uma mudança brusca no método de ensino e provocar uma resistência por parte dos docentes e estudantes, a Metodologia Tradicional pode ser ainda considerada.

Desse modo, a Aprendizagem Baseada em Projetos em conjunto com o Estudo de Casos podem ser implementadas na realização de um projeto da disciplina MIC para a modelagem de uma edificação. Assim, os estudantes, que serão avaliados individualmente e em equipe, devem ser motivados a buscar novos conhecimentos para o cumprimento das demandas do projeto, a partir da base teórica e prática aprendida no decorrer da disciplina. Os professores e monitores devem dominar o projeto para poder apresentá-lo, bem como auxiliar e avaliar os alunos no processo.

Já em relação à Sala de Aula Invertida, sugeriu-se sua aplicação com a disponibilização prévia de artigos ou capítulos da literatura para análise dos estudantes em casa e, então, pode-se aplicar, em sala, questões subjetivas acerca do que foi lido. Ao final, com a Instrução pelos Colegas, é estimulada a discussão em duplas ou grupos do que foi considerado por cada aluno para que diferentes pontos de vista e conhecimentos sobre o mesmo assunto sejam compartilhados.

Retomando o propósito considerado na discussão das Metodologias Ativas de despertar o interesse dos estudantes no processo de aprendizagem e ir ao encontro dos princípios do BIM durante o seu ensino, foi sugerida a adoção de materiais concisos e práticos sobre a filosofia como referência bibliográfica para a disciplina MIC. Dessa forma, foram apresentados exemplos de guias sobre o BIM publicados online e elaborados por profissionais de engenharia e arquitetura ou por uma empresa de ferramentas computacionais.

Nesse sentido, além de serem adotados por professores e monitores para

direcionar o ensino da disciplina, podem ser utilizados capítulos desses guias que, a partir de propostas de discussão individual ou em grupo, podem ser aplicados como exercícios teóricos no decorrer do semestre letivo.

Já em relação à elaboração de um manual próprio acerca do Revit® e do Naviswork®, seu propósito é facilitar o aprendizado dos *softwares* pelos alunos, desde que todos terão acesso ao mesmo material, preparado com antecedência, constituído dos assuntos julgados essenciais para suas formações profissionais. Geralmente, os manuais encontrados online abordam apenas alguns dos tópicos recomendados, não são tão sucintos na explicação ou não apresentam variedade de figuras para facilitar o entendimento. Portanto, o tempo que seria reservado para a procura de uma bom guia sobre os programas mencionados, pode ser investido na otimização dos projetos da disciplina e na busca de conhecimentos mais aprofundados sobre o assunto.

Para a concepção do manual, recomenda-se uma equipe orientada apenas para essa atividade, a qual pode ser realizada por parte do grupo de estudos EPE. É de suma importância a riqueza de imagens, linguagem própria e textos explicativos para a clareza do manual. Devem ser elaborados modelos simples de exemplos para cada um dos comandos que se deseja demonstrar. Além dos serviços de Ajuda Online disponíveis pela empresa desenvolvedora dos *softwares*, pode-se buscar referências para a elaboração do manual em livros especializados e manuais de outras instituições de ensino.

A aplicação do BIM tem como um dos seus fundamentos a compatibilização dos diversos projetos que compõem um empreendimento. Assim, evitam-se interferências entre seus elementos e se oferece uma maior liberdade para o melhoramento das soluções construtivas e inovação na utilização dos espaços. A prática desse princípio seria alcançada por meio de projetos integradores das diferentes áreas da engenharia e arquitetura. A realidade, entretanto, é a divisão dessas áreas em distintas disciplinas e cursos de graduação. Por essa razão, a introdução do BIM nas disciplinas propostas ocorreria pela apresentação dos benefícios e exemplos da sua aplicação ou pela substituição do AutoCAD® por programas computacionais ligados à filosofia na elaboração das atividades práticas.

Frente ao exposto, recomenda-se, para trabalhos futuros, o mapeamento do ensino do BIM em outras universidades nacionais ou internacionais em relação aos métodos de abordagem dos tópicos e de avaliação dos estudantes assim como o apresentado aqui sobre a University of Wisconsin-Madison. O intuito desse estudo é otimizar a aprendizagem na MIC com as melhores práticas encontradas nessas instituições.

Outra possibilidade de pesquisa é o registro da experiência dos estudantes ao

cursar a disciplina MIC. Logo, seriam apontadas as expectativas, prós e contras da implantação das Metodologias Inovadoras, nível de interesse frente às atividades propostas do ponto de vista do autor e também dos demais estudantes por meio de levantamento de dados. Desse modo, poderiam ser sugeridas medidas para aprimorar o ensino e aprendizado do BIM na UFC, assim como o estudo indicado no parágrafo anterior.

O último ponto a ser indicado é a importância de um maior contato dos docentes e estudantes com o mercado de trabalho. Além das oportunidades de palestras que podem ser apresentadas nas disciplinas sugeridas anteriormente, seria de grande benefício para o ensino acadêmico a imersão dos alunos em projetos reais com a apresentação de estudos de caso, diagnósticos, soluções, riscos e impactos de escritórios e empreiteiras que já implementaram a filosofia BIM.

Diante das recomendações acerca das Metodologias Ativas, das referências bibliográficas, da elaboração do manual e de outras disciplinas que podem mencionar o BIM em seus planos de ensino, o formato do ensino do BIM por meio da disciplina Modelagem da Informação e da Construção não deve ser inerte e, sim, passível de adaptações e atualizações assim com a filosofia o é. Assim, pode ser ajustada conforme o aparecimento de novas pesquisas, novas ferramentas computacionais ou novas aplicações. Por isso, o desenvolvimento da MIC precisa ser permanente em todos os aspectos, seja na avaliação dos alunos, na proposição de discussões e atividades em sala ou na elaboração do projeto da disciplina. Essa renovação trará muitos benefícios para o ensino do BIM no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará.

