



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
MESTRADO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO

Raphael Augusto de Andrade

Implementação do BIM no ensino: adequação de matrizes curriculares de cursos de arquitetura através da identificação de permeabilidades de conteúdo

Juiz de Fora
2018

Raphael Augusto de Andrade

Implementação do BIM no ensino: adequação de matrizes curriculares de cursos de arquitetura através da identificação de permeabilidades de conteúdo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Orientador: Prof. DSc. Marcos Martins Borges
Coorientador: Prof. DSc. Fernando Tadeu de Araújo Lima

Juiz de Fora
2018

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Andrade, Raphael Augusto de.

Implementação do BIM no ensino: Adequação de matrizes curriculares de cursos de arquitetura através da identificação de permeabilidades de conteúdo / Raphael Augusto de Andrade. -- 2018.

198 f.

Orientador: Marcos Martins Borges

Coorientador: Fernando Tadeu de Araújo Lima

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, 2018.

1. BIM. 2. Ensino. 3. Arquitetura. 4. Permeabilidades. 5. Ensino Superior. I. Borges, Marcos Martins, orient. II. Lima, Fernando Tadeu de Araújo, coorient. III. Título.

Raphael Augusto de Andrade

Implementação do BIM no ensino:

Adequação de matrizes curriculares de cursos de arquitetura através da
identificação de permeabilidades de conteúdo

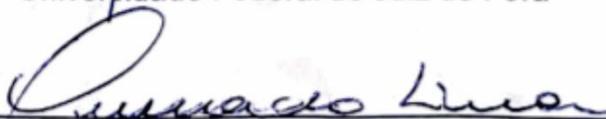
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, Área de Concentração em Gestão do Ambiente Construído, da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Aprovada em 10 de agosto de 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcos Martins Borges (Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Fernando Tadeu de Araújo Lima (Coorientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dra. Aline Calazans Marques
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dra. Regina Coeli Ruschel
Universidade Estadual de Campinas

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à toda minha família por todo apoio que sempre foi dado à minha formação. Especialmente, à minha mãe, Adriana, por todo carinho e incentivo, ao meu padrasto Sérgio, por todo apoio, à minha avó e aos meus padrinhos por sempre me darem força nesse percurso acadêmico.

Agradeço à minha noiva, Kamila, por todo amor, companheirismo e paciência que tem dedicado a mim em todos os desafios que foram superados no desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço aos meus mestres, Marcos e Fernando, por todo amparo que me deram e conhecimento que me transmitiram e a todos os professores do PROAC pelos ensinamentos que transmitem a seus alunos. Também ao professor Vinícius que participou do desenvolvimento desse trabalho e, gentilmente, cedeu espaço em sua disciplina para a realização do experimento, aqui, proposto.

Agradeço aos meus amigos de turma, especialmente à Dani, com quem tenho o prazer de conviver desde a graduação em arquitetura. Aos meus amigos Cadu e Victor com quem sempre pude dividir meu sucesso e aos meus companheiros de banda, Guilherme e Hayder que tornaram o final desse percurso mais leve.

Agradeço à minha terapeuta, Melissa, por me auxiliar a me manter no foco para buscar o melhor resultado que eu poderia alcançar.

Agradeço aos funcionários do PROAC, Lília e Fabiano, que sempre estiveram disponíveis para auxiliar os alunos em todos os obstáculos que encontrávamos.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Juiz de Fora pelo apoio estrutural, institucional e financeiro.

Uma das mais importantes inovações gerenciais dos últimos anos, o *Building Information Modeling* (BIM) é uma ferramenta que revolucionará o mercado brasileiro. [...] O BIM não deve ser uma plataforma restrita às grandes corporações, mas sim atender empresas de diversos portes em todos os segmentos da cadeia produtiva da construção civil. Nosso esforço vai na direção de universalizar o seu uso, de forma que um número cada vez maior de profissionais e empresas do setor domine sua plataforma e sua aplicação. (CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção)

RESUMO

A indústria da construção no Brasil tem demonstrado grande interesse em inovações tecnológicas, projetuais e gerencias como o *Building Information Modeling*, uma metodologia de gerenciamento da informação da construção que utiliza inovações tecnológicas para otimizar os processos de projeto. Entretanto, os cursos superiores relacionados à construção civil devem implementar conteúdos relacionados a esse novo recurso, caso contrário, os profissionais não terão a formação necessária para adotar o BIM no mercado de trabalho.

Este trabalho tem, como objetivo geral, a proposição de um modelo de adequação de conteúdos BIM a matrizes curriculares de arquitetura e urbanismo através da identificação de permeabilidades de conteúdo. Os métodos utilizados para a realização desta pesquisa foram divididos entre: I) método de análise de permeabilidades entre o BIM e a matriz curricular; e II) método de criação da proposta de adequação a partir das competências BIM e dos NPBIM.

Como resultado, foi possível identificar as vantagens e desvantagens do método de implementação por permeabilidades e analisar como a estrutura da matriz curricular da FAU/UFJF poderia ser adequada aos conteúdos BIM o que, também, resultou em uma experimentação prática de adequação da disciplina PRT002 do curso. Espera-se com esse trabalho, contribuir com o desenvolvimento de estratégias de implementação do BIM nos cursos de arquitetura e urbanismo do Brasil.

Palavras-chave: BIM. Ensino superior. Educação. Permeabilidades.

ABSTRACT

The construction industry in Brazil has shown great interest in technological, design and management innovations such as Building Information Modeling, a construction information management methodology that uses technological innovations to optimize design processes. However, higher education courses of AECO industry must implement content related to this new resources, otherwise, professionals will not have the necessary training to adopt BIM in the industry.

This work has, as general objective, the proposition of a model of adequacy of BIM contents to curricular matrices of architecture and urbanism through the identification of content permeabilities. The methods used to carry out this research were divided among: I) method of analysis of permeabilities between BIM and the curricular grade; and II) method of creating the proposal of adequacy from the BIM competencies and NPBIM.

As a result, it was possible to identify the advantages and disadvantages of the permeability implementation method and to analyze how the structure of the FAU/UFJF curriculum could be appropriate to the BIM contents, which also resulted in a practical experimentation of the PRT002 course. It is hoped that this work will contribute to the development of BIM implementation strategies in architecture and urbanism courses in Brazil.

Keywords: BIM. Higher education. Education. Permeability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Evolução dos termos associados ao BIM	26
Figura 2 - Multidimensionalidade dos Domínios BIM	28
Figura 3 - Funções das padronizações <i>buildingSMART</i>	43
Figura 4 - Os campos BIM e suas sobreposições.....	49
Figura 5 - Estágios de Implementação do BIM	50
Figura 6 - Fluxo de dados BIM.....	51
Figura 7 - Fases do ciclo de vida de projetos.....	51
Figura 8 - O Processo de Projeto no BIM 1.0	52
Figura 9 - O Processo de Projeto no BIM 2.0	52
Figura 10 – O Processo de Projeto no BIM 3.0.....	53
Figura 11 - Evolução dos recursos de representação e colaboração nos estágios BIM	53
Figura 12 - Estrutura do Modelo Integrado do Produto	62
Figura 13 - Ciclo de vida no Processo de Projeto BIM.....	63
Figura 14 - Modelo resumido do fluxo de trabalho BIM.....	64
Figura 15 - LOD100	66
Figura 16 - LOD200	67
Figura 17 - LOD300	67
Figura 18 - LOD400	68
Figura 19 - LOD500	69
Figura 20 - Estrutura do processo de projeto ligada ao LOD	70
Figura 21 - Esquema simplificado de um modelo federado	77
Figura 22 - Características do NP BIM Introdutório	84
Figura 23 - Características no NP BIM Intermediário.....	85
Figura 24 - Características do NP BIM Avançado.....	86
Figura 25 - Proposta de Barison e Santos (2015).....	89
Figura 26 - Sistema de classificação de permeabilidades	90
Figura 27 - Visão geral da metodologia	97
Figura 28 - Representação gráfica das categorias no presente estudo.....	109
Figura 29 - Ciclo de Fundamentação da FAU/UFJF	118
Figura 30 - Ciclo Profissionalizante da FAU/UFJF	120
Figura 31 - Disciplinas eletivas da FAU/UFJF	121

Figura 32 - A matriz curricular da FAU/UFJF e suas permeabilidades	125
Figura 33 - Permeabilidades na área de Representação e Expressão	126
Figura 34 - Permeabilidades na área de Tecnologia	129
Figura 35 - Permeabilidades na área de Projeto.....	131
Figura 36 - Análise das permeabilidades das disciplinas de TCC e História e Teoria.....	134
Figura 37 - Proposta de adequação da matriz curricular FAU/UFJF	139
Figura 38 - Adequação da área de Representação e Expressão	140
Figura 39 - Comparativo das permeabilidades na área de Representação e Expressão.....	142
Figura 40 - Adequação da área de Tecnologia	145
Figura 41 - Adequação da categoria “Estruturas”	146
Figura 42 - Adequação da categoria “Tecnologia”	146
Figura 43 - Adequação da categoria "Conforto ambiental"	147
Figura 44 - Comparativo das permeabilidades na área de Tecnologia.....	148
Figura 45 - Adequação da área de Projeto	150
Figura 46 - Comparativo das permeabilidades na área de Projeto	152
Figura 47 - Permeabilidades atuais da PRT002	157
Figura 48 - Proposta de adequação da disciplina PRT002.....	158
Figura 49 - Amplificação de conteúdos alcançada.....	161
Figura 50 - Alguns trabalhos desenvolvidos em sala de aula	163

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Média dos trabalhos publicados até 2014.....	81
Gráfico 2 - Relação quantitativa das referências encontradas.....	100
Gráfico 3 - Relação quantitativa das referências extras utilizadas.....	103
Gráfico 4 - Horas/aula totais e obrigatórias na FAU/UFJF.....	116
Gráfico 5 - Percentual de horas/aula de cada área no Ciclo de Fundamentação.....	119
Gráfico 6 - Percentual de horas/aula de cada área no Ciclo Profissionalizante.....	121
Gráfico 7 - Distribuição das disciplinas eletivas nos Ciclos e TCC	122
Gráfico 8 - Análise das permeabilidades de conteúdos – Categoria (a)	123
Gráfico 9 - Relação das permeabilidades com as áreas de conhecimento da FAU/UFJF.....	124
Gráfico 10 - Análise das permeabilidades da área de Representação e Expressão.....	128
Gráfico 11 - Análise das permeabilidades da área de Tecnologia.....	130
Gráfico 12 - Análise das permeabilidades da área de Projeto.....	132
Gráfico 13 – Permeabilidades devido à adequação da área de Representação e Expressão.....	141
Gráfico 14 - Permeabilidades devido à adequação da área de Tecnologia.....	147
Gráfico 15 - Permeabilidades devido à adequação da área de Projeto.....	151
Gráfico 16 - Categoria (a) de permeabilidade após a adequação	156
Gráfico 17 - Resultados do questionário: tempo de utilização	164
Gráfico 18 - Resultados do questionário: dificuldade da metodologia	164
Gráfico 19 - Resultados do questionário: relevância da metodologia apresentada.....	165
Gráfico 20 - Resultados do questionário: relevância para a ferramentas BIM	165
Gráfico 21 - Resultados do questionário: utilidade da metodologia	166
Gráfico 22 - Resultados do questionário: otimização do processo	166
Gráfico 23 - Resultados do questionário: utilização em trabalhos futuros ...	167

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetivos da pesquisa.....	21
Quadro 2 - Recursos desenvolvidos pela <i>buldingSmart</i>	42
Quadro 3 - Experiências do BIM no ensino superior.....	88
Quadro 4 - Competências BIM e a graduação.....	94
Quadro 5 - Referências encontradas na revisão bibliográfica sistemática...	100
Quadro 6 - Referências extras utilizadas	104
Quadro 7 - Identificação das competências BIM na FAU/UFJF	136
Quadro 8 - Impactos nas competências.....	143
Quadro 9 - Impacto nas competências	149
Quadro 10 - Impactos nas competências.....	153

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
4D	Gerenciamento do tempo
5D	Gerenciamento do custo
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABNT/CEE-134	Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BCF	<i>BIM Collaboration Format</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BREAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
B-rep	<i>Boundary representation</i>
bSDD	<i>buildingSMART Data Dictionary</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CDURP	Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro
CSG	<i>Constructive Solid Geometry</i>
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
FAU/UFJF	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora
HQE	<i>Haute Qualité Environnementale</i>
IDM	<i>Information Delivery Manual</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IFD	<i>International Framework for Dictionaries</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>

ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LOD	Level of Development
LOI	Level of Information
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MVD	<i>Modelo View Definitions</i>
NBR	Norma Brasileira
ND	Nível de Desenvolvimento
NPBIM	Nível de Proficiência BIM
OPUS	Sistema Unificado do Processo de Obras
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1) INTRODUÇÃO	17
1.1) JUSTIFICATIVA.....	19
1.2) OBJETIVOS	20
1.3) METODOLOGIA	21
1.4) CONDIÇÕES DE CONTORNO	22
1.5) ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	23
2) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1) BIM – BUILDING INFORMATION MODELING.....	25
2.1.1) BIM como processo de projeto.....	27
2.1.2) BIM como tecnologia.....	29
2.1.3) BIM como ferramenta.....	30
2.1.3) Considerações gerais sobre o BIM	31
2.2) EVOLUÇÃO DOS RECURSOS TECNOLÓGICOS BIM	31
2.2.1) A transição CAD/BIM	33
2.2.2) Modelagem Paramétrica	37
2.2.3) Interoperabilidade e colaboração	40
2.2.4) Utilização de ferramentas BIM e seus desdobramentos	45
2.3) IMPLEMENTAÇÃO DO BIM.....	48
2.3.1) Estágios de implementação	48
2.3.2) IPD (Integrated Project Delivery) e Engenharia Simultânea.....	54
2.3.4) Dificuldades na implementação do BIM	56
2.3.5) Manuais e Normas BIM – Brasil.....	57
2.4) PROCESSO DE PROJETO BIM.....	60
2.4.1) Processo tradicional de projeto x Processo de Projeto BIM.....	60
2.4.2) Níveis de Desenvolvimento - ND (<i>Level of Development - LOD</i>) ...	65
2.4.3) Matriz de responsabilidades BIM no desenvolvimento de modelos BIM para Arquitetura	70
2.4.4) Projeto colaborativo.....	73
2.4.5) Técnicas de colaboração no processo de projeto BIM.....	76
2.5) O BIM NO ENSINO SUPERIOR.....	79

2.5.1) Níveis de Implementação do BIM no ensino - proficiência BIM (NPBIM).....	83
2.5.2) Implementação do BIM em matrizes curriculares do ensino superior no Brasil	87
2.5.3) Competências BIM	92
2.5.4) O BIM e a interdisciplinaridade.....	95
3) METODOLOGIA	97
3.1) REVISÃO DA LITERATURA	98
3.1.1) Revisão Sistemática da literatura	98
3.1.2) Trabalhos extras.....	102
3.2) METODOLOGIA DE ANÁLISE DA GRADE CURRICULAR FAU/UFJF	107
3.2.1) Análise dos conteúdos relacionados ao BIM.....	110
3.2.2) Pontos balizadores da proposta de adequação	112
3.3) INTERVENÇÃO NA DISCIPLINA PRT002: CONHECIMENTOS, HABILIDADES E ATITUDES	113
4) A MATRIZ CURRICULAR DA FAU/UFJF	115
4.1) IDENTIFICAÇÃO DE PERMEABILIDADES ENTRE O BIM E A MATRIZ CURRICULAR EM ANÁLISE.....	123
4.1.2) Permeabilidades na área de Representação e Expressão	126
4.1.3) Permeabilidades na área de Tecnologia	129
4.1.4) Permeabilidades na área de Projeto	131
4.1.5) Permeabilidades em outras áreas da matriz	133
4.2) ANÁLISE GERAL DA MATRIZ CURRICULAR FAU/UFJF	134
5) PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA MATRIZ CURRICULAR FAU/UFJF	137
5.1) PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO NA ÁREA DE REPRESENTAÇÃO E EXPRESSÃO.....	140
5.2) PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO NA ÁREA DE TECNOLOGIA	144
5.3) PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO NA ÁREA DE PROJETO	150
5.4) PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO EM OUTRAS ÁREAS DA MATRIZ	154
5.5) CONCLUSÃO DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO.....	155

6) ADEQUAÇÃO DE CONTEÚDO DA DISCIPLINA PRT002.....	157
6.1) PLANEJAMENTO DA ADEQUAÇÃO DA DISCIPLINA PRT002 EM CONJUNTO AO PROFESSOR DA DISCIPLINA.....	159
6.2) APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA DISCIPLINA PRT002	161
6.3) ENTREVISTA COM O CORPO DISCENTE DA FAU/UFJF.....	163
7) CONCLUSÃO	169
7.1) CONSIDERAÇÕES FINAIS	170
7.2) SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	172
BIBLIOGRAFIA	174
ANEXO 1 – MATRIZ CURRICULAR DA FAU/UFJF	180
ANEXO 2 – PERMEABILIDADE DE CONTEÚDO FAU/UFJF	182
ANEXO 3 – ADEQUAÇÃO DE EMENTAS DA FAU/UFJF	196

1) INTRODUÇÃO

O processo tradicional de projetos construtivos é sequencial e fragmentado tornando-o um serviço caro, demorado e dependente de técnicas tradicionais de compatibilização, tendo a ideia arquitetônica definida antes das atribuições técnicas do edifício o que, ainda, pode gerar desperdício e retrabalho (MENEZES *et al.*, 2010). A inadequação da documentação de projetos construtivos gera um aumento de 10-15% nos custos e diminui os níveis de confiança de seus produtos devido ao pouco compartilhamento de informação entre agentes de projeto (MCDONALD e MILLS, 2013).

Entretanto, esses problemas, recorrentes na indústria AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação), podem ser minimizados através da adoção de novas tecnologias e métodos de projeto integrado (MCDONALD e MILLS, 2013). Conceitualmente, Charles M. Eastman concebeu, na década de 70, uma plataforma de colaboração multidisciplinar: o *Building Information Modeling* (BIM) (OLIVEIRA e PEREIRA, 2011). Com o passar do tempo, esse conceito foi sendo aprimorado e, atualmente, tem ganhado força no mercado AEC por apresentar uma alternativa ao processo tradicional, aumentando a precisão dos trabalhos realizados, diminuindo o tempo e o custo do projeto e permitindo simular, digitalmente, as etapas e informações da construção (MENEZES *et al.*, 2010).

O BIM sugere o uso de novas metodologias de projeto baseadas na colaboração e coordenação de grupos multidisciplinares de trabalho que extraem e compartilham informações técnicas e gráficas do projeto através de um conjunto de modelos tridimensionais. Juntos, esses modelos formam um banco de dados que otimiza a compatibilização dos dados construtivos (GARAGNANI, MINGUCCI e LUCIANI, 2012).

Entretanto, tanto no mercado de trabalho quanto no meio acadêmico, os conceitos de colaboração e fluxos de trabalho BIM não são totalmente claros para projetistas e docentes (BARISON e SANTOS, 2016) (KASSEM e AMORIM, 2015) (DELATORRE, 2014) (MANZIONE *et al.*, 2011). Além disso, o uso da plataforma nos moldes tradicionais de projeto leva à sua subutilização, reduzindo seu conceito à modelagem geométrica digital (BARISON e SANTOS, 2016).

Diante dessa realidade, os cursos superiores possuem uma grande relevância na ampliação das competências BIM (DELATORRE, 2014). Segundo Ruschel, Andrade e Moraes (2013) existe a necessidade de abordagens diferenciadas nos cursos de graduação relacionados à indústria AECO para que sejam inseridos conteúdos relacionados a novos processos de projeto e colaboração multidisciplinar.

A incorporação curricular dessa plataforma em cursos de graduação em AEC se iniciou, principalmente, entre os anos de 2006 e 2009 no mundo todo (BARISON; SANTOS, 2011) e em um cenário mercadológico recente já se observa a transição da plataforma CAD - majoritariamente adotada pelos profissionais da área - para o BIM (PAIVA, LEITE e LIMA, 2012).

Entretanto, a implementação do BIM em matrizes curriculares, exige alterações na realidade acadêmica dos cursos de graduação relacionados à indústria AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) no Brasil, como: I) Melhor comunicação e integração entre disciplinas que, por vezes, pertencem a departamentos diferentes; II) Mudanças de grande impacto na estrutura da matriz curricular; e III) Capacitação de professores e mudanças nos processos de ensino (PAIVA, LEITE e LIMA, 2012). Outros obstáculos como custo de softwares e reorganização da estrutura física dos cursos também são fatores que contribuem para a não adoção do BIM.

Atualmente, a implementação do BIM no ensino superior é realizada de acordo com o planejamento da própria direção acadêmica. Dentre as soluções possíveis de implementação do BIM no ensino, uma delas se destaca por não exigir a reformulação total da matriz curricular: através da amplificação de conteúdos relacionados ao BIM encontrados nas disciplinas das matrizes vigentes (CHECCUCCI e AMORIM, 2014).

No presente estudo será desenvolvido e analisado um método de amplificação de conteúdos BIM em matrizes curriculares de cursos de arquitetura e urbanismo. O método desenvolvido poderá ser utilizado em qualquer matriz curricular que tenha pretensão de implementar o BIM, sendo esta possibilidade, a principal contribuição desta pesquisa. Espera-se que este trabalho, seja um passo para o desenvolvimento de formas de adoção do BIM no ensino superior.

1.1) JUSTIFICATIVA

Três fatores foram importantes para justificar a realização desse trabalho. O primeiro é a relevância do tema: a implementação do BIM no ensino superior atual. O ensino, a pesquisa e as experiências de implantação acadêmica do BIM no Brasil são relativamente recentes e ainda não possuem bases pedagógicas consolidadas (BARISON e SANTOS, 2011). Pesquisas como a de Menezes et al. (2012) mostram esse panorama: mesmo nas regiões com maior volume de pesquisa sobre BIM – Sul e Sudeste -, existem preocupações em relação à sua implantação nas grades curriculares e poucas pesquisas a respeito. Complementarmente, Checucci, Pereira e Amorim (2013) defendem a necessidade da análise e do desenvolvimento de maneiras mais efetivas de adoção do BIM no meio acadêmico.

O segundo fator é a identificação das possíveis consequências da subutilização do BIM no ensino e, conseqüentemente, no mercado de trabalho. Oliveira e Pereira (2011) ao analisarem escritórios e construtoras que adotaram o BIM, explicitam que o único caso que o utilizava apenas como modelador digital, o abandonou devido às dificuldades de utilização encontradas. Menezes *et al.* (2012) ainda complementam: ao analisarem a adoção curricular da plataforma em universidades de Minas Gerais, mostram como todos os cursos analisados subutilizou esta ferramenta devido às dificuldades de adoção dos novos processos e de integração dos departamentos acadêmicos que, uma vez consolidados, não permitiram o aprofundamento das competências BIM nas salas de aula.

O terceiro fator é a exploração de resultados através da implementação de conteúdos BIM em disciplinas que possuem permeabilidade com a plataforma BIM. Este método de implementação pode ser ideal para instituições de ensino superior. No presente estudo será utilizada para a análise a matriz curricular da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora (FAU/UFJF), onde a implementação de ferramentas BIM já foi realizada, mas os processos ainda são pouco explorados.

1.2) OBJETIVOS

O presente trabalho possui como objetivo geral, a formulação de um modelo de adequação curricular a partir da amplificação de permeabilidades de conteúdo entre o BIM e as disciplinas do ensino superior de arquitetura e urbanismo. Espera-se que o modelo de matriz elaborado incorpore à instrumentalização dos recursos computacionais BIM de auxílio à projeto, outras competências de grande relevância ao BIM como é referenciado em Barison e Santos (2016). Também é de interesse desta pesquisa que a proposta de incorporação possua características que impactem o mínimo possível a estrutura curricular vigente da FAU/UFJF e que o método possa ser referência para a implementação do BIM em outras matrizes curriculares.

Para tal, sugere-se a criação de um planejamento para a formulação da proposta de adequação a partir da bibliografia estudada. Os conhecimentos adquiridos serão adaptados à realidade acadêmica do grupo de estudo conforme as demandas encontradas.

O primeiro objetivo específico será o levantamento da revisão bibliográfica relacionada ao tema em estudo. A partir dessa revisão bibliográfica serão selecionados temas relacionados ao ensino do BIM que serão utilizados na adequação das disciplinas obrigatórias da FAU/UFJF.

O segundo objetivo específico é o levantamento das permeabilidades entre o BIM e o curso de Arquitetura e Urbanismo da UFJF. Esta etapa será realizada baseada no método de Checcucci e Amorim (2014), identificado na revisão bibliográfica. Como citado anteriormente, para a delimitação do recorte deste trabalho, somente as disciplinas obrigatórias serão analisadas.

O terceiro objetivo específico é a formulação de uma proposta de adequação da matriz curricular da FAU/UFJF aos conteúdos BIM. A adequação será realizada de acordo com parâmetros, também identificados na revisão bibliográfica, que indicaram qual objetivo a adequação deverá ser alcançar.

Por fim, a adequação será revisada para que seja aplicada em uma das disciplinas da matriz curricular analisada. Serão coletados dados nessas experiências que indicarão os objetivos alcançados e quais melhoramentos podem ser realizados no método de adequação. O Quadro 1 apresenta os objetivos geral e específicos de forma simplificada.

Quadro 1 - Objetivos da pesquisa

Objetivos	
Geral	Específicos
Formular um modelo de adequação para matrizes curriculares a partir da identificação de pontos de incorporação dos conteúdos relacionados ao BIM no ensino superior de arquitetura e urbanismo	Revisão de literatura sobre BIM
	Identificação das permeabilidades entre o BIM e a matriz da FAU/UFJF
	Criação de um modelo de adequação da matriz curricular da FAU/UFJF
	Aplicação do modelo em uma disciplina da matriz curricular

Fonte: o autor

1.3) METODOLOGIA

Para a realização do presente trabalho será realizada, no primeiro momento, a fundamentação teórica sobre o tema através de buscas em bancos de pesquisa virtuais. Serão utilizados os seguintes bancos de dados: I) Portal CAPES; II) Scielo (*Scientific Eletronic Library Online*) e; III) CumInCad (*Cumulative Index Of Computer Aided Architectural Design*).

Como critérios de buscas foram definidos: I) inglês e português como línguas procuradas; II) publicações nos últimos 5 anos (2012-2018); e III) termos de busca: BIM, ensino, educação e arquitetura. Espera-se identificar, com o material levantado, conceitos relacionados ao BIM, processos de projeto BIM, a situação do BIM na academia e métodos já consolidados de adoção.

Para a identificação das permeabilidades entre o BIM e a matriz curricular da UFJF, será utilizado, como base, a metodologia de análise de permeabilidades proposta por Checcucci e Amorim (2014). Com este método é possível identificar quatro categorias de permeabilidades nas disciplinas da matriz curricular utilizando-se blocos coloridos que podem ser dispostos, graficamente, como um organograma.

As categorias de permeabilidade analisadas são: (a) Classificação do nível de similaridade entre os conteúdos ministrados nas disciplinas e o BIM; (b) Avaliação de

quais conteúdos relacionados ao BIM podem ser trabalhados na disciplina; (c) Identificação de quais etapas do ciclo de vida das edificações são exploradas; e (d) Identificação de qual área da indústria AECO é desenvolvida na disciplina do curso em análise.

No trabalho de Checcucci e Amorim (2014), essa metodologia foi utilizada para mapear as permeabilidades entre o BIM e a matriz curricular de um curso de engenharia civil. No presente trabalho, ela será utilizada para mapear a matriz de um curso de arquitetura e para o mapeamento gráfico da proposta de adequação.

O modelo de adequação será proposto baseado nos Níveis de Proficiência em BIM (NPBIM) de Barison e Santos (2011) e nas competências BIM de Barison e Santos (2016). Os trabalhos citados trazem parâmetros importantes para balizar a proposta de implementação desejada como: I) Níveis de aprofundamento de conhecimento em BIM; e II) Requerimentos funcionais do papel do arquiteto no desenvolvimento de projetos em BIM.

Ainda é proposto nos objetivos específicos da presente pesquisa, a experimentação do modelo de adequação em uma disciplina da FAU/UFJF. Essa aplicação será utilizada para identificar quais obstáculos podem ser encontrados e como o modelo de adequação pode ser melhorado numa situação prática de implementação. Para tal, será utilizada a disciplina PRT002 – Representação Digital Técnica II da matriz, única que apresenta permeabilidade clara com os conteúdos BIM nas análises realizadas.

Por fim, um questionário será aplicado ao corpo discente da experimentação para que sejam identificadas, também, as percepções dos alunos em relação à adequação proposta.

1.4) CONDIÇÕES DE CONTORNO

Este estudo possui, como condição de contorno, os seguintes fatores: I) Análise de uma matriz curricular de um curso de arquitetura e urbanismo, apenas; II) Análise do curso de uma universidade federal; III) Análise de disciplinas obrigatórias, apenas; IV) Experimentação, somente, em disciplinas que possuem permeabilidade clara entre o BIM e a matriz analisada.

O primeiro fator de delimitação foi aplicado devido à importância da área de arquitetura na indústria AECO e no desenvolvimento de projetos BIM. O segundo fator foi aplicado devido à grande dimensão da FAU/UFJF na região onde ela está alocada, junto à sua proximidade ao PROAC, programa onde a presente pesquisa foi realizada. O terceiro fator foi aplicado devido ao interesse desta pesquisa em estimular a adoção do BIM na grade curricular regular dos cursos de arquitetura e urbanismo, não o colocando, somente, como uma opção de conteúdo. Por fim, o quarto fator foi aplicado devido à permeabilidade clara entre a disciplina PRT002 e o BIM, e à disponibilidade do professor em oferecer aulas do calendário regular do curso para o experimento.

1.5) ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Essa dissertação é dividida em 7 capítulos onde são apresentadas: I) Revisão bibliográfica sobre o tema; II) Metodologia adotada para o estudo; III) Análises de dados; IV) Proposta e experimentação; e V) Conclusão.

No primeiro capítulo é feita a introdução ao tema em estudo. É apresentado o plano de fundo da pesquisa, as justificativas que levaram à sua elaboração, seus objetivos, um breve resumo dos procedimentos metodológicos, os recortes e a estrutura geral da pesquisa.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica realizada para a criação do repertório dessa pesquisa. Também são encontrados os trabalhos que dão consistência ao que é aqui proposto. Nele são descritas as definições do BIM, o contexto da elaboração do conceito BIM e seus principais recursos, métodos e manuais de implementação do BIM, peculiaridades do processo de projeto em BIM e dados e estudos do BIM no ensino superior.

No terceiro capítulo, os procedimentos metodológicos da pesquisa são apresentados. Nele são descritos os parâmetros e as fontes de busca para a realização da revisão bibliográfica, o funcionamento da metodologia de análise das permeabilidades de conteúdo, os pontos balizadores da proposta de adequação e os parâmetros de proposta e análise da disciplina PRT002.

No quarto capítulo é realizada uma análise da estrutura da matriz curricular da FAU/UFJF e são identificadas as permeabilidades de conteúdo com o BIM. Este

capítulo é estendido ao Anexo 2 onde são apresentadas as análises individuais de cada uma das disciplinas da matriz curricular. No capítulo são apresentadas as permeabilidades por área de conhecimento da FAU/UFJF.

No quinto capítulo é realizada a proposta de adequação da matriz. As disciplinas da FAU/UFJF são divididas em suas áreas de conhecimento para uma análise mais direta da proposta. No início do capítulo é apresentada a proposta de implementação utilizando-se toda a matriz curricular. Este capítulo é estendido ao Anexo 3 onde são apresentadas as propostas de ementas de cada disciplina individualmente.

No sexto capítulo é descrito o processo de aplicação da adequação da disciplina PRT002. São apresentados: o planejamento da adequação, a experiência da adequação e considerações dos discentes sobre o experimento de implementação.

Por fim, o sétimo capítulo apresenta as considerações finais deste trabalho e dá sugestões para trabalhos futuros que possuem a mesma temática.

2) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1) BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

Segundo Oxman (2006), a produção da arquitetura contemporânea passa por uma revolução baseada em cinco paradigmas: a transição CAD/BIM, a criação da forma em meio digital, a geração de formas através de algoritmos, a concepção de projeto a partir de variáveis de desempenho e a produção arquitetônica utilizando, coordenadamente, todos esses recursos.

Esses paradigmas aproximam da AECO, práticas de projeto já utilizadas na indústria aeronáutica, automobilística e naval, como o projeto integrado (ASBEA, 2013), que podem ser otimizadas com a utilização de recursos como a plataforma BIM (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

Também se observa que, atualmente, os recursos tecnológicos da era digital estão, constantemente, presentes no processo de projeto. Esses recursos permitem que projetos sejam desenvolvidos em um ambiente digital onde “[...] o espaço tradicional arquitetônico passa a ser gerido por um espaço informacional.” (Rocha, 2010, p.: 178).

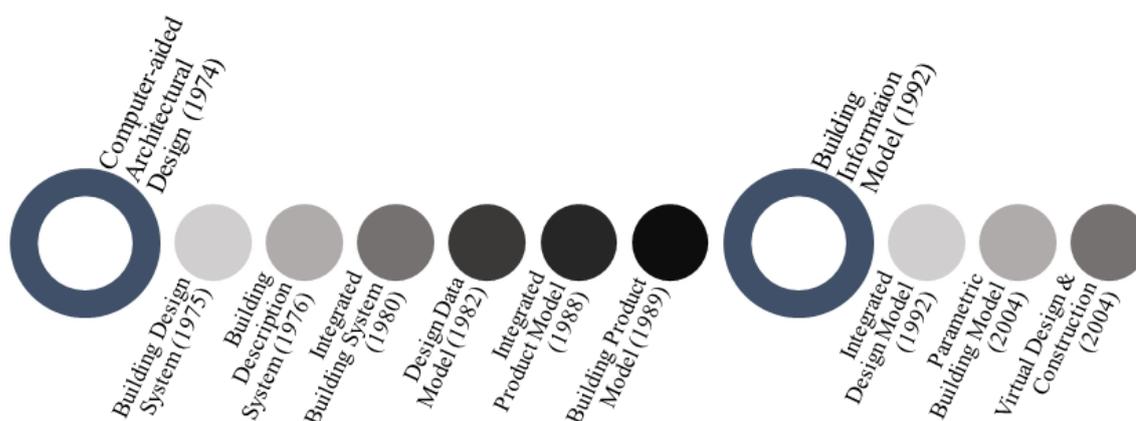
As novas possibilidades geradas por este novo ambiente de trabalho, além de transformar abordagens de projeto e oferecer novos meios de criá-los, impactam as relações que o projetista tem com a imagem e com a informação. O BIM é, dentre outras técnicas e terminologias, um conceito associado a essa nova realidade de projeto (ROCHA, 2010).

Os estudos em torno dos conceitos e usos do BIM vem se disseminando nos últimos anos por ele ser um dos meios mais eficientes para o cumprimento das exigências de projetos atuais (LÓPEZ e ROJAS, 2017). O foco de grande parte das pesquisas sobre a plataforma se dá em torno do exercício social do BIM e não do seu exercício técnico (MANZIONE, 2013), pois seu impacto se dá no processo de projeto e vai além da representação gráfica (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

Entretanto, o foco dado pelas pesquisas e o próprio termo “BIM”, passou por modificações ao longo dos anos (Figura 1). Os termos precursores do BIM - publicados entre meados da década de 1970 e final da década de 1980 -, por exemplo,

dão ênfase à produção de projetos com auxílio do computador. Segundo Gaspar e Ruschel (2017), os termos "*Building Design System*", "*Building Description System*", "*Integrated Building Model*", "*Design Data Model*" e "*Integrated Product Model*" possuem um direcionamento para a modelagem digital orientada a objetos e não ao processo de projeto em si.

Figura 1 - Evolução dos termos associados ao BIM



Fonte: adaptado de Gaspar e Ruschel (2017)

A primeira aparição do termo "*Building Information Model*" ocorreu na década de 1990 nos trabalhos de Nederveen e Tolman (1992). No entanto, o foco do termo ainda era modelagem orientada a objetos. Somente em 2009, o pesquisador Bilal Succar, em seu trabalho "*Building Information Modeling Framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*", atribui ao termo um sentido mais amplo relacionado aos processos de projeto e construção (GASPAR e RUSCHEL, 2017).

Outros termos como "*Parametric Design Model*" e "*Virtual Design & Construction*" surgiram após o "*Building Information Model*", mas hoje o termo "*Building Information Model*", juntamente com a sua variante "*Building Information Modeling*", são predominantes (GASPAR e RUSCHEL, 2017).

Apesar da diferenciação das definições, há um consenso em relação à necessidade da indústria AECO em estabelecer um catalisador que auxilie na redução da fragmentação do processo de projeto e, conseqüentemente, na perda de informações durante o ciclo de vida das edificações, melhorando sua eficiência

(ANDRADE e RUSCHEL, 2011). O BIM apresenta características que atendem essa demanda.