## REFERÊNCIAS

- AGUILAR, M.; GONÇALVES, D. Metodologias Ativas aplicadas na disciplina de Saneamento Ambiental no curso Engenharia Civil. *In: Congresso de Inovações e Metodologia de Ensino*, 1., 2015, Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: [s.n.], 2015, p. 1-12.
- ALVES, C. *et al.* **O que são os BIM?** 2012. 16 f. Resumo (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2012.
- ANDRADE, M.; RUSCHEL, R. BIM: Conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. *In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo na Construção de Edifícios*, 9, 2009, São Carlos, **Anais...** [Campinas]: [s.n.], 2009, p. 602-613.
- AsBEA. **Guia AsBEA Boas Práticas em BIM**. São Paulo: Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura, 2013.
- AUTODESK. **Autodesk Knowledge Network** – Ajuda do Naviswork. Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Navisworks/files/GUID-91685EBB-97FD-4D4C-9C4C-7144F054C2B3-htm.html>>. Acesso em: 28 nov. 2017. 2017c.
- \_\_\_\_\_. **Autodesk® Navisworks® Freedom 2016** - Ajuda. Disponível em: <<http://help.autodesk.com/view/NAVFREE/2016/PTB/>>. Acesso em: 27 nov. 2017. 2017b.
- \_\_\_\_\_. **Autodesk® Revit® 2016** - Ajuda. Disponível em: <<http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/PTB/>>. Acesso em: 27 nov. 2017. 2017a.
- \_\_\_\_\_. **Autodesk® Revit® Getting started guide**. [s.l.:s.n.], 2015.
- \_\_\_\_\_. **Introdução ao BIM** – Guia prático para seu primeiro projeto. Disponível em: <[https://pages.autodesk.com/br-bim-hub-get-started?mktvar002=688377&utm\\_medium=social-pd&utm\\_source=facebook&utm\\_campaign=amer-aec-br-aec-abcde-architecture-building-construction-design-engineering&utm\\_id=688377](https://pages.autodesk.com/br-bim-hub-get-started?mktvar002=688377&utm_medium=social-pd&utm_source=facebook&utm_campaign=amer-aec-br-aec-abcde-architecture-building-construction-design-engineering&utm_id=688377)>. Acesso em: 29 nov. 2017. 2017c.
- BARISON, M.; SANTOS, E. Ensino de BIM: Tendências atuais no cenário Internacional. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 6, n. 2, p. 67-80, dez. 2011.
- BARRETO, B. *et al.* O BIM no cenário de arquitetura e construção civil brasileiro. **Construindo**, v. 8, n. 2, 2016.
- BAZZO, W.; PEREIRA, L. **Introdução à Engenharia**: conceitos, ferramentas e comportamentos. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006.
- BEHRENS, M. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. Petrópolis: Vozes; 2005.
- BELLUZZO, R. O conhecimento, as redes e a competência em informação (COINFO) na sociedade contemporânea: uma proposta de articulação conceitual. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, v. 4, p. 48-63, 2014.

BERBEL, N. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, [Botucatu], v. 2, p. 139-154, 1998.

\_\_\_\_\_. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011

BERNSTEIN, P.; PITTMAN, J. Barriers to the adoption of building information modeling in the building industry. **Autodesk Building Solutions**. [S.l.], 14 f., nov. 2004.

BOLLELA, V. *et al.* Aprendizagem baseada em equipes: da teoria à prática. **Medicina (Ribeirão Preto Online)**, v. 47, n. 3, p. 293-300, 2014.

BORGES, T.; ALENCAR, G. Metodologias Ativas na promoção da formação crítica do estudante: O uso das Metodologias Ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do Ensino Superior. **Cairu em Revista**, v. 3, n. 4, p. 19-143, jul./ago. 2014.

BOROCHOVICIUS, E.; TORTELLA, J. Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 22, n. 83, 2014.

BRASIL. Decreto nº 7.642, de 13 de dezembro de 2011. Regulamenta no âmbito federal, dispositivos da Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996, que institui o Programa Ciência sem Fronteira. Subchefia para Assuntos Jurídicos, Casa Civil, Brasília, DF.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Presidência da República. Casa Civil. **Subchefia para Assuntos Jurídicos**. Brasília, DF, 20 dez. 1996. Título V, Capítulo IV. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm)>. Acesso em: 24 set. 2017.

\_\_\_\_\_. Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002. **Diário Oficial da União**, Ministério da Educação, Brasília, DF, 9 abril 2002. Seção 1, p. 32. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12991>>. Acesso em 23 set. 2017.

BURGUESS, A.; MCGREGOR, D.; MELLIS, C. Applying established Guidelines to team-based learning programs in medical schools: A systematic review. **Academic Medicine**, v. 19, p. 1-11, 2014.

CA. [**Curso de AutoCAD**], Fortaleza, out. 2017. Entrevista concedida a Delis Vieira dos Santos. 2017a.

CAMPBELL, D.; Modeling Rules. **Architecture Week**, [S.l.], n. 307, 11 out. 2006. Não paginado. Disponível em: <[http://www.architectureweek.com/2006/1011/tools\\_1-1.html](http://www.architectureweek.com/2006/1011/tools_1-1.html)>. Acesso em: 14 jun. 2017.

CARVALHO, R.; SAVIGNON, A. O professor de projeto de arquitetura na era digital: desafios e perspectivas. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 6, n. 2, p. 4-13, dez. 2012.

CASTELHANO, P. **Aplicação do conceito BIM em projetos de arquitetura em madeira**. 2013. 45 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras) – Universidade



Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

CAVALCANTE, A.; DUTRA, N.; CAETANO, L. Sistema especialista para ensino de Geometria Descritiva. *In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 27.*, 1999, Natal, **Anais...** [s.l.:s.n.], 1999, p. 865-870.

CAVALCANTE, Antônio Paulo de Hollanda. **Histórico do Desenho na Engenharia Civil da UFC**, Fortaleza, set. 2017. Entrevista concedida a Delis Vieira dos Santos.

CBIC. **Fundamentos BIM** – Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016.

CROUCH, C. *et al.* Peer instruction: Engaging students one-on-one, all at once. **Research-Based Reform of University Physics**, v. 1, n. 1, p. 40-95, 2007.

CRUZ, J. *et al.* Metodologias ativas no ensino superior: ensino híbrido “blended learning”. *In: Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 5.*, 2016, Ponta Grossa, **Anais...** [s.l.:s.n.], 2016.

CUNHA, F.; BURNIER, S. Estrutura Curricular por eixos de conteúdos e atividades. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 24, n. 2, p. 3-12, jul. 2005.

DE ALENCAR, Cely Martins Santos. **Histórico do Desenho na Engenharia Civil da UFC**, Fortaleza, set. 2017. Entrevista concedida a Delis Vieira dos Santos.

DEMCHAK, G.; DZAMBAZOVA, T.; KRYGIEL, E. **Introducing Revit architecture 2009: BIM for beginners**. John Wiley and Sons: [s.l.], 2009.

DEZEN-KEMPTER, E.; ARRIVA, F.; RAMOS, G. O uso de BIM para a criação de um banco de dados da produção de habitação de interesse social em Limeira-SP. *In: SIGRADI 2012: Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital, 16.*, 2012, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: [s.n.], 2012, p. 431-435.

DRISCOLL, M.; TOMIAK, G. Web-based training: Using technology to design adult learning experiences. **Performance Improvement**, v. 39, n. 3, p. 60-61, 2000.

DUMONT, L.; CARVALHO, R.; NEVES, A. O Peer Instruction como proposta de Metodologia Ativa no ensino de Química. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 2, n. 3, p. 107-131, 2016.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Tradução de Cervantes Gonçalves Ayres Filho, Kléos Magalhães Lenz César Júnior, Rita Cristina Ferreira e Sérgio Leal Ferreira; Revisão de Eduardo Toledo Santos. Porto Alegre: Bookman, 2014.

**EI! ENSINO INOVATIVO**, [São Paulo]: Fundação Getúlio Vargas, v. 2, 2015.

FORGUES, D.; STAUB-FRENCH, S.; FARAH, L. Teaching building design and construction engineering. Are we ready for the paradigm shift? *In: Annual CEEA Conference, 2.*, 2011, Newfoundland, **Anais...** Newfoundland: [s.n.], 2011. Disponível em:

<<https://ojs.library.queensu.ca/index.php/PCEEA/article/view/3633>>. Acesso em: 8 out. 2017.

FRENCH, T.; VIERCK, C. **Desenho técnico e tecnologia gráfica**. Porto Alegre: Editora Globo S.A., 2011.

GIANNASI, M. **O Profissional da Informação diante dos desafios da sociedade atual: Desenvolvimento de Pensamento Crítico em Cursos de Educação Continuada e a Distância via Internet, através da Metodologia da Problematização**. 1999. 235 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

GOMES, R. *et al.* Aprendizagem baseada em problemas na formação médica e o currículo tradicional de medicina: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Educação Médica**, [Rio de Janeiro], v. 33, n. 3, p. 444-451, 2009.

GRANT, M. Getting a grip on project-based learning: Theory, Cases and Recommendations. **Meridian: A Middle School Computer Technologies Journal**, Raleigh, v. 5, n. 1, p. 1-3, 2002.

HERNANDEZ, C. Thinking parametric design: Introducing parametric Gaudi. *In: Design Studies*, 27, 2006, [Amsterdã], **Anais...** Cambridge: Elsevier, 2006, p. 309-324.

HOLLAND, R. *et al.* Integrated Design Courses using BIM as the Technology Platform. *In: The BIM-Related Academic Workshop*, 2010, Washington D.C.. **Proceedings...** Washington D.C.:Guilhermo Salazar and Raymond Issa, 2010. Disponível em: <[http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa\\_conference\\_proceedings\\_1210.pdf](http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/bsa_conference_proceedings_1210.pdf)>. Acesso em: 8 out. 2017.

IBRAHIM, M. To BIM or not to BIM, This is NOT the question: How to implement BIM solutions in large design firm environments. **eCAADe**, Volos (Grécia), v. 24, p. 262-267, set. 2006.

JUSTI, A. Implantação da plataforma Revit nos escritórios brasileiros: relato de uma experiência. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 3, n. 1, p. 140-152, maio 2008.

KUENZER, A. As mudanças no mundo do trabalho e a educação: novos desafios para a gestão. *In: FERREIRA, N. Gestão democrática da Educação: atuais tendências, novos desafios*. São Paulo: Cortez, p 33-58, 1998.

McGRAW HILL CONSTRUCTION. **SmartMarket Report on the business value of BIM for construction in major global markets**: how contractors around the world are driving innovation with building information modeling. Bedford, Massachusetts: McGraw Hill Construction, 2014.

MENEZES, G. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, v.18, n. 22, p. 152-171, maio 2011.

MICHAELSEN, L. Getting started with team learning. **Team learning: A transformative use of small groups**, p. 27-51, 2002.

MITRE, S. *et al.* Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. **Ciência & saúde coletiva**, v. 13, p. 2133-2144, 2008.

MONTEIRO, A. **Projeto para produção de vedações verticais em alvenaria em uma ferramenta CAD-BIM**. 2011. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MORAES, A.; CHENG, L. **A Expressão Gráfica em cursos de Engenharia**: estado da arte e principais tendências. 2001. 14 f. Boletim Técnico - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

\_\_\_\_\_. O estado da arte das disciplinas de Desenho para cursos de Engenharia no Brasil. 2000. *In*: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 28., 2000, Ouro Preto, **Anais...** Ouro Preto: [s.n.], 2000. Disponível em: <<http://198.136.59.239/~abengeorg/cobenges-antiores/2000/2000--xxviii-cobenge-ouro-preto-mg>>. Acesso em: 7 out. 2017.

MORAES, L.; CARVALHO, R.; NEVES, A. O Peer Instruction como proposta de Metodologia Ativa no ensino de Química. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 2, n. 3, p. 107-131, 2016.

MUSSE, B. *et al.* Utilização de uma estratégia PjBL para desenvolvimento das competências transversais do perfil profissional do engenheiro. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 41., 2013, Gramado, **Anais...** [s.l.: s.n.], 2013.