A plataforma, quando implantada devidamente, traz benefícios como: otimização de resultados de projeto, aproximação dos agentes de projeto e redução de custos, tempo e retrabalho durante todo o ciclo de vida da edificação. Os bons resultados observados na indústria repercutem na academia que, por sua vez, também passa por um processo de implementação e ampliação do uso da plataforma nas grades curriculares de cursos superiores (MALACHY, 2013).

Mesmo com três décadas de desenvolvimento de pesquisa, ainda é possível encontrar pesquisas que designam a plataforma como um novo método de projeto, como, por exemplo, em Barison e Santos (2016): “A Modelagem da Informação da Construção [...] é uma nova abordagem metodológica para processos de desenvolvimento do ambiente construído, abrangendo projeto, construção, gerenciamento e manutenção de edificações e infraestrutura.” (BARISON e SANTOS, 2016, p. 104).

Os processos de trabalho necessários para a implementação do BIM vêm sendo amplamente estudados por instituições de ensino e pesquisa, empresas desenvolvedoras de softwares e por órgãos reguladores da indústria AECO (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

Os estudos relacionados ao BIM podem designá-lo como: I) uma ferramenta; II) uma tecnologia ou; III) um processo, de acordo com a abordagem da pesquisa (ANDRADE e RUSCHEL, 2011). A multidirecionalidade do conceito BIM e sua designação como método contemporâneo de gerenciamento de projeto evidenciam a amplitude de seu impacto na indústria AECO e a atualidade do tema.

Essas três designações serão esclarecidas nos próximos tópicos para que os termos utilizados na presente pesquisa não sejam confundidos em seu desenvolvimento.

2.1.1) BIM como processo de projeto

O enfoque mais comum associado ao BIM, atualmente, relaciona-o a um processo de projeto direcionado ao gerenciamento inteligente e otimizado das

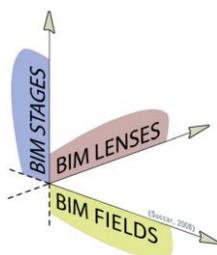
informações de uma edificação durante todo o seu ciclo de vida (ANDRADE e RUSCHEL, 2011). Os estudos direcionados a essa abordagem possuem grande amplitude de pesquisa e toca em pontos que vão além da utilização de ferramentas digitais (software) baseados em dois pilares tecnológicos, comumente associados ao BIM: a modelagem paramétrica e a interoperabilidade. Com essa abordagem, o conceito é, portanto, associado à área gerencial do projeto construtivo (EASTAMAN *et al.*, 2011).

Segundo Ruschel, Andrade e Morais (2013), o BIM “[...] é uma metodologia para gerenciar a essência do projeto e dados da construção ou empreendimento no formato digital em todo o ciclo de vida do edifício [...]”. Andrade e Ruschel (2011) complementam, colocando-o como processo de projeto fundamentado num tipo de gerenciamento de dados da edificação baseado na colaboração e integração multidisciplinar.

A adoção dessa metodologia de gerenciamento implica em mudanças consideráveis no processo de projeto construtivo (ANDRADE e RUSCHEL, 2011), sendo o principal foco do processo a colaboração e a comunicação entre agentes de projeto.

Como citado anteriormente, um dos principais estudos que designam o BIM como um processo é de Succar (2009). Nele, o autor sugere uma estrutura de mapeamento dos conhecimentos relacionados ao BIM – denominada *BIM Framework* – baseada em três domínios (Figura 2): I) Campos BIM, utilizados para identificação de agentes e produtos do processo de projeto BIM; II) Estágios BIM, utilizados para delinear níveis de implementação da plataforma; e III) Lentes BIM, que servem de referência para identificar e avaliar os Campos BIM e os Estágios BIM (SUCCAR, 2009).

Figura 2 - Multidimensionalidade dos Domínios BIM



Fonte: Succar (2009)

O estudo de Succar (2009) possui grande relevância para se compreender o que é BIM nos dias de hoje. Entretanto, nele não são sistematizadas as etapas do processo de projeto BIM. Outros estudos e documentos, porém, trazem essa sistematização do processo de projeto BIM, geralmente, em formato de manuais e guias.

No Brasil, atualmente, existem alguns manuais que mostram, de forma estruturada, as atividades, etapas e/ou funções requeridas em um processo de projeto BIM. Alguns exemplos são: I) Guia de boas práticas BIM da AsBEA (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura); II) Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras da CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção); e III) Guias BIM da ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial).

2.1.2) BIM como tecnologia

Apesar da designação do BIM enquanto processo ser a mais pesquisada, atualmente, uma das mais aceitas foi postulada pelo grupo *buldingSmart*, relacionando-o à tecnologia. Nesta designação, o BIM é considerado uma representação digital das características físicas e funcionais de uma construção que, através do compartilhamento de dados, auxilia na tomada de decisões em todo o ciclo de vida de uma edificação (HOLZER, 2015).

Eastman *et. al* (2011), definem o BIM como uma tecnologia de modelagem digital associada a processos de projeto que permite produzir, compartilhar e analisar modelos de edificações. Ainda segundo Andrade e Ruschel (2011), é uma tecnologia voltada ao desenvolvimento e uso da informação de um edifício a partir de um banco de dados que permite a extração de documentação, simulações do modelo digital e a operação do objeto construído.

Azahar, Khalfan e Maqsood (2012) reiteram e relacionam o BIM a uma tecnologia capaz de simular a edificação virtualmente em 3D, criando assim um banco de dados que pode ser transmitido durante o ciclo de vida da edificação. Tal tecnologia se insere num processo que envolve as disciplinas construtivas e ferramentas digitais diferenciadas que geram modelos especializados. Underwood e Isikdag (2010)

ressaltam a importância da utilização de modelos digitais compartilhados, integrados e interoperáveis durante o processo de gerenciamento BIM.

Os dois pilares tecnológicos principais para o exercício da plataforma BIM são: I) a modelagem paramétrica; e II) a interoperabilidade (ANDRADE e RUSCHEL, 2011). A modelagem paramétrica é um catalisador para a criação do banco de dados do modelo digital tridimensional utilizado para o desenvolvimento do processo de projeto BIM. Já a interoperabilidade é essencial para a troca de dados entre as múltiplas disciplinas de projeto.

O BIM enquanto tecnologia é uma designação mais simples e prática do que sua definição enquanto processo de projeto (EASTAMAN *et al.*, 2011). Entretanto, a adoção de *softwares* que possuem a tecnologia associada ao BIM acarreta grandes impactos no processo de projeto tradicional.

Em citação referenciada no Guia BIM da ASBEA (2013), Willian J. Mitchel dá pistas do porquê disso. Segundo o pesquisador, a representação gráfica possuía funções voltadas à simples comunicação da ideia arquitetônica e técnica para a execução de edifícios no processo de projeto tradicional. Com os novos recursos tecnológicos, a construção passa a ser entendida como a materialização de informações digitais relacionadas a todo seu o ciclo de vida (ASBEA, 2013).

A tecnologia associada ao BIM é hoje, portanto, um recurso que permite ao usuário, ao projetista e ao construtor, a experimentação da edificação em meio digital, a partir de um banco de dados, antes da sua construção em meio físico (Manziona, 2013).

2.1.3) BIM como ferramenta

Esta é a designação mais limitada da plataforma BIM, pois, enquanto ferramenta, ela está ligada a um recurso tecnológico específico (*software*) e se relaciona, exclusivamente, com a instrumentalização do profissional da AECO (ANDRADE e RUSCHEL, 2011). Dessa forma, a relação entre o instrumento digital e o processo de projeto pode ser perdida o que acarreta a subutilização da própria ferramenta como um modelador digital, apenas (OLIVEIRA e PEREIRA, 2011).

A definição do BIM como ferramenta é comum no meio comercial (ANDRADE e RUSCHEL, 2011). Entretanto, a interpretação da relação entre o *software* e o BIM é livre pois não existem referenciais parâmetros de avaliação gerais que designem uma ferramenta como BIM ou não. Por vezes, essa falta de referências pode levar o usuário a escolher um *software* de maneira inadequada (GASPAR e MANZIONE, 2015), portanto, na presente pesquisa, a designação de ferramenta BIM será utilizada para referenciar *softwares* que, comercialmente, apresentam essa designação.

2.1.3) Considerações gerais sobre o BIM

O BIM possui características que suprem as necessidades da indústria AECO, pois é um processo de projeto que oferece soluções gerenciais e operacionais para todas as etapas do ciclo de vida da edificação através de recursos tecnológicos eficientes. A utilização da plataforma, portanto, transcende a instrumentalização de ferramentas computacionais e impacta, principalmente, o gerenciamento de projetos.

Nesse contexto, o uso de ferramentas computacionais específicas para projetos em BIM com recursos de modelagem paramétrica torna-se um meio de otimização da criação de modelos tridimensionais digitais e não uma exigência para utilização da plataforma. Por sua vez, os recursos de interoperabilidade auxiliam no processo de colaboração entre agentes de projeto.

É possível observar, portanto, que a inter-relação entre os conceitos BIM ocorre na prática projetiva onde se busca otimizar a gestão do ciclo de vida das edificações, as práticas e as diretrizes de projeto de edificações como um todo.

2.2) EVOLUÇÃO DOS RECURSOS TECNOLÓGICOS BIM

O termo BIM, assim como o conceito, tem ganhado representatividade na indústria de AECO atualmente, entretanto a origem de ambos não é recente (EASTAMAN *et al.*, 2011). Conceitualmente, a concepção da plataforma BIM se deu

na década de 70 por Charles M. Eastman, professor do *Georgia Tech Institute of Technology* (OLIVEIRA e PEREIRA, 2011).

Atualmente, o termo é, por vezes, ligado a um significado mercadológico, sendo o ator principal de grandes campanhas de marketing das empresas produtoras de *softwares*. Essa generalização e disseminação do termo não deve ser tomada, entretanto, como algo imutável. Da mesma maneira que o conceito relacionado ao BIM já esteve relacionado a outros termos, o próprio conceito pode sofrer transformações (MCDONALD e MILLS, 2013).

Segundo MacDonald e Mills (2013):

Apesar dos materiais de marketing brilhantes produzidos por vários fabricantes de software, ainda não existe uma definição universalmente aceita para o BIM. O BIM não é um produto de *software*, mas uma abordagem para criar e gerenciar informações sobre projetos. O termo "*Building Information Model*" foi publicado em 1992 (Van Nederveen e Tolman), apesar de, como afirmado anteriormente, as ferramentas, processos e ideias evoluírem desde, pelo menos, a década de 1970 [...]. Muitos dos processos imitam aqueles adotados pelo setor automotivo há décadas, como o sistema *Just in Time* (JIT). O BIM pode ser um substantivo (o modelo de informação do edifício) ou um verbo (o processo de modelagem). Além disso, as palavras individuais que compõem o acrônimo podem significar coisas diferentes para diferentes profissionais:

(B) O edifício pode ser aplicado a uma única construção ou a um ambiente construído mais amplo;

(I) A informação é realmente a parte mais importante da sigla, pois o conceito é todo sobre a criação e compartilhamento de informações de qualidade sobre um projeto e não perder ou recriar informações quando elas se deslocam entre fases;

(M) Originalmente representava Modelagem ou Modelo, mas a literatura atual tende para a definição mais adequada de gerenciamento (Race, 2012).

O principal problema com o termo "*Building Information Modeling*" é que ele é inadequado para descrever a complexidade envolvida na criação e no gerenciamento de informações durante o ciclo de vida dos projetos de construção, independentemente de sua escala. Race (2012) propõe tomar emprestado o acrônimo PLM (*Product Lifecycle Management*) e substituir o BIM pelo PLIM (*Project Lifecycle Information Management*), pois é uma indicação mais precisa da intenção de criar um pacote abrangente de informações que represente a vida de uma edificação (McDonalds e Mills, 2013, p. 95. Tradução: o autor).

Devido às variadas designações do termo e sua evolução existe, inclusive, uma divergência quanto à origem funcional do BIM: alguns estudos consideram a empresa húngara *Graphsoft* como primeira desenvolvedora de um software BIM quando, em 1982, criou um programa para auxiliar no desenvolvimento de projetos em duas e três dimensões; outros apontam para o ano de 2002 quando a desenvolvedora de softwares *Autodesk* comprou a *Revit Technology Corporation* e começou, a partir de então, a utilizar o conceito BIM (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

Apesar das divergências de opinião quanto à origem funcional do BIM, segundo López e Rojas (2017), “[...] há um consenso generalizado de que Laiserin Jerry foi quem o popularizou como um termo comum para a representação digital de processos da construção” (LÓPEZ e ROJAS, 2017), sendo seus princípios básicos e fatores comuns, a coordenação, a colaboração e a interoperabilidade (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

2.2.1) A transição CAD/BIM

A utilização da tecnologia no auxílio à realização de projetos é, relativamente, recente. Até a década de 1950, os desenhos relacionados ao projeto de edificações eram realizados manualmente com auxílio de instrumentos de alta precisão (LÓPEZ e ROJAS, 2017). A introdução de sistemas CAD (*Computer Aided Design*) no mercado contribui para o aumento da qualidade de projetos na AECO permitindo a realização de desenhos mais precisos em menos tempo, o que revolucionou toda a indústria de projetos (COSTA, FIGUEIREDO e RIBEIRO, 2015).

Um dos primeiros sistemas voltados para a criação de desenhos digitais foi o *Sketchpad*, desenvolvido por Ivan Sutherland para utilização exclusiva no computador TX-2. Apesar do uso restrito do *Sketchpad*, seu conceito foi aprimorado e permitiu a criação dos primeiros sistemas CAD em 1965 (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

O principal recurso tecnológico dos sistemas CAD é o desenho vetorial que utiliza operações matemáticas geométricas para gerar seus objetos. As ferramentas apresentadas para a criação dos desenhos são elementos gráficos como linhas, arcos, círculos, elipses, etc. As linhas criadas podem ser agrupadas por camadas que contém informações específicas sobre o comportamento delas na representação final.

Além do auxílio na criação do recurso gráfico, as demandas de projeto exigem informações não gráficas atreladas ao projeto como planilhas, textos e números e a plataforma CAD também oferece ferramentas para suprir essa demanda (RUSCHEL e BIZELLO, 2011).

Com o CAD também é possível criar modelos (conhecidos como *templates*) e blocos (conjunto de informações gráficas e não gráficas que formam um objeto) que

auxiliam no processo de criação e padronização de projetos de acordo com as especificidades de cada projetista e disciplina técnica (RUSCHEL e BIZELLO, 2011).

Os recursos de desenho 2D oferecidos pelos sistemas CAD eram utilizados, primeiramente, em escritórios de projetos, como forma de acelerar a produção da documentação gráfica. Os métodos de criação de formas se assemelhavam aos métodos convencionais feitos na prancheta com papel, onde o ambiente de desenho é bidimensional e as formas geométricas representam os elementos construtivos.

O uso desses sistemas com essa única finalidade se enquadra numa categoria de prancheta eletrônica, onde o projetista utiliza as ferramentas dos *softwares* para criar, editar, agrupar e organizar a geometria, representando, dessa forma, o conjunto arquitetônico (RUSCHEL e BIZELLO, 2011).

Outros métodos de criação e representação de elementos foram desenvolvidos durante a evolução do CAD, diminuindo a repetição de tarefas e otimizando a correção de desenhos (RUSCHEL e BIZELLO, 2011). Um dos avanços foi a modelagem 3D em ambiente digital, que começou a ser desenvolvida no final da década de 60 (EASTAMAN *et al.*, 2011).

A utilização da modelagem 3D computacional não se limitou à indústria de projetos. Na realidade, a nova possibilidade de criação de poliedros delimitados por um conjunto de faces em um ambiente digital com o propósito de visualização se restringia à composição de imagens, o que impossibilita sua aplicação em projetos com formas complexas. Devido a essa restrição, as primeiras aplicações deste recurso se deram em outras áreas, como na indústria cinematográfica (EASTAMAN *et al.*, 2011).

Com o passar do tempo, os recursos 3D foram sendo aprimorados para que pudessem ser utilizados em outras áreas da indústria. Em 1973, três grupos de pesquisadores (coordenados por Ian Braid na Universidade de Cambridge; Bruce Baumgart, em Stanford; e Ari Requicha e Herb Voelcker, na Universidade de Rochester) iniciaram suas pesquisas para desenvolver formas rápidas de criação e edição de formas 3D sólidas, o que resultou na primeira geração de ferramentas práticas voltadas à modelagem 3D (EASTAMAN *et al.*, 2011).

Duas técnicas de modelagem foram desenvolvidas a partir das pesquisas citadas: a representação por fronteira (*Boundary representation* - B-rep) e a Geometria Sólida Construtiva (*Constructive Solid Geometry* - CSG) (EASTAMAN *et al.*, 2011).

A primeira, definia formas utilizando operações *booleanas* de união, intersecção e subtração em múltiplos poliedros. Para finalização e refinamento dos modelos criados a partir da forma bruta inicial, também era possível realizar chanfros, cortes e movimentar aberturas dentro das faces. Os volumes eram definidos por um conjunto de superfícies que, em conjunto, delimitavam seus limites (EASTAMAN *et al.*, 2011).

Já a segunda gerava o volume utilizando árvores de operações que, a partir de avaliações diversas, criavam a forma final de maneiras diferentes. Esses dois métodos fundiram-se posteriormente, permitindo a edição do volume dentro da árvore CGS, sendo denominada uma “forma não avaliada”, e a modificação da forma pelo método B-rep, denominada “forma avaliada” (EASTAMAN *et al.*, 2011).

O desenvolvimento desses métodos permitiu a aplicação da modelagem 3D em edifícios no final dos anos 70 e início dos anos 80 (EASTAMAN *et al.*, 2011). No mesmo período, também se observou uma alavancagem nos estudos sobre metodologias que utilizam as ferramentas digitais na colaboração e eficiência dos projetos em AEC (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

Os primeiros conceitos de modelagem de produtos e análise e simulação integradas foram desenvolvidos nas Universidade Carnegie-Mellon e Universidade de Michigan onde as capacidades básicas da modelagem de sólidos 3D foram analisadas e desenvolvidas (EASTAMAN *et al.*, 2011).

Entretanto, a modelagem de sólidos para o desenvolvimento de edifícios, além de exceder a capacidade de processamento computacional da época, possuía altos custos e não era inteligível para a maioria dos projetistas que acabavam por optar pelo desenvolvimento convencional em 2D. Esses fatores levaram a indústria da construção a adotar os editores de desenho (como o *AutoCAD* e o *Microstation*), majoritariamente, como pranchetas digitais.

As indústrias aeroespacial e de manufatura, por outro lado, identificaram benefícios da modelagem 3D já nessa época, utilizando recursos como a análise integrada de dados. Com isso, foi possível reduzir erros de projeto e automatizar a fábrica nessas indústrias (EASTAMAN *et al.*, 2011).

Somente em 1986 foi possível o uso dos sistemas CAD em computadores pessoais com o lançamento da 1ª versão do *MicroStation* da *Bentley Systems*. Com essa ferramenta era possível abrir, visualizar e plotar arquivos de projetos diretamente

do computador pessoal do projetista o que aumentava o nível de precisão, detalhamento e eficiência do projeto (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

A ampliação do uso de sistemas CAD devido à sua acessibilidade, adquirida com o tempo, ainda desembocou em mais avanços em seus recursos. Um deles, foi a extração de vistas 2D a partir de um modelo tridimensional. Entretanto, edições nas estruturas gráficas do desenho após a extração das projeções só podem ser feitas individualmente (RUSCHEL e BIZELLO, 2011), pois as geometrias criadas nesses ambientes digitais são entidades gráficas que possuem função exclusivamente representativa nos documentos de projeto (COSTA, FIGUEIREDO e RIBEIRO, 2015) e, devido a isso, o modelo 3D perde funcionalidade e não é mais utilizado (RUSCHEL e BIZELLO, 2011).

A evolução desses sistemas ainda se deu quando a criação de blocos com informação atrelada a eles (dados do objeto, textos, etc.) foi possível. A partir daí o foco, antes voltado ao desenho representativo dos elementos construtivos, passou a ser os bancos de dados compartilhados entre os agentes do processo de projeto (EASTAMAN *et al.*, 2011).

Essa mudança de abordagem do projeto construtivo começou a evidenciar restrições no desenvolvimento das tecnologias CAD, principalmente, por conta do seu principal recurso de criação de objetos em meio digital: o desenho vetorial. (EASTAMAN *et al.*, 2011)

Ao mesmo passo que a tecnologia evoluiu, as crescentes demandas de complexidade dos sistemas construtivos juntamente às novas exigências de desempenho das edificações, têm requerido dos profissionais da área, até os dias de hoje, novos conhecimentos que envolvem disciplinas diversas do processo de projeto (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

Além disso, as preocupações em torno dos impactos ambientais das edificações, tanto em seu processo construtivo quanto em seu uso, demandam dados mais precisos e análises mais complexas acerca do objeto arquitetônico anteriormente à conclusão da obra (LÓPEZ e ROJAS, 2017). Essas demandas levaram o CAD a evoluir para sistemas mais racionais que automatizam o processo de projeto como um todo (LIMA, SOARES e BORGES, 2011).

O modelo gerado em três dimensões passou a ser, então, um banco de dados das informações do projeto. Para isso, foi adotado o método de criação de modelos 3D baseados na modelagem paramétrica. Com esse método, o modelo criado

permite, não somente a extração de dados da edificação, como também o gerenciamento de todo o processo produtivo a partir dele (COSTA, FIGUEIREDO e RIBEIRO, 2015).

Essa mudança de exigências e paradigmas da indústria AEC, juntamente à evolução dos recursos tecnológicos disponíveis, acarretam modificações em toda a estrutura do processo de projeto em AECO e pode ser caracterizada como a transição CAD/BIM (LIMA, SOARES e BORGES, 2011).

É importante ressaltar que, apesar da evolução dos sistemas CAD - alcançando a modelagem paramétrica e a interoperabilidade no BIM (LIMA, SOARES e BORGES, 2011) - em recursos e usos, nos dias de hoje, ainda se observa a subutilização da plataforma como “prancheta virtual” onde as mesmas práticas do desenho manual são replicadas no ambiente digital. Os recursos de modelos 3D parametrizados englobam informações não gráficas ao projeto como tempo, custo e materiais, portanto, novas práticas e metodologias de projeto devem ser exploradas para otimização do processo produtivo (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

2.2.2) Modelagem Paramétrica

Durante o processo de projeto de uma construção, alterações na geometria são realizadas na busca de soluções melhores adaptadas ao contexto do artefato projetado. Um dos recursos que otimizam a realização dessas alterações na plataforma BIM é a modelagem paramétrica (ANDRADE e RUSCHEL, 2011). Com ela, o comportamento e as características dos elementos são definidos por um conjunto de parâmetros numéricos e/ou textuais (MANZIONE, 2013).

Apesar da maior complexidade dos objetos paramétricos em relação aos objetos digitais convencionais e da conseqüente necessidade de capacitação dos projetistas para a utilização deste método de modelagem, o comportamento inteligente desses elementos traz múltiplos benefícios para a compatibilização e otimização de projetos (EASTAMAN *et al.*, 2011).

Os parâmetros preenchidos pelo projetista durante o ato de projetar definem, não somente as características físicas e atributos de um elemento, como também as relações dele com outros elementos. Os parâmetros armazenam informações

relativas à forma dos objetos (posição, dimensões, etc.) e características funcionais (material, especificações, montagem, preço, etc.) (MANZIONE, 2013). Esse conjunto de parâmetros armazenados é utilizado para gerar o banco de dados do modelo digital tridimensional, aqui denominado como modelo paramétrico (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

O recurso da modelagem paramétrica permite ao projetista criar uma “cópia digital” do edifício em três dimensões, ou seja, os elementos inseridos no projeto virtual possuem características idênticas aos elementos reais que podem ser modificadas a qualquer momento. Em outras palavras, as entidades digitais presentes no ambiente virtual “sabem o que são” e agem como as entidades reais (EASTAMAN *et al.*, 2011).

A criação de modelos digitais paramétricos, devido à quantidade de informação inserida neles, exige conhecimento técnico multidisciplinar para auxiliar na tomada de decisão e exploração de soluções completas de projeto. Somente com esse tipo de conhecimento é possível definir as relações entre elementos construtivos utilizados no desenvolvimento de projetos em *softwares* BIM voltados à representação (MALACHY, 2013).

Os modelos paramétricos são, portanto, representações digitais de edificações constituídas por objetos paramétricos. Esses objetos possuem alguns atributos fixos e outros atributos variáveis que podem ser modificados de acordo com a necessidade do usuário durante o desenvolvimento do projeto construtivo (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

Segundo Eastman *et. al* (2011), os objetos paramétricos possuem quatro características principais:

I) Estrutura topológica: estabelece, através dos parâmetros atribuídos aos objetos paramétricos, sua estrutura física no ambiente digital e suas relações com os outros elementos. Essas relações permitem que as conexões entre os elementos construtivos sejam coerentes ao se respeitar três condições: o que pode ser conectado; qual o tipo de conexão; e como compor a conexão dentro dos seus variados contextos.

II) Propriedades e atributos: além das características físicas, os objetos paramétricos podem conter propriedades não gráficas ligadas a eles para realização de análises e simulações diversas. Essas propriedades incluem:

especificações de materiais; dados voltados ao desempenho da edificação; propriedades para montagem; e propriedades de espaços.

III) Geração de desenhos: os objetos paramétricos são definidos somente uma vez no projeto. Portanto suas instâncias possuem características iguais de acordo com o tipo de informação que é atrelada àquele objeto (como espessuras e tipos de linhas, propriedades, etc). Essa característica permite a extração de projeções bidimensionais (plantas, cortes, elevações, etc) com todas as regras de desenho técnico convencionadas de forma rápida e compatibilizada, uma vez que todas as instâncias de um elemento construtivo respondem da mesma maneira e apresentam as mesmas características visuais em todas as projeções necessárias à apresentação do projeto construtivo.

IV) Escalabilidade: a escala e o nível de detalhamento de projetos arquitetônicos podem sobrecarregar os sistemas BIM tornando o projetar impraticável. Para contornar esse obstáculo, as ferramentas BIM oferecem duas soluções para otimizar seu processamento: sistemas baseados em memória (objetos carregados simultaneamente na memória RAM do computador); e sistemas baseados em arquivos (atualizam e fecham múltiplos arquivos simultaneamente). A escolha de um dos métodos citados é baseada na escala dos artefatos projetados.

Os objetos paramétricos permitem ter suas propriedades alteradas facilmente gerando uma multiplicidade de objetos a partir das características singulares de um objeto inicial. Os conjuntos de tipos similares são agrupados em famílias ou classes que atribuem propriedades iguais aos objetos que as compõem. Essas propriedades podem ser alteradas de acordo com o contexto em que o objeto é inserido e definem características como a forma do objeto e as restrições de conexão com os outros elementos (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

Dentro do processo de projeto BIM, a modelagem paramétrica se apresenta como um método otimizado de criação de objetos e formas digitais. Com ela, é possível realizar alterações rápidas e compatibilizadas em entidades arquitetônicas complexas que apresentam alto grau de dificuldade de manipulação considerando-se os métodos convencionais de criação de formas (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

O impacto da modelagem paramétrica, entretanto, vai além da reformulação da maneira de criar formas. O uso desse novo método de modelagem permite que dados

sejam compartilhados entre os agentes de projeto de uma forma diferente da que é vista no processo de projeto tradicional (HOLZER, 2015). Para que esse intercâmbio seja feito, entretanto, é preciso, dentre outras atitudes, reformular os formatos de troca de dados e padronizar a informação na indústria AECO.

2.2.3) Interoperabilidade e colaboração

A interoperabilidade é, junto com a modelagem paramétrica, um dos recursos tecnológicos auxiliares à plataforma BIM e através dela é possível desenvolver níveis de colaboração mais integrados e diminuir a fragmentação multidisciplinar entre os agentes de projeto em todo ciclo de vida das edificações (ANDRADE e RUSCHEL, 2009).

Dentro do contexto BIM, na indústria AECO, a interoperabilidade nada mais é do que a identificação de dados transmissíveis entre aplicativos distintos para a realização de tarefas no desenvolvimento das diversas fases do processo de projeto. A troca de dados é essencial no processo de desenvolvimento do projeto e a interoperabilidade elimina a duplicação de dados de entrada facilitando, de forma automatizada, o fluxo de trabalho.

Os *softwares* da plataforma BIM oferecem, basicamente, quatro tipos de trocas de dados: ligação direta, formato de arquivo de troca de proprietário, formatos de arquivos de trocas de domínio público e formatos de troca baseados em XML (EASTAMAN *et al.*, 2011).

O primeiro acontece quando ocorre uma ligação direta entre dois aplicativos, utiliza-se um formato binário de interface (exemplo: GDL, MDL). O formato de arquivo de troca proprietário são formatos desenvolvidos por organizações comerciais para estabelecerem interface entre aplicativos diferentes (exemplos: DXF, 3DS). Os formatos de arquivos de trocas de domínio público envolvem um padrão aberto de modelo de construção. Estes carregam propriedades de objetos, materiais, relações entre objetos, além das propriedades geométricas. São interfaces essenciais para uso em aplicativos de análise e gerenciamento de construção (exemplos: IFC, CIS/2). Os formatos de troca baseados em eXtensible Markup Language (XML) são extensões do formato HTML, que é a língua base da Web. Permitem a criação de esquemas definidos pelo usuário (exemplos: XML, gbXML) (ANDRADE e RUSCHEL, 2009, p.81).

A padronização da informação e dos protocolos de trocas de dados é essencial para garantir as boas práticas colaborativas com a plataforma BIM evitando, dessa forma, a duplicação de dados. Internacionalmente, o principal protocolo utilizado é o IFC (*Industry Foundation Classes*), um modelo de dados baseado em objetos e não proprietário (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

O IFC foi desenvolvido pela *buildingSMART*, uma organização dedicada ao desenvolvimento de soluções colaborativas para o BIM. O primeiro modelo do IFC foi lançado em 1997 (IFC 1.0) e, apesar de ser o primeiro projeto desenvolvido pela organização, passa por atualizações contínuas visando melhorar sua adequação à indústria AECO. Atualmente, o IFC possui a versão IFC2x3 ativa no mercado, mas sua versão mais recente é a IFC4 (BUILDINGSMART, 2018).

A *buildingSMART* se dedica a outros projetos, além do IFC, visando a melhoria do intercâmbio e da padronização das informações na indústria AECO. A organização possui parceria com a ISO (*International Organization for Standardization*) e seus avanços são realizados de acordo com normas estabelecidas. Segundo a organização:

O objetivo do *buildingSMART* é permitir o compartilhamento de informações durante todo o ciclo de vida de qualquer recurso de construção do ambiente entre todos os agentes de projeto, independentemente do *software* que eles estão usando. Dados legíveis de boa qualidade devem estar disponíveis para uso durante as fases de projeto, construção, manutenção e operação (BUILDINGSMART, 2018. Tradução: o autor).

O formato IFC é um dos seis recursos desenvolvidos (Quadro 2), até hoje, pela *buildingSMART*. Cada um desempenha uma função para apoiar a troca de dados entre os agentes de projeto de projeto pois, como citado anteriormente, além do formato único de troca de dados, ainda é necessária a padronização das informações, processos e recursos da indústria AECO.

O IFC tem ligação direta com o IFD (*Information Framework for Dictionary*) e com o IDM (*Information Delivery Manual*) (ANDRADE e RUSCHEL, 2009).

[...] o IFD, consiste no desenvolvimento de uma biblioteca internacional de objetos para a indústria da AEC/FM que é compatível com o IFC e que pode ser utilizado para obter informações mais detalhadas dentro e fora de um projeto de edifício. [...] o IFD é uma identidade alternativa para o modelo conceitual da ISO 12006 Parte 3. Com o IFD é possível criar uma identidade própria ao objeto (identidade única) o que facilita a interoperabilidade. O IDM, [...] é um padrão que define qual especificação de uso um objeto deve ter (ANDRADE e RUSCHEL, 2009, p.81-82).

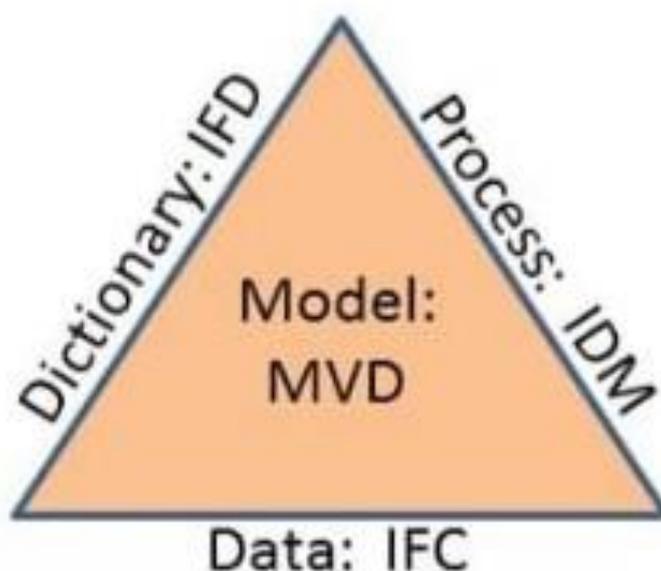
Quadro 2 - Recursos desenvolvidos pela *buildingSmart*

O que faz?	Nome	Padronização
Descreve processos de troca de dados	IDM <i>Information Delivery Manual</i>	ISO 29481-1 ISO 29481-2
Transporta dados / informação	IFC <i>Industry Foundation Classes</i>	ISO 16793
Auxílio à coordenação	BCF <i>BIM Collaboration Format</i>	<i>BuildingSMART BCF</i>
Mapeamento e organização de termos	IFD <i>International Framework for Dictionaries</i>	ISO 12006-3 <i>BuildingSMART Data Dictionary</i>
Traduz processos em requerimentos técnicos (Uso do modelo)	MVD <i>Model View Definitions</i>	<i>BuildingSMART MVD</i>
Biblioteca de objetos com dados universais	bSDD <i>buildingSMART Data Dictionary</i>	<i>BuildingSMART bSDD</i>

Fonte: adaptado de *buildingSMART* (2018)

A junção dos recursos oferecidos pelo IFC, IFD e IDM, permitem gerar os parâmetros das vistas dos modelos (Figura 3), que, no contexto do BIM, são as especificações de um modelo digital para que ele possa ter um uso específico na cadeia produtiva. O IFC, o IFD e o IDM, são suportados por normas ISO (ISO 16793; ISO 12006-3; e ISO 29481-1 e ISO 29481-2, respectivamente), entretanto, as especificações do MVD são postuladas pela própria *buildingSMART*.

Figura 3 - Funções das padronizações *buildingSMART*



IFC – **HOW** to share data

IFD – **WHAT** you are sharing

IDM – **WHICH** data and **WHEN** to share it

Fonte: BUILDINGSMART (2018)

Os outros dois recursos (BCF e bSDD) foram desenvolvidos mais recentemente e servem de suporte para os outros já citados. O *BIM Collaboration Format* (BCF) é um formato XML de arquivo aberto que suporta comunicação entre agentes de projeto durante o fluxo de trabalho em processos de projeto BIM. O BCF permite que o usuário controle o gerenciamento de projetos por meio do rastreamento e compartilhamento de erros em ferramentas BIM distintas (BUILDINGSMART, 2018).

Já com o bSDD, pretende-se criar uma biblioteca de objetos e seus respectivos atributos, permitindo, assim, que elementos construtivos sejam facilmente identificados, por qualquer projetista, independentemente de sua nacionalidade (BUILDINGSMART, 2018).

Esses recursos, em constante desenvolvimento, auxiliam a coordenação, a compatibilização e o desenvolvimento dos projetos no ambiente de trabalho BIM, sendo imprescindíveis à colaboração dos agentes de projeto. A interoperabilidade abre possibilidades entre os agentes de projeto em relação à exportação de modelos geométricos para diferentes análises, exportação de dados quantitativos e comunicação entre projetistas (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

Fica claro, dessa forma, que a interoperabilidade é um fator imprescindível para a adoção de práticas de projeto integrado. A capacidade de leitura de dados por ferramentas distintas relacionadas a disciplinas diversas de projeto, auxilia na tomada de decisões em múltiplas questões de projeto, como acessibilidade, sustentabilidade, eficiência energética, custo, conforto ambiental, etc, de forma mais integrada (ANDRADE e RUSCHEL, 2009).

Deve-se considerar, também, que a combinação de disciplinas no desenvolvimento do projeto não ocorre, necessariamente, com a utilização de um só modelo. Na verdade, a maioria das atividades ocorrem em modelos distintos que possuem informações específicas de cada área de conhecimento, entretanto, com a interoperabilidade, tais modelos podem ter o mesmo banco de dados alocado em um único modelo central (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

Os benefícios da interoperabilidade, ainda são suportados por Portais BIM *web* que traduzem a interoperabilidade de forma simples e coesa para os usuários em interfaces simples e intuitivas voltadas ao auxílio da gestão do processo de projeto, contribuindo, mais uma vez, com as práticas de projeto integrado (ANDRADE e RUSCHEL, 2011). Os Portais BIM *web*, também, podem ser utilizados para troca de modelos e informações como acontece com a utilização de recursos de compartilhamento de dados em nuvens.