NUNES, S. *et al.* O ensino de psiquiatria, habilidades de comunicação e atitudes no currículo integrado do curso de Medicina da Universidade Estadual de Londrina. **Revista Brasileira de Educação Médica**, [Rio de Janeiro], v.32, n.2, p.210-6, 2008.

OLIVEIRA, V. Crescimento, evolução e o futuro dos cursos de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 24, n. 2, p. 3-12, jul. 2005.

OSTROWSKI, R. **Estudo de caso**: o planejamento e sua integração com a metodologia BIM como ferramenta de controle da construção de um edifício residencial. 2016. 137 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

PARMELEE, D. *et al.* Team-based learning: a practical guide: AMEE guide no. 65. **Medical teacher**, v. 34, n. 5, p. 275-287, 2012.

PARMELEE, D.; MICHAELSEN, L.; COOK, S.; HUDES, P. Team-based learning: a practical guide: **Medical Teacher**, 34., p. 275-87, 2012.

PEREIRA, P.; RIBEIRO, R. A Inserção do BIM no Curso de Graduação em Engenharia Civil. **Revista Eletrônica Engenharia Viva**, [São Carlos], v. 2, p. 17-29, 2015.

PET. [**Minicurso de BIM**], Fortaleza, out. 2017. Entrevista concedida a Delis Vieira dos Santos. 2017a.

RICHENS, P. **Does knowledge really help?**: CAD Research at the Martin Centre. [S.l.: s. n.], 1994.

RUFINO, I.; VELOSO, M. Entre a bicicleta e a nave espacial - os novos paradigmas da

Informática e o ensino do Projeto Arquitetônico. *In: PROJETAR 2005 – Seminário sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura*, 2., 2005, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro: [s.n.], 2005, p. 1-6.

RUSCHEL, R.; ANDRADE, M.; MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013.

SÁ, L.; FRANCISCO, C.; QUEIROZ, S. Estudos de caso em química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731, 2007.

SAKAI, M.; LIMA, G. PBL: uma visão geral do método. **Olho Mágico**, Londrina, v. 2, n. 5/6, 1996.

SELEME, R. *et al.* Blended Learning - Impacto na implantação em cursos superiores. *In: Congresso Internacional ABED de Educação à Distância*, 20., 2014, Curitiba, **Anais...** Curitiba: [s.n.], 2014, p. 1-10.

SERRA, F.; VIEIRA, P. **Estudos de Casos: como redigir, como aplicar**. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

SILVEIRA, M. *et al.* Projeto LAPIN: um caminho para a implementação do aprendizado baseado em projetos. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 36., São Paulo, **Anais...** São Paulo: ABENGE, 2008.

SOUSA, Mateus Capistrano. **Escritório de Projetos Integrados de Engenharia (EPE)**, Fortaleza, out. 2017. Entrevista concedida a Delis Vieira dos Santos.

TELLES, P. **História da engenharia no Brasil: séculos XVI a XIX**. 2. ed. Rio de Janeiro: Clavero, 1994.

THOMAS, J. **A review of research on project-based learning**. Autodesk Foundation: San Rafael, 2000.

TRINCHÃO, G.; OLIVEIRA, L. A História contada a partir do desenho. *In: Graphica 98: Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico*, 13., 1998, Feira de Santana, **Anais...** Feira de Santana: [s.n.], 1998, p. 156-164.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Centro de Tecnologia. Centro Acadêmico de Engenharia Civil. **Pesquisa de interesse e demanda dos alunos de Engenharia Civil – UFC** sobre a criação da cadeira de Modelagem da Informação e da Construção (BIM), Fortaleza, Ceará. 2017e.

\_\_\_\_\_. Centro de Tecnologia. Departamento de Expressão Gráfica. **Programa de Disciplina**, Geometria Descritiva I, Fortaleza, Ceará, 1977.

\_\_\_\_\_. Centro de Tecnologia. Departamento de Expressão Gráfica. **Programa de Disciplina**, Geometria Descritiva II, Fortaleza, Ceará, 1975.

\_\_\_\_\_. Centro de Tecnologia. Departamento de Expressão Gráfica. **[Proposta de substituição de disciplina]**, Desenho I e II, Fortaleza, Ceará, 1992.

\_\_\_\_\_. Centro de Tecnologia. Departamento de Expressão Gráfica e Estradas. **Plano de Ensino de Disciplina**, Desenho Assistido por Computador, Fortaleza, Ceará, 1993.

\_\_\_\_\_. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia de Transportes. **Plano de Ensino de Disciplina**, Desenho para Engenharia, Fortaleza, Ceará, 2013.

\_\_\_\_\_. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia de Transportes. [**Estrutura Curricular 2005.1 de Engenharia Civil**], Fortaleza, Ceará. Disponível em: <<https://si3.ufc.br/sigaa/graduacao/curriculo/lista.jsf>>. Acesso em: 17 nov. 2017a.

\_\_\_\_\_. Centro de Tecnologia. **Departamento de Integração Acadêmica e Tecnológica**. Disponível em: <<http://www.diatec.ufc.br/index.php/apresentacao>>. Acesso em: 17 nov. 2017b.

\_\_\_\_\_. Centro de Tecnologia. **Escritório de Projetos Integrados de Engenharia (EPE)**. Disponível em: <<https://epe355.wordpress.com/>>. Acesso em: 17 nov. 2017c.

\_\_\_\_\_. Coordenação de Engenharia Civil. **Ata da 9ª Reunião do Colegiado de Coordenação do curso de Engenharia Civil**, Fortaleza, Ceará. 10 abril 2017. 2017d.

\_\_\_\_\_. Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Civil. **Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil. Fortaleza**, 2004.

\_\_\_\_\_. Portal. Guia de Profissões. **Engenharia Civil**. Disponível em: <<http://www.ufc.br/ensino/guia-de-profissoes/555-engenharia-civil>>. Acesso em: 20 nov. 2017. 2017f.