2.2.4) Utilização de ferramentas BIM e seus desdobramentos

Ressaltam-se duas abordagens distintas nas ferramentas BIM: I) análise de dados; e II) representação gráfica a partir da modelagem paramétrica para extração de dados (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

A interface de trabalho de grande parte dos *softwares* BIM, apresenta recursos de instanciação dos elementos construtivos (paredes, pilares, portas, ect.), e não de criação linhas como nos sistemas CAD. Esses recursos podem ser divididos por categorias relacionadas à construção, por exemplo: I) Arquitetura; II) Estrutura; e III) Instalações. Essa apresentação e categorização permitem a criação desses elementos de maneira fácil, inteligível e acessível (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

É importante ressaltar, que, apesar, dessa interface diferenciada, os elementos construtivos são instanciados de acordo com métodos de instanciação que, por vezes, são auxiliados pela criação de linhas e polígonos. Os métodos classificados por Gaspar e Manzione (2015) são: I) Pontual, em que o elemento é instanciado a partir de um único ponto de referência; II) Linear, em que o elemento é instanciado a partir dois pontos de referência, e III) Poligonal, em que o elemento é instanciado a partir de três ou mais pontos de referências que definem o formato de um ou mais elementos instanciados.

Não só os elementos construtivos (paredes, vigas, portas, janelas, pilares, etc.), mas também os elementos de representação (cotas, cortes, fachadas, detalhes, plantas, textos, símbolos, tabelas, etc.) são, em ferramentas BIM, entidades paramétricas que podem ter suas propriedades alteradas a qualquer momento para que sejam instanciadas no modelo (NETTO, 2014).

Dessa forma, todos os elementos editados no processo de projeto têm sua informação atualizada automaticamente permitindo otimizar a criação e edição de vistas e dos próprios elementos em si (LIMA, SOARES e BORGES, 2011).

Atualmente, ferramentas BIM voltadas à representação gráfica, possuem recursos que permitem produzir acabamentos finos de representação projeto. Um desses recursos é a renderização de imagens que gera a visualização do artefato arquitetônico de maneira realista para sua apresentação aos agentes do projeto (principalmente clientes). Entretanto, esses recursos não têm, hoje, um nível elevado

de qualidade nos *softwares* BIM sendo comum a exportação dos modelos para outros *softwares* com funções especializadas para essa função (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

Apesar da modelagem paramétrica permitir a criação de elementos relacionados a todas as disciplinas de projeto, seus recursos limitam-se, majoritariamente, a ferramentas ligadas à função de representação gráfica. Entretanto, os modelos gerados por essas ferramentas BIM podem ser utilizados para a realização de cálculos e análises técnicas em ferramentas BIM voltadas à análise de dados (MANZIONE, 2013).

Um dos recursos relacionado às ferramentas BIM voltadas à análise de dados é a detecção de conflitos (*clash detection*). Com os recursos de interoperabilidade, o compartilhamento de informações das disciplinas da AECO pode ser feito nas primeiras etapas do processo de projeto e é comum a interferência das disciplinas na concepção de soluções. Para auxiliar na identificação desses conflitos já na etapa de projeto (evitando, assim, a identificação dos mesmos na etapa da construção da edificação), existem *softwares* que detectam: I) colisões entre elementos construtivos; II) ausência de materiais e componentes; e III) adequação do modelo a normas. Essas ferramentas BIM auxiliam na gestão de revisões de projetos mantendo a compatibilidade de informações entre as disciplinas envolvidas e a colaboração entre os agentes do projeto (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

Outros tipos de análises possíveis com ferramentas BIM são cálculos relacionados à eficiência energética e ao conforto ambiental das edificações. Essas análises permitem adequar os edifícios projetados às exigências de qualificação ambiental (LEED, HQE, BREEAM, AQUA, etc), otimizar o uso de recursos e auxiliar na tomada de decisões na concepção de edificações mais sustentáveis. As análises realizadas geram gráficos que trazem informações como pegada do carbono, demanda energética e utilização de recursos hídricos (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

As informações atreladas aos modelos BIM podem auxiliar, também, na gestão do tempo e custo de realização da obra. São os recursos 4D e 5D, respectivamente, dos modelos digitais. Os *softwares* voltados à análise de custos, são capazes de gerar orçamentos e controlar os gastos durante o processo de realização e construção de um projeto através de interfaces ligadas diretamente ao modelo 3D, o que permite a atualização de informações em tempo real durante todo o processo construtivo (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

Já os *softwares* voltados à gestão 4D possuem recursos que permitem, não só o controle da realização das etapas do projeto, como também, o controle da qualidade nas várias esferas do projeto. Com isso, é possível criar todo o planejamento de tempo já nas etapas preliminares do processo de projeto (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

Todos esses recursos são suportados, nas ferramentas BIM, por recursos colaborativos, seja no tocante à troca de informações dentro de um mesmo *software*, seja na integração das informações relacionadas a disciplinas diversas em um único modelo (BARISON e SANTOS, 2016).

Com a adoção das ferramentas BIM, é possível criar edificações com melhor qualidade, em menos tempo e com menor custo se comparado com ferramentas tradicionais de projeto ou do sistema CAD. Existem alguns *plugins* que podem ser integrados a ferramentas BIM para a realização de novas funções relacionadas à representação gráfica ou à análise de dados. Algumas ferramentas BIM, também podem apresentar recursos mistos de representação e análise, entretanto, recomenda-se o uso especializados das ferramentas de acordo com o objetivo que se deseja alcançar no projeto.

Como dito anteriormente, o BIM é uma metodologia que gerencia todo o ciclo de vida das edificações. Existem, portanto, informações atreladas aos modelos digitais que podem ser utilizadas na manutenção e uso das edificações. As ferramentas BIM que dão suporte a esse uso do modelo estão relacionadas à área de *facility management*.

Junto a esse uso está ligado o conceito do *BIG DATA*, utilizado na concepção de *Smart Cities*. O *BIG DATA* é um grande banco de dados que possui todas as informações das edificações construídas em um determinado local. Essas informações fornecem dados úteis à criação de novas edificações que, ao serem concebidas, podem ter todos os dados do entorno disponibilizados. O uso do *BIG DATA* permite criar interações inteligentes entre a nova edificação e as edificações já alocadas no entorno. Permite, também, gerenciar o uso das edificações através do controle de seu ciclo de vida para planejamentos urbanísticos ou da própria construção (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

Atrélado a esse recurso, está o conceito de *Smart Cities*, ou seja, “cidades inteligentes”, onde o ambiente construído torna-se um grande banco de dados com soluções coerentes e inter-relacionadas de projeto (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

Esses recursos e conceitos permitem otimizar a fase de uso e manutenção das edificações, uma vez que, em poder dos meios públicos e empresas relacionadas à administração de edificações, as informações relativas aos edifícios podem ser utilizadas em favor de sua operação, diminuindo custos, auxiliando na tomada de decisões e na administração de documentos (desenhos, manutenções, etc) (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

2.3) IMPLEMENTAÇÃO DO BIM

A adoção do BIM impacta a indústria AECO em diferentes níveis e áreas de conhecimento. A utilização dessa plataforma com o único objetivo de modelar objetos 3D em ambiente digital, não alterando ou alterando minimamente o fluxo de trabalho no desenvolvimento de projetos, não trazem benefícios suficientes que justifiquem seu uso (OLIVEIRA e PEREIRA, 2011). Manzione (2013) afirma que a tecnologia que envolve a construção do modelo BIM pode, na prática, trazer o uso da engenharia simultânea para a área da AECO, prática comum da indústria vinculada ao PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto) onde um ou mais agentes do projeto podem desenvolver suas atividades simultaneamente (FILHO e FERREIRA, 2010).

Ainda é necessária uma evolução no uso dos recursos do BIM para se ter um bom aproveitamento de suas capacidades. Sua implementação pode ser mensurada por estágios de consolidação que apresentam progressivos níveis de colaboração entre equipes, coesão do processo projetivo e otimização da utilização das ferramentas digitais (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

2.3.1) Estágios de implementação

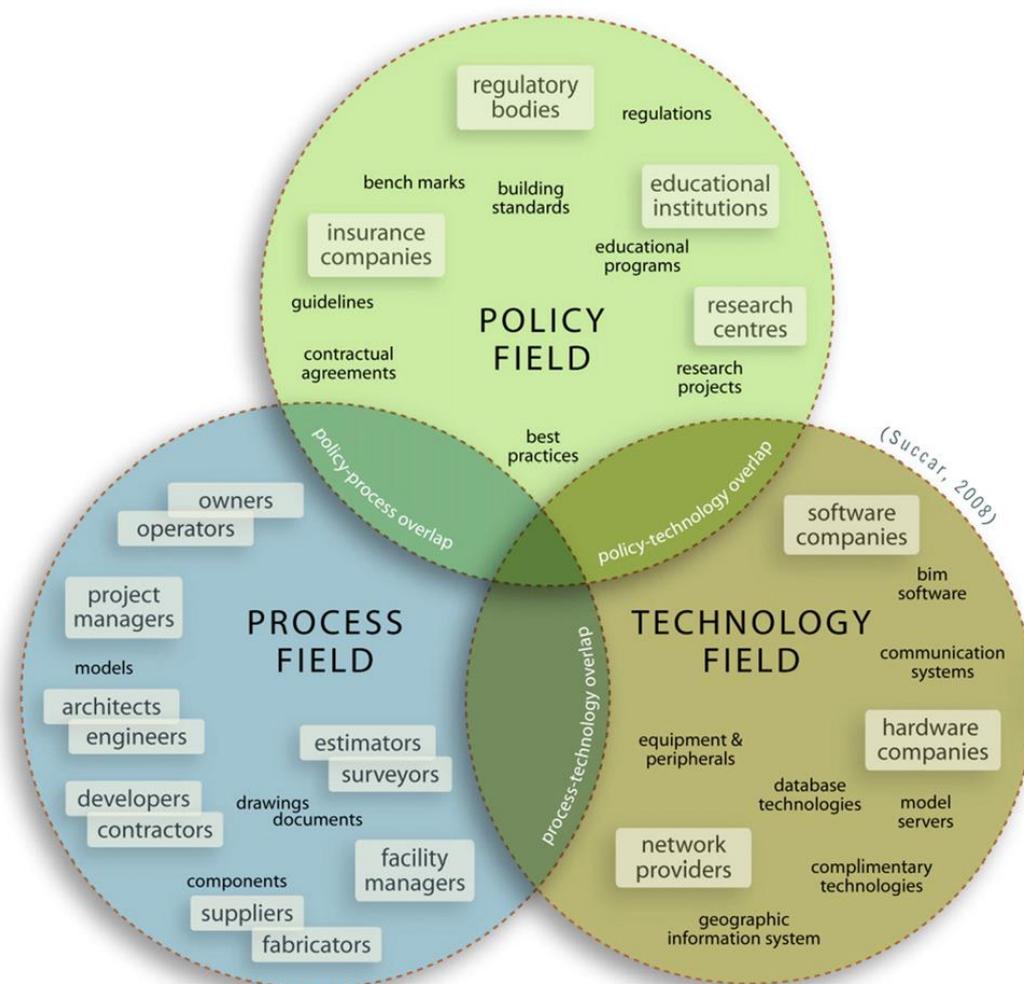
Um dos estudos, amplamente, referenciado acerca da implementação do BIM é o de Succar (2009). A pesquisa de Succar (2009) sugere uma estrutura de

mapeamento dos conhecimentos relacionados ao BIM a partir da definição dos produtos gerados pelas partes interessadas da indústria AECO.

Succar (2009) identifica três domínios conceituais em sua estrutura: I) Campos; II) Estágios; e III) Lentes. Para este tópico serão apresentados os campos e os estágios BIM. Neles, o autor identifica os campos de conhecimento relacionados ao BIM e os níveis de maturidade da implementação da plataforma.

Os campos BIM (Figura 4) são identificados por três domínios inter-relacionados: I) Tecnologia; II) Processos; e III) Políticas – TTP. Em cada um destes campos é possível identificar quais os agentes e quais tipos de produtos estão relacionados ao processo de projeto BIM.

Figura 4 - Os campos BIM e suas sobreposições



Fonte: Succar 2009

Os campos BIM possuem interações e sobreposições importantes entre si e seus ‘subcampos”, que levam ao desenvolvimento de soluções demandadas por, pelo menos, um deles. Segundo Succar (2009) as interações geram um movimento de “puxa e empurra” constante entre os campos que desencadeia a transmissão de conhecimento entre eles. Já as sobreposições são agentes ou produtos comuns a campos diferentes. O entendimento dessas interações e sobreposições é necessária para se compreender quais produtos são gerados pelo processo de projeto em BIM.

A identificação dos produtos gerados está relacionada à definição dos estágios BIM (Figura 5). Succar (2009) utiliza os estágios BIM para mapear o nível de maturidade de implementação do BIM em um contexto específico. O autor sugere um estágio anterior à implementação – Pré-BIM-, fixo, em que se prepara o ambiente de projeto para o uso do BIM e três estágios de implementação progressivos.

Figura 5 - Estágios de Implementação do BIM

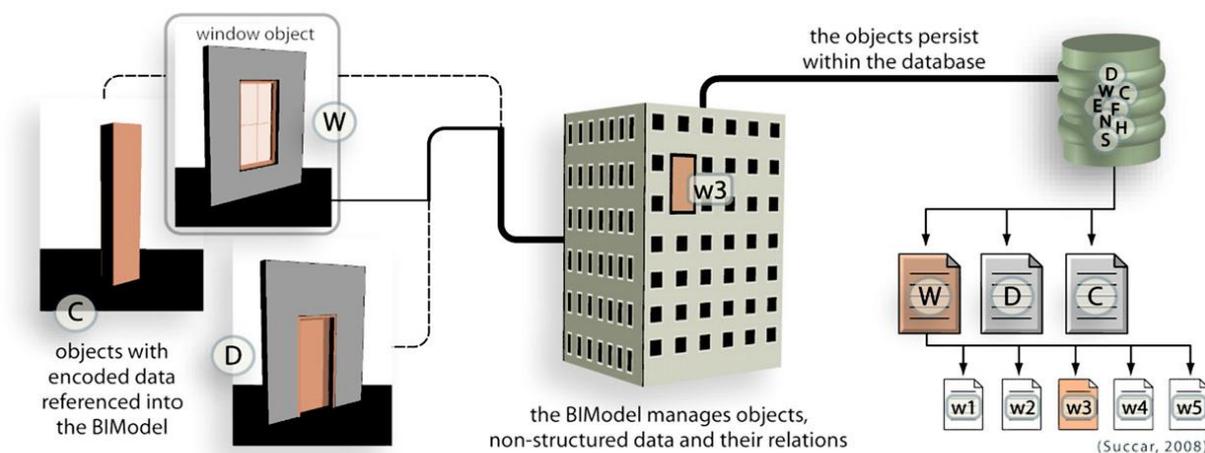


Fonte: Succar (2009)

Cada estágio de implementação proposto por Succar (2009) é dividido em etapas. A principal diferença entre os estágios e as etapas é: estágios propõem mudanças radicais nos domínios dos campos BIM (TTP), enquanto que as etapas propõem mudanças complementares. Além disso, existem duas variáveis principais a se considerar nos estágios de implementação: I) Fluxo de dados; e II) Fases do ciclo de vida de projeto.

Segundo Succar (2009), o fluxo de dados (Figura 6) é afetado devido às mudanças dos paradigmas tecnológicos relacionados ao BIM. Com o BIM, altera-se o tipo e variedade de ferramentas computacionais, os tipos de produtos entregáveis e podem ser adotados novos protocolos de troca de dados. Cada nível de implementação possui variações nesses requisitos.

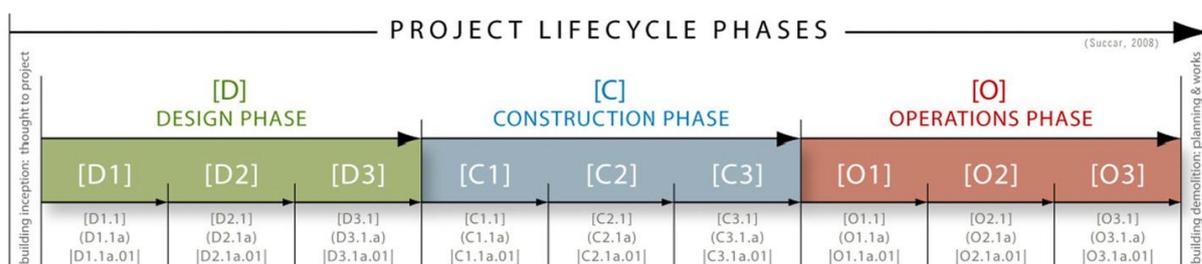
Figura 6 - Fluxo de dados BIM



Fonte: Succar (2009)

Já as fases do ciclo de vida de projeto mantêm sua estrutura majoritária – projeto, construção e operação – (Figura 7), entretanto, alteram-se os componentes de cada uma delas e as relações entre as fases de acordo com a maturidade da implementação (SUCCAR, 2009).

Figura 7 - Fases do ciclo de vida de projetos



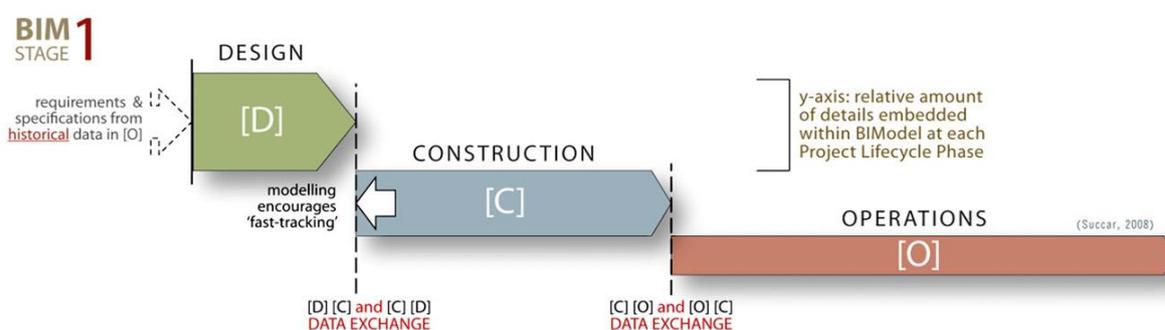
Fonte: Succar (2009)

A partir do entendimento dessas variáveis é possível analisar os estágios BIM de forma mais aprofundada. No Pré-BIM, Succar (2009) identifica a situação tradicional da indústria AECO onde se explora pouco a interoperabilidade e existe um número restrito de ferramentas computacionais de auxílio à projeto. O principal foco da indústria, neste estágio, é a representação gráfica bidimensional da edificação e nenhum ou poucos dados ficam atrelados às representações digitais das edificações. O fluxo de trabalho, portanto, é assíncrono e linear.

No primeiro estágio de implementação do BIM – BIM 1.0 -, acontece a incorporação de recursos como a modelagem paramétrica para geração de modelos com documentação 2D automatizada e visualização 3D integrada (SUCCAR, 2009). Foca-se nos recursos do campo “Tecnologia” e na elaboração de modelos digitais.

Os esforços são concentrados em uma única disciplina de projeto e existem poucas alterações no processo de projeto (Figura 8). Os produtos gerados neste estágio de implementação são modelos tridimensionais e sua documentação gráfica em geral (SUCCAR, 2009).

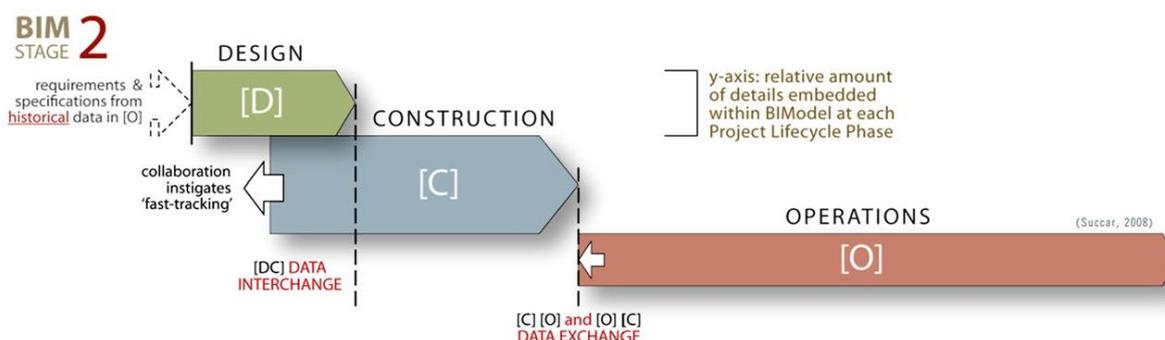
Figura 8 - O Processo de Projeto no BIM 1.0



Fonte: Succar (2009)

O segundo estágio de implementação (BIM 2.0) é direcionado às primeiras atividades colaborativas multidisciplinares de projeto., portanto, duas ou mais disciplinas trocam dados nesse nível de implementação.

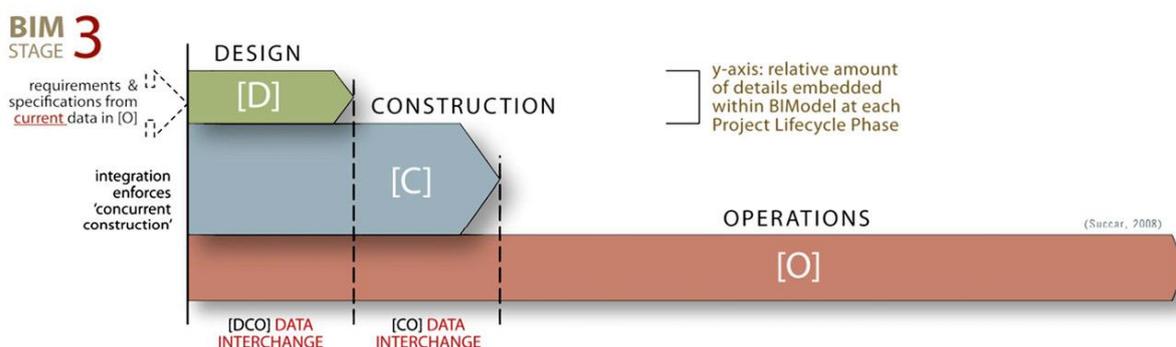
Figura 9 - O Processo de Projeto no BIM 2.0



Fonte: Succar (2009)

O impacto se dá, no máximo, em duas etapas do processo de projeto que ainda é assíncrono (Figura 9). Entretanto, os produtos gerados são modelos 4D e 5D com análises de tempo e custo já compatibilizadas através de sistemas informatizados de *Clash Detection*. Alterações nos campos de “Processos” e “Políticas” ainda possuem baixo impacto e o principal foco é colaboração entre as equipes neste estágio de implementação (SUCCAR, 2009).

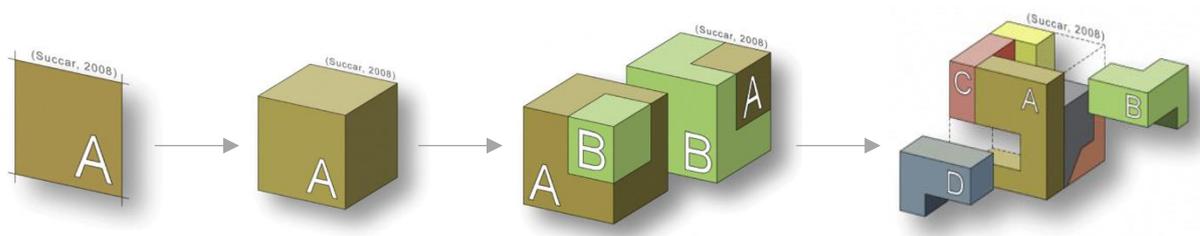
Figura 10 – O Processo de Projeto no BIM 3.0



Fonte: Succar (2009)

No estágio “BIM 3.0” o processo de projeto torna-se simultâneo, integrado, compartilhado e recursivo (Figura 10). Nesse estágio envolvem-se todas as disciplinas de projeto em todas as suas fases de desenvolvimento do projeto. É possível identificar um fluxo de trabalho onde todas as etapas se conectam a um único modelo digital que possui todas as informações multidisciplinares – modelo nD - (SUCCAR, 2009). As grandes alterações nos campos “Processos” e “Políticas” ocorrem, essencialmente, nesse estágio de implementação.

Figura 11 - Evolução dos recursos de representação e colaboração nos estágios BIM



Fonte: Succar (2009)

O objetivo final do processo de implementação do BIM, segundo Succar (2009), é alcançar o IPD (*Integrated Project Delivery*), termo popularizado pela AIA (*American Institute of Architects*), onde ocorre a “[...] fusão dos domínios tecnológicos, dos processos e das políticas, integrando pessoas, sistemas, e práticas em processo colaborativo”.

2.3.2) IPD (Integrated Project Delivery) e Engenharia Simultânea

A engenharia simultânea se relaciona com sistemas de auxílio ao projeto e é amplamente difundida nas indústrias automobilística e aeronáutica. Seu conceito principal é integrar o processo de produção ao produto em si, e como resultado, observa-se uma compressão do ciclo de desenvolvimento e lançamento do produto, redução de custos, número de falhas e do ciclo de produção, otimização das definições de projeto e aumento da produtividade e qualidade dos produtos gerados (FILHO e FERREIRA, 2010).

Segundo Succar (2009), as práticas do processo de projeto relacionadas à engenharia simultânea podem ser identificadas no estágio final do desenvolvimento da implantação do BIM na indústria AECO. Como exposto no tópico anterior, nesse ponto da implementação da plataforma, é alcançado o IPD.

O IPD, é um termo que foi criado pela AIA em 2007 que descreve características da implementação do BIM a longo prazo, considerando-se a inter-relação de tecnologias, processos e políticas (SUCCAR, 2009). Manzione (2013) complementa dizendo que o IPD é uma resposta à demanda de mudanças nas práticas contratuais relativas ao uso do BIM.

Por definição, o IPD define um protocolo de entrega de projeto que possui seis características básicas: I) abordagens favoráveis ao processo de projeto colaborativo; II) inclusão das fases de construção e entrega dos edifícios na fase de projeto; III) colaboração multidisciplinar desde a concepção do projeto; IV) troca aberta de informações entre todos os agentes envolvidos no processo de projeto; V) sucesso da equipe ligado ao sucesso do projeto; e VI) uso da tecnologia como recurso de auxílio

à busca de melhores soluções no desenvolvimento do processo de projeto (MANZIONE, 2013).

Manzione (2013) identifica quatro aspectos do processo de projeto tradicional que justificam a adoção do IPD no processo de projeto em BIM: I) pouca divulgação de boas ideias; II) limitações dos arranjos convencionais de contrato que restringem a inovação e a colaboração interdisciplinar; III) dificuldades de coordenação relativas às restrições do próprio contrato; e IV) não visualização do projeto como um todo forçando soluções isoladas em suas áreas específicas.

É importante ressaltar que a adoção do IPD está intimamente ligada à adoção do próprio BIM (SOLNOSKY, PARFITT e HOLLAND, 2014). Oliveira e Pereira (2011) identificam, em seus estudos, que a utilização do BIM somente no seu primeiro estágio de implementação, sem nenhum tipo de alteração nos processos projeto, colaboração entre equipes e meios contratuais, não traz vantagens significativas para os agentes de AECO que acabam abandonando a plataforma devido a dificuldades de utilização. Portanto, o uso da plataforma BIM traz mudanças relacionadas à abordagem do IPD e vice-versa (MANZIONE, 2013).

Solnosky, Parfitt e Holand, reiteram: o BIM não deve ser utilizado somente para extração de representação gráfica e quantitativos de projeto. Os efeitos positivos da implementação do BIM são, em grande parte, observados a partir de mudanças na metodologia processual de projeto e isso não deve ser deixado de lado no seu processo de implementação, nem mesmo nas etapas iniciais (SOLNOSKY, PARFITT e HOLLAND, 2014).

Com a utilização das práticas descritas pelo IPD, a colaboração entre os agentes do projeto pode acontecer desde a fase de concepção, permitido que as etapas de projeto seguintes aconteçam simultaneamente a ela. Se no processo de projeto tradicional, as macrofases de produção e construção do projeto são sequenciais, com o advento do BIM, juntamente ao do IPD, é possível otimizar toda a cadeia produtiva das edificações tornando essas mesmas macrofases simultâneas (MANZIONE, 2013).

2.3.4) Dificuldades na implementação do BIM

Apesar das vantagens relacionadas à implementação da plataforma BIM, ainda não se identificam práticas colaborativas bem-sucedidas na indústria AECO como é observado em outros setores da indústria (ANDRADE e RUSCHEL, 2009).

De forma geral, a maioria dos profissionais que buscam alternativas BIM na área da AECO não se voltam para questões relativas à colaboração multidisciplinar e aos processos de projeto BIM. Dessa forma, empresas acabam utilizando os softwares BIM como ferramentas CAD melhoradas para otimizar a geração de quantitativos, checagem de conflitos e para geração de documentação gráfica sem necessitar de outros softwares.

Essa prática, comumente observada na indústria AECO, não altera os processos de trabalho e poucas funcionalidades do BIM são exploradas. Com a colaboração multidisciplinar comprometida não há integração dos processos projetivos devido à independência dos modelos e outros produtos gerados (ANDRADE e RUSCHEL, 2009).

Existe, também, nas empresas de projeto da indústria AECO, uma resistência em relação à implementação aprofundada do BIM. Segundo Souza, Amorim e Lyrio (2009), a adoção do BIM exige um alto investimento em software, hardware e treinamento da equipe, o que, por vezes, inviabiliza sua implementação. A AsBEA (2013) ainda complementa relatando que a implementação deve contar com gastos destinados à criação de um servidor de rede para se hospedar o modelo central onde ocorre a integração de todas as informações do projeto.

O alto custo aliado às incertezas e riscos de implantação da plataforma BIM gera uma certa resistência por parte dos donos de empresas de projeto em relação à implementação do BIM em seus ambientes de trabalho (SOUZA, AMORIM e LYRIO, 2009).

Além disso, o envolvimento de todos os agentes de projeto no processo projetivo, incluindo contratantes, e as alterações dos produtos entregues pela indústria AECO com o advento do BIM, exigem mudanças nas políticas contratuais das empresas no que tange, principalmente, o pertencimento do modelo BIM (SOUZA, AMORIM e LYRIO, 2009).

Ainda segundo a AsBEA (2013), o processo de projeto BIM permite otimizar a compreensão do espaço e o gerenciamento do projeto antecipando, dessa forma, os problemas e as definições de projeto. Portanto, a manutenção do fluxo tradicional de trabalho por parte de empresas que implementam a plataforma, prejudica a obtenção desses resultados, uma vez que, no processo de projeto com auxílio do CAD, cada projetista trabalha individualmente e vários arquivos são criados ao longo do desenvolvimento do projeto. Já no processo de projeto em BIM, todos modelos criados e a comunicação são ligados ao modelo central que fornece todas as informações de projeto a todas as disciplinas envolvidas por ele.

Isso significa que as trocas de informações ficam mais frequentes e as relações entre os projetistas tornam-se mais intensas o que exige, por consequência, a capacitação e a motivação da equipe de trabalho para se aderir às novas dinâmicas do processo de projeto BIM.

A capacitação de parte dos agentes de projeto poderia ser feita, segundo Souza, Amorim e Lyrio (2009), no sistema de ensino superior, entretanto, segundo os autores, ainda são ensinados métodos e tecnologia atrelados ao modo sequencial e tradicional de projeto nas faculdades relacionadas à construção civil.

A adoção do BIM requer novas qualificações profissionais e novas formas de lidar com os agentes de projeto, mas a falta de direcionamento para essas exigências por parte das instituições de ensino superior, leva à escassez de mão-de-obra qualificada que compreenda os novos processos e políticas atrelados ao BIM (SOUZA, AMORIM e LYRIO, 2009).

2.3.5) Manuais e Normas BIM – Brasil

No Brasil, é possível citar algumas iniciativas, em âmbito público, exigindo o desenvolvimento de projetos com o uso da plataforma BIM, como: I) o desenvolvimento do sistema OPUS (Sistema Unificado do Processo de Obras) pelo Exército Brasileiro em 2006; II) o desenvolvimento da biblioteca BIM para tipologias do programa “Minha Casa Minha Vida” pela CONTIER ARQUITETURA em 2010, exigido pelo MDIC (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior) em conjunto com a ABDI; III) a licitação feita em 2010 pela CDURP (Companhia de

Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro); IV) a licitação para o desenvolvimento de projetos de 270 aeroportos regionais organizadas pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) por meio do Banco do Brasil em 2014; e V) a licitação referente à construção de dois hospitais feita pelo Governo de Santa Catarina em 2014. Esta última ação citada levou à criação do “Termo de Referência para desenvolvimento de projetos com o uso da Modelagem da Informação da Construção” no estado de Santa Catarina que exige a utilização do BIM para projetos da AECO desde 2015 (KASSEM e AMORIM, 2015).

No que tange o desenvolvimento de normatizações relacionadas ao uso da plataforma BIM, em 2009, foi criada a Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção, a ABNT/CEE-134, através de uma iniciativa do MDIC. As principais funções dessa comissão eram: I) traduzir a norma ISO 12006-2 “*Organization of information about construction works - Part 2: Framework for classification*”; II) desenvolver um sistema de classificação para a construção; e III) desenvolver diretrizes para a criação de componentes BIM. A primeira etapa já está concluída desde 2010 quando foi lançada a ABNT NBR ISO 12006-2:2010 - Construção de edificações - Organização de informação da Construção Parte 2: Estrutura para classificação de informação (CATELANI e SANTOS, 2016).

Atualmente, os esforços da ABNT/CEE-134 se concentram na segunda etapa citada anteriormente, através do desenvolvimento da norma ABNT NBR 15.965 - Sistema de Classificação da Informação da Construção. Para isso, foram utilizados, como referência, a norma ABNT NBR ISO 12006-2:2010 e o sistema de classificação norte-americano, *Omniclass*. A ABNT NBR 15965 foi dividida em sete partes e é composta por 13 tabelas. Seu principal objetivo é a padronização da nomenclatura utilizada nos processos da indústria AECO, especificamente a do Brasil, através de uma classificação facetada que utiliza a “[...] combinação de diversos termos, com seus correspondentes códigos, oriundos de diferentes tabelas, para a discriminação completa de um componente, recurso, processo ou resultado gerado.” (CATELANI e SANTOS, 2016). A padronização da informação no processo de projeto BIM é de suma importância para garantir o fluxo de dados constante, sendo este, um esforço necessário para alcançar a utilização de práticas de projeto como o IPD.

Também, foi criado no ano de 2012 o Grupo de Trabalho de Componentes BIM (GT) para o desenvolvimento da terceira etapa dos trabalhos da ABNT/CEE-134 que ainda está em aberto (CATELANI e SANTOS, 2016).

A partir de uma pesquisa realizada no banco de dados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o ABNT Catálogo, foi possível identificar 4 partes da ABNT NBR 15.965 e a norma ABNT NBR ISO 12006-2:2010 em vigor atualmente. Portanto, desde o estabelecimento da ABNT/CEE-134, foram elaboradas cinco normas relativas ao BIM: I) A ABNT NBR ISO 12006-2:2010 - Construção de edificações - Organização de informação da Construção Parte 2: Estrutura para classificação de informação; II) ABNT NBR 15965-1:2011 - Sistema de Classificação da Informação da Construção Parte 1: Terminologia e Estrutura; III) ABNT NBR 15965-2:2012 - Sistema de Classificação da Informação da Construção Parte 2: Características dos objetos da Construção; IV) ABNT NBR 15965-3:2014 - Sistema de Classificação da Informação da Construção Parte 3: Processos da Construção Civil; V) ABNT NBR 15965-7:2015 - Sistema de classificação da informação da construção Parte 7: Informação da Construção.

Além das normatizações técnicas, alguns órgãos como a AsBEA, a CBIC e a ABDI, desenvolveram trabalhos relacionados ao BIM. A AsBEA publicou dois fascículos do “GUIA ASBEA de Boas Práticas em BIM” que possuem, como objetivos gerais, auxiliar escritórios de arquitetura na implementação do BIM.

A CBIC publicou uma coletânea com 5 volumes voltada para a implementação do BIM em construtoras e incorporadoras. Já a coletânea da ABDI possui uma abordagem mais ampla e serve de auxílio aos agentes de projeto como um todo.

Enquanto nas normas técnicas o conteúdo se direciona para a padronização da informação criando, dessa forma, uma linguagem única entre os agentes da AECO, os guias e coletâneas citados, trazem sugestões e direcionamentos relacionados aos procedimentos práticos da implementação do BIM nas rotinas de trabalho da indústria.

Os guias da AsBEA, serão referenciados neste estudo, especialmente, por estarem relacionados, diretamente à disciplina projetiva “Arquitetura”. Neles são identificados: a definição de planos de implementação; definição das responsabilidades da equipe de trabalho; informações de requisitos mínimos relativos aos softwares e hardwares que suportam a tecnologia BIM; informações sobre treinamento de equipes; dicas de organização de arquivos e pastas nos servidores; procedimentos relacionados à colaboração de equipes; mapeamento de atividades e cronograma; e métodos de análise de qualidade dos modelos (ASBEA, 2013) (ASBEA, 2015).

2.4) PROCESSO DE PROJETO BIM

A crescente complexidade dos sistemas construtivos e as exigências de desempenho visando a otimização do uso de recursos na indústria da construção atuais criam demandas de grandes volumes de informação relativos ao artefato projetado. A coordenação desses dados exige, por sua vez, processos mais racionais e eficientes durante a projeção e a plataforma BIM dá suporte a essas exigências, graças aos recursos paramétricos e à interoperabilidade (LIMA, SOARES e BORGES, 2011), durante todo o ciclo de vida da edificação (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013). Pode se dizer que:

A principal motivação para a adoção de BIM é a sua ligação a várias aplicações e tecnologias que dão suporte a diferentes propósitos em empreendimentos do setor da construção, tais como: modelagem 3D, visualização, desenhos para construção/fabricação, simulações de energia, análises de engenharia, orçamentos, planejamento das etapas da obra, revisões de construtibilidade, detecção de interferências, integração e *Facilities Management* (BARISON e SANTOS, 2016, p. 104).

2.4.1) Processo tradicional de projeto x Processo de Projeto BIM

Atualmente, a figura do projetista individual é cada vez mais rara. As crescentes demandas de mercado para a execução de serviços em menos tempo e com uma taxa de erros menor contribuem para a formulação de equipes de trabalho especializadas que não precisam necessariamente, ocupar o mesmo local físico (FILHO e FERREIRA, 2010).

No processo de projeto tradicional, existe uma forma rígida e sequencial de atividades onde a arquitetura inicia todo o processo, seguida da estrutura e, posteriormente, as demais disciplinas finalizavam a etapa de desenvolvimento do projeto. Essa sequência se repete a cada nova etapa de projeto que, por consequência, necessita de análises específicas de compatibilização para unir as informações dos diferentes projetos construtivos (AsBEA, 2015).

Tradicionalmente, na indústria AECO, a integração das fases do projeto ocorre após a concepção o que engessa decisões posteriores no projeto que já se encontra, majoritariamente, consolidado (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

Usualmente, o ciclo de vida das edificações pautado no processo de projeto tradicional é dividido em nove etapas: “ [...] (a) idealização do produto; (b) concepção inicial e análise de viabilidade; (c) análise dos processos; (d) formalização do produto; (e) detalhamento de produto e processo; (f) planejamento; (g) produção; (h) entrega do produto e (i) operação e manutenção. ” (BARISON e SANTOS, 2016, p. 107).

A NBR 13.532 ainda traz uma estrutura sequencial específica do projeto de arquitetura dividida em oito etapas:

(a) levantamento de dados para arquitetura; (b) programa de necessidades de arquitetura; (c) estudo de viabilidade de arquitetura; (d) estudo preliminar de arquitetura; (e) anteprojeto de arquitetura ou de pré- execução; (f) projeto legal de arquitetura; (g) projeto básico de arquitetura (opcional) e (h) projeto para execução de arquitetura. (BARISON e SANTOS, 2016, p. 108)

O uso dessa sequência de atividades vigora na indústria AECO desde o projeto feito em papel. A adoção dos sistemas CAD não alterou esse fluxo de trabalho o que trouxe para dentro do ambiente digital o hábito de busca e tomada de decisões posteriormente à finalização da etapa de concepção arquitetônica. Entretanto, a adoção da plataforma BIM permite a identificação das incompatibilidades de projeto em fases pré-maturas do projeto tornando o processo mais integrado (BARISON e SANTOS, 2016).

Apesar de não ser a prática mais comum da indústria AECO, o projeto integrado permite uma melhor articulação entre as fases de programa, projeto, construção e operação de uma edificação. Existe um aumento no tempo destinado à geração do conceito do produto, nas suas primeiras etapas de concepção. Entretanto, algumas atividades podem ser desenvolvidas concomitantemente durante o processo de produção considerando-se os principais fatores do PDP como manutenção, teste, custo, fabricação, montagem, qualidade, etc (FILHO e FERREIRA, 2010).

Essa superposição de tarefas permite que possíveis retrabalhos gerados a jusante do processo produtivo sejam evitados através da liberação de parte da documentação do projeto para membros da equipe de trabalho que, antes, precisariam analisar os resultados gerados pela etapa anterior para iniciar suas atividades (FILHO e FERREIRA, 2010).

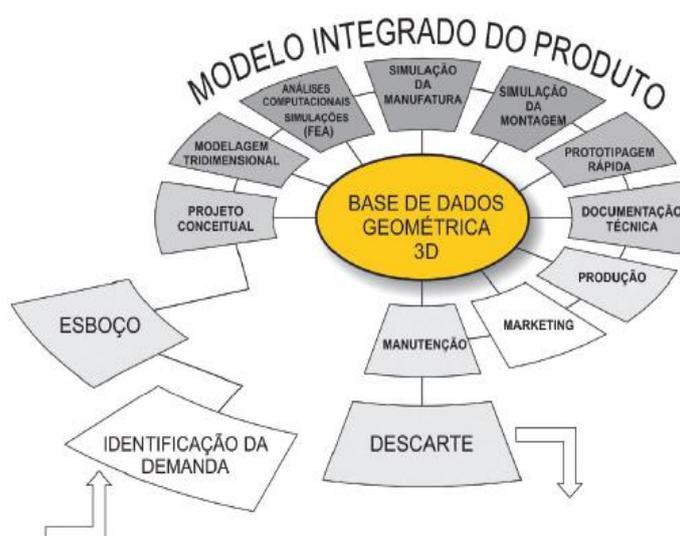
Os esforços no desenvolvimento de projetos com base na integração devem ser concentrados, portanto, nas etapas iniciais do projeto o que justifica o aumento de duração desta etapa (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

O uso do BIM não é condicionante para a adoção do projeto integrado, entretanto, ele é potencializador dessa prática de projeto ao passo que permite um melhor controle e fluxo de informações, o que auxilia a tomada de decisões. Os recursos de simulação e automatização de processos mecânicos atrelados a um único modelo digital substituem os meios convencionais baseados em abstrações relativas à concretude do edifício tornando os métodos de análise, síntese e avaliação cada vez mais sobrepostos (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

No processo de projeto BIM, o edifício é construído virtualmente e é possível, a cada disciplina específica, extrair e inserir informações pertinentes às suas funções durante todo o ciclo de vida da edificação (MANZIONE, 2013). Para auxiliar o acesso às informações e ao próprio modelo em tempo real, é comum o uso de servidores ou nuvens de dados pelos agentes do projeto (LÓPEZ e ROJAS, 2017).

A integração de todos os agentes do projeto de edificações através de um único modelo digital permite a previsão de erros e a otimização da colaboração de equipes criando, portanto, um modelo integrado de projeto (BORGES, 2016).

Figura 12 - Estrutura do Modelo Integrado do Produto



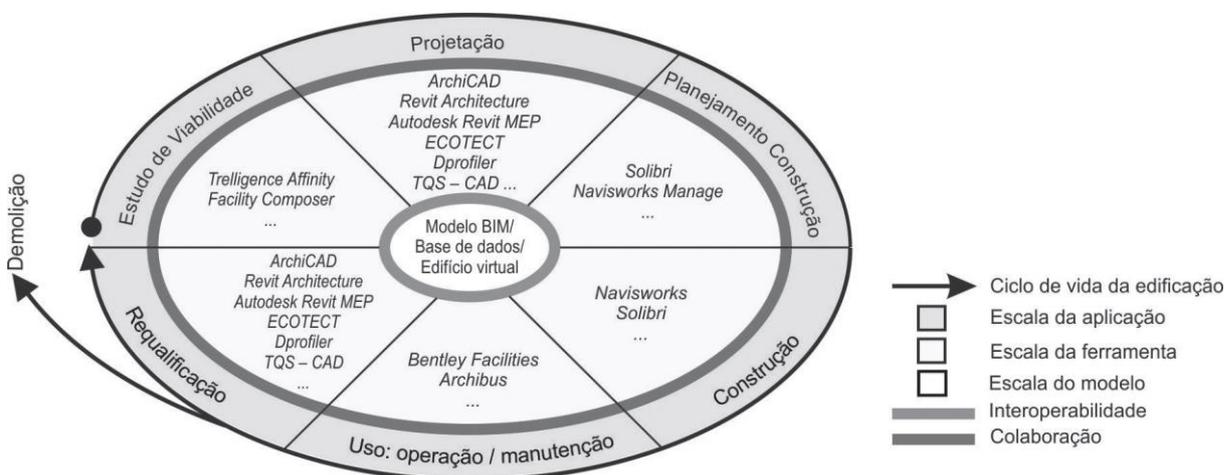
Fonte: Borges (2016)

A estrutura desse modelo integrado de projeto (Figura 12) foi proposta em 1994 por um grupo de pesquisadores da Universidade do Texas liderado por Barr e Juricic, e foi denominada como modelo único do produto (BORGES, 2016). O ciclo de vida dos projetos BIM possui uma estrutura similar ao modelo proposto por Barr e Juricic o que amplifica a proximidade entre a indústria AECO e, a já consolidada, indústria de desenvolvimento de produtos (BORGES, 2016).

Como citado em Succar (2009), o ciclo de vida no processo de projeto BIM (Figura 13) possui as três macrofases tradicionais: I) Projeto; II) Construção; e III) Operação e Manutenção. Entretanto, algumas etapas sofrem modificações com a adoção dos novos processos de projeto e dos novos recursos tecnológicos.

Na primeira macrofase do ciclo de vida no processo de projeto BIM, são desenvolvidas atividades referentes ao planejamento do empreendimento, estudos de viabilidade e conceituação de projeto, desenvolvimento do projeto executivo e análises e simulações de desempenho do edifício. Como produto desta etapa, são geradas as documentações que possuem as especificações de projeto (MELLO, 2012).

Figura 13 - Ciclo de vida no Processo de Projeto BIM



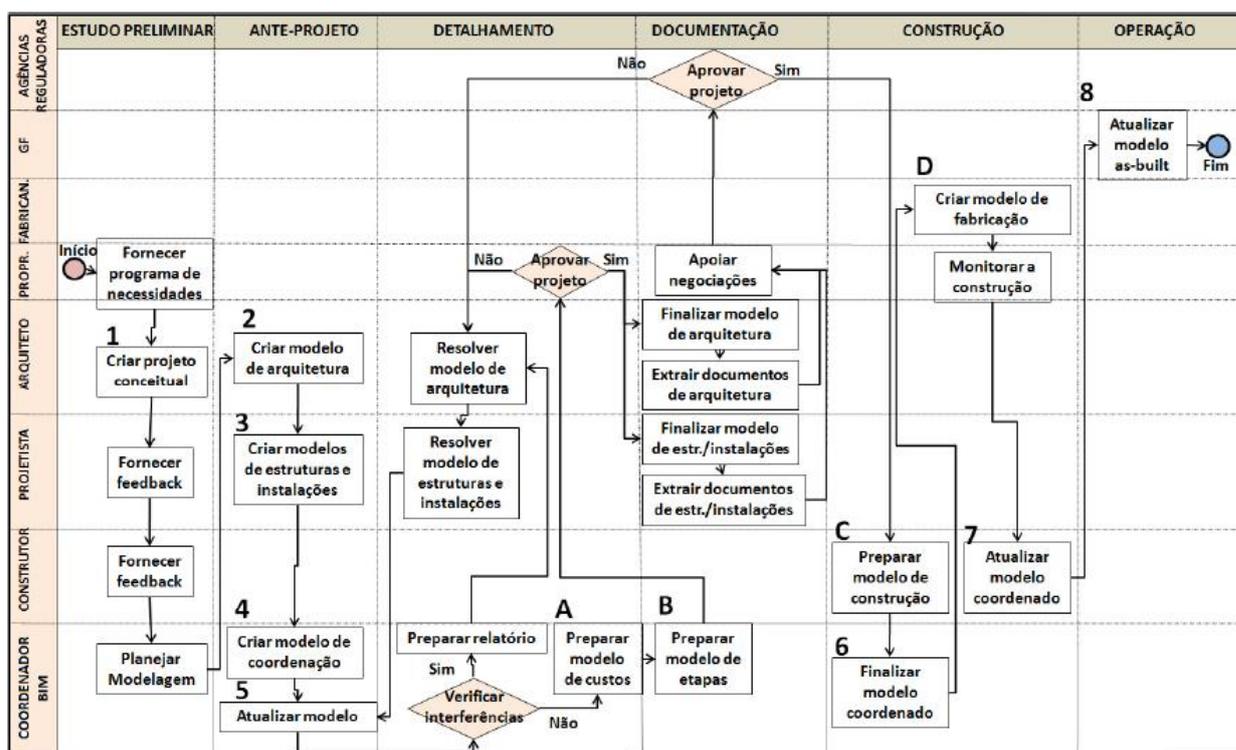
Fonte: Checucci, Pereira, Amorim (2011)

Na segunda macrofase, são sincronizados o planejamento da obra com os objetos do modelo através de análises e gerenciamento 4D e 5D, controle de fabricação de elementos construtivos e gerenciamento do canteiro de obras através de ferramentas BIM especializadas para este uso (MELLO, 2012).

Por fim, na terceira macrofase, o edifício construído pode ser gerenciado durante sua fase de operação, fechando o ciclo de vida. O principal fator que diferencia as etapas do ciclo de vida em BIM é a quantidade e o tipo de informação pertinente a cada especialidade de projeto associada ao modelo (MELLO, 2012).

Alguns manuais de implementação – como as coletâneas da CBIC e da ABDI já citadas – e pesquisas trazem, ainda, especificações sobre o fluxo de trabalho no processo de projeto em BIM. Os fluxos sistematizados nos manuais são complexos e extensos, relacionando-se a diversas etapas de projeto, agentes e produtos de forma detalhada. Devido a isso, decidiu-se exemplificar o fluxo de trabalho BIM de forma compacta (Figura 14) como é encontrado na pesquisa de Barison e Santos (2012).

Figura 14 - Modelo resumido do fluxo de trabalho BIM



Fonte: Barison e Santos (2012)

Como pode ser observado, o fluxo de trabalho BIM possui, como um dos pontos-chaves, o desenvolvimento dos modelos BIM que dependem de mudanças na forma de colaboração, produção e compartilhamento de informação entre os agentes de projeto, sendo necessária a inserção de novas funções no processo de projeto

como o gerente BIM, o modelador BIM, o analista BIM, dentre outros (CHECCUCCI, PEREIRA e AMORIM, 2011).

Estes modelos possuem usos específicos, de acordo com o projetista, como já foi citado anteriormente. Entretanto, a evolução da informação associada a qualquer um deles, pode ser medida através dos ND's (Níveis de Desenvolvimento) que definem níveis de informações ligadas aos modelos nas diferentes fases de seus desenvolvimentos (ASBEA, 2013).

2.4.2) Níveis de Desenvolvimento - ND (*Level of Development - LOD*)

Existem diferentes definições dos Níveis de desenvolvimento (ND) - ou LOD – *Level of Development* - atualmente. Para o presente trabalho, foi escolhida a definição da AsBEA (2015) devido à facilidade de compreensão, boa definição dos produtos de cada LOD e aproximação com a disciplina “Arquitetura”. Entretanto, para a melhor compreensão de seu conceito e aplicação no processo de projeto, outras definições e usos serão apresentados de forma complementar neste tópico.

O conceito de Níveis de Desenvolvimento foi concebido, inicialmente, pela indústria de *softwares* e desenvolvido em 2008 pelo subcomitê de tecnologia da AIA, responsável, também, pelo desenvolvimento do IPD. Pontos de vistas distintos de arquitetos, contratantes, engenheiros, proprietários e dos próprios desenvolvedores de *softwares* foram utilizados para a definição da aplicabilidade dos LOD's na indústria AECO (MANZIONE, 2013).

O AIA incorporou os LOD's no *BIM Protocol exhibit*, documento que aborda questões relativas ao processo de desenvolvimento e os usos do BIM como: “responsabilidades por cada elemento do modelo em cada um dos LOD; usos autorizados para o modelo, responsabilidade pelo gerenciamento do modelo; e propriedades do modelo” (MANZIONE, 2013, p.84).

Na definição de LOD da AsBEA, os níveis de desenvolvimento identificam o conteúdo mínimo de detalhamento dos modelos BIM sendo, portanto, ligados à estrutura gráfica das informações do projeto. Complementarmente, toda informação não gráfica associada ao modelo BIM também pode ser medida de acordo com a

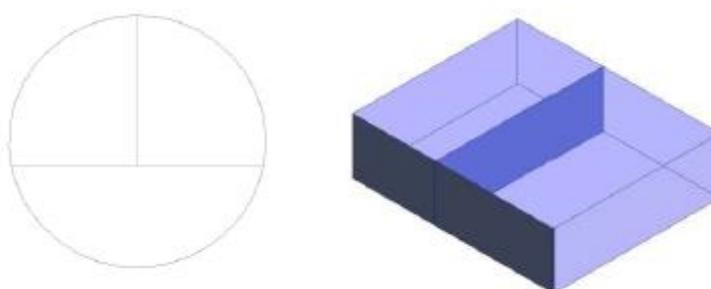
evolução dos LOD's através dos níveis de informação - NI (*Level of Information - LOI*) (ASBEA, 2015).

Esses parâmetros auxiliam na definição do tipo de produto – seja para clientes internos ou externos do processo de produção - que será entregue pelo projetista e do conteúdo do modelo BIM a ser desenvolvido. Tais requisitos são definidos observando-se o uso, tipo de contrato e características do empreendimento que envolvem o modelo BIM (ASBEA, 2015).

A evolução dos LOD's possui 5 etapas. A primeira delas é a LOD100, onde o modelo possui seus elementos representados graficamente por símbolos ou elementos genéricos (ASBEA, 2015) (Figura 15). Este LOD está associado à fase conceitual do projeto e nele são desenvolvidos estudos de massa, volumes, zoneamentos, etc (MANZIONE, 2013).

O AIA incorpora, ainda, usos distintos ao modelo como planejamento, custos e cumprimento de programa quando o mesmo se encontra nas etapas iniciais de projeto. Portanto, no LOD100 podem ser definidos parâmetros gerais de projeto como: duração global do empreendimento, definição de macro fases de projeto, custos estimados, definição de áreas brutas e estratégias de atendimento à requisitos de desempenho e sustentabilidade (MANZIONE, 2013).

Figura 15 - LOD100

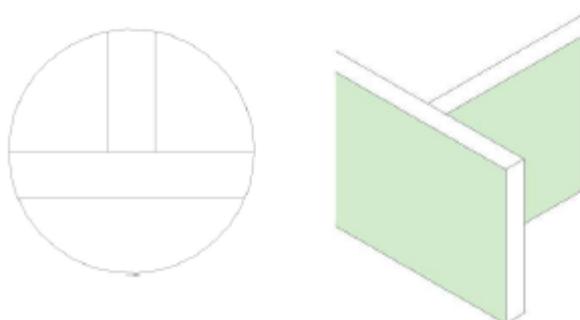


Fonte: AsBEA (2015)

No segundo nível (*LOD200*) os elementos do modelo já podem ser representados graficamente como sistema, objeto ou montagem genéricos. Nesta etapa (Figura 16), informações relativas à forma, tamanho, quantidade e localização dos objetos podem ter seus valores aproximados (ASBEA, 2015).

Podem ser incorporadas, ainda, informações relativas à escala de tempo do projeto, custos estimados baseados em elementos genéricos, requisitos específicos dos ambientes, quantitativos de matérias e predefinições de sistemas voltados ao desempenho (MANZIONE, 2013).

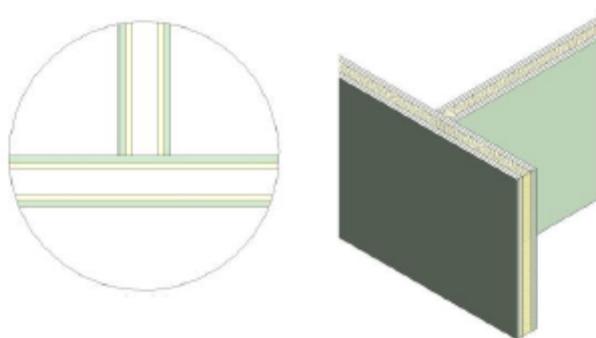
Figura 16 - LOD200



Fonte: AsBEA (2015)

No terceiro nível (LOD300) ocorre a definição dos objetos e das informações dos componentes do modelo BIM (Figura 17). Os elementos, antes genéricos, passam a possuir características específicas do edifício em projeção (ASBEA, 2015).

Figura 17 - LOD300



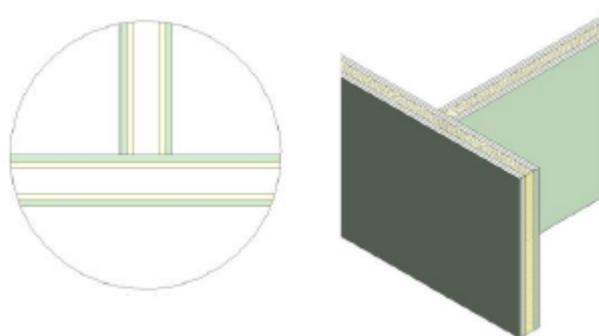
Fonte: AsBEA (2015)

A geometria, no LOD300, é precisa e todos os parâmetros relativos à forma, tamanho, quantidade e localização dos objetos são definidos. Ainda podem ser incorporados outros recursos nessa etapa, como: apresentações detalhadas ordenadas pelo tempo das atividades principais; custos precisos; incorporação de

casos específicos; instalações e conexões; definição precisa de materiais e reciclagem; e simulações aproximadas de acordo com a evolução do modelo (MANZIONE, 2013).

A quarta etapa (LOD400) apresenta informações relacionadas às interfaces dos modelos e suas inter-relações (Figura 18). Cria-se, portanto, nesse Nível de Desenvolvimento, as trocas de dados entre modelos, possibilitadas pela interoperabilidade da plataforma BIM (ASBEA, 2015).

Figura 18 - LOD400



Fonte: AsBEA (2015)

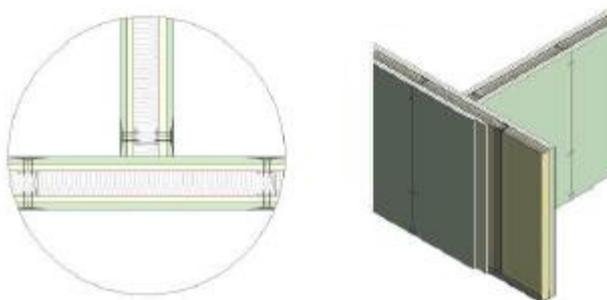
No LOD400, existe uma divergência entre os estudos utilizados para a definição de LOD na presente pesquisa. Segundo Manzione (2013), nesta etapa, o modelo tem sua geometria utilizada no auxílio à execução ou fabricação do edifício projetado, portanto, esta é uma etapa voltada à montagem da edificação.

O modelo BIM incorpora informações relativas à fabricação como detalhes de montagem, métodos e meios de construção. Em relação aos custos, são confirmadas propostas com fornecedores após a seleção dos mesmos. Simulações são precisas e levam em considerações especificações dos fabricantes dos componentes da obra (MANZIONE, 2013).

No modelo dos LOD's da AsBEA (2015), no LOD500 (Figura 19), os modelos recebem seus detalhamentos finais e informações relativas à fabricação, montagem e instalação da forma que foram construídos. No modelo de Manzione (2013), no LOD500, é realizado o levantamento de toda edificação (*As-built*) não só em relação à construção, mas também, em relação aos custos realizados e documentações gerais da obra. Nessa etapa também é possível a realização do comissionamento e

registro do desempenho alcançado pelo artefato arquitetônico construído (MANZIONE, 2013).

Figura 19 - LOD500



Fonte: AsBEA (2015)

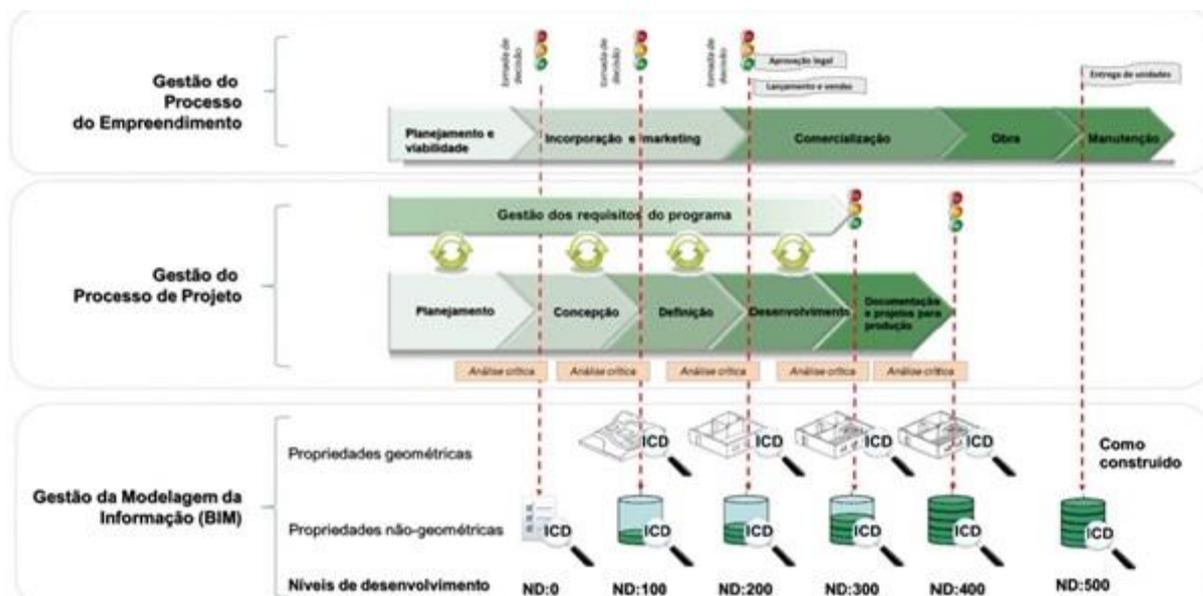
Apesar das divergências encontradas, principalmente no LOD400 e no LOD500 entre os modelos de definição apresentados, é possível identificar que o desenvolvimento do modelo BIM está relacionado diretamente às etapas do ciclo de vida e informações processo de projeto de edificações.

Durante o desenvolvimento do modelo BIM, segundo o modelo da AsBEA (2015), informações não gráficas – relacionadas aos Níveis de Informação (LOI) - podem ser incorporadas aos modelos a partir do LOD200 de acordo com as características do projeto. Devem ser observadas, entretanto, as necessidades relativas ao nível de informação do projeto desenvolvido para se evitar retrabalhos entre os membros da equipe projetiva (ASBEA, 2015).

Também, é possível observar que, os LOD's, podem ser associados a uma estrutura de processos conceitual direcionada ao desenvolvimento coordenado do processo de projeto e evolução das informações (MANZIONE, 2013)

Essa correlação entre LOD e processo de Projeto, pode ser identificada nos estudos de Manzione (2013). Na estrutura de processo proposta pelo autor, ainda são incorporadas os ICD's (indicadores chave de desempenho) que auxiliam no processo de tomada de decisão e no diagnóstico do próprio processo de projeto (Figura 20).

Figura 20 - Estrutura do processo de projeto ligada ao LOD



Fonte: Manzione (2013)

Os LOD's, apesar de serem voltados à definição de produto gerado, podem ser colocados em paralelo com a gestão do processo do empreendimento e a gestão do processo de projeto durante o ciclo de vida da edificação. Ao longo do processo de desenvolvimento da edificação, novos agentes são incorporados e acumulam mais informações ao modelo o que acaba por exigir pontos de controle e monitoramento entre as etapas para garantir a qualidade do modelo (MANZIONE, 2013).

2.4.3) Matriz de responsabilidades BIM no desenvolvimento de modelos BIM para Arquitetura

Como já citado anteriormente, o processo de projeto BIM exige novas funções dos agentes de projeto - gerente BIM, o modelador BIM, o analista BIM, por exemplo. Essas novas funções são requeridas nas esferas macro e micro do processo de projeto, impactando os meios gerenciais e operacionais. Para o presente estudo, será adotada a matriz de responsabilidades da AsBEA (2013), relacionada, majoritariamente, ao desenvolvimento de modelos BIM da disciplina "Arquitetura".

A adoção do BIM requer uma reestruturação das responsabilidades dos agentes de projeto. São necessárias novas competências, novas visões sobre a informação do projeto e conhecimentos multidisciplinares para o desenvolvimento de projetos em BIM. Por isso, os agentes de projeto assumem, com o advento da plataforma, novas funções (ASBEA, 2013).

Essas funções, quando inseridas no contexto de um escritório de arquitetura, devem ser planejadas para suprir as necessidades dos projetistas e para o desenvolvimento de modelos BIM para arquitetura.

Os Guias da ASBEA apresentam uma matriz de responsabilidades aplicável no contexto de escritórios de arquitetura. As funções dessa matriz podem ser divididas em dois grandes grupos: I) Funções de projeto; e II) Funções de gestão da informação (ASBEA, 2013).

As funções de projeto estão ligadas diretamente à criação do modelo BIM (ASBEA, 2013). São elas:

- Funções de modelagem: estão ligadas à modelagem do modelo BIM e são divididas em duas categorias.
 - Modelagens complexas: desempenhadas por profissionais que possuem mais experiência de projeto e uso de ferramentas BIM, pois estão diretamente ligadas às decisões de projeto. Alguns exemplos são: modelagem de paredes e escadas.
 - Modelagens complementares: desempenhadas por profissionais com menos experiência. A modelagem complementar está atrelada a uma modelagem já existe como: inserção de esquadrias, modificação de paredes, inserção de componentes, etc.
- Função de complementação de desenhos: não compromete a confiabilidade do modelo e, normalmente, está ligada aos desenhos 2D, não sendo exigido do profissional, o conhecimento pleno da ferramenta BIM. Alguns exemplos são: inserção de anotações, ambientes e legendas.
- Função de compatibilização: cabe a todos os envolvidos no projeto, entretanto, é necessário um responsável para identificar as interferências entre as disciplinas que ocorrerem no modelo BIM. Geralmente, fica a cargo de algum integrante mais experiente, sendo

ele, responsável por gerar relatórios de interferência e por distribuir as responsabilidades das revisões de projetos.

Já as funções de gestão da informação estão ligadas ao planejamento e controle de qualidade do projeto produzido. Como o volume de informações gerado pelo uso da plataforma BIM é muito grande e os fluxos de trabalho são alterados, são necessárias novas funções ligadas à gestão do empreendimento (ASBEA, 2013). São elas:

- Função de coordenador geral do modelo: responsável pelo plano de gestão do modelo BIM. Segundo a AsBEA (2013):

Cabe a esse coordenador a elaboração e implementação do Plano de Automação do Modelo, que compreende:

- Criar o cronograma de desenvolvimento do modelo e as respectivas etapas de entrega;
- Definir as premissas de modelagem, como objetivos e usos do BIM e nível de desenvolvimento do modelo necessário em cada fase do projeto;
- Determinar os processos para a elaboração do modelo;
- Estabelecer os procedimentos para o intercâmbio de informações e de colaboração entre disciplinas.

Ele também irá coordenar e confirmar as revisões do modelo quanto à:

- Checagem do visual do modelo;
- Coordenação da verificação de interferências (*clash detection*);
- Supervisão da validação de objetos, como propriedades e geometria;
- nomenclatura de arquivos e bibliotecas etc. (ASBEA, 2013, p. 12)

- Função de customização: responsável pela criação de *templates* e organização geral do projeto. É necessário ser desempenhada por um profissional com grande conhecimento sobre as ferramentas BIM em uso no escritório.
- Função de desenvolvedor de bibliotecas: as bibliotecas são conjuntos de objetos paramétricos que serão utilizados na construção virtual. Cada projeto pode exigir informações diferentes e, portanto, tipos de bibliotecas diferentes que sigam um padrão definido pelo coordenador geral do projeto. O desenvolvedor de bibliotecas tem, por função, garantir a criação de novos objetos de forma coerente à estabelecida pelo coordenador geral. Objetos específicos de projetos específicos (como móveis planejados) também são responsabilidade dessa função, o que garante a continuidade do fluxo de projeto.
- Função de controle de dados: é responsável, basicamente, pela verificação dos dados gerados nos quantitativos, garantindo a extração

de informações acuradas. Pode ser desempenhada por membros menos experientes no uso da ferramenta BIM.

É importante ressaltar que mais de uma função pode ser executada pelo mesmo membro da equipe de projeto de acordo com o porte do empreendimento ou do escritório. Existem, além da matriz de responsabilidade da AsBEA (2013), outras possíveis divisões das funções de projeto, seja na escala do escritório de arquitetura, seja na escala de todo o processo de projeto. A matriz de responsabilidades da AsBEA foi escolhida por apresentar uma divisão clara e próxima ao contexto da presente pesquisa como será observado nas análises do capítulo 6.

2.4.4) Projeto colaborativo

O processo de projeto construtivo já foi amplamente estudado no Brasil e a plataforma BIM aplicada ao trabalho colaborativo é vista como um estágio superior a ser alcançado na evolução das práticas de projeto. Isso se deve ao fato de que, além dos benefícios supracitados do BIM, com a adoção de práticas colaborativas, é possível obter melhores resultados internos e externos na cadeia produtiva de projetos (MANZIONE *et al.*, 2011).

Botelho e Vidal (2005) complementam: a formação de grupos de trabalho para a elaboração de um produto, colabora com a otimização do tempo e da qualidade dos projetos devido ao fato da informação ser um fator decisivo de produção e a soma de talentos nos grupos torna a tomada de decisões e o fluxo de trabalho mais rápidos.

Atualmente, produtos de alta complexidade – sejam eles físicos ou não – são projetados e construídos através da interação entre vários agentes que trabalham, simultaneamente, em diferentes partes e etapas de um projeto (CALDEIRA e SILVA, 2010). Como já dito anteriormente, os produtos da indústria AECO vem apresentando um aumento em sua complexidade e quantidade de tarefas para sua execução, exigindo, por consequência, uma maior interação multidisciplinar entre os agentes de projeto (BOTELHO e VIDAL, 2005).

O uso das tecnologias da informação e comunicação auxiliada por computador tornam-se cada mais necessárias nesse contexto de aumento de exigências de

projeto, como ferramentas para auxiliar no gerenciamento do processo de desenvolvimento de produtos (CALDEIRA e SILVA, 2010).

Os recursos da tecnologia de rede nos dias de hoje, juntamente à universalização da informação da construção permite, também, que especialistas de partes distintas do mundo possam interagir e trabalhar em um mesmo projeto. Isso torna a colaboração em equipes de projeto internacionais possível, sendo uma tendência para o cenário da indústria AECO (MCDONALD e MILLS, 2013).

Entretanto, na indústria AECO tradicional, a informação ainda se mostra muito fragmentada o que cria uma cultura de projeto de baixa confiabilidade. A mudança da cultura empresarial, portanto, deve ser o foco da implementação BIM (MCDONALD e MILLS, 2013) pois, no mercado de trabalho, empresas investem muitos recursos na adoção de novas tecnologias (MALACHY, 2013) sem compreender quais mudanças ocorrem com sua implementação (MANZIONE *et al.*, 2011).

O uso de tecnologias para o suporte do trabalho colaborativo implica, para a indústria AECO, no entendimento da multidisciplinaridade e no aprofundamento de conhecimentos relacionados ao projeto e construção de edifícios que devem ser inseridos no mercado de trabalho e no ensino superior (MALACHY, 2013).

Segundo Manzione, *et al.* (2011): “[...] as tecnologias existem para dar suporte aos processos; que existem para dar suporte à criação e manutenção de informações coerentes e relevantes, que existem para dar suporte à colaboração das pessoas envolvidas em um mesmo projeto.” (MANZIONE *et al.*, 2011, s.p.).

As práticas de trabalho colaborativo têm ganhado espaço em projetos que envolvem o ambiente construído nos últimos anos (MALACHY, 2013) apresentando resultados com maior qualidade. Entretanto, ainda, é necessário entender os conceitos da colaboração com mais clareza (MALACHY, 2013).