UNIVERSITY OF WISCONSIN-MADISON. **Building Information Modeling (BIM) (CIV ENGR 392) Syllabus**. Disponível em: <<https://aefis.wisc.edu/index.cfm/page/AefisCourse.ABETSyllabusForm?courseid=231>>. Acesso em: 21 nov. 2017. 2017a.

\_\_\_\_\_. **Civil Engineering Graphics (M E 170) Syllabus**. Disponível em: <<https://aefis.wisc.edu/index.cfm/page/AefisCourse.ABETSyllabusForm?courseid=294>>. Acesso em: 21 nov. 2017. 2017b.

VARELA, A.; BARBOSA, M.; FARIAS, M. Desenvolvimento de competências informacionais, científicas e tecnológicas: responsabilidade do ensino superior com parceria entre a docência e a biblioteca. *In*: Regina Celia Baptista Belluzzo; Glória Georges Feres. (Org.). **Competência em Informação: das reflexões às lições aprendidas**. São Paulo: FEBAB, v. 1, p. 176-208, 2013.

VELASCO, A. **A informática no ensino de desenho técnico**. Trabalho Acadêmico: São Paulo, 1998.

\_\_\_\_\_. Um ambiente multimídia na área de Expressão Gráfica Básica para Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, [Brasília], v. 29, n. 1, p. 51-64, 2010.

VELASCO, A.; BESERRA, V. A usabilidade em um Ambiente Multimídia de Desenho

Geométrico. *In*: Graphica 2007: Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, 18., 2007, Curitiba, **Anais...** Curitiba: UFPR, 2007, p. 1-10.

VIGNARE, K. Review of literature, blended learning: Using ALN to change the classroom—will it work. **Blended learning: Research perspectives**, p. 37-63, 2007.

WEISZFLOG, W. (Org.) **Michaelis** - Moderno dicionário da língua portuguesa. São Paulo: Comp. Melhoramentos, 1998.

[CA]. Altura: 400 pixels. Largura: 400 pixels. Formato JPEG. Disponível em: <<https://twitter.com/caecufc>>. Acesso em: 17 nov. 2017. 2017b.

[DET]. Formato JPEG. Disponível em: <<https://www.det.ufc.br/aceso-a-informacao>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

[Moteurs Electriques Triphasés]. Formato PDF. Disponível em: <[https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-EI%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/Usos-Gerais/W22/c/BR\\_MT\\_3PHASE\\_LV\\_W22](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-EI%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/Usos-Gerais/W22/c/BR_MT_3PHASE_LV_W22)>. Acesso em: 2 dez. 2017.

[PET]. Formato JPEG. Disponível em: <<http://www.petcivil.ufc.br/portal/>>. Acesso em: 17 nov. 2017. 2017b.

[SEC]. Formato JPEG. Disponível em: <<https://www.secufc.com/sobre>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

[UW]. Formato JPEG. Disponível em: <<https://www.wisc.edu/>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

**APÊNDICE A – OBSERVAÇÕES SOBRE A PESQUISA DO CENÁRIO DO BIM NOS  
CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL DE FORTALEZA**

	<b>Observações</b>
<b>Ari de Sá</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Possui grupo de pesquisa;</li> <li>· A disciplina de BIM aborda também o Revit®;</li> <li>· As pesquisas sobre BIM acontecem, geralmente, por meio do Projeto Integrador, o qual está presente do 1º ao 8º semestre e consiste na elaboração de um projeto na área de preferência do estudante a partir do que foi estudado durante aquele período.</li> </ul>
<b>Ateneu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Possui disciplina sobre o Revit®: Desenho de Construção Civil - Revit (7º semestre)</li> <li>· Há planos para a criação de uma disciplina sobre BIM a ser implantada no 10º semestre.</li> </ul>
<b>Estácio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Uma disciplina aborda o BIM: Computação Gráfica aplicada para Engenharia Civil (9º semestre);</li> <li>· Possui projeto para o ano que vem em parceria com a Bentley Systems para a construção de um laboratório de BIM e, conseqüentemente, realização de pesquisas;</li> <li>· Oferece cursos de extensão sobre o Revit®.</li> </ul>
<b>Fametro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Oferece cursos de extensão de Revit®.</li> </ul>
<b>Fanor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Há planos para a criação de uma disciplina sobre BIM no futuro;</li> <li>· Possui grupo de pesquisa;</li> <li>· Oferece curso de extensão de Revit®.</li> </ul>
<b>FFB</b>	-
<b>IFCE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· A formalização de um grupo de pesquisa sobre o BIM está em processo;</li> <li>· Há planos para o oferecimento de um estudo sobre BIM no último semestre do curso (período que os alunos concentram-se na área que escolheram);</li> <li>· Possui professor com MBA em BIM na frente dessas iniciativas.</li> </ul>
<b>Uni7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Pelo menos 3 disciplinas do currículo abordam o BIM: Desenho para Engenharia (1º semestre), Técnicas Construtivas (7º semestre) e Gestão de Projetos (10º semestre);</li> <li>· Oferece cursos de férias que abordam Lean Construction e SketchUp.</li> </ul>
<b>Unichristus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Oferece cursos de extensão sobre o BIM;</li> <li>· Disciplinas de desenho abordam o BIM apenas superficialmente.</li> </ul>
<b>Unifor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Possui grupo de pesquisa;</li> <li>· Há produção de artigos;</li> <li>· A pós-graduação está em processo de criação;</li> <li>· Oferece cursos de extensão sobre o BIM.</li> </ul>