O trabalho colaborativo envolve duas ou mais pessoas que compartilham informações durante um processo de projeto (BOTELHO e VIDAL, 2005). De forma simplificada, a colaboração é definida como uma busca de soluções conjuntas para problemas de projeto onde todos os agentes envolvidos compartilham objetivos em comum (CALDEIRA e SILVA, 2010).

O conceito da colaboração é suportado, portanto, por três pilares principais: I) a colaboração é um processo; II) envolve a interação entre duas ou mais pessoas; e III) exige um trabalho conjunto em direção a um objetivo comum (MANZIONE *et al.*, 2011).

Os requisitos básicos para se trabalhar de forma colaborativa são: I) Habilidade de trabalho em grupo dos participantes; II) Criação de um banco de dados padronizado; III) Métodos de comunicação eficientes; IV) Espírito de coletividade; e V) Bom relacionamento entre os membros da equipe (BOTELHO e VIDAL, 2005).

Esses requisitos devem ser articulados entre 4 recursos-chave: I) Pessoas; II) Processos; III) Tecnologia; e IV) Dados (MANZIONE *et al.*, 2011).

A adoção do trabalho colaborativo exige, por consequência, uma sistematização e um gerenciamento mais rigoroso das atividades de projeto, pois a colaboração é um conceito que exige comprometimento do grupo de trabalho para se alcançar os objetivos esperados (MANZIONE *et al.*, 2011).

Diferente da cooperação – por definição, trabalhar com outros indivíduos -, a colaboração exige que as atividades sejam desenvolvidas em comum acordo entre os agentes do processo de projeto em desenvolvimento, sendo, portanto, um meio de difícil estabelecimento e manutenção de requisitos criativos e holísticos de projeto (MANZIONE *et al.*, 2011).

Devido a essas características da colaboração, é preciso ter uma boa definição das atividades e comprometimento dos agentes envolvidos no processo, pois os riscos de falha aumentam ao mesmo passo que a confiança entre os participantes do grupo pode aumentar (MANZIONE *et al.*, 2011).

Em projetos construtivos da AECO, as tarefas são semiestruturadas o que pode tornar o planejamento das atividades difícil em certas situações (MANZIONE *et al.*, 2011).

A complexidade e o processo criativo envolvidos na elaboração de um projeto vão de encontro à visão comumente aceita em muitas organizações burocráticas tradicionais, onde as pessoas desenvolvem suas atividades de acordo com um conjunto de “procedimentos” bem especificados e desenvolvidos pela administração central como meios eficientes e eficazes para se atingir determinados fins (MANZIONE, ABAURRE, *et al.*, 2011, p. s.p.).

No Brasil, a definição de regras para o processo de trabalho na AECO teve resultado ruins em experiências colaborativas (MANZIONE *et al.*, 2011).

Sistemas computacionais que procuram atender rigidamente a esses padrões têm tendência a falhar por não levar em conta a informalidade e as relações sociais que se estabelecem dentro das empresas e que são

invisíveis à luz do organograma formal (MANZIONE, ABAURRE, *et al.*, 2011, p. s.p.).

Esses fracassos de implementação de recursos tecnológicos e sistematizações do processo de projeto mostram que, ainda, são necessários estudos que explorem os fluxos de trabalho, por exemplo, em BIM. De fato, um dos principais obstáculos da incorporação da colaboração no processo de projeto BIM é a falta de entendimento dos agentes de projeto sobre a integração dos fluxos de trabalho através de uma tecnologia integrada (MANZIONE *et al.*, 2011).

2.4.5) Técnicas de colaboração no processo de projeto BIM

A utilização da plataforma BIM implica na diminuição das incompatibilidades dos projetos devido à maior colaboração interdisciplinar e a interoperabilidade entre as ferramentas de auxílio a projetos, entretanto, para garantir o bom funcionamento do processo BIM deverá ser acordado “A organização dos modelos, os responsáveis pela modelagem de cada componente da construção, o local onde os modelos serão armazenados e como os modelos estarão articulados” (ASBEA, 2015, p.7).

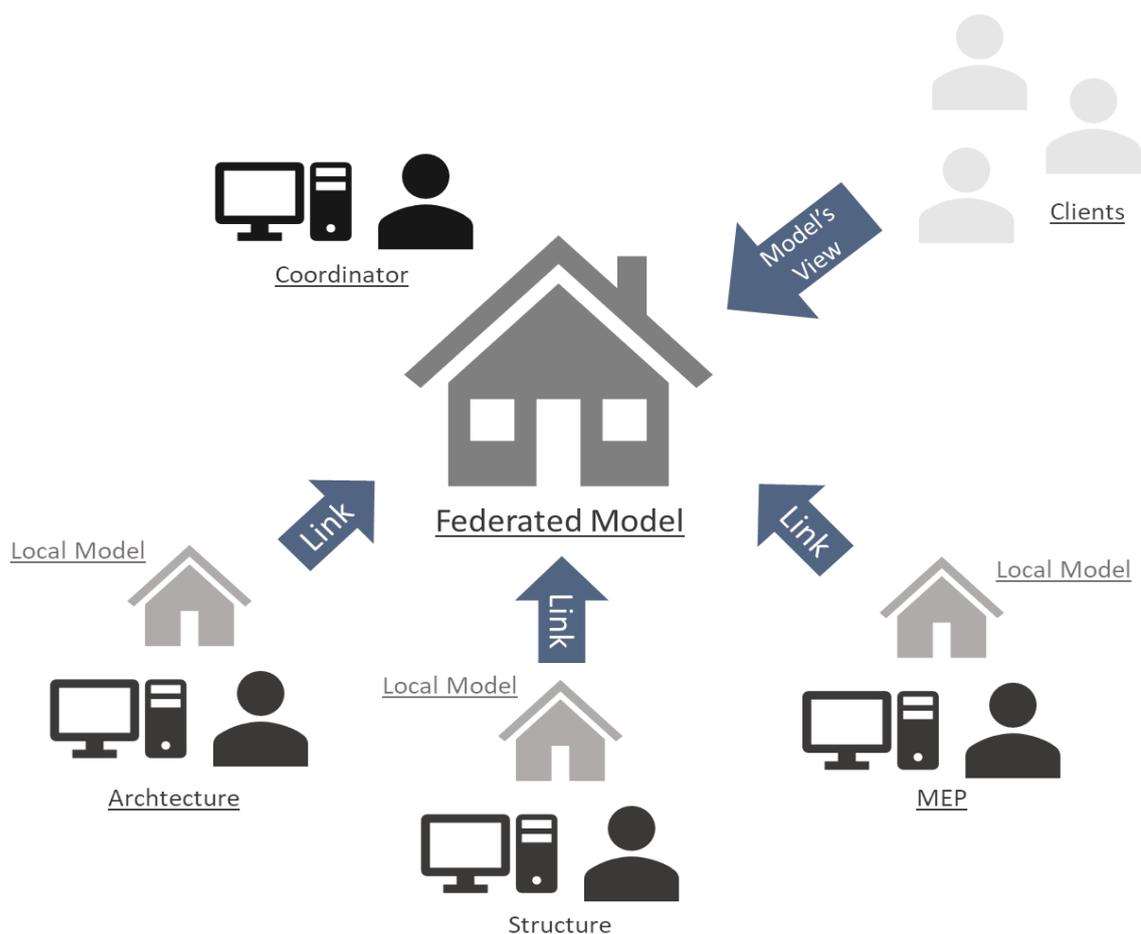
A colaboração aplicada ao BIM pode ter dois níveis de troca de dados: I) a colaboração interna; e II) a colaboração externa. A colaboração interna ocorre, essencialmente, entre membros de uma mesma disciplina de projeto que desenvolvem um modelo digital em um ambiente único. Através do uso de servidores, é possível ter mais de um projetista trabalhando dentro do mesmo arquivo dessa maneira (BOEYKENS *et al.*, 2013).

Já a colaboração externa, ocorre quando vários modelos são *linkados* em um mesmo software externo, geralmente, para que seja feita a coordenação ou análises do projeto. Esse tipo de colaboração pode ser feito em nuvens de dados e são apoiados pelos recursos de interoperabilidade.

No Brasil, com os recursos disponíveis de banda larga, é utilizada a técnica de colaboração externa conhecida como “modelos federados” (Figura 21). Os modelos federados alocam as informações de todas as disciplinas envolvidas no processo de projeto servindo de base para o desenvolvimento das atividades dos projetistas, fornecendo e recebendo informações, simultaneamente, de todos os agentes de

projeto, fazendo com que o processo de projeto seja mais enxuto e com menos incompatibilidades (ASBEA, 2015).

Figura 21 - Esquema simplificado de um modelo federado



Fonte: adaptado de Manzione (2013)

No presente estudo, será utilizada a ferramenta BIM *Revit* da *Autodesk*. Em sua interface é possível encontrar ferramentas que permitem a colaboração interna entre equipes. O recurso de compartilhamento de dados a partir de um único arquivo para diversos projetistas trabalharem, simultaneamente, em um mesmo projeto no *Revit* é conhecido como *Worksharing* (KIM, KIRBY e KRYGIEL, 2016).

A estrutura de compartilhamento de dados de colaboração interna é semelhante à de colaboração externa. As principais características da colaboração interna que a diferencia da colaboração externa são: I) geralmente é utilizada por uma única disciplina de projeto para acelerar o processo de produção do seu modelo; II)

não possuem a atuação de agentes como os clientes diretamente; e III) os projetistas atuam em áreas separadas da geometria quando são inseridos os elementos 3D do modelo.

Para realizar a divisão e a organização do trabalho, o recurso *Worksharing* utiliza um comando chamado *workset* da ferramenta *Revit*. Os *worksets* são coleções de objetos customizáveis que tem como objetivo, gerenciar as responsabilidades de projeto definindo, com clareza, as funções de projeto de cada projetista (KIM, KIRBY e KRYGIEL, 2016). Eles são divididos em quatro tipos diferentes:

- Criados pelo usuário: todos os *worksets* são inseridos nessa categoria automaticamente. Nesse tipo podem ser inseridos elementos construtivos, espaços e objetos de referência. Somente o criador do *workset* pode editar os elementos criados nele, a não ser que o proprietário libere o *workset* para os outros usuários que compartilham o modelo.
- Famílias: edições nesse *worksets* o tornam proprietário do mesmo. Cada família inserida no projeto deve possuir um *workset*.
- Padrões de projeto: dedicado às configurações de projeto como materiais, estilos de objetos, espessuras de linhas, etc.
- Vistas: concentra as configurações das propriedades e elementos das vistas. Cada vista criada pode possuir um proprietário diferente.

As informações inseridas nos *worksets* em arquivos compartilhados devem ser carregadas através de um upload ao fim das atividades de cada projetista, entretanto, uma informação flui instantaneamente nesse sistema: as permissões. As permissões impedem que outros projetistas editem elementos que estejam fora de seus *worksets*, garantindo o funcionamento da divisão de funções (KIM, KIRBY e KRYGIEL, 2016).

Os *worksets* podem ser divididos e criados de acordo com as necessidades de cada projeto, entretanto, não se recomenda que um mesmo projetista seja responsável por mais de dois *worksets*. Uma boa forma de divisão é pensar em sistemas construtivos maiores do que componentes individuais – pois não se deve utilizar os *worksets* como *layers* do *AutoCAD* – como, por exemplo, exterior, interior, terreno e mobiliário, sendo essa a divisão mais comum para grupos de 5 pessoas (KIM, KIRBY e KRYGIEL, 2016).

O nível de troca de dados deve ser escolhido de acordo com o uso e agentes que irão atuar sobre o modelo BIM. O entendimento do processo de projeto BIM e as responsabilidades de seus agentes se faz importante para auxiliar nessa escolha.

2.5) O BIM NO ENSINO SUPERIOR

As novas tecnologias junto à adoção de novos processos de trabalho na indústria AECO – como é o caso do BIM – tem impactado, amplamente, o ensino superior (MCDONALD e MILLS, 2013). Desde o início dos anos 90 as relações entre a prática profissional e as escolas de arquitetura tem sofrido alterações devido ao direcionamento a abordagens críticas e teóricas da academia que se mantém desde o século XX, deixando-se de lado questões relacionadas à operação e técnica projetiva (KOCATURK e KIVINIEMI, 2013).

A partir dos anos 90, a prática construtiva foi, gradualmente, inserida no contexto acadêmicos devido ao surgimento de práticas arquitetônicas que se adequam melhor aos desafios da indústria da construção – como o BIM. Essa mudança de abordagem na educação permitiu que temas relacionados a variáveis sociais, econômicas, tecnológicas e culturais, fossem inseridas no ensino, principalmente, para que fosse possível o desenvolvimento de projetos que observassem questões ambientais e energéticas (KOCATURK e KIVINIEMI, 2013).

Apesar de novas oportunidades e possibilidades surgirem com esses recursos, grandes mudanças nas estruturas curriculares são exigidas para a adoção de plataformas como o BIM (MCDONALD e MILLS, 2013) o que, por vezes, pode inviabilizar a sua implementação em sistemas de ensino como o do Brasil (CHECCUCCI e AMORIM, 2014) que ainda segue, majoritariamente, abordagens de ensino tradicionais em escolas de arquitetura.

O pensamento de projeto tradicional e a utilização de ferramentas BIM, somente, como modeladores de projeto pode levar a alguns equívocos como: I) restrição do BIM à modelagem de objetos; II) utilização de processos de projeto tradicionais com auxílio de uma ferramenta BIM; e III) impressão equivocada de que o BIM limita a criatividade no projeto arquitetônico (NAKAPAN, 2015). Entretanto,

esses equívocos não são suficientes para inviabilizar a implementação do BIM no ensino.

A inviabilização de implementação do BIM no ensino se deve a dois grandes fatores: a necessidade de integração de diferentes conteúdos da grade curricular e a colaboração de professores de disciplinas distintas que, anteriormente, mostram-se isoladas. Além desses, outros fatores também interferem na implementação no contexto brasileiro de ensino como: atualização e custo elevado de hardware; pouca bibliografia em língua portuguesa; falta de docentes relacionados ou capacitados para abordar o tema em sala de aula; e falta de espaço em matrizes curriculares para a inserção de temas tão vastos (CHECCUCCI e AMORIM, 2014).

Os problemas estruturais das instituições, seja a nível físico ou curricular, não são os únicos encontrados no processo de implementação do BIM no ensino. A prática em sala de aula pode ser afetada devido a: I) falta de atenção e interesse dos alunos pelo tema; II) falta de critérios de avaliação dos trabalhos desenvolvidos pelos alunos; III) falta de abordagem de conteúdos BIM em mais de uma disciplina, o que empobrece o conteúdo ministrado; e IV) falta de diretrizes BIM para implementação da metodologia no ensino (NAKAPAN, 2015).

McDonald e Mills (2013) complementam: os modelos atuais de ensino não dão suporte às exigências da própria academia e do mercado de trabalho relacionado ao BIM sendo necessária a reestruturação de abordagens didáticas.

Mesmo nesse contexto, observa-se um aumento no volume de pesquisas e busca de métodos de implementação do tema em grades curriculares de cursos superiores no Brasil (CHECCUCCI e AMORIM, 2014). McDonalds e Mills (2013), identificam em seu trabalho: governos ao redor do mundo tem exigido das instituições de ensino superior uma resposta em relação a esses novos recursos de projeto.

Entretanto, segundo Kocaturk e Kiviniemi (2013) não existem planos de orientação para a implementação do BIM no ensino e sim, planos para implementação do BIM no mercado de trabalho através de exigências por parte de governos – como é o caso do Reino Unido, citado pelos autores.

Ibrahim (2014) complementa: falta um acordo quanto à melhor maneira de inserir o BIM em grades curriculares e questões relacionadas à quando e como introduzir conteúdos BIM ainda possuem abordagens diferentes nas instituições onde se experimenta implementá-lo.

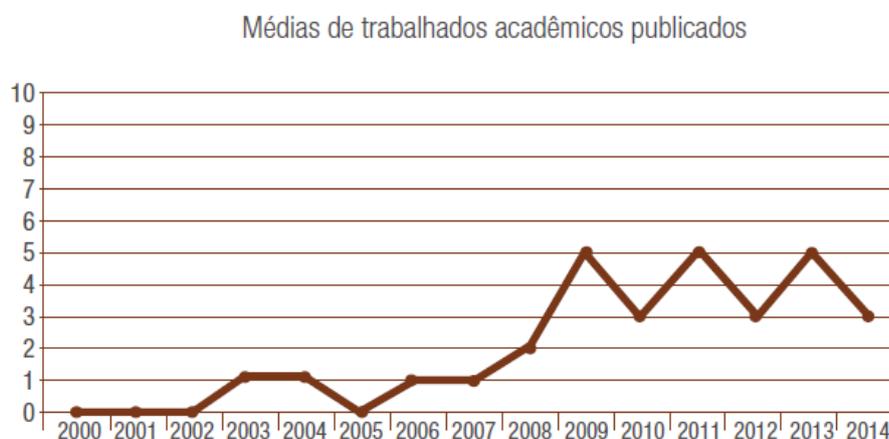
Apesar disso, existe uma tendência e apoio geral no ensino superior para a adoção do BIM em seus currículos (IBRAHIM, 2014). No Brasil é possível observar essa tendência de implementação do BIM no mercado de trabalho e na área acadêmica. Na realidade, a academia foi a primeira a demonstrar interesse pela plataforma BIM em 1996, quando foram apresentadas as primeiras dissertações relacionadas ao tema na UFF (Universidade Federal Fluminense) (KASSEM e AMORIM, 2015).

Alguns projetos relacionados à área acadêmica, também contribuíram para a difusão do estudo do BIM no Brasil. O primeiro deles foi o CDCON – Classificação e Terminologia para a Construção – que, a cargo de equipes das universidades UFF, UFSC e UFRGS, visava “[...] fortalecer a discussão das aplicações de Tecnologia de Informação na construção, tendo sido o embrião de outros grupos de pesquisa que se constituíram desde então.” (KASSEM e AMORIM, 2015, p. 23).

Com o apoio da ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído – foi realizado em 2002, o primeiro evento de Tecnologia de Informação aplicado à construção, o TIC, organizado pela UFPR. Junto ao SISGRAPH, SIBGRAPI, SIBRAGEC, GRAPHICA e ENTAC, são os eventos que mais recebem produção científica referentes ao BIM (KASSEM e AMORIM, 2015).

A produção científica relacionada à plataforma BIM cresceu, significativamente, desde então (Gráfico 1), entretanto, com um volume abaixo do ideal relacionado à importância da construção para a economia (KASSEM e AMORIM, 2015).

Gráfico 1 - Média dos trabalhos publicados até 2014



Fonte: Kassem e Amorim (2015)

Apesar do crescimento da produção, Delatorre (2014), reitera que ainda existe um caminho árduo a seguir na implementação do BIM no Brasil e que esse processo exige a colaboração dos setores público e privado, além de agentes e instituições da AECO como as universidades que possuem papel fundamental na formação dos profissionais que irão atuar no mercado de trabalho.

Isso se deve ao fato de que o BIM, por si só, não é capaz de alterar os fluxos de trabalho inerentes a ele, sendo necessária uma mudança cultural na indústria AECO (DELATORRE, 2014) e na academia. O ensino baseado na colaboração é essencial para a concretização dessa mudança (DELATORRE, 2014). Kassem e Amorim (2015) complementam:

As práticas e tecnologias em BIM ainda não se refletiram na formação profissional e podemos afirmar que os currículos da maioria das universidades não contemplam disciplinas em BIM. Identificamos apenas duas faculdades de arquitetura e de engenharia que oferecem disciplinas neste tema, ambas em São Paulo. Já na pós-graduação existem mais esforços e todas as universidades da rede BIM tem alunos dedicados ao tema. (KASSEM e AMORIM, 2015, p. 26)

Segundo Barison e Santos (2016), a adoção do BIM no Brasil ainda se encontra nos estágios iniciais, num momento onde se observa a transição da plataforma CAD para a plataforma BIM. Essa situação é reforçada pela atual situação dos cursos de arquitetura no país que, em sua maioria, não preparam os estudantes para ingressar no mercado de trabalho com níveis de competência adequados à utilização do BIM pois, muitas vezes, os métodos de projeto tradicional são mantidos e somente a instrumentalização das ferramentas não é suficiente para a utilização da plataforma (MENEZES, *et al.*, 2012).

A abstração do desenho do edifício e a compatibilização manual de projetos, que outrora eram baseadas em uma representação bidimensional, dentro de um processo de trabalho associado ao uso de ferramentas ou sistemas CAD (*Computer Aided Design*), no contexto BIM são realizadas por modelos geométricos tridimensionais, ricos em informações do edifício. Percebe-se, portanto, que a substituição da representação gráfica pela representação e simulação numéricas estabelece um novo horizonte para o ensino. Possibilita-se, com isso, a aproximação do aluno com os processos de projeto, processos usados no canteiro de obras, processos de operação e manutenção, o que passa a ser um conhecimento fundamental para a elaboração do modelo do edifício, no BIM (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013, p. 152)

A falta de preparação dos egressos dos cursos de arquitetura na utilização efetiva da plataforma BIM, levam, por vezes, as empresas a investirem em

treinamentos que, em sua maioria, dedicam seus esforços a ensinar a operação de ferramentas específicas, e não no BIM enquanto processo, deixando de lado aspectos conceituais importantes (BARISON e SANTOS, 2016).

Essa realidade reforça a importância do ensino superior na mudança dos paradigmas BIM vigentes no mercado de trabalho atual brasileiro (BARISON e SANTOS, 2016). Entretanto:

No Brasil, as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo do Ministério da Educação (BRASIL, 2010) também não fazem referência à CAD e muito menos ao BIM, mas dispõem que, entre outras competências, os cursos devem formar um profissional que tenha o conhecimento dos instrumentais de informática para tratamento de informações e representação aplicada à arquitetura, assim como sejam definidas formas para a realização da interdisciplinaridade (BRASIL, 2010). Observa-se que o processo BIM está diretamente relacionado com esses dois tópicos (BARISON e SANTOS, 2016, p. 113).

2.5.1) Níveis de Implementação do BIM no ensino - proficiência BIM (NPBIM)

Assim como a implementação do BIM na indústria pode ser feita por etapas progressivas de adoção, no meio acadêmico, a implementação também pode ser mensurada. O trabalho de Barison e Santos (2011) apresenta três níveis de implementação da plataforma BIM no ensino que variam de acordo com o nível de competência que se deseja alcançar no ambiente acadêmico. São os Níveis de Proficiência BIM (NPBIM) que se dividem em:

- **NPBIM INTRODUTÓRIO**

No nível introdutório (Figura 22), a plataforma BIM pode ser ensinada em disciplinas de representação gráfica digital. Não há necessidade de o aluno possuir conhecimento prévio em ferramentas digitais CAD ou qualquer outro pré-requisito para cursar disciplinas com este nível de proficiência. Cria-se, neste nível, um suporte didático para formar o aluno como modelador BIM, ou seja, o objetivo principal é instrumentalizar os discentes no uso de ferramentas BIM, principalmente, as de representação de projeto (BARISON e SANTOS, 2011).

Figura 22 - Características do NPBIM Introdotório



Fonte: Barison e Santos (2011)

Além disso, deve-se dar atenção para a fundamentação teórica e para os diferentes tipos de troca de dados oferecidos pelo BIM, entretanto, os trabalhos são realizados individualmente (BARISON e SANTOS, 2011).

Os primeiros exercícios nesse nível de competência podem ser de modificação de modelos BIM para depois se direcionar à concepção de objetos arquitetônicos. Como trabalho final, sugere-se a criação de uma residência unifamiliar moderna, pois os modelos finais devem possuir baixa complexidade (BARISON e SANTOS, 2011).

- NPBIM INTERMEDIÁRIO

No NPBIM intermediário (Figura 23), sugere-se o desenvolvimento das atividades em ateliês de projeto integrado, pois os trabalhos são desenvolvidos em grupo e cada aluno assume um papel específico na realização do projeto que pode ser dividido por especialidade. Neste nível de proficiência se exige que o aluno possua conhecimentos sobre fundamentos do projeto,

representação gráfica e domínio de uma ferramenta BIM (BARISON e SANTOS, 2011).

Figura 23 - Características no NPBIM Intermediário



Fonte: Barison e Santos (2011)

O objetivo principal deste NPBIM é “[...] aprender outras ferramentas BIM, técnicas avançadas de modelagem 3D, conhecer sistemas do edifício e explorar funcionalidades de famílias na ferramenta BIM.” (BARISON e SANTOS, 2011, p. 73).

São desenvolvidos os conceitos de colaboração e integração no processo de projeto e o aluno se especializa em uma disciplina específica do processo de projeto, desenvolvendo habilidades de um analista BIM (BARISON e SANTOS, 2016).

Os ateliês podem ser divididos, por exemplo, em “[...] processos de projeto generativo, sustentabilidade, explorando análises e simulações do modelo, além de documentos para construção, detalhamentos em 3D, geração de relatórios e levantamento de custos” (DELATORRE, 2014, p. 69).

- **NPBIM AVANÇADO**

Por fim, no NPBIM avançado (Figura 24), o “[...] BIM é ensinado em Gerenciamento da Construção e em Ateliê de Projeto Interdisciplinar [...]” (BARISON e SANTOS, 2011, p. 74). O propósito é desenvolver algumas das competências de um gerente BIM. Os principais objetivos são: o domínio em gerenciamento BIM, em modos de implementação dos processos de projeto BIM, em habilidades de trabalho em grupo e em conceitos relacionados ao BIM como a interoperabilidade (BARISON e SANTOS, 2011).

Figura 24 - Características do NPBIM Avançado



Fonte: Barison e Santos (2011)

Neste nível é desenvolvido um projeto construtivo interdisciplinar, ou seja, as disciplinas de projeto são integradas e trocam informações entre si a partir de divisões de equipes realizadas pelos próprios alunos e com o auxílio do professor. O fluxo de trabalho e a forma de comunicação também é gerida pelos alunos.

Os produtos finais gerados pelos alunos podem ser avaliados de acordo com a capacidade de gerar soluções de projeto ou com relação ao nível de informação que o modelo final apresenta, além de precisão na junção dos modelos BIM e organização (BARISON e SANTOS, 2011).

É importante ressaltar que a implementação do BIM no ensino pode ocorrer de forma gradual, entretanto, no Brasil, alguns obstáculos têm sido encontrados nos processos de introdução de conteúdos BIM em matrizes curriculares de cursos de graduação em arquitetura e urbanismo. Esses obstáculos, por vezes, inviabilizam a implementação de NPBIM mais aprofundados.

2.5.2) Implementação do BIM em matrizes curriculares do ensino superior no Brasil

A implantação do BIM em universidades do Brasil passa por uma fase de amadurecimento em cursos de arquitetura e urbanismo e engenharia civil. A maioria das experiências nacionais ainda abordam os conceitos BIM em disciplinas isoladas, entretanto, algumas instituições dedicam seus esforços na integração entre disciplinas de arquitetura e estrutura (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013).

Um levantamento realizado em 2013 (Quadro 3) revela que os NPBIM mais identificados no Brasil são os NPBIM Introdutório e NPBIM Intermediário. Esses dados indicam que a adoção do BIM no ensino superior brasileiro vem acontecendo de forma gradual e a ênfase principal dos cursos é dada à modelagem paramétrica, simulações em 4D e geração de estimativas de custo (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013).

Menezes et al. (2012) complementam: em seu estudo realizado com as faculdades de engenharia civil e arquitetura do estado de Minas Gerais, a plataforma BIM é ensinada de forma simplificada, como um simples modelador. A pesquisa relatou o não incentivo das instituições à implementação da plataforma, sendo a iniciativa advinda de professores em disciplinas isoladas, o que dificulta mais ainda o uso das capacidades totais do BIM.

Quadro 3 - Experiências do BIM no ensino superior

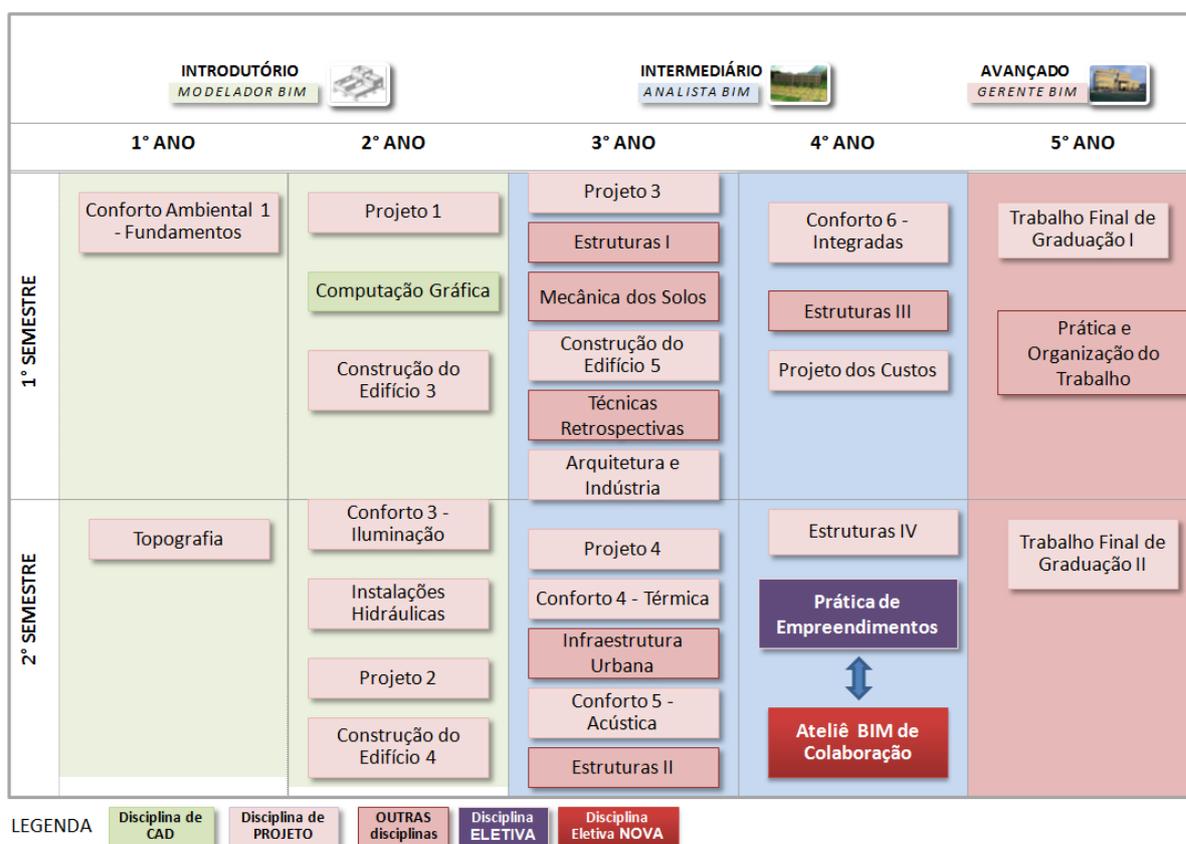
Experiências de ensino avaliadas	Níveis de competência (BARISON; SANTOS, 2011)	Estágios de adoção (SUCCAR, 2009)	Fases do ciclo de vida abordadas	Modelo	Produtos gerados
UFAL (ANDRADE, 2007)*	Nível introdutório (habilita modelador)	BIM Estágio 1	Projeto	Modelagem e produtividade	Modelagem paramétrica (arquitetura) e extração de documentação automática
CBM (RUSCHEL et al., 2011)	Nível introdutório (habilita modelador)	BIM Estágio 1	Projeto	Modelagem e produtividade	Modelagem paramétrica (arquitetura, instalações e estrutura) e extração de documentação automática
UPM (FLORIO, 2007)	Nível introdutório (habilita modelador)	BIM Estágio 1	Projeto	Modelagem e produtividade	Modelagem paramétrica (arquitetura e estrutura) e extração de documentação automática
UPM (VINCENT, 2006)	Nível intermediário (habilita analista)	BIM Estágio 1	Projeto	Integração de modelos e uso aplicado do modelo	Modelagem paramétrica, integrada, extração de documentação automática, quantitativos e estimativas de custos
UFSCar (SERRA; RUSCHEL; ANDRADE, 2011)*	Nível intermediário (habilita analista)	BIM Estágio 2	Projeto Construção	Modelagem e produtividade, integração de modelos e uso aplicado	Modelagem paramétrica, extração de documentação automática e 4D
UNICAMP (RUSCHEL; GUIMARÃES FILHO, 2008)*	Nível intermediário (habilita analista)	BIM Estágio 2	Projeto Construção	Integração de modelos e uso aplicado do modelo	Modelagem paramétrica (arquitetura e estrutura), extração de documentação automática, detecção de conflitos 4D
UNICAMP (RUSCHEL et al., 2010)*	Nível intermediário (habilita analista)	BIM Estágio 2	Projeto Construção	Integração de modelos e uso aplicado do modelo	Modelagem paramétrica (arquitetura, instalações e estrutura) e extração de documentação automática, detecção de conflitos 4D

Fonte: Ruschel, Andrade e Morais (2013)

Tanto as exigências de reestruturação curricular para a implantação do BIM em cursos superiores (RUSCHEL, ANDRADE e MORAIS, 2013), quanto a separação departamental evidente em cursos relacionados à AECO no Brasil (MENEZES, JUNIOR, *et al.*, 2012) contribuem para a subutilização do BIM em instituições de ensino. Entretanto, algumas estratégias de implementação tentam contornar esses obstáculos através da implementação generalizada da plataforma, feita por meio da adaptação de disciplinas já existentes nas áreas de representação gráfica digital, ateliê de projetos, gerenciamento da construção e tecnologia da construção (BARISON e SANTOS, 2016).

Há de se considerar que, apesar do BIM exigir o desenvolvimento de novas competências no ensino superior de arquitetura, algumas disciplinas vigentes em grades curriculares comuns já apresentam suporte para grande parte das exigências de uso e aplicação da tecnologia e dos processos BIM (BARISON e SANTOS, 2016).

Figura 25 - Proposta de Barison e Santos (2015)

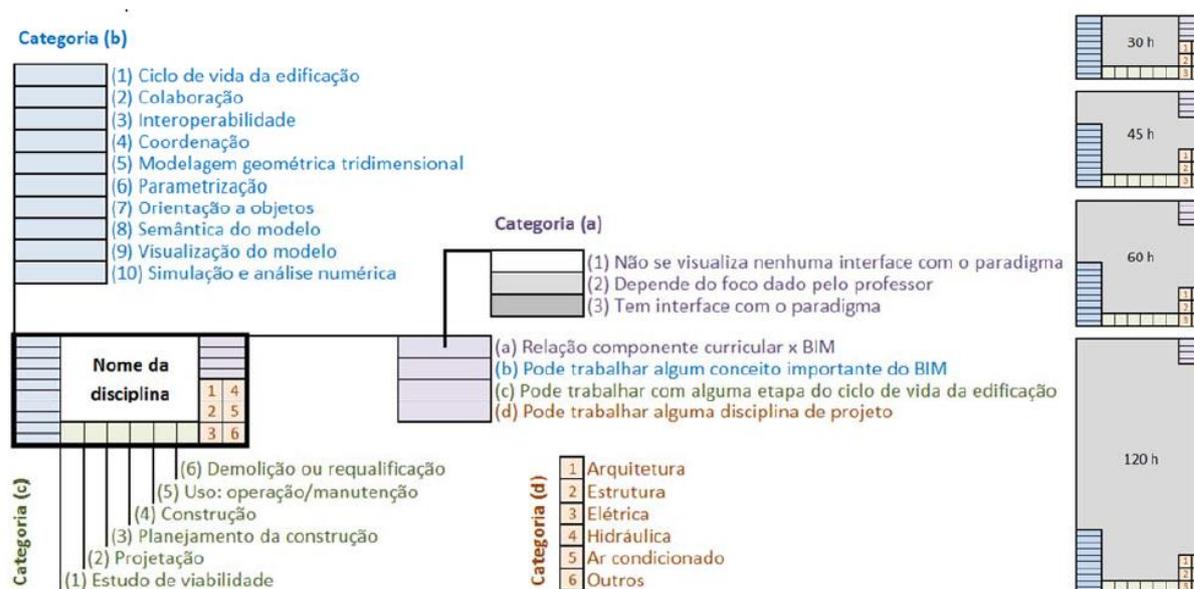


Fonte: Barison e Santos (2015)

É possível identificar essa abordagem de implementação nos estudos de Barison e Santos (2015) (Figura 25). Os autores identificam disciplinas com potencial para alocar os conteúdos BIM em um curso de arquitetura de uma universidade pública de São Paulo e propõem alterações e introdução de conteúdos BIM a partir dessa análise.

Além da identificação das disciplinas que oferecem potencialidade de inserção do BIM, é proposta a implementação do BIM da seguinte maneira: NPBIM Introdutório em disciplinas dos 1º e 2º anos; NPBIM Intermediário em disciplinas do 3º e 4º anos; e NPBIM – Avançado em disciplinas do 5º ano e da pós-graduação. Dessa forma, os autores propõem uma estrutura de ensino do BIM que se conecta ao desenvolvimento das habilidades e conhecimentos dos discentes.

Figura 26 - Sistema de classificação de permeabilidades



Fonte: Checcucci e Amorim (2014)

Outro estudo que adota essa abordagem de implementação é o de Checcucci e Amorim (2014). Os autores partem do princípio que as disciplinas, regularmente, ofertadas em matrizes curriculares do ensino superior já oferecem conteúdos pertinentes ao BIM. A partir da análise das ementas (Figura 26) das disciplinas da matriz curricular, são geradas classificações de acordo com quatro categorias de permeabilidade:

- (a) Classifica o nível de similaridade entre os conteúdos ministrados nas disciplinas e o BIM. Possui três classificações: (1) não existe interface com o BIM; (2) pode haver interface, depende do foco dado pelo professor; e (3) existe uma interface clara com o BIM;
- (b) Avalia quais conteúdos relacionados ao BIM são trabalhados na disciplina. Segundo os autores são avaliados 10 conteúdos: (1) Ciclo de vida da edificação; (2) Colaboração; (3) Interoperabilidade; (4) Coordenação do processo de modelagem; (5) Modelagem geométrica tridimensional; (6) Parametrização; (7) Orientação a objetos; (8) Semântica do modelo; (9) Visualização do modelo; e (10) Simulação e análise numéricas;
- (c) Identifica quais etapas do ciclo de vida das edificações podem ser exploradas na disciplina: (1) Estudo de viabilidade; (2) Projetação; (3) Planejamento da construção; (4) Construção; (5) Uso, que envolve a operação e a manutenção; e (6) Demolição ou requalificação;
- (d) Relaciona a etapa de projeto identificada a uma disciplina específica da indústria AEC, podendo ser: (1) Arquitetura; (2) Estrutura; (3) Elétrica; (4) Hidráulica; (5) Ar condicionado; e (6) Outras disciplinas.

Os estudos supracitados servirão de apoio para a presente pesquisa, seja para auxiliar na análise da matriz curricular da FAU/UFJF, seja para balizar os objetivos da implementação proposta.

Outros fatores, além dos conteúdos e práticas BIM, também devem ser observados no processo de implementação. É preciso encontrar equilíbrio entre: I) a teoria e a prática; II) tecnologia e processos; e III) métodos tradicionais e emergentes de gerenciamento. Além disso, é necessário que a matriz curricular BIM permita o desenvolvimento profissional e pessoal do aluno e que recursos para o BIM estejam disponíveis a professores e alunos (PUOLITAIVAL e FORSYTHE, 2016).

Para que se proponha alterações e introdução de conteúdos em matrizes curriculares do ensino superior para se ensinar BIM de forma coesa, se faz necessário fixar quais objetivos se almeja alcançar com a implementação. Esses objetivos serão formulados na presente pesquisa, principalmente, através do entendimento das competências BIM.

2.5.3) Competências BIM

Atualmente, habilidades relacionadas ao trabalho em equipe – como liderança, bom relacionamento de grupo, etc – estão sendo cada vez mais exigidas dos arquitetos. O uso do BIM, enquanto metodologia de gerenciamento de projeto, exige que tais habilidades sejam desenvolvidas dentro de um contexto onde alunos consigam aplicar as mesmas numa situação real de construção de um objeto arquitetônico. Cria-se dessa maneira uma nova especialidade na formação de arquitetura quando se adota o BIM: o gerente BIM (BARISON e SANTOS, 2016).

Como citado anteriormente, outras especialidades – como o modelador BIM e o analista BIM - ou funções, como foram denominadas, também surgem com a adoção do BIM. Entretanto, as competências do gerente BIM, nos estudos referenciados, são adquiridas, somente, a partir do acúmulo das competências das outras funções relacionadas ao BIM. Portanto, no contexto da presente pesquisa, as competências do gerente BIM englobam todos os requisitos que um profissional da indústria AECO deve ter para atuar no desenvolvimento de projetos em BIM.

O gerente BIM possui, como principal função, o gerenciamento de pessoas na implementação e manutenção dos processos BIM e algumas das competências básicas inerentes à essa função já são ensinadas em cursos superiores de arquitetura, portanto, um arquiteto pode desempenhar a função de gerente BIM (BARISON e SANTOS, 2016).

Apesar do gerente BIM ser considerado um novo agente do processo de projeto, muitas de suas competências são as mesmas requeridas pelo gerente de projeto tradicional (RAHMANA, *et al.*, 2016).

Algumas competências requeridas para desenvolver projetos BIM já são naturalmente adquiridas na graduação. Por exemplo, cursos de arquitetura tendem a ensinar habilidades básicas de comunicação gráfica, uso do computador e ferramentas necessárias para o desenvolvimento de um projeto arquitetônico. Outras habilidades, tais como cognição, pensamento analítico e crítico, e interpretação de gráficos, tabelas e fórmulas, também são ensinadas ou desenvolvidas. Os estudantes de arquitetura adquirem conhecimentos em projeto arquitetônico, desenhos de construção e especificações de materiais. Eles também se familiarizam com disciplinas de instalações, estrutura e energia e aprendem sobre processos de construção enxuta e técnicas de construção (BARISON e SANTOS, 2016, p. 113).

É importante ressaltar que o gerente BIM pode atuar em três níveis projetuais distintos: I) Nível Organizacional – definindo políticas e estratégias para a empresa; II) Nível Local – gerenciando projetos de acordo com as políticas específicas da empresa; III) Nível de projeto – dando suporte direto aos modelos dos empreendimentos de uma empresa, sendo o principal responsável pela produção dos modelos em nível prático (BARISON e SANTOS, 2016).

As competências BIM requeridas de um arquiteto atualmente giram, portanto, em torno dos seguintes conteúdos: I) Domínio no uso de ferramentas BIM para desenvolvimento de modelos arquitetônicos; II) Conhecimento básico de outras disciplinas – estruturas, instalações, etc -; III) Conceitos BIM; IV) Desenhos de construção e especificações; V) Extração de quantitativos de modelos BIM; VI) Gerenciamento de comunicações por meio de ferramentas BIM; (VII) Interpretação de dados dos modelos BIM; VIII) Domínio na modelagem de componentes arquitetônicos como famílias e *templates*; IX) Entendimento dos níveis de desenvolvimento (LOD) dos modelos BIM; e X) Habilidades de gerenciamento como detecção de interferências entre modelos, processos de coordenação e fluxos de trabalho BIM (BARISON e SANTOS, 2016).

Essas competências exigem das instituições de ensino superior: I) Melhoria no ambiente de ensino para possibilitar a colaboração entre alunos; II) Melhoria no ambiente de ensino para desenvolvimento de habilidades de liderança e comunicação entre equipes; III) Abordagem adequada às técnicas ligadas ao BIM como conceitos, fluxos de trabalho, detecção de interferências, uso adequado de ferramentas BIM, extração de informações dos modelos BIM e uso de ferramentas BIM na fase de concepção; e, principalmente IV) possibilidade de aplicação dos conceitos, ferramentas e processos BIM em situações de projeto (BARISON e SANTOS, 2016).

O Quadro 4 faz parte do estudo de Barison e Santos (2016). Nele são sistematizadas as competências BIM já existentes nos cursos superiores, quais podem ser incorporadas na graduação e quais podem ser incorporadas nos cursos de pós-graduação. Segundo o estudo, essas competências são compostas por “conhecimento”, “habilidades” e “atitudes” que auxiliam na busca de quais atitudes podem ser tomadas para a introdução de competências BIM no ensino superior.

Quadro 4 - Competências BIM e a graduação

Competências	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
Já existentes na graduação	<ul style="list-style-type: none"> • Processo de projeto, construção e fabricação; • Tecnologia da construção; • Documentações; • Desenho para construção e fabricação; • Normas técnicas e especificações de materiais; • Geometria espacial 	<ul style="list-style-type: none"> • Cognição; • Pensamento sistêmico e crítico; • Pensamento lateral e criativo; • Saber usar um computador; • Trabalhar em equipe; • Saber interpretar tabelas, gráficos e equações 	
Podem ser incorporadas na graduação	<ul style="list-style-type: none"> • Conceitos relacionados a BIM; • Parametrização; • Coordenação BIM; • Detecção de Interferências; • Fluxo de trabalho BIM; • Gestão de Interoperabilidade; Padrões BIM. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ferramentas BIM e aplicativos (revisão, autoria e verificação de modelos) • Geração de documentação 2D a partir de modelos BIM; • Modelagem BIM utilizando um conjunto pré-definido de padrões e diretrizes; • Gerar modelo de massas em ferramenta BIM; • Gerar renderizações de qualidade a partir do modelo BIM; • Gerar animação 3D para visualizações internas e externas (<i>walk-through, flythrough</i>) dentro de um ambiente BIM; • Modelagem paramétrica e implementação/adaptação de famílias de componentes BIM; • Visualização espacial; • Habilidades pessoais e interpessoais; • Extração de quantidades e documentações do modelo; • Uso de ferramentas BIM para análises de sustentabilidade (solar, energética, etc); • Ferramentas de comunicação e de colaboração. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ser um membro da equipe; • Ter iniciativa; • Ser autodirigido; • Ser disposto a ensinar outros
Devem ser postergadas para a pós-graduação ou para ambientes profissionais	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologias para colaboração; • Processos de uma empresa AEC; • Padrões BIM e <i>templates</i>; • Bibliotecas de componentes BIM 	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de gerenciamento; • Implantação do BIM; • Treinamentos em BIM; • Dar suporte em um <i>software</i> e <i>hardware</i> BIM; • Elaboração de materiais de aprendizagem BIM; • Elaboração de manuais e padrões BIM 	<ul style="list-style-type: none"> • Ser disposto a viajar; • Ser motivado em assuntos relacionados ao BIM; • Ter a mente aberta para mudanças

Fonte: adaptado de Barison e Santos (2016)

Na presente pesquisa, a compreensão de quais competências BIM podem ser inseridas na graduação é de vital importância, principalmente, no que toca a proposta de adequação da disciplina PRT002, descrita no capítulo 6.

2.5.4) O BIM e a interdisciplinaridade

A introdução do BIM no ensino não pode se resumir à inserção de um módulo ou uma disciplina voltada ao ensino de ferramenta BIM e, devido à natureza multidisciplinar da plataforma, se faz necessário a inserção de conhecimentos e conteúdos relacionados à colaboração de equipes de projeto (MALACHY, 2013).

É preciso observar, entretanto, a estrutura física da instituição onde será implantado o BIM. Um dos principais obstáculos para o desenvolvimento de atividades colaborativas no ambiente acadêmico é a ausência de servidores internos que podem ser utilizados na realização da troca de informações entre modelos (TOMASOWA, 2015).

A implementação dos conteúdos relacionados ao BIM auxilia na colaboração interdisciplinar, uma vez que alunos e professores passam a ter contato com recursos que permitem a troca de informações entre disciplinas. Com isso, os projetos desenvolvidos em sala de aula podem ter altos níveis de complexidade (MALACHY, 2013) sem que ocorram, necessariamente, grandes mudanças nas matrizes curriculares.

O uso de recursos colaborativos pode, além de formar um conhecimento mais completo sobre BIM, auxiliar professores em sala de aula. *Softwares* de coordenação de projetos e checagem de modelos podem ser utilizados para automatizar o processo de correção dos projetos desenvolvidos pelos alunos tendo, comprovadamente, um efeito positivo tanto para a qualidade do projeto quanto para o desenvolvimento dos trabalhos em sala de aula (DIECKMANN e RUSSEL, 2014).

Apesar desses benefícios, a implementação do BIM como modelador digital no ensino também apresenta vantagens, o que pode ser uma justificativa da disseminação de ferramentas BIM apenas para esse uso. A princípio, a utilização de ferramentas BIM como modeladores digitais se aproxima do processo tradicional de

projeto e oferece recursos de representação que executam formas e desenhos com alta complexidade de maneira simples (BOEYKENS *et al.*, 2013).

Deve se considerar, entretanto, que existe uma diferença clara entre um treinamento profissional que exige a instrumentalização de um recurso tecnológico e uma formação acadêmica que exige a obtenção de resultados e conteúdos teórico e prático (IBRAHIM, 2014).

Esse tipo de implementação, focado no ferramental, é comum em cursos superiores relacionados à indústria AECO, entretanto, não deve ser incentivada nem considerada como método de implementação do BIM no ensino pois, ao mesmo tempo que oferece benefícios, desencoraja o desenvolvimento de práticas avançadas do BIM e colaboração entre equipes de estudantes (BOEYKENS *et al.*, 2013).

Na realidade, alguns equívocos podem ser cometidos quando não se compreende o que é o BIM e quais seus recursos. O ensino de recursos colaborativos, por exemplo, pode ser alocado nos primeiros anos do curso quando são feitos esforços conjuntos para a implementação do BIM (TOMASOWA, 2015).

Para que a implementação do BIM ocorra no ensino, não somente professores de diferentes disciplinas devem ser consultados, mas também os alunos. A perspectiva de todos os envolvidos no processo de implementação permite que obstáculos sejam superados com maior facilidade, seja no ensino ou no mercado de trabalho (TOMASOWA, 2015).

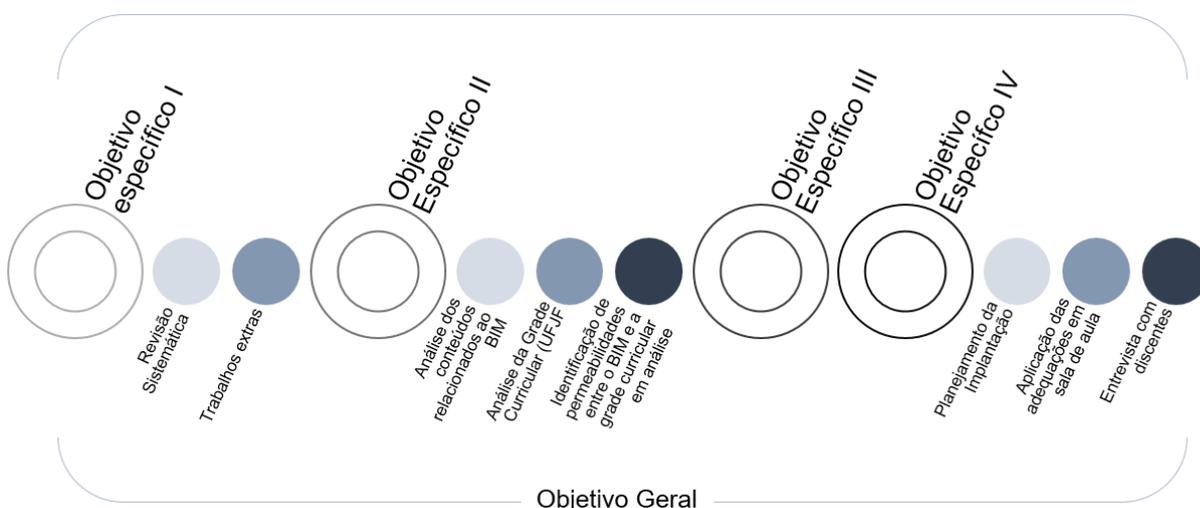
3) METODOLOGIA

A bibliografia levantada, mostra que, tanto no mercado de trabalho quanto no meio acadêmico, a implementação do BIM deve ser gradual e bem-estruturada para que não seja inviabilizada ou malsucedida.

Este trabalho possui, como objetivo geral, a formulação de um modelo de adequação curricular a partir da amplificação de permeabilidades de conteúdo entre o BIM e as disciplinas do ensino superior de arquitetura e urbanismo, buscando, assim, causar o menor impacto possível na matriz curricular vigente.

Para alcançá-lo (Figura 27), propõe-se os seguintes objetivos específicos: I) revisão bibliográfica relacionada ao tema em estudo, para identificação de conceitos e práticas relacionados ao BIM, métodos de implementação e panorama geral da sua incorporação no ensino de Arquitetura e Urbanismo; II) levantamento das permeabilidades entre o BIM e matriz curricular da FAU/UFJF; III) formulação de uma proposta de adequação da matriz curricular da FAU/UFJF aos conteúdos BIM, baseada na revisão bibliográfica da presente pesquisa - visando o oferecimento de conteúdos vitais relacionados ao BIM e o mínimo impacto possível na grade curricular -; IV) Experimentação da proposta de implementação em uma disciplina da FAU/UFJF.

Figura 27 - Visão geral da metodologia



Fonte: o autor

3.1) REVISÃO DA LITERATURA

3.1.1) Revisão Sistemática da literatura

Segundo Prodanov e Freitas (2013) a revisão da literatura pode ser sistematizada a partir dos seguintes procedimentos:

- I) Coleta de Dados: a partir da definição do tema, procura-se trabalhos relacionados ao trabalho em desenvolvimento a partir de similaridade de termos.
- II) Localização das informações: uma vez selecionadas, as obras relacionadas ao tema são filtradas a partir de um sistema de leitura dividido em quatro etapas: I) Leitura prévia – leitura da estrutura geral do texto (sumários, prefácios, resumos, etc.); II) Leitura Seletiva – leitura de temas específicos da obras, previamente relacionados ao trabalho em desenvolvimento; III) Leitura crítica – análise dos conteúdos identificados como significantes ao trabalho na etapa anterior de leitura; e IV) Leitura interpretativa: estabelecimento de relações entre o trabalho em desenvolvimento e a bibliografia filtrada de forma geral.

O tema do presente trabalho foi sendo definido em concomitância ao processo de escrita da revisão bibliográfica. Sempre houve um direcionamento à aplicação do BIM no ensino, entretanto, o objeto de estudo foi alterado com o desenrolar da pesquisa. Foram propostos estudos sobre o desenvolvimento de disciplinas, análises de conteúdos BIM e propostas de diretrizes de ensino.

A formulação definitiva do tema se deu devido ao acesso aos trabalhos de Checcucci e Amorim (2014) e Barison e Santos (2016) e as orientações da banca de qualificação da presente pesquisa. A partir desses referenciais foi formulada a seguinte questão: “Quais características devem ter um modelo de implementação do BIM no ensino que atenda às necessidades de conteúdo relacionadas ao BIM e que, ao mesmo tempo, impacte minimamente a matriz curricular vigente?”.

Essa pergunta permitiu formular o tema da pesquisa: a implementação de baixo impacto de conteúdos BIM na matriz curricular de cursos de arquitetura e urbanismo do ensino superior.

A partir da definição do tema, os critérios de seleção da revisão bibliográfica foram definidos. A seleção das obras deve obedecer, além dos critérios relacionados ao tema, a critérios relacionados a língua e data de publicação do trabalho e a partir disso, as mesmas devem ser classificadas e catalogadas (PRODANOV e FREITAS, 2013).

Para o presente trabalho foram selecionadas 3 bases de dados principais para a pesquisa da revisão sistemática de literatura: Portal CAPES, Scielo (*Scientific Eletronic Library Online*) e o CumInCad (*Cumulative Index Of Computer Aided Architectural Design*). O portal CAPES e o site Scielo foram utilizados no primeiro momento da busca principal da literatura relacionada ao tema. Neles foram buscados artigos, dissertações, teses e anais de congresso relacionados ao tema.

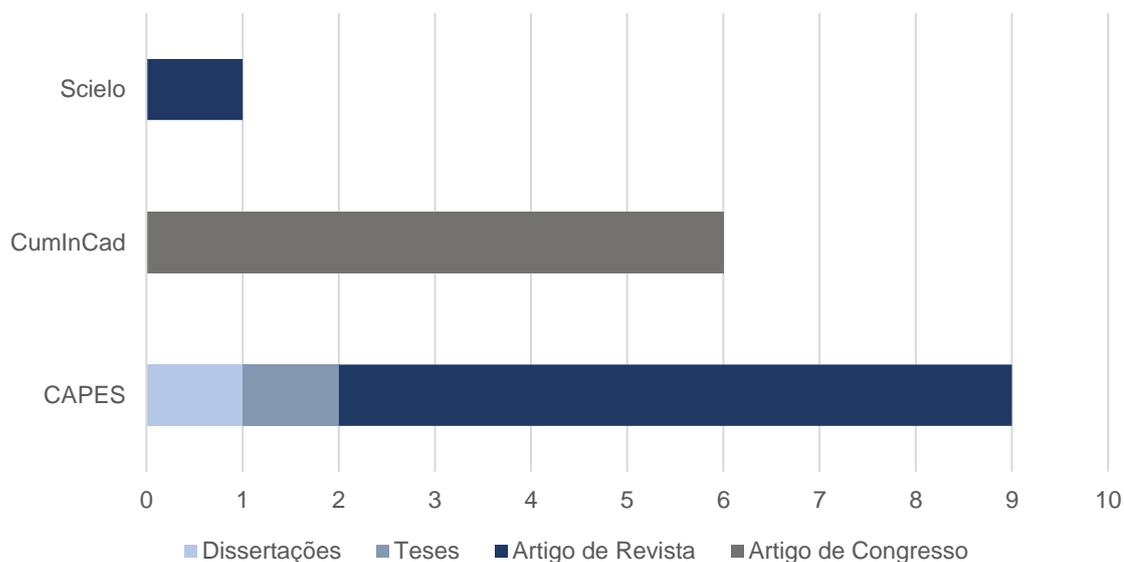
O CumInCad foi consultado em um segundo momento, como fonte complementar de obras relacionadas ao presente trabalho. Nele concentram-se eventos que possuem premissas relacionadas ao tema definido, são eles: eCAADe (*Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe*), ACADIA (*Association for Computer-Aided Design in Architecture in North America*), CAADRIA (*Computer Aided Architecture Design Research In Asia*), ASCAAD (*Arab Society for Computer Aided Architectural Design*), SIGRADI (*Iberoamerican Society of Digital Graphics*), CAADFutures (*Computer Aided Architecture Design Futures*).

Como critérios de buscas foram definidos: I) inglês e português como línguas procuradas; II) publicações nos últimos 5 anos (2012-2018); e III) termos de busca: BIM, ensino, educação e arquitetura.

Não foram utilizados operadores booleanos na busca de referências nem qualquer outro recurso de filtragem anterior aos métodos de leitura propostos por Prodanov e Freitas (2013).

No total, foram encontradas 338 publicações sendo 194 no Portal CAPES, 15 no site Scielo e 129 no CumInCad. A partir dos critérios de filtragem foi definido a relação dos artigos com o ensino de BIM, com a implementação de BIM e com cursos de arquitetura. A leitura prévia dos trabalhos encontrados reduziu o número de trabalhos relacionados para 30 e a leitura seletiva terminou a filtragem dos trabalhos, totalizando 16 trabalhos com alto potencial de contribuição para a presente pesquisa, sendo 9 encontrados no portal CAPES, 6 no site CumInCad e 1 no site Scielo.

A relação quantitativa dos trabalhos selecionados de acordo com os critérios de filtragem descritos é apresentada no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Relação quantitativa das referências encontradas

Fonte: o autor

Abaixo é discriminado (Quadro 5): os trabalhos encontrados nessa pesquisa, seus periódicos, suas respectivas fontes e uma descrição breve de seus conteúdos.

Quadro 5 - Referências encontradas na revisão bibliográfica sistemática

Revisão Bibliográfica sistemática			
Referência (Ano)	Periódico	Fonte	Descrição breve
(McDonalds e Mills, 2013)	<i>Australasian Journal of Construction Economics and Building</i>	Capes	Evolução de uma estrutura de apoio à adaptação do BIM às grades curriculares e tendências do uso de sistemas colaborativos no ensino
(Malachy, 2013)	<i>Journal of Engineering, Design and Technology</i>	Capes	Estudo de caso de uma implantação de processos colaborativos em um curso de arquitetura
(Kokaturk, Kiviniemi, 2013)	<i>Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe - eCAADe 31</i>	CumInCad	Visão geral sobre desafios encontrados pela adoção do BIM no ensino de arquitetura

Continuação do Quadro 5

(Boeykens, et al., 2013)	<i>Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe - eCAADe 31</i>	CuminCad	Resultados da implementação do BIM durante 4 semestres em uma faculdade belga
(Ruschel, Andrade e Morais, 2013)	Ambiente Construído	SciELO	Panorama das práticas de BIM em universidades nacionais e internacionais
(Manzinone, 2013)	Tese	Capes	Conceitua e propõe estruturas de gestão do processo colaborativo com o uso da plataforma BIM
(Solnosky, Parfitt e Holland, 2014)	<i>American Society Of Civil Engineers</i>	Capes	Relatório do desenvolvimento e implementação, durante 3 anos, de um programa de equipes multidisciplinares em cursos de arquitetura e engenharia na <i>Penn State University</i>
(Delatorre, 2014)	Dissertação	Capes	Identifica as potencialidades e limites do BIM no ensino através de uma proposta de matriz curricular para o curso de arquitetura da UNICHAPECÓ
(Dieckmann, Russel, 2014)	<i>Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe - eCAADe 32</i>	CumInCad	Descreve a implementação de um sistema de checagem de modelos em um curso de pós-graduação e sua utilidade na avaliação dos alunos
(Ibrahim, 2014)	<i>Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe - eCAADe 32</i>	CumInCad	Apresenta formas de aplicação de técnicas pedagógicas nas disciplinas sobre BIM
(Holzer, 2015)	<i>International Journal of Architectural Computing</i>	Capes	Consequências na prática arquitetônica e mudanças nas funções e responsabilidades associadas ao projeto advindas com o uso do BIM e projeto paramétrico
(Tomasowa, 2015)	<i>20th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia CAADRIA 2015</i>	CumInCad	Traz o feedback de alunos que tiveram disciplinas relacionadas ao BIM inseridas no currículo

Continuação do Quadro 5

(Nakapan, 2015)	<i>20th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia CAADRIA 2015</i>	CumInCad	Expõe a experiência de implementação do BIM no primeiro ano da faculdade, introduzindo-o como ferramenta e processo de projeto
(Rahmana, et al., 2016)	<i>Procedia Engineering</i>	Capes	Explora as habilidades relacionadas à função de gerente BIM
(Barison, Santos, 2016)	Gestão e Tecnologia de Projetos	Capes	Identifica as competências do arquiteto em empreendimentos que utilizam a metodologia BIM
(Puolitaival, Forsythe, 2016)	<i>Estructural Survey</i>	Capes	Aponta os principais desafios para o BIM na indústria e no ensino direcionando-os à mesma direção

Fonte: o autor

3.1.2) Trabalhos extras

Parte da bibliografia desta pesquisa foi elaborada sem a utilização de buscas sistematizadas em bancos de dados e sim, a partir da leitura de outras referências e da experiência do próprio autor.

A leitura e análise das referências bibliográficas dos trabalhos selecionados permitiu encontrar trabalhos extras, complementarmente à pesquisa principal realizada nas bases de dados. Tais referências datam de anos anteriores ao período estipulado para a busca de material bibliográfico, estão alocadas em outros bancos de pesquisa ou estão relacionados a outras palavras-chave.

Alguns destes trabalhos fazem parte da construção do conceito BIM que é adotado nos dias de hoje sendo de grande relevância para essa pesquisa, como o artigo “*Building Information Modeling Framework: A Research and Delivery Foundation For Industry Stakeholders*” de Succar (2009) e o livro “Manual de BIM - um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores” de Eastman *et al.* (2011).

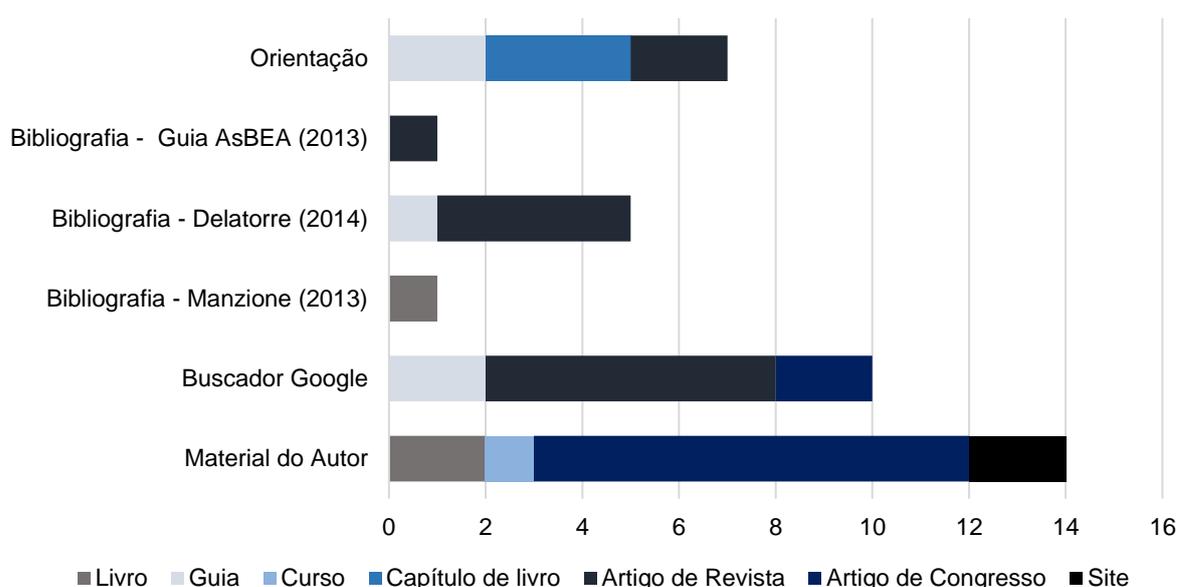
Outros trabalhos estão diretamente ligados ao tema proposto como os artigos “Ensino de BIM: tendências atuais no cenário internacional” de Barison e Santos (2011), “Método para análise de componentes curriculares: identificando interfaces entre um curso de graduação e BIM” de Checcucci e Amorim (2014) e “Percepções de professores quanto à introdução de BIM no Currículo” de Barison e Santos (2015).

Por fim, algumas fontes foram localizadas a partir de pesquisas no buscador Google, sugestões de orientadores e colegas de trabalho, e livros do próprio autor.

Nesse grupo encaixam-se obras como: I) Guias BIM da AsBEA (Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura); II) o documento “BIM – *Building Information Modeling no Brasil e na União Européia*” de Kassem e Amorim (2015); III) Os livros “*Mastering Autodesk Revit 2017 for Architecture*” de Kim Kirby e Krygiel (2017) e “*Autodesk Revit Architecture 2015 – Conceitos e Aplicações*” de Netto (2014); IV) O Guia Autodesk “BIM e Custos – Maximize os dados do modelo com o Naviswork e *Quantity Takeoff*” de Mello (2012); V) O Curso BIM A0 de Lopez e Rojas (2017); VI) Os capítulos do livro “O Processo de Projeto em Arquitetura: da teoria à tecnologia” de Doris Kowaltolski (2011).

O Gráfico 3 expõe a relação quantitativa das referências encontradas nesses materiais extras.

Gráfico 3 - Relação quantitativa das referências extras utilizadas



Fonte: o autor

Abaixo é discriminado (Quadro 6): os trabalhos encontrados nessa pesquisa, seus periódicos, suas respectivas fontes e uma descrição breve de seus conteúdos.

Quadro 6 - Referências extras utilizadas

Trabalhos extras			
Referência (Ano)	Periódico	Fonte	Descrição breve
(Botelho e Vidal, 2005)	HOLOS	Buscador Google	Descreve os requisitos para a realização de trabalhos colaborativos com auxílio do computador
(Oxman, 2006)	<i>Design Studies</i>	Bibliografia - Guia AsBea (2013)	Traz informações relativas às tendências e técnicas de produção de projetos a partir da primeira era digital
(Succar, 2009)	<i>Automation in Construction</i>	Bibliografia - Delatorre (2014)	Artigo que traz as principais bases do que significa BIM nos dias atuais. Descreve produtos do processo de projeto e seus principais responsáveis na cadeia produtiva
(Souza, Amorim e Lírio, 2009)	Gestão e tecnologia de Projetos	Buscador Google	Descreve os impactos do BIM no mercado brasileiro e sugestões para melhoria de sua implantação trazendo, também, um panorama geral da implantação no país
(Andrade e Ruschel, 2009)	Gestão e tecnologia de Projetos	Buscador Google	Conceitua formatos e protocolos de troca de dados e analisa suas potencialidades para a arquitetura
(Menezes, et al., 2010)	SIGraDI 2010	Material do Autor	Traz um panorama geral do ensino em arquitetura e os impactos da adoção do BIM
(Caldeira e Silva, 2010)	SIGraDI 2010	Material do Autor	Informações gerais relativas a projetos realizados com recursos de colaboração
(Rocha ,2010)	SIGraDI 2010	Material do Autor	Descreve mudanças de paradigma no processo de projeto na era digital
(Filho e Ferreira, 2010)	Capítulo de livro	Orientação	Descreve processos e o impacto de novas tecnologia no setor de projetos
(Isikdag e Uderwood, 2010)	<i>Automation in Construction</i>	Bibliografia - Delatorre (2014)	Métodos e requisitos para o gerenciamento BIM com a utilização de modelos interoperáveis

Continuação do Quadro 6

(Ruschel e Bizello, 2011)	Capítulo de livro	Orientação	Descreve as características da tecnologia CAD e avalia as potencialidades das versões abertas de softwares baseados nessas premissas
(Andrade e Ruschel, 2011)	Capítulo de livro	Orientação	Descreve características e conceitos do BIM
(Checcucci, Pereira e Amorim, 2011)	SIGraDI 2011	Material do Autor	Analisa os meios de troca de dados com uso da metodologia BIM e sua aplicação em geral
(Manziona, Abaurre et al., 2011)	TIC 2011	Buscador Google	Descreve e analisa os requisitos para a adoção de recursos colaborativos no processo de projeto
(Barison e Santos, 2011)	Gestão e tecnologia de Projetos	Bibliografia - Delatorre (2014)	Descreve as tendências do BIM no cenário internacional e faz análises com a realidade nacional de ensino
(Eastman et al., 2011)	Livro	Bibliografia – Manziona (2013)	Traz conceitos relacionados aos modelos BIM, tecnologia e estudos de caso da aplicação da metodologia BIM em projetos
(Oliveira e Pereira, 2011)	SIGraDI 2011	Material do Autor	Analisa as consequências da implantação do BIM em escritórios de arquitetura
(Lima, Soares, Borges)	CES Revista	Orientação	Apresenta a aplicação de métodos e processos de novas tecnologias e ferramentas de simulação nos processos de projeto da arquitetura
(Mello, 2012)	Guia	Buscador Google	Guia de treinamento Autodesk para utilização de ferramentas BIM relacionadas ao levantamento de custos de projetos
(Azahar, Khalfan e Maqsood, 2012)	<i>Australasian Journal of Construction Economics and Building</i>	Bibliografia - Delatorre (2014)	Conceitua e apresenta características e tendências do BIM
(Paiva, Leite e Lima, 2012)	SIGraDI 2012	Material do Autor	Reflexões sobre práticas em ateliês de projeto
(Garagnani, Mingucci e Luciani, 2012)	SIGraDI 2012	Material do Autor	Conceitua e apresenta processos de projeto relacionados ao BIM
Menezes, Junior, et al., 2012)	SIGraDI 2012	Material do Autor	Faz um panorama da adoção do BIM em universidades de Minas Gerais

Continuação do Quadro 6

(AsBEA, 2013)	Guia	Orientação	Traz diretrizes de implementação do BIM em escritórios de arquitetura
(Netto, 2014)	Livro	Material do Autor	Estudo dirigido para instrumentalização da ferramenta digital Revit
(Gaspar e Manzione, 2015)	TIC 2015	Material do Autor	Definições sobre potencialidades de ferramentas BIM
(Checcucci, Amorim, 2014)	Revista PARC	Buscador Google	Identifica interfaces BIM em cursos de engenharia civil
(Kassem, Amorim, 2015)	Guia	Buscador Google	Traz um panorama geral da adoção do BIM no Brasil e na União Europeia
(Costa, Figueiredo e Ribeiro, 2015)	Revista de Ensino de Engenharia	Buscador Google	Comparativo entre as potencialidades da plataforma CAD e da plataforma BIM
(AsBEA, 2015)	Guia	Orientação	Traz diretrizes de implementação do BIM em escritórios de arquitetura
(Barison e Santos, 2015)	TIC 2015	Buscador Google	Faz um estudo sobre o olhar do corpo docente sobre a implementação do BIM na grade curricular
(Kim, Kirby e Krygiel, 2016)	Livro	Material do Autor	Orienta o uso de recursos avançados da ferramenta digital Revit
(Catelani, Santos, 2016)	Concreto e Construções	Buscador Google	Apresenta um panorama sobre a implantação da norma BIM no Brasil
(Borges, 2016)	Gestão e tecnologia de Projetos	Orientação	Analisa os impactos da introdução da modelagem paramétrica no ensino de projeto
(López, Rojas, 2017)	Curso	Material do Autor	Curso de introdução aos conceitos BIM - Zigurat
(Gaspar e Ruschel, 2017)	SIGraDI 2017	Material do Autor	Evolução do termo BIM
(BUILDINGSMART, 2018)	Site	Material do Autor	Identificação de conceitos e conceitos de interoperabilidade
(UFJF, 2018)	Site	Material do Autor	Informações sobre a FAU/UFJF

Fonte: o autor

3.2) METODOLOGIA DE ANÁLISE DA GRADE CURRICULAR FAU/UFJF

O método utilizado para o desenvolvimento da análise da matriz curricular da FAU/UFJF é baseado no método apresentado por Checcucci e Amorim (2014). Segundo os autores, é possível implementar o BIM em um curso de graduação sem que seja necessário alterar drasticamente a estrutura curricular vigente pois conteúdos relacionados ao BIM são, regularmente, ofertados pelos cursos de graduação em suas disciplinas.