**APÊNDICE B – TÓPICOS SUGERIDOS PARA ELABORAÇÃO DE UM MANUAL  
DE REVIT® E NAVISWORK®**

<b>Revit®</b>
<p><b>Familiarização:</b>            Criar um projeto na janela Arquivos recentes/Criar um projeto a partir do menu do aplicativo;            Abrindo arquivos/Salvando arquivos;            Criar vistas de modelagem: vistas de planta, vistas de elevação, vistas de corte;            Ferramentas e técnicas: editando elementos;            Layout do modelo: níveis, eixos;            Modelagem arquitetônica: paredes, pisos, telhados, portas, escadas, rampas.</p> <p><b>Componentes específicos:</b>            Modelagem estrutural: vigas, treliças, paredes estruturais, fundações, armadura;            Modelagem de MEP (mecânica, elétrica e hidráulica): sistemas mecânicos, sistemas elétricos, sistemas de tubulação;            Ferramentas e técnicas: parâmetros;            Tabelas: criando tabelas de levantamento de materiais.</p> <p><b>Apresentação do projeto:</b>            Anotações: cotas, notas de texto, identificadores, símbolos;            Detalhamento;            Renderização: luzes, renderizando uma imagem;            Exportar;            Imprimir.</p>
<b>Naviswork®</b>
<p><b>Familiarização:</b>            Início rápido: iniciar e sair do Autodesk Navisworks, salvar e recuperar automaticamente arquivos do Autodesk Navisworks, navegação com o botão de rolagem;            Guia do usuário: explorar seu modelo;</p> <p><b>Tratamento do projeto:</b>            Guia do usuário: controlar a aparência do modelo e a qualidade da renderização, revisar seu modelo, reproduzir animações;</p> <p><b>Cronograma e Testes de interferência:</b>            TimeLiner Playback;            Guia do usuário do Clash Detective.</p>



**ANEXO A – ESTRUTURA CURRICULAR OPTATIVA DE ENGENHARIA CIVIL DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

Álgebra Aplicada I	Pontes II
Análise Aplicada I	Projeto Estrutural de Edifícios de Concreto
Atividades Complementares	Placas e Cascas
Leitura e Produção de Texto Acadêmicos	Concretos Especiais
Português Instrumental	Práticas Construtivas
Francês Instrumental I	Introdução à Engenharia Sísmica
Francês Instrumental II	Avaliações e Perícias de Engenharia
Introdução à Sociologia	Geotecnologias aplicadas à Engenharia
Introdução à Ciência Política	Gestão de Pavimentos
Introdução à Metodologia Científica	Logística de Suprimento e Distribuição
Sociologia Urbana	Materiais Betuminosos
Realidade Socioeconômica e Política Brasileira	Bombas e Estações Elevatórias
Psicologia Aplicada ao Trabalho I	Simulação
Psicologia da Indústria	Tomada de Decisão na Engenharia
Psicologia Comunitária	Transporte Aéreo
Inglês Técnico	Transportes Não-motorizados
Língua Brasileira de Sinais	Transporte Metroferroviário
Pesquisa Bibliográfica	Planejamento Urbano e os Transportes
Relações Étnico-raciais e Africanidades	Engenharia de Tráfego
Educação Ambiental	Meteorologia Básica
Educação em Direitos Humanos	Água Subterrânea
Diferença e Enfrentamento Profissional nas Desigualdades Sociais	Métodos dos Elementos Finitos para Engenharia Estrutural
Construção Sustentável	Drenagem Urbana
Tópicos de Construção Civil	Fundações e Obras de Contenção
Alvenaria Estrutural I	Gestão de Recursos Hídricos
Alvenaria Estrutural II	Hidráulica de Canais
Dinâmica das Estruturas	Hidráulica Fluvial
Estabilidade das Estruturas	Hidráulica Transiente
Estruturas de Aço II	Instalações Hidráulicas e Sanitárias
Estruturas de Alumínio	Mecânica das Rochas
Estruturas de Concreto Pré-moldado	Portos
Estruturas de Concreto Protendido	Tratamento de Água e Esgoto
Estruturas de Fundação	Obras de Contenção
Estruturas de Madeira	Tratamento de Esgotos
Gerenciamento na Construção Civil II	Tratamento de Água para Abastecimento
Gerenciamento da Produção na Construção Civil	Fundações
Métodos Quantitativos aplicados aos Transportes	Gestão de Resíduos Sólidos
Otimização de Projetos de Engenharia	Balanco Energético nos Processos
Patologia e Recuperação de Estruturas de Concreto	Desenho Assistido por Computador

Fonte: Universidade Federal do Ceará (2017a).

**ANEXO B – PLANO DE ENSINO DA DISCIPLINA CEE-392 BUILDING  
INFORMATION MODELING (BIM) – FALL 2014**

**CEE-392 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) – Fall 2014**

**Course Description:** Advanced topics of special interest to seniors and graduate students in construction engineering and management. This course is designed to provide students with a core understanding on the uses of Building Information Modeling (BIM) in the design and construction process. Students will learn how different BIM tools are used to plan, coordinate, and analyze the building process. Students will primarily be exposed to Autodesk Revit and Navisworks Manage.

**Time and Location:** 3:00pm – 5:30 pm Thursdays; ME 2109

**Office Hours:** Paul: by appointment

**Help Desk Hours:** Beginning Tuesday September 9th - 4:00pm – 5:00pm Tuesdays; CAE 175  
See the descriptions below for the clarification between office hours and help desk hours.

**Prerequisites:** ME-170 or ME-160

**Course website:** <https://courses.moodle.wisc.edu>

**Grading:**

Group Project ( <i>Sub 1-5%, Sub 2-20%, Sub 3-25%</i> )	50%
Reading Assignments	10%
Modeling Assignments	30%
Attendance	10%

A: 90%-100%, AB: 85%-89%, B: 80%-84%, BC: 75%-79%, C: 70%-74%, D: 60%-69%, F: Below 60%

Attendance at every class period is mandatory. If you must miss a class, *please contact the instructor in advance*. Class periods will consist of lectures, and software demonstrations.

**Help Desk Hours:** Beginning second week of class regular Help Desk hours will be added to the schedule. Unlike office hours, these sessions will be held in CAE 175, so students will have access to CAE computers during this time. Help Desk time will be best for students to ask Revit questions pertaining to the homework or group project.

**Reading Assignments:** There will be four reading/writing assignments during the course of the semester. These readings will help give you an understanding of the process of BIM. These readings will be posted online and should be answered in the format specified in the assignment. See the Class Schedule for all assignment due dates.

**Modeling Assignments:** There will be five modeling assignments given throughout the semester (see schedule). This is to test your knowledge of your software skills learned in class. Assignments are to be handed in to the class website the following week before the start of class. See the Class Schedule for all assignment due dates. Turn in the proper file type—this is critical for navisworks assignments (.nwd).

**Project:** There will be one group project during the semester. The purpose of the project is to explore the use of Revit and Navisworks to re-create an existing design using the concepts learned about BIM. Each group will submit progress model layouts for commenting purposes throughout the semester (see

schedule), further details will be given during the second week of classes. Details of this project will be released throughout the semester.

**Late Assignments:** All assignments will be deducted 10 points if not submitted to the Moodle dropbox by the appointed time. For every 24 hours after the deadline, assignments will be deducted an additional 10 points.

**Software:** Autodesk Revit 2015  
Autodesk Navisworks Manage 2015

The latest versions of Autodesk Software are fully available for **free** to download for educational use by students at: <http://students.autodesk.com/>. *You do not need an '.edu' email account for download.*

You may also use the following online resources:

Lynda.com-Extensive tutorials available to UW students for free

### **Supervisor**

Prof. Awad Hanna

Office: 2320 Engineering Hall

Email: [ashanna@wisc.edu](mailto:ashanna@wisc.edu)

### **Instructors**

Roberta Oldenburg – MA Mortenson

*Integrated Construction Coordinator*

E-mail: [Roberta.Oldenburg@mortenson.com](mailto:Roberta.Oldenburg@mortenson.com)

Paul Van Rens

Office: 2256 Engineering Hall

E-mail: [vanrens@wisc.edu](mailto:vanrens@wisc.edu)

Kate Grayless

Office: 2231 Engineering Hall

E-mail: [grayless@wisc.edu](mailto:grayless@wisc.edu)

Erich Rectenwald

E-mail: [rectenwald@wisc.edu](mailto:rectenwald@wisc.edu)

**ANEXO C – EXEMPLO DE AULA PRÁTICA DA DISCIPLINA CEE-392 BUILDING  
INFORMATION MODELING (BIM) – FALL 2014**

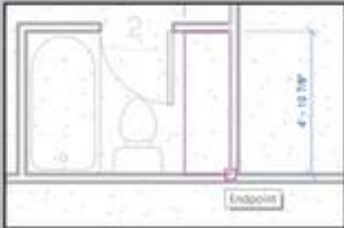

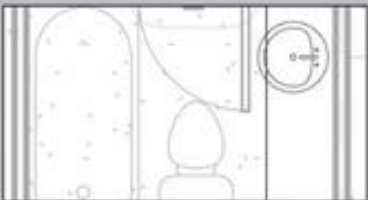
## CEE 392 - Architectural Component Modeling Demo

**Topics Covered in this Demo:**

- Modeling Components in Place

### Modeling Components in Place

- Model a Bathroom Counter Top






- Although it will generally be possible to find components for your projects with Autodesk seek, some may need to be modeled custom for your application, like permanent desks in lecture halls.

1. Download the demo start file from the Moodle site and open it with Revit 2013.
2. From the Build panel, Architecture tab click the arrow under Component and choose Model in Place from the Dropdown
 

Component    Column

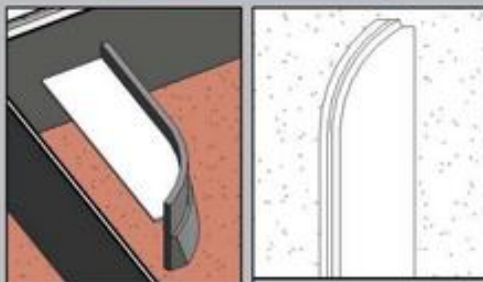
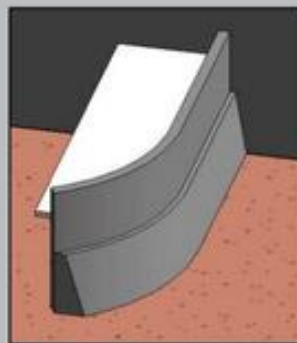
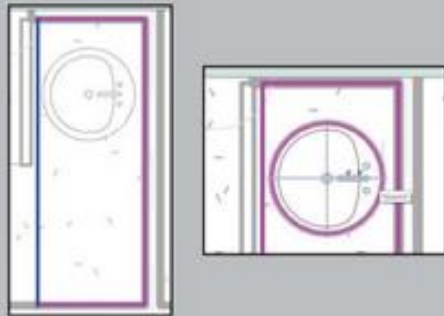
Place a Component

Model in Place

  - Component Modeling will be very similar to 3D modeling in AutoCAD.
3. In the Family Categories and Parameters dialogue box, choose Furniture, click OK.
4. Name the new family Bathroom Counter Top w/Sink.
  - The model space will "grey out" after clicking OK. While in the Model in Place command, the only the new component elements will appear normally.
5. From the Forms panel, Create tab click Extrusion 
6. Using the Rectangle Tool  from the temporary Build panel, draw a counter top to fill in the available bathroom space, as shown to the left.
7. In the Properties menu, set the Extrusion Start to be 34" (2' 10") and the Extrusion End to be 36" (3'). Set the Porcelain-Linen material. Click the green check 
  - Notice that clicking the check only ended the extrusion of the form, it did not complete the component modeling command.
8. From the Model panel, Create tab click Component 
9. Click Load Family  Click Plumbing > Architectural > Fixtures > Sinks. Load Sink Vanity-Round
10. Place the sink on the counter top as shown to the left.
11. Notice that after the sink is placed, it appears to be below the counter top. Navigate to the 3D-Working View to confirm this.

© Randal Schieber, UNW Madison 1

## CEE 392 - Architectural Component Modeling Demo




© Randall Schieber, UW Madison

12. While in the 3D view, click on the sink, select Edit Type. Change the Top of Counter to be 3', click OK.

13. Click on the Counter Top to select it. Notice that although the sink has been placed at the correct height, since it is not a hosted element, a hole was not created in the counter top when the sink was placed.



14. From the temporary Mode panel, click Edit Extrusion. Navigate back to the Level 1 Floor Plan. Extend the end of the counter top past the sink. Choose the Ellipse tool. Using the drain of the sink as a base point, specify an opening for the sink in the table. Click the Check  to complete the Extrusion Editing. Click it again to complete the Model Creation.