Para que seja desenvolvida uma proposta de implementação a partir dessa abordagem, se faz necessário o mapeamento da matriz curricular existente a partir da análise documental das ementas das disciplinas ofertadas no curso. A partir da categorização dessas ementas, são identificados os pontos de permeabilidade entre os conteúdos ofertados e o BIM para que, enfim, seja apresentada a proposta de implementação (CHECCUCCI e AMORIM, 2014).

Além dos recursos de classificação propostos pelos autores, ainda é sugerido o uso de um sistema gráfico para auxiliar na análise da matriz curricular e no desenvolvimento da proposta de implementação, apresentado no tópico 2.5.2. Esse sistema utiliza retângulos que são dispostos de acordo com a matriz curricular e neles são inseridas as informações da disciplina e sua categorização a partir de um sistema de cores e dégradés. As disciplinas são classificadas por quatro categorias. Como citado na revisão bibliográfica, a categoria:

- (a) Classifica o nível de similaridade entre os conteúdos ministrados nas disciplinas e o BIM. Possui três classificações: (1) não existe interface com o BIM; (2) pode haver interface, depende do foco dado pelo professor; e (3) existe uma interface clara com o BIM.
- (b) Avalia quais conteúdos relacionados ao BIM são trabalhados na disciplina. Segundo os autores são avaliados 10 tópicos: (1) Ciclo de vida da edificação; (2) Colaboração; (3) Interoperabilidade; (4) Coordenação do processo de modelagem; (5) Modelagem geométrica tridimensional; (6) Parametrização; (7) Orientação a objetos; (8) Semântica do modelo; (9) Visualização do modelo; e (10) Simulação e análise numéricas;

- (c) Identifica quais etapas do ciclo de vida das edificações podem ser exploradas: (1) Estudo de viabilidade; (2) Projetação; (3) Planejamento da construção; (4) Construção; (5) Uso, que envolve a operação e a manutenção; e (6) Demolição ou requalificação;
- (d) Relaciona a etapa de projeto a uma disciplina específica da indústria AEC, podendo ser: (1) Arquitetura; (2) Estrutura; (3) Elétrica; (4) Hidráulica; (5) Ar condicionado; e (6) Outras disciplinas.

Dentre as categorias adotadas para este estudo, a Categoria (a) será considerada como aquela que possui o maior grau de impacto para a implementação, visto que ela dita a obrigatoriedade da adoção de conteúdos BIM. Para áreas de conhecimento que se deseja impactar o mínimo possível, não é recomendado, portanto, uma grande ampliação de disciplinas com o tópico (3) da Categoria (a).

Apesar da grande utilidade do sistema na forma em que se foi concebido, algumas adaptações serão feitas na intenção de otimizar seu uso para o presente estudo. Como regra de utilização e para auxílio de leitura dos gráficos gerados é definido o seguinte:

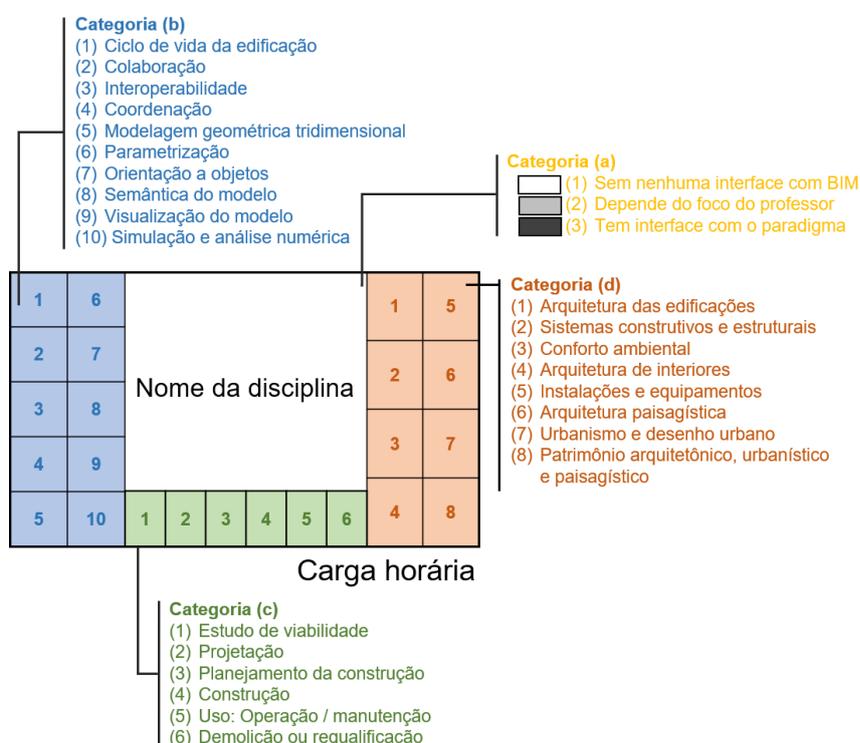
- 1) A carga horária das disciplinas será indicada sob os retângulos que terão um tamanho único. Dessa forma será possível adequar, visualmente, a proposta de intervenção ao modelo da matriz curricular já disponível no site da FAU/UFJF.
- 2) Os autores sugerem a indicação da categoria (a) no canto superior direito do retângulo através de um *dégradé* de cores onde: branco indica não existência de interface; cor clara (a cor indica, também, a qual área de conhecimento a disciplina pertence) para “pode haver interface, depende do foco dado pelo professor”; e cor escura para “interface clara com o BIM”. Entretanto, ela será indicada na cor do retângulo como um todo, para que seja feita uma identificação mais clara dessa categoria no conjunto da matriz curricular.
- 3) Para o presente estudo, a categoria (d) tipificará áreas de atuação relacionadas à função do arquiteto. Serão utilizadas como base, funções relacionadas à etapa de projeto da Resolução nº 21, de 5 de abril de 2012 do CAU/BR. Essas funções englobam as principais áreas de atuação do arquiteto: (1) Arquitetura das edificações; (2) Sistemas construtivos e estruturais; (3) Conforto ambiental; (4)

Arquitetura de interiores; (5) Instalações e equipamentos referentes à arquitetura; (6) Arquitetura paisagística; (7) Relatórios técnicos de arquitetura; (8) Urbanismo e desenho urbano; (9) Instalações e equipamentos referentes ao urbanismo; (10) Relatórios técnicos urbanísticos; e (11) Patrimônio arquitetônico, urbanístico e paisagístico. Para simplificar e otimizar a classificação, a atividade 7 foi incorporada à atividade 1 e as atividades 9 e 10 foram incorporadas à atividade 8, ficando, portanto, oito categorias para avaliar a área projetiva da disciplina do curso em análise.

- 4) As subcategorias da categoria (b) serão dispostas em duas colunas no canto esquerdo do retângulo de análise.
- 5) As outras regras de representação seguirão o modelo sugerido por Checcucci e Amorim (2014).

A Figura 28 demonstra qual será a conformação das informações relativas às disciplinas de acordo com as adaptações sugeridas por esse estudo.

Figura 28 - Representação gráfica das categorias no presente estudo



Fonte: o autor

Tendo sido discriminado o método de classificação e análise para a formulação da proposta de implementação, será apresentada e pré-analisada, a matriz curricular da FAU/UFJF.

3.2.1) Análise dos conteúdos relacionados ao BIM

Anteriormente à aplicação da metodologia de Checcucci e Amorim (2014), foi observado que o curso analisado pelos autores é de engenharia civil (Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade federal do Vale do São Francisco – UNIVASF). Como citado no tópico anterior, essa diferenciação dos cursos acarretou a substituição das áreas de projeto propostas por Checcucci e Amorim (2014) - arquitetura, estrutura, elétrica, hidráulica, ar condicionado e outros – por oito áreas de projeto relacionadas à arquitetura e urbanismo: (1) Arquitetura das edificações; (2) Sistemas construtivos e estruturais; (3) Conforto ambiental; (4) Arquitetura de interiores; (5) Instalações e equipamentos referentes à arquitetura; (6) Arquitetura paisagística; (7) Urbanismo e desenho urbano; e (8) Patrimônio arquitetônico, urbanístico e paisagístico.

A Categoria (c) não sofreu nenhuma alteração, visto que o estudo de Checcucci e Amorim (2014) considera as mesmas etapas de projeto que foram identificadas na revisão bibliográfica do presente estudo (Estudo de viabilidade, Projetação, Planejamento da Construção, Construção, Uso, Demolição ou Requalificação), sendo as mesmas de uso geral entre as disciplinas da indústria AECO.

Por fim, a Categoria (b) também foi analisada para a identificação de adaptação dos conteúdos à FAU/UFJF. Concluiu-se que o estudo dos autores apresenta tópicos de análise que são aplicáveis à presente pesquisa, porém, não foram feitas especificações exatas de alguns de seus tópicos na Categoria (b).

Essa ausência de informações levou à reformulação de partes da metodologia adequando-a à realidade da presente pesquisa, entretanto, não fica claro qual é o nível de diferenciação entre o método adaptado e o método fonte. Devido a isso, se fez necessário a explanação do que foi analisado em cada tópico da categoria (b).

- 1) Ciclo de Vida da edificação
Abordagem de assuntos relacionados ao ciclo de vida da edificação como: Macrofases e Microfases de projeto e uso da edificação, explanações sobre o ciclo de vida de forma geral e modelo integrado do produto (ou assuntos correlacionados).
- 2) Colaboração
Abordagem teórica e prática do projeto colaborativo como um todo. Identificação da Matriz de Responsabilidade BIM, Competências, aplicação prática e teoria de *Worksharing*.
- 3) Interoperabilidade
Abordagem teórica e prática dos recursos e conceitos da interoperabilidade como a própria colaboração, fundamentos e aplicação do IFC, IDM, BCF, IFD, MVD e bSDD, identificação e localização das competências do aluno dentro da estrutura de disciplinas e processos de projeto da AECO e aplicação prática de modelos federados.
- 4) Coordenação
No presente estudo, é considerado o tópico mais completo da categoria (b), englobando conteúdos teóricos como os Níveis de Desenvolvimento, Normas BIM, orientação a objetos, simulação e análises de modelo, visualização do modelo, gestão de projetos, matriz de responsabilidades, trabalho colaborativo e interoperabilidade. Também engloba abordagem prática de conteúdos relacionados ao uso de ferramentas BIM.
- 5) Modelagem Geométrica Tridimensional
Abordagem puramente prática voltada à exploração dos recursos tecnológicos BIM e instrumentalização de ferramentas BIM de projeto.
- 6) Parametrização
Abordagem prática e teórica. Pode ser encontrado em disciplinas que abordem teorias de modelagem paramétrica ou através de sua explanação e em disciplinas que apliquem métodos de parametrização com a utilização de ferramentas de projeto.
- 7) Orientação a objetos

Abordagem prática de aplicação de restrições, interações e atributos em objetos digitais em *softwares* BIM de projeto.

8) Semântica do modelo

Abordagem prática e teórica voltada ao planejamento de criação do modelo. Relaciona-se, teoricamente, às competências e habilidades BIM e ao ciclo de vida da edificação, e, na prática, na criação de modelos para usos específicos às múltiplas fases do processo de projeto.

9) Visualização do modelo

Abordagem prática para uso de multiplataformas de visualização do modelo federado, utilização do modelo digital para análises visuais de projeto, aplicação de *Clash Detection* e de recursos de renderização.

10) Simulação e Análise numérica

Abordagem teórica e prática das ferramentas de análise das edificações e dos modelos BIM.

3.2.2) Pontos balizadores da proposta de adequação

A partir da análise das permeabilidades na matriz curricular da UFJF, será feita uma proposta de adequação da matriz curricular FAU/UFJF. Essa proposta, entretanto, necessita de referenciais para que a adequação tenha um direcionamento baseado nas exigências do BIM sem que haja uma modificação brusca na matriz.

Em Barison e Santos (2015) é proposto um formato de implementação de conteúdos BIM em duas faculdades, uma de arquitetura e outra de engenharia. Os pesquisadores propõem uma estrutura de evolução do conteúdo baseado nos NP BIM – propostos pelos mesmos autores em 2011 -, onde os anos de graduação são divididos da seguinte maneira: NP BIM Introdutório em disciplinas dos 1º e 2º anos; NP BIM Intermediário em disciplinas do 3º e 4º anos; e NP BIM – Avançado em disciplinas do 5º ano e da pós-graduação.

Em Barison e Santos (2016) são discriminadas 10 competências BIM relacionadas à função do arquiteto nos dias de hoje. São elas: I) Domínio no uso de

ferramentas BIM para desenvolvimento de modelos arquitetônicos; II) Conhecimento básico de outras disciplinas – estruturas, instalações, etc -; III) Conceitos BIM; IV) Desenhos de construção e especificações; V) Extração de quantitativos de modelos BIM; VI) Gerenciamento de comunicações por meio de ferramentas BIM; VII) Interpretação de dados dos modelos BIM; VIII) Domínio na modelagem de componentes arquitetônicos como famílias e *templates*; IX) Entendimento dos níveis de desenvolvimento (LOD) dos modelos BIM; e X) Habilidades de gerenciamento como detecção de interferências entre modelos, processos de coordenação e fluxos de trabalho BIM (BARISON e SANTOS, 2016).

A estrutura curricular de Barison e Santos (2015) e as competências BIM relacionadas à função do arquiteto de Barison e Santos (2016) serão utilizadas como pontos balizadores da adequação para que seja garantido um referencial de desenvolvimento da proposta.

3.3) INTERVENÇÃO NA DISCIPLINA PRT002: CONHECIMENTOS, HABILIDADES E ATITUDES

Na presente pesquisa foi realizada uma experiência de adequação da disciplina PRT004 – Representação Digital Técnica II. Para tal, foi utilizado o “Quadro 4 - Competências BIM e a graduação” que apresenta habilidade, conhecimentos e atitudes relacionados ao BIM e que podem ser incorporados em grades curriculares proposto por Barions e Santos (2016) – tópico 2.5.3-.

A tabela referenciada de Barison e Santos (2016) foi selecionado para nortear essa experiência devido à sua especificidade de conteúdo que se adequou melhor ao contexto de intervenção feito em sala de aula e à sua congruência com os pontos balizadores da proposta de adequação da matriz curricular – ambos pertencem ao mesmo estudo. Tal especificidade não foi observada nos outros dois estudos adotados para a formulação da metodologia desta pesquisa – Barison e Santos (2015) e Checcucci e Amorim (2014).

Segundo os autores, os conhecimentos que podem ser incorporados são: I) Conceitos relacionados a BIM; II) Parametrização; III) Coordenação BIM; IV) Detecção

de Interferências; V) Fluxo de trabalho BIM e; VI) Gestão de Interoperabilidade; Padrões BIM.

As habilidades a serem incorporadas são: I) Ferramentas BIM e aplicativos (revisão, autoria e verificação de modelos); II) Geração de documentação 2D a partir de modelos BIM; III) Modelagem BIM utilizando um conjunto pré-definido de padrões e diretrizes; IV) Gerar modelo de massas em ferramenta BIM; V) Gerar renderizações de qualidade a partir do modelo BIM; VI) Gerar animação 3D para visualizações internas e externas (*walk-through*, *flythrough*) dentro de um ambiente BIM; VII) Modelagem paramétrica e implementação/adaptação de famílias de componentes BIM; VIII) Visualização espacial; IX) Habilidades pessoais e interpessoais; X) Extração de quantidades e documentações do modelo; XI) Uso de ferramentas BIM para análises de sustentabilidade (solar, energética etc); XII) Ferramentas de comunicação e de colaboração.

Por fim, as atitudes a serem incorporadas segundo Barison e Santos (2016) são: I) Ser um membro da equipe; II) Ter iniciativa; III) Ser autogerido; IV) Ser disposto a ensinar outros.

Os conhecimentos, habilidades e atitudes propostos por Barison e Santos (2016) serão analisados e nem todos serão incorporados à disciplina PRT004, visto que são pontos a serem incorporados a toda a grade curricular e não somente a uma disciplina.

4) A MATRIZ CURRICULAR DA FAU/UFJF

Propõe-se nesse trabalho, um modelo de implementação do BIM em matrizes curriculares levando-se em conta o menor impacto possível em sua estrutura. Tendo este objetivo fixado, será utilizada, como objeto de análise e experimentação da presente pesquisa, a matriz curricular da FAU/UFJF (Anexo 1). É proposta uma leitura da estrutura vigente, não somente, no que tange a matriz curricular, e sim, na estrutura do curso como um todo, observando seus objetivos e especificidades.

O curso de arquitetura e urbanismo localiza-se no Campus da UFJF e está distribuído, atualmente, no “Galpão da Arquitetura” e no Bloco A da Faculdade de Engenharia da mesma universidade. Além das salas de aula convencionais, sua estrutura física conta com laboratórios de informática, laboratório de conforto ambiental, sala de aula de maquetes, sala de aula de desenho e ateliês de projeto (UFJF, 2018).

O objetivo principal do curso é formar arquitetos que tenham um perfil generalista, humanista, científico e empreendedor, comprometidos com o desenvolvimento local, regional e nacional da sociedade (UFJF, 2018).

Ainda se espera que o egresso adquira o conhecimento necessário para conceber, desenvolver, coordenar, supervisionar e orientar projetos de arquitetura, urbanismo e paisagismo nas escalas micro e macro do ambiente construído, estando o mesmo apto a compreender os aspectos que envolvem a preservação do patrimônio material nacional e a encarar os desafios das transformações tecnológicas “[...] através de um arcabouço teórico-instrumental que lhes possibilita adaptar-se às mudanças para atuar de forma criativa e que sejam afeitos à prática da investigação e da produção de novos conhecimentos.” (UFJF, 2018).

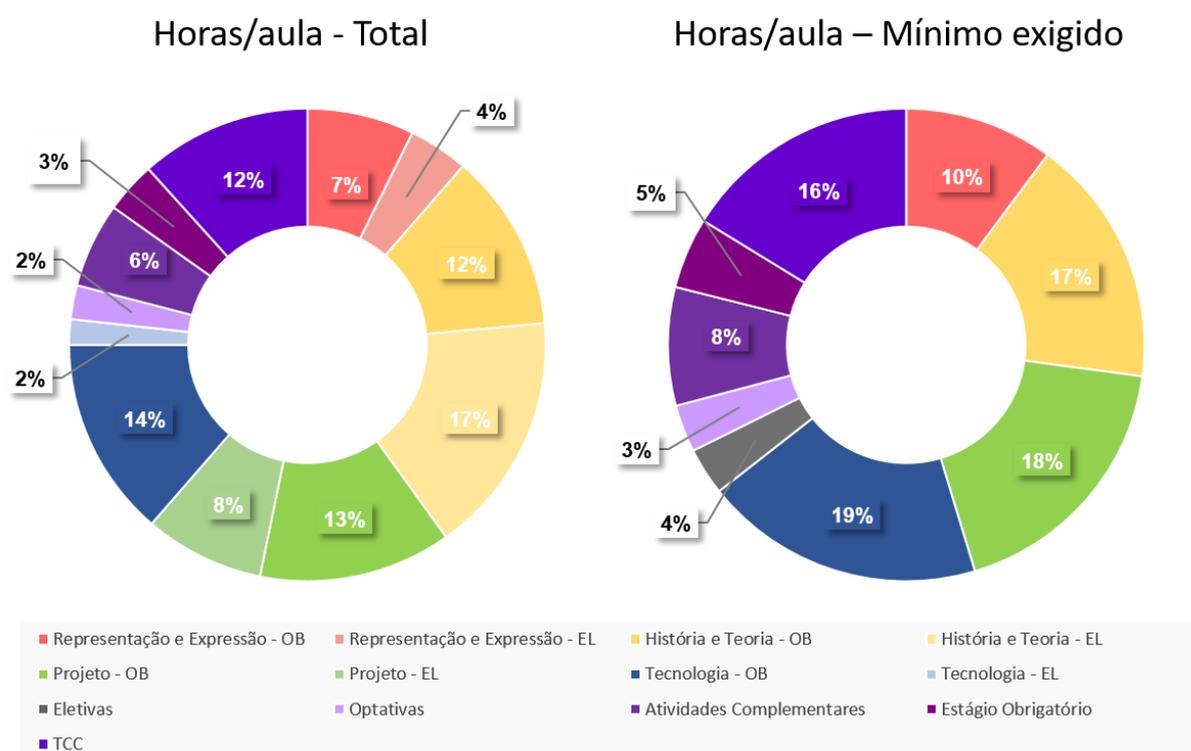
Os objetivos e o perfil do egresso supracitados sintetizam o que é citado em outras partes do site do curso onde é mencionada a resolução nº 51 do CAU/BR (Conselho de Arquitetura e Urbanismo) do artigo 3º da lei 12.378/2010 que discrimina todas as atividades que um arquiteto pode desempenhar. Em suma, o objetivo geral do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFJF é tornar seus alunos aptos para o desempenho de todas as funções discriminadas neste

documento. Para tanto, a matriz curricular do curso de arquitetura em análise é preparada, portanto, para o cumprimento dessa função (UFJF, 2018).

No site do curso foram identificadas 5 matrizes curriculares: I) Grade Curricular 2-2003; II) Grade Curricular 1-2012; III) Grade Curricular 1-2013; IV) Grade Curricular 1-2015; e V) Grade Curricular 2-2016. Atualmente, se encontra vigente a Grade Curricular 2-2016 (Anexo 2), sendo ela, portanto, o objeto de análise dessa pesquisa.

O curso (Gráfico 4) é dividido em 10 períodos, tem duração de 5 anos e carga horária total de 3.765 horas. Suas disciplinas são distribuídas em 4 áreas de conhecimento e com a seguinte carga horária cada: I) Área de Representação e Expressão (375horas/aula); II) Área de História e Teoria (630horas/aula); III) Área de Projeto (675horas/aula); e IV) Área de Tecnologia (705horas/aula).

Gráfico 4 - Horas/aula totais e obrigatórias na FAU/UFJF



Fonte: O autor

A carga horária é complementada com: I) 180horas/aula de disciplinas eletivas; II) 120horas/aula de disciplinas optativas; III) 300horas/aula de atividades complementares (não discriminadas nos documentos analisados); IV) 180horas/aula

de estágio obrigatório; e V) 600horas/aula voltadas, exclusivamente, ao Trabalho de Conclusão de Curso nos dois últimos períodos do curso.

Para o presente estudo não serão considerados, a título de análise, os conteúdos relacionados às disciplinas optativas, atividades complementares e estágio obrigatório, devido à imprevisibilidade dos conteúdos explorados pelos estudantes nesses tópicos.

Todos os itens supracitados, exceto o estágio complementar, podem ter suas cargas horárias cumpridas durante todo o curso e, diferente das disciplinas obrigatórias e eletivas, os mesmos não fazem parte da estrutura principal do curso que se divide em três fases: I) Ciclo de fundamentação; II) Ciclo profissionalizante; e III) Trabalho Final de curso (UFJF, 2018).

O Ciclo de Fundamentação (Figura 29) compreende os 4 primeiros períodos do curso de arquitetura da UFJF e possui a maior carga horária de todos os requisitos de formação (1.500 horas/aula de disciplinas obrigatórias). Engloba todo o conteúdo da Área de Representação e Expressão (375horas/aula de disciplinas obrigatórias) e a maior parte do conteúdo das áreas de História e Teoria e Tecnologia (390horas/aula e 490horas/aula, respectivamente) (UFJF, 2018).

Entretanto, mesmo considerando-se disciplinas obrigatórias (285horas/aula) e eletivas da Área de Projeto, este ciclo não possui a maior parte do conteúdo dessa área em seus períodos, tendo, inclusive, uma disciplina de Projeto (Projeto de Arquitetura e Urbanismo IV) como eletiva em seu quadro (UFJF, 2018).

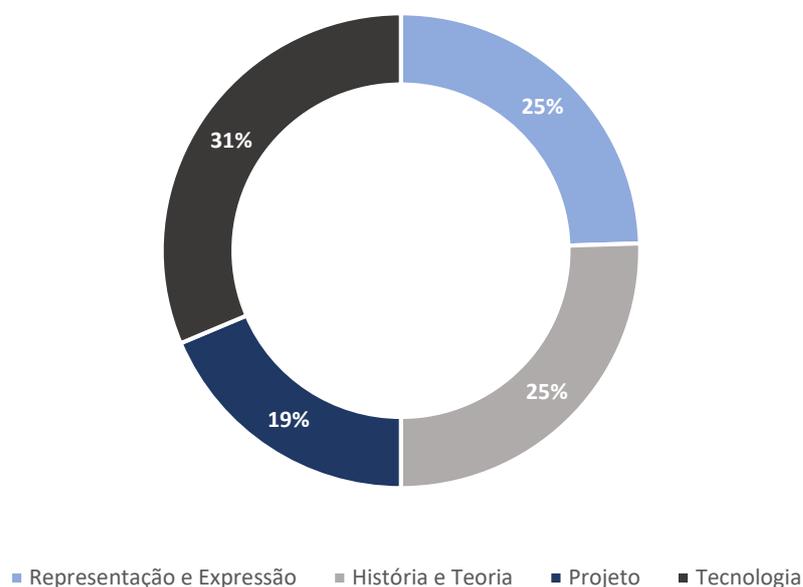
Ainda são oferecidas 840horas/aula no Ciclo de Fundamentação sendo a maior parte delas da área de História e Teoria (360horas/aula), seguida da área de Representação e Expressão (210 horas/aula) que sugere a realização de todas as suas disciplinas eletivas nos quatro primeiros períodos da graduação (UFJF, 2018).

Essa abordagem menos rigorosa na Área de Projeto e mais voltada para as outras áreas (Gráfico 5) de uma forma geral nos 2 primeiros anos do curso, indica que neste ciclo são explorados os fundamentos que permeiam o processo de projeto arquitetônico para que eles sejam utilizados no Ciclo Profissionalizante. Entende-se, portanto, que o Ciclo da Fundamentação é voltado para a criação do saber de uma forma geral para que o aluno se prepare para abordagens práticas no ciclo seguinte.

Figura 29 - Ciclo de Fundamentação da FAU/UFJF



Fonte: UFJF (2018)

Gráfico 5 - Percentual de horas/aula de cada área no Ciclo de Fundamentação

Fonte: o autor

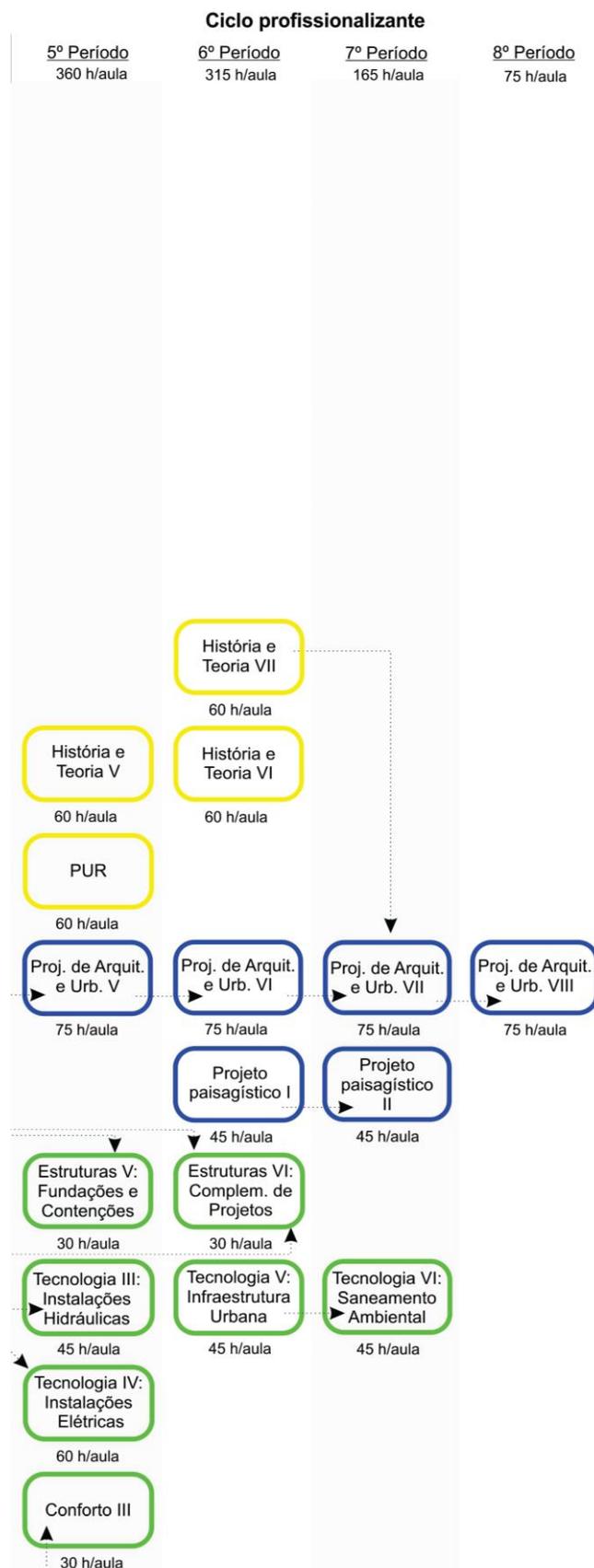
A continuidade de conteúdo entre os ciclos é reforçada quando é analisado o Ciclo Profissionalizante (Figura 30) do curso da FAU-UFJF.

Este ciclo compreende o período entre o 5º e o 8º semestre do curso e, apesar de concentrar um número menor de horas/aula do que o Ciclo de Fundamentação (915 horas/aula de disciplinas obrigatórias), o volume de conteúdo (Gráfico 6) voltado para projeto é ampliado (450horas/aula na Área de Projeto) e o volume de conteúdo das outras áreas diminui (0horas/aula na Área de Representação e Expressão, 240horas/aula de conteúdo obrigatório na Área de História e Teoria e 285horas/aula de conteúdo obrigatório na Área de tecnologia) (UFJF, 2018).

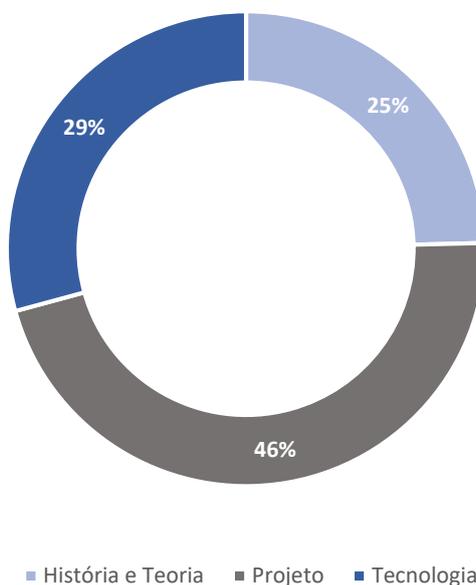
A partir do quinto período é sugerido, também, que seja realizado o Estágio Obrigatório o que direciona essa fase para a parte prática do fazer arquitetônico.

Os dois últimos semestres são voltados ao desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso (600horas/aula divididas entre os dois períodos com 300Horas/aula cada), não sendo, estas disciplinas, encaixadas em nenhuma das quatro áreas especificadas acima.

Figura 30 - Ciclo Profissionalizante da FAU/UFJF



Fonte: UFJF (2018)

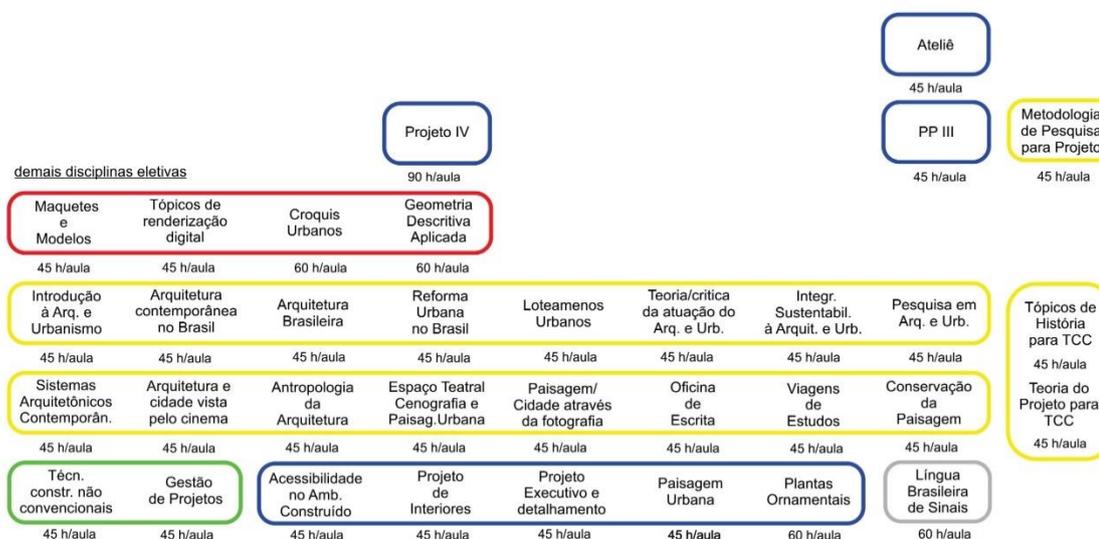
Gráfico 6 - Percentual de horas/aula de cada área no Ciclo Profissionalizante

Fonte: o autor

Ainda são oferecidas, durante todos os períodos, disciplinas eletivas (Figura 31) e, apesar do grande volume de conteúdo ofertado (total de 1.575 hora/aula), se exige o cumprimento de, apenas, 180 horas/aula de disciplinas eletivas.

Figura 31 - Disciplinas eletivas da FAU/UFJF

Disciplinas eletivas sugeridas para períodos:

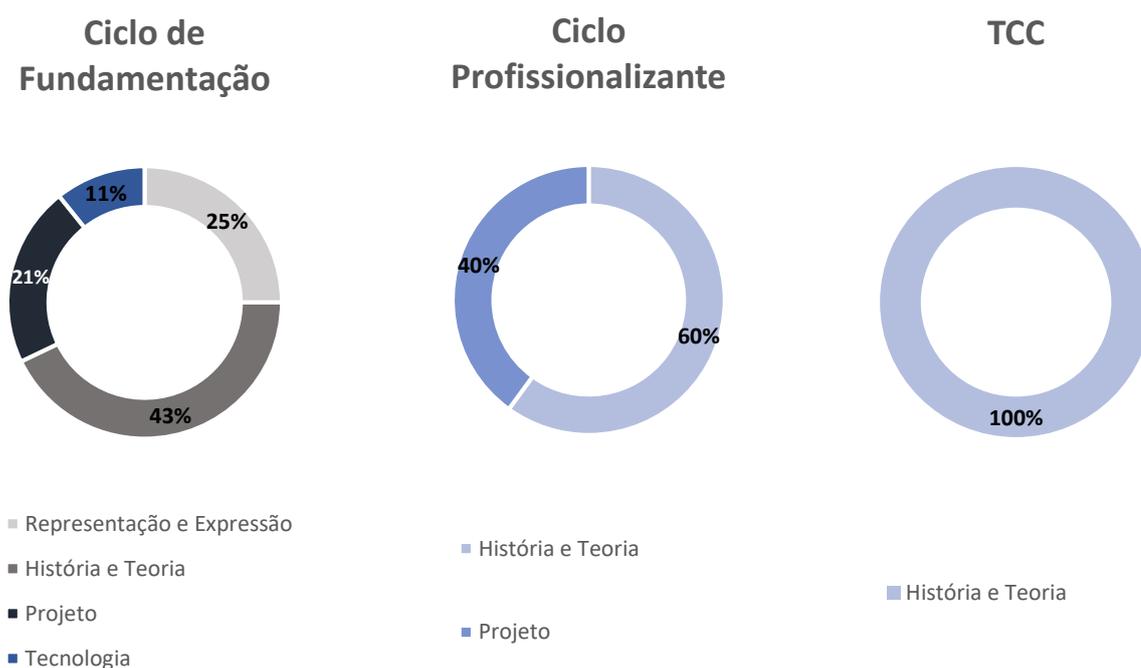


Fonte: UFJF (2018)

No presente estudo, as disciplinas eletivas não serão analisadas, entretanto, se tem consciência que algumas poderiam ser alocadas na proposta de implementação no lugar de disciplinas obrigatórias de acordo com a implementação proposta.