- Just as our new component included both a form (the extrusion) and a pre-modeled component, components can also include multiple forms of different materials and finishes.

15. The other form tools like Blend, Revolve, and Sweep are very powerful and can allow you to make complicated geometries relatively easily. Use those tools, along with the extrusion tool, to model a front desk similar to that shown to the left. Name the new furniture component Front Desk.

- Blend - Specify two 2-D shapes as the end geometries of a cylinder-like form.
- Revolve - Specify a 2-D shape to be revolved around an axis.
- Sweep - Specify a 2-D shape to be swept along a specified path.
- Swept Blend - Specify two 2-D shapes to act as end geometries and a path to be swept between them.

**ANEXO D – EXEMPLO DE ATIVIDADE DE LEITURA DA DISCIPLINA CEE-392  
BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) – FALL 2014**

**BIM CEE 392: Reading Assignment #1**

Submit PDF file to the dropbox on the Moodle site: *YourLastName\_Reading1.pdf*

Answer the below questions in one to two pages  
1.5 space; Times New Romans, 12 point font

'Business Value of BIM' 2009 – McGraw Hill Construction, BIM SmartMarket Report; Article:  
"Project Value of BIM", pages 20 – 23

*The article mentions several factors affecting the value achieved by the use of BIM on a project and multiple benefits that appear when that value is actually realized. Choose two (2) of the benefits mentioned, and for each briefly discuss how changes in or varying levels of at least two (2) of the factors could affect how well or if the benefit is realized by the project.*

*While considering this article in combination with the Week 1 Lecture and your initial experiences with BIM in class, elaborate on one example of a way that project team members can better communicate their intent through BIM during the construction phase of a project. Consider both interaction with the owner and other design parties.*

Fonte: University of Wisconsin-Madison (2017a).

**ANEXO E – CRONOGRAMA DA DISCIPLINA CEE-392 BUILDING INFORMATION  
MODELING (BIM) – FALL 2014**

CEE 392 Fall 2014

Week	Date	Topics Covered in Class	Assignments	
			Assigned	Due this Week*
1	9/4/14	Course Overview Architecture #1 Demo Plan Reading Demo <b>Industry Lecture- Evolution of BIM</b>	Reading #1	-
2	9/11/14	Architecture #2 Demo AutoCAD Basics Demo Revit Architecture Mass Modeling Video	Modeling #1	Reading #1
3	9/18/14	Architecture #3 Demo Collaboration Demo Revit Stairs Video <b>Industry Lecture-Architecture</b>	Modeling #1 (cont.) Reading (Team) #2	-
4	9/25/14	HVAC System Basics HVAC Demo <b>Industry Lecture-Coordination</b>	Modeling #2	Modeling #1 Reading (Team) #2
5	10/2/14	Structural Demo Revit Cloud Rendering Video	-	Modeling #2
6	10/9/14	Architecture #4 Demo-Sheet Composition Architecture #5 Demo-Component Modeling Structural Tag Video	Modeling #3	-
7	10/16/14	Project Work Session	-	Modeling #3
8	10/23/14	50% Submittal Comments Navisworks Capabilities Lecture Navisworks #1 Demo Navisworks Timeliner Video	Reading #3	50% Project Submittal
9	10/30/14	Navisworks #2 Demo Navisworks/Revit Switchback Exercise	Modeling #4	Reading #3
10	11/8/14	Architecture #6 Demo-Wall Customization Revit Annotations Video	-	Modeling #4
11	11/13/14	Project Work Session	-	-
12	11/20/14	Architecture #7 Demo-Visualization	Modeling #5	90% Project Submittal
13	11/27/14	<u>No Class</u> Thanksgiving Break	Reading #4 (cont.)	Modeling #5
14	12/4/14	Project Work Session <b>Industry Lecture-Client Perspective</b>	-	Reading #4
15	12/11/14	Project Group Presentations	-	100% Project Submittal

\*File deliverables are due prior to class to the specified dropbox on the Moodle Course site.

CEE 392 Fall 2014

## Demo Topics Summary

### Architecture #1 Demo

- Starting a New Project
- Revit Navigation
- Placing Gridlines and Levels
- Basic Modeling-Wall, Floors, Roofs
- Manage Roof Settings

### Architecture #2 Demo

- Modify Tools-Array, Extend, Copy, Paste
- Modeling Doors
- Modeling Windows and Editing Families
- Modify Tools-Align, Mirror
- Tagging Elements and Rooms
- Modeling Ceilings

### AutoCAD Basics Demo

- AutoCAD Basics
- AutoCAD Collaboration with Revit
- Printing from Revit

### Architecture #3 Demo

- Modeling Stairs and Railings
- Modeling Components
- Loading Families from External Sources
- Modify Tool-Copy
- Lights, Camera, and Rendering
- Component Presentation

### Collaboration Demo

- Worksets
- Central vs. Local File
- Rights and Synchronizing

### HVAC Demo

- File Linking
- HVAC-System Approach
- HVAC-Manual Modeling
- Other Duct Connections

### Structural Demo

- Structural Slabs and Floors
- Structural Columns
- Structural Walls and Footings
- Girders, Joists and Beam Systems

### Architecture #4 Demo

- Schedule Features and Excel Integration
- Filtering and Hiding Elements
- Editing Tag Families
- Room Naming and Schedule Keys
- Annotating Sheets
- Sheet "Best Practices"

### Architecture #5 Demo

- Modeling and Saving In Place Components

### Navisworks #1 Demo

- Navigating in Navisworks
- Loading Revit Models in Navisworks
- Create a Mark-Up View
- Recording Animations
- Working with Sets

### Navisworks #2 Demo

- Advanced Viewports and Animation
- Clash Detection
- Revit Switchback

### Architecture #6 Demo

- Basic Wall Family Composition
- Stacked and Compound Walls
- Wall Sweeps and Reveal

### Architecture #7 Demo

- Element Grouping
- Design Options
- Project Phasing

Fonte: University of Wisconsin-Madison (2017a).