A maioria das disciplinas eletivas são oferecidas no Ciclo de Fundamentação do curso de arquitetura (840horas/aula) e no Ciclo Profissionalizante (600horas/aula) não são oferecidas disciplinas das áreas de Representação e Expressão e Tecnologia. Existe, ainda, no 9º período, quando se desenvolve o TCC I, o oferecimento de disciplinas eletivas da Área de História e Teoria (135horas/aula divididas em 3 disciplinas) voltadas à metodologia de pesquisa e auxílio de desenvolvimento do TCC.

Gráfico 7 - Distribuição das disciplinas eletivas nos Ciclos e TCC



Fonte: o autor

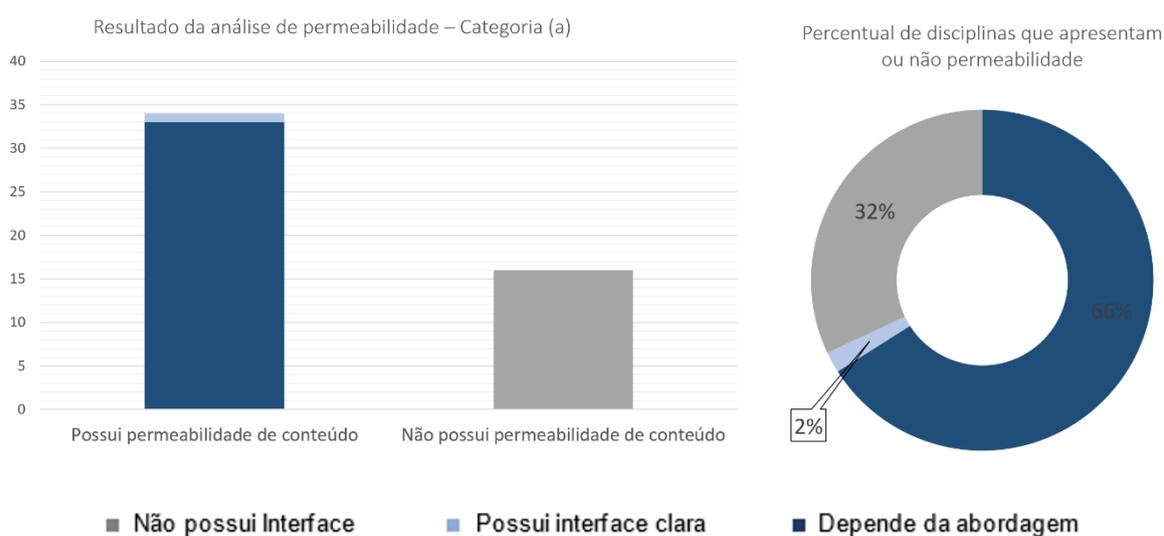
4.1) IDENTIFICAÇÃO DE PERMEABILIDADES ENTRE O BIM E A MATRIZ CURRICULAR EM ANÁLISE

A partir do que foi fixado no tópico 3.2.1, se analisou as disciplinas obrigatórias da grade curricular do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFJF. Essa análise foi utilizada para a realização da proposta de adequação do BIM formulada neste estudo, portanto, não mostra os aspectos que as disciplinas deverão ter e sim aqueles que elas possuem atualmente.

A análise individual das 51 disciplinas obrigatórias do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFJF está documentada no Anexo 2. De forma geral (Gráfico 8), observou-se que a maioria das disciplinas analisadas (34 disciplinas ou 68% das disciplinas do curso) possuem potencial de alocar conteúdos BIM - Categoria (a) das permeabilidades -, apresentado um total de 83 permeabilidades de conteúdo - Categoria (b) – considerando-se somente as disciplinas obrigatórias.

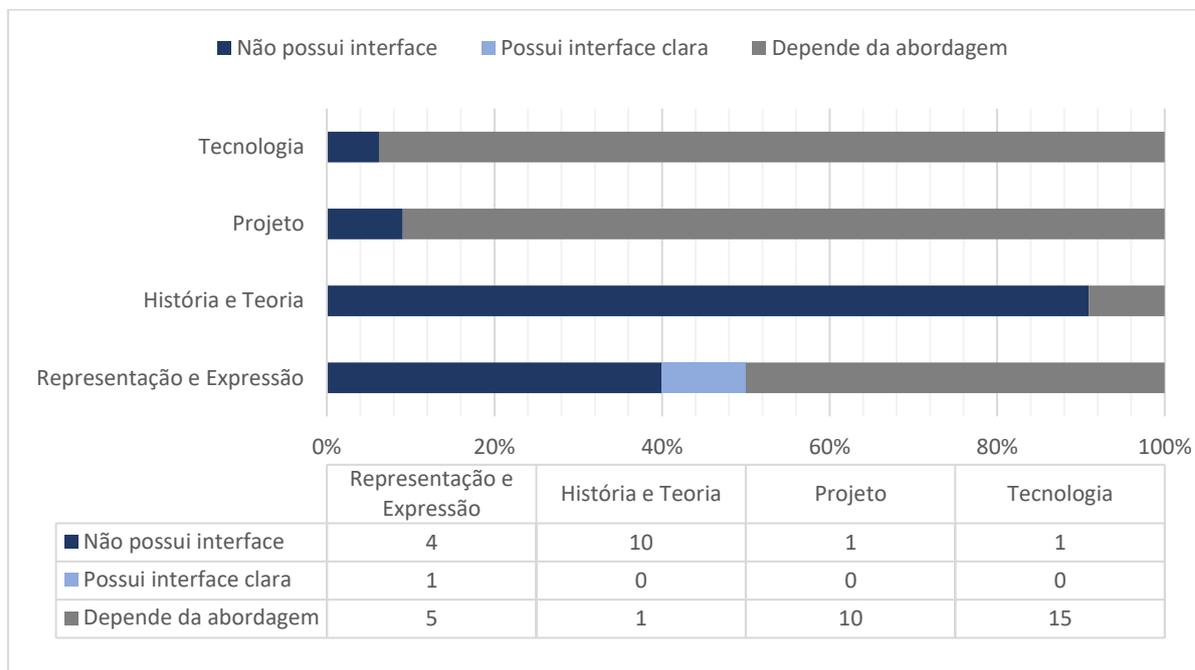
Apenas em uma delas (PRT004 – Representação digital técnica II), foi possível observar uma interface clara com o BIM voltada, nessa disciplina, à modelagem geométrica, parametrização, orientação a objetos e visualização do modelo.

Gráfico 8 - Análise das permeabilidades de conteúdos – Categoria (a)



Fonte: o autor

Gráfico 9 - Relação das permeabilidades com as áreas de conhecimento da FAU/UFJF



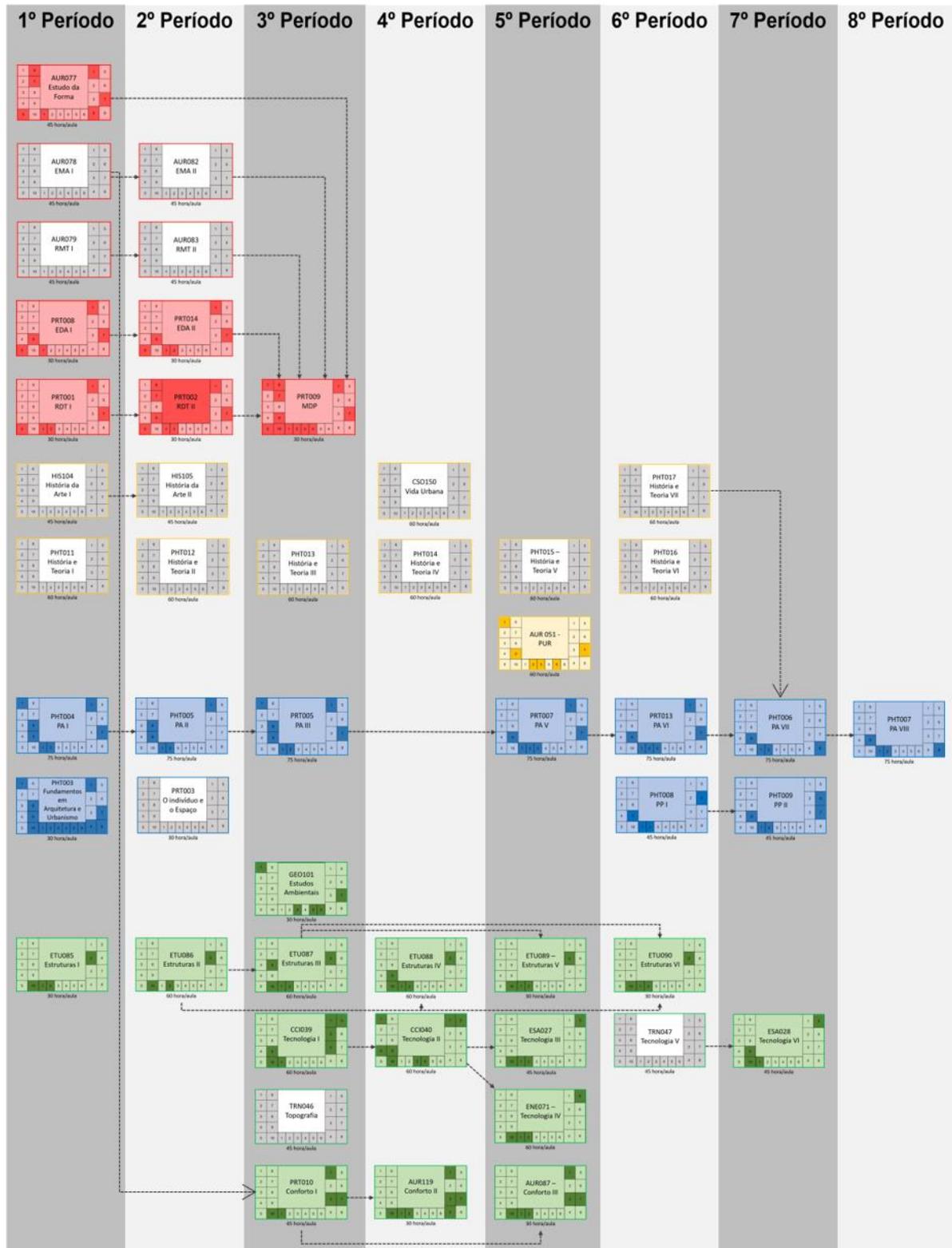
Fonte: o autor

O Gráfico 9 relaciona a análise realizada às áreas de conhecimento da matriz curricular da FAU/UFJF. Com esse levantamento, foi possível identificar que, cerca de 90% das disciplinas de projeto, 88% das disciplinas de tecnologia, 60% das disciplinas de Representação e Expressão e 10% das disciplinas de História e Teoria possuem permeabilidades com o BIM.

De todas as áreas analisadas, a que menos apresentou permeabilidade com o BIM foi e menos relação entre suas disciplinas foi História e Teoria. Além disso, somente duas disciplinas exigem pré-requisitos de disciplinas das outras áreas de conhecimento (PRT010 – Tecnologia – exige, como um dos seus pré-requisitos, a AUR078 – Representação e Expressão – e a disciplina PHT006 – Projeto – exige, como um dos seus pré-requisitos, a PHT017 – História e Teoria) sendo este um indício de baixa multidisciplinaridade no curso.

A Figura 32 expõe todas as permeabilidades encontradas na matriz da FAU/UFJF. Conclui-se que, de modo geral: I) os conteúdos relacionados ao BIM são randômicos na matriz, não sendo identificar uma evolução sistematizada dos mesmos; II) as áreas de conhecimento se mostram quase que totalmente isoladas umas das outras; e III) existem bastantes permeabilidades na FAU/UFJF.

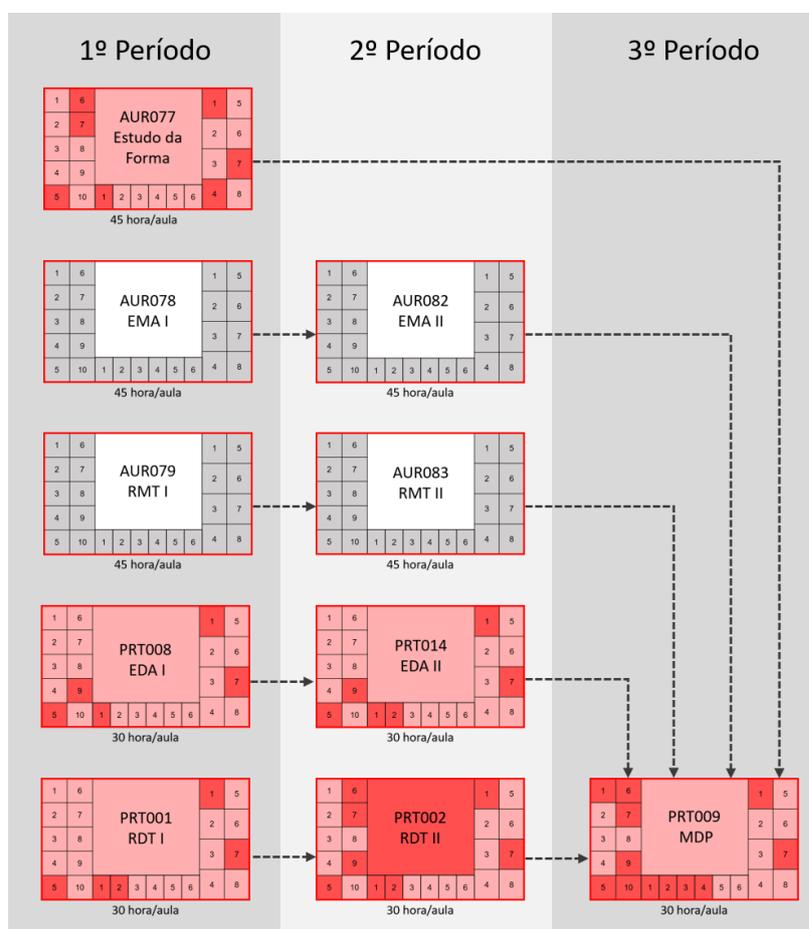
Figura 32 - A matriz curricular da FAU/UFJF e suas permeabilidades



Fonte: o autor

4.1.2) Permeabilidades na área de Representação e Expressão

Figura 33 - Permeabilidades na área de Representação e Expressão



Fonte: o autor

Na área de Representação e Expressão (Figura 33) foram encontradas as seguintes permeabilidades na Categoria (b): I) Ciclo de Vidas das Edificações a nível teórico; II) Modelagem geométrica tridimensional a nível prático; III) Parametrização a níveis teórico e prático; IV) Orientação a objetos a nível prático; V) Visualização do modelo a nível prático; e VI) Simulação e análise numérica a nível prático.

A análise da ligação das disciplinas permitiu observar que as mesmas possuem continuidade de conteúdo - devido às setas de pré-requisito - e que o fechamento da área se dá na disciplina PRT009 – Modelagem Digital e Prototipagem.

As ementas apresentam uma mescla entre ferramentas de representação manual e digital já no primeiro período de curso e 6 disciplinas das 10 discriminam o

uso de ferramentas digitais em suas ementas, o que abre espaço para o uso de ferramentas BIM em cada uma das disciplinas, apesar da área de Representação e Expressão apresentar o menor número de horas/aula da matriz (375h no total).

É possível observar, também, que a disciplina PRT009 apresenta o maior número de permeabilidades, o que pode ser amplificado na proposta de implementação fazendo-se um planejamento de evolução dos conteúdos BIM até que todos sejam explorados nessa disciplina.

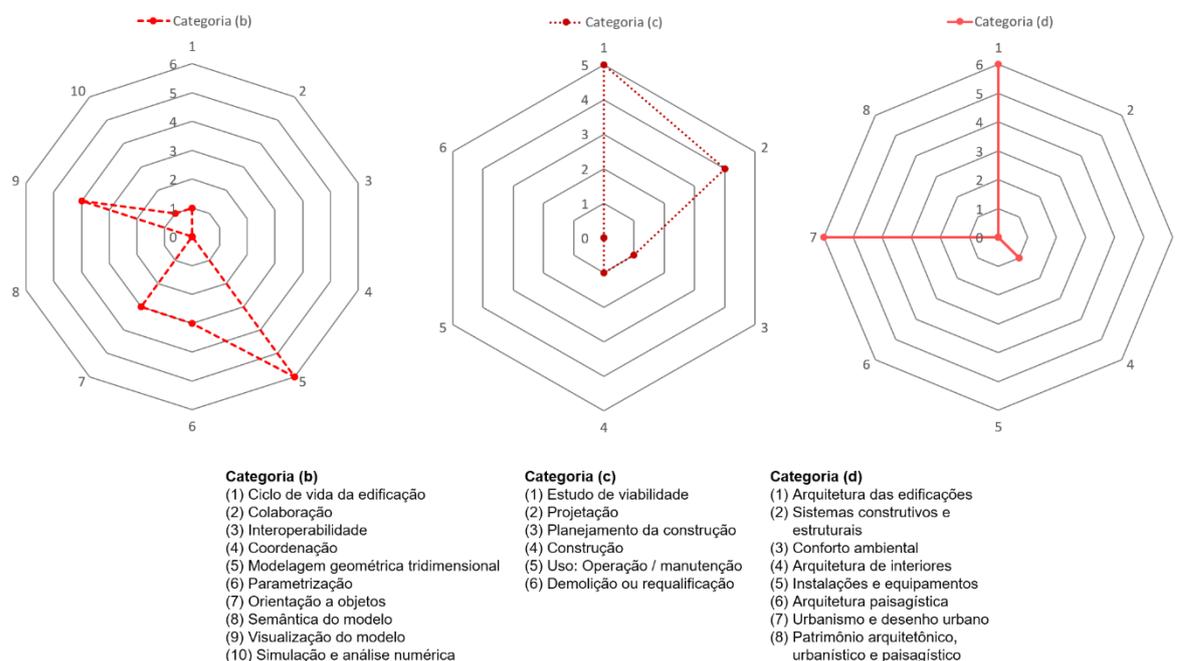
Ressalta-se que, as disciplinas PRT009, PRT008 e PRT001 apresentam ementas com menção direta aos conteúdos mais identificados dessa área: (6) Parametrização e (5) Modelagem geométrica tridimensional. Entretanto, não deixam claro se tais conteúdos são direcionados para o BIM, o que foi um critério para a sua Classificação (a) – dependendo, portanto, do direcionamento dado pelo professor-.

A análise dos conteúdos, levando-se em conta as permeabilidades de conteúdo, ciclo de vida e disciplinas de projeto contemplados pelas disciplinas de Representação e Expressão, permitiu a realização de uma análise do direcionamento didático geral da área de conhecimento.

É possível perceber que a Área de Representação e Expressão (Gráfico 10) possui uma inclinação acentuada para conteúdos relacionados à Modelagem geométrica tridimensional e à Visualização do modelo – Categoria (b) -. Também possui grande parte das disciplinas direcionadas às etapas de “Estudo de viabilidade” e “Projetação” nas áreas de “Arquitetura das edificações” e “Urbanismo e desenho urbano”. Somente a disciplina AUR077 apresentou direcionamento de conteúdo para a área de “Arquitetura de interiores”.

Esses dados podem indicar que, na FAU/UFJF, a área de representação e expressão é voltada à instrumentalização de ferramentas digitais que auxiliam no processo de projeto, principalmente, no aspecto formal e representação gráfica do artefato projetado. Além disso, as ferramentas ensinadas são utilizadas para análise visual do que é projetado, sem indícios claros de outras funcionalidades relacionadas à análise exploradas nas disciplinas da área.

Gráfico 10 - Análise das permeabilidades da área de Representação e Expressão



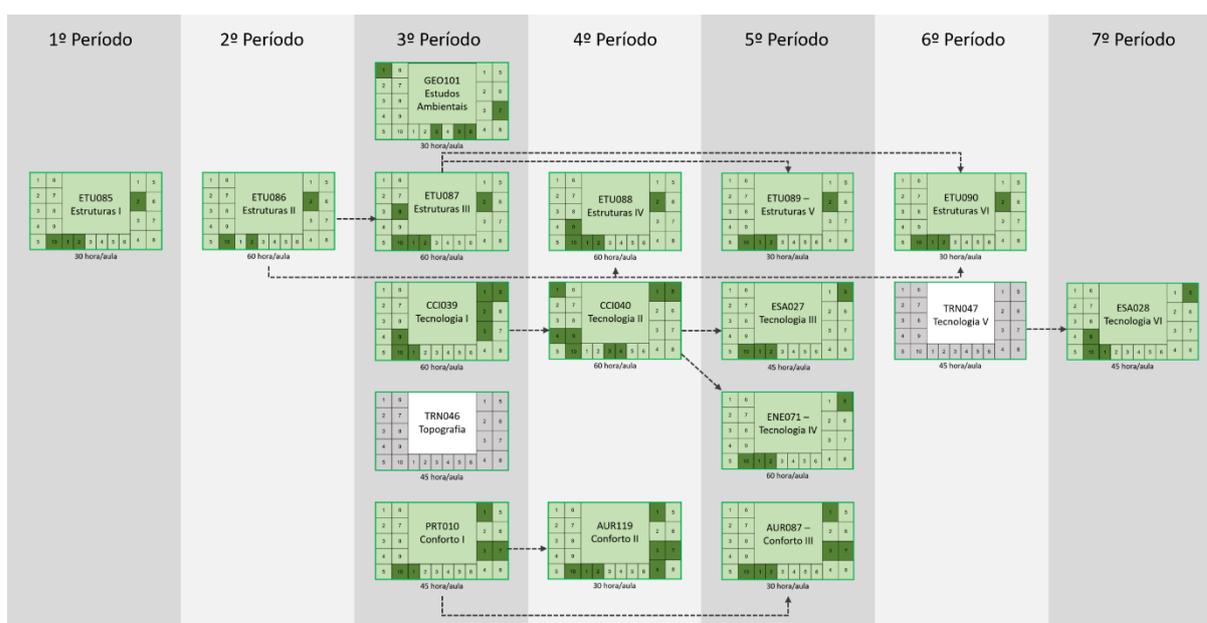
Fonte: o autor

Somente na disciplina PRT009 é possível observar conteúdos como “Parametrização” e “Orientação a objetos” relacionados às etapas “Planejamento da Construção” e “Construção”, o que foge do contexto geral das outras disciplinas, voltadas, majoritariamente a outras etapas do ciclo de vida das edificações.

A área de Representação e Expressão da FAU/UFJF possui, portanto, ementas voltadas à instrumentalização dos recursos de representação (manuais e digitais) de projeto com poucos indícios – na maior parte das vezes - de aplicação da metodologia BIM em sala de aula. Apesar disso, é possível concluir que os conteúdos BIM podem ser introduzidos nessa área com uma certa facilidade, tendo sido observado que: I) a única disciplina com relação direta aos conteúdos BIM está nessa área de conhecimento na FAU/UFJF; II) conteúdos diferentes relacionados à tecnologia BIM são identificados em mais de uma das ementas da área; e III) grande parte das disciplinas utilizam ferramentas digitais em sala de aula.

4.1.3) Permeabilidades na área de Tecnologia

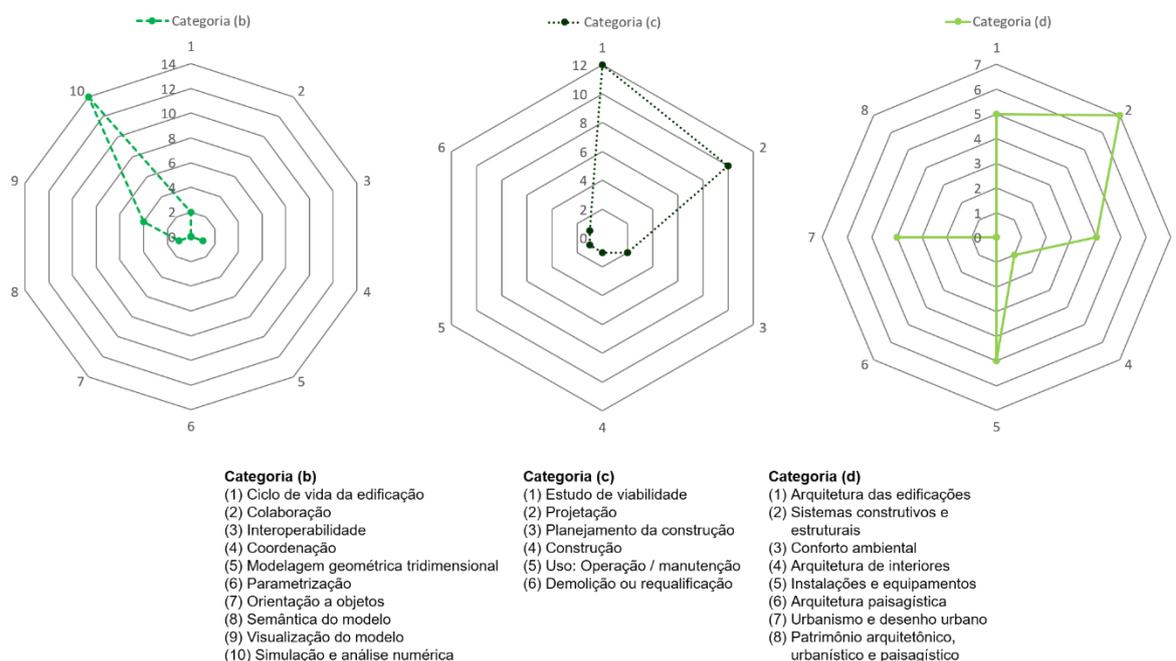
Figura 34 - Permeabilidades na área de Tecnologia



Fonte: O autor

A estrutura geral da área de tecnologia (Figura 34) não apresenta um ponto de fechamento claro dos conteúdos relacionados às disciplinas. Isso se deve ao fato da área, aparentemente, possuir uma subdivisão de suas disciplinas, alocadas em três categorias principais: I) Estruturas; II) Tecnologia; e III) Conforto.

Mesmo a partir da identificação dessas categorias não foi possível identificar uma evolução direta dos conteúdos relacionados às disciplinas, tendo sido observado que as relações de pré-requisitos são pouco ordenadas entre as mesmas. Apesar disso, foram identificadas muitas permeabilidades de conteúdo com o BIM na área de tecnologia (Gráfico 11) o que possibilita a amplificação e evolução dos conteúdos nas disciplinas.

Gráfico 11 - Análise das permeabilidades da área de Tecnologia

Fonte: o autor

A análise dos conteúdos – categoria (b) - permitiu identificar uma acentuada inclinação ao conteúdo “Simulação e Análise numérica” o que indica um teor técnico das disciplinas. Também foi identificada nas disciplinas PRT010, AUR119 e AUR087, menção direta à realização de análises e simulações técnicas em ambiente digital, entretanto, não há indícios consistentes de que as atividades sejam desenvolvidas em um *software* BIM ou em um contexto de processo de projeto BIM.

Além do conteúdo citado, ainda foram identificados nas disciplinas de Tecnologia: I) Orientação a objetos a nível prático; II) Semântica do modelo a nível teórico; III) Visualização do modelo a nível prático; IV) Coordenação a nível teórico; V) Colaboração a nível teórico; e VI) Ciclo de Vida da edificação.

Foi possível observar que essa área possui conteúdos relacionados a todas as áreas de projeto, exceto, “Patrimônio arquitetônico, urbanístico e paisagístico. A Categoria (c) mostra que as disciplinas se concentram nas etapas de “Estudo de viabilidade” e “Projetação” o que permite complementar o diagnóstico do direcionamento didático das disciplinas de tecnologia da FAU/UFJF: elas possuem uma grande relação com a análise numérica da construção, tendo, portanto, uma grande capacidade técnica.

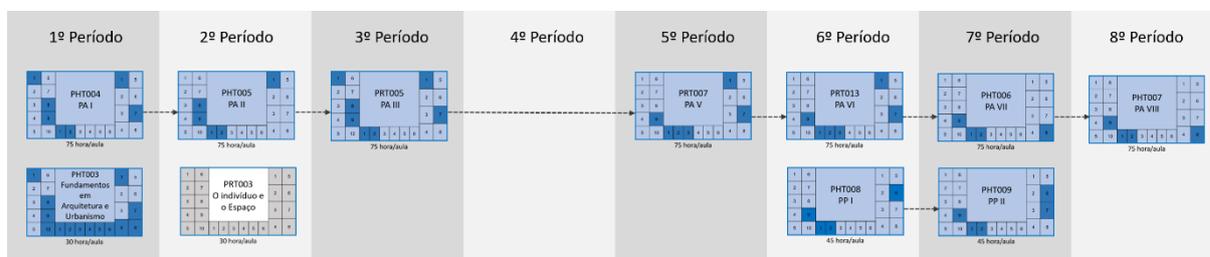
Vale reforçar que a identificação desse direcionamento não permitiu observar, nas ementas das disciplinas, uma relação direta de aplicação dessas análises numéricas e simulações em um processo de projeto BIM, portanto, as disciplinas foram consideradas potencialmente relacionadas à plataforma, somente.

Conclui-se, portanto, que a área de Tecnologia da FAU/UFJF não apresenta uma relação direta com o BIM. Entretanto, suas possíveis permeabilidades englobam todas as disciplinas de projeto e grande parte das etapas do ciclo de vida das construções o que amplifica a possibilidade de introdução dos conteúdos BIM em suas ementas a partir de pequenas mudanças no direcionamento da abordagem de ensino em sala de aula.

4.1.4) Permeabilidades na área de Projeto

Na área de Projeto, a identificação de permeabilidades (Figura 35), em grande parte das ementas, foi consequência do baixo nível de especificidade de conteúdos ministrados em sala de aula. O mesmo acontece com as disciplinas do TCC (PRT004 e PHT001) que, por esse motivo, podem abranger todas as permeabilidades de conteúdo, disciplinas de projeto e ciclo de vida da edificação. Entretanto, vale ressaltar que, as disciplinas de TCC exigem o desenvolvimento de trabalhos de tema livre, o que justifica a generalidade da ementa.

Figura 35 - Permeabilidades na área de Projeto



Fonte: o autor

Em todas as disciplinas da área de projeto onde se encontrou permeabilidades foi identificado o conteúdo “(9) Visualização do modelo”. Acredita-se que isso se deve

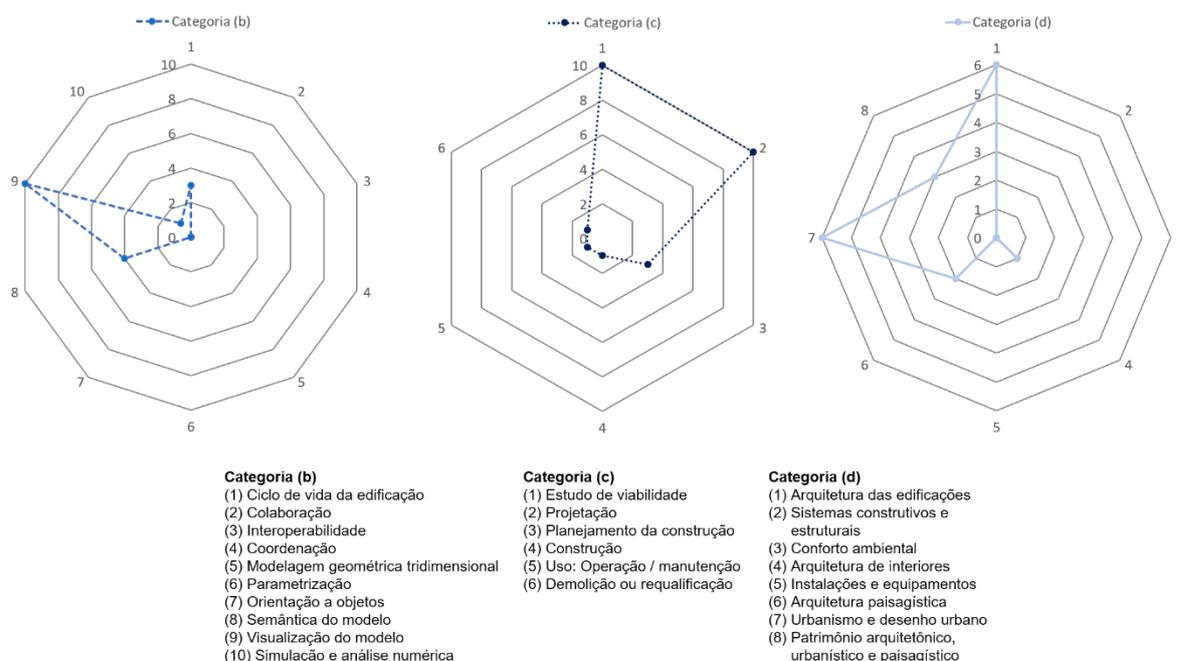
à utilização de modelos digitais para análises visuais de projeto em sala de aula. Somente as disciplinas PHT008 e PRT003 não apresentaram indícios de relação com conteúdos BIM.

Além do conteúdo “(9) Visualização do modelo” a nível prático, também foram identificados nas disciplinas de projeto: I) Ciclo de Vida das edificações a nível teórico; II) Semântica do modelo a nível teórico; e III) Simulação e análise numérica a nível prático e teórico.

As disciplinas da área de projeto podem apresentar dificuldades na inserção de conteúdos BIM tendo sido observado que suas ementas possuem conteúdo programático relacionado, fortemente, a um único tópico da categoria (b) – Visualização do modelo – o que indica uma baixa permeabilidade de conteúdo.

Além disso, na Categoria (d) é possível identificar um direcionamento majoritário para duas áreas de projeto “Arquitetura das edificações” e “Urbanismo e desenho urbano” e pouca permeabilidade com outras áreas da indústria AECO diferentes de arquitetura e urbanismo. A área menos explorada, não somente em Projeto, mas na matriz como um todo é a área de “Arquitetura de interiores”.

Gráfico 12 - Análise das permeabilidades da área de Projeto



Fonte: o autor

De modo geral (Gráfico 12), as disciplinas de projeto se mostram ligadas a todas as etapas do ciclo de vida da edificação – especialmente às etapas “Estudo de viabilidade” e “Projetação” – e possuem um direcionamento mais prático do ato de projetar, entretanto, a pouca relação da área de projeto com as outras áreas de conhecimento é um fator a ser considerado na inserção dos conteúdos BIM.

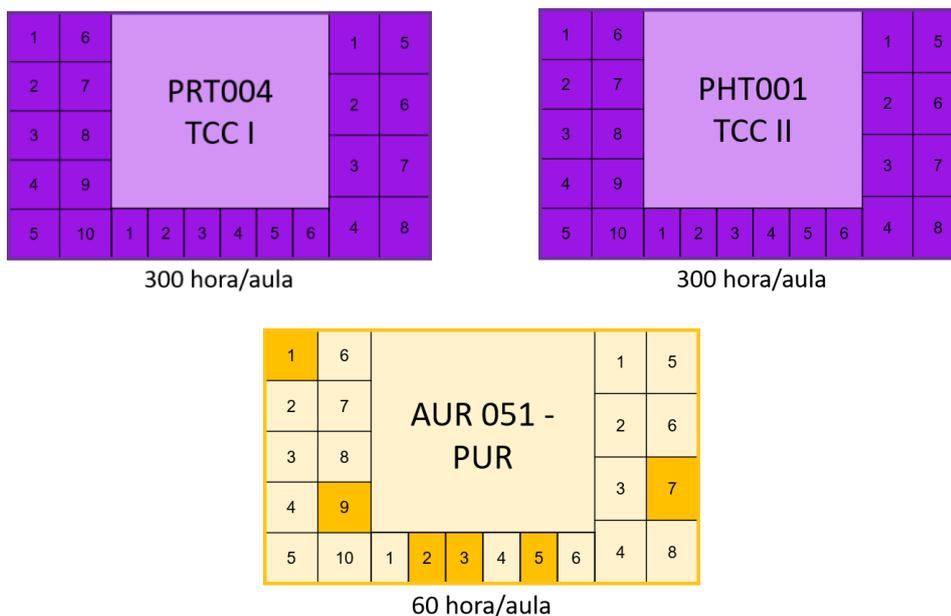
Conclui-se, portanto, que as disciplinas da área de projeto da FAU/UFJF, possuem um direcionamento claro e pouca relação com as outras áreas de conhecimento. Ao mesmo tempo que a proposta de adequação das disciplinas pode ser bem direcionada a pontos específicos, a pouca relação dessa área de conhecimento com outras pode indicar um desafio para a implementação do BIM na matriz curricular pois Projeto é a principal área de conhecimento do curso de Arquitetura e Urbanismo.

4.1.5) Permeabilidades em outras áreas da matriz

Na área de História e Teoria foi encontrada somente uma disciplina permeável com o BIM (Figura 36). Ao contrário das disciplinas da área de Projeto, na área de História e Teoria, as ementas possuem um alto nível de especificação de conteúdo e, com as análises, não foi possível identificar permeabilidades consistentes com o BIM. Além disso, apenas uma de suas disciplinas possui relação com outra área de conhecimento (PHT017) e somente a HIS105 possui pré-requisito (HIS104) o que indica a independência dos conteúdos ministrados nessa área – apesar de eles apresentarem continuidade-.

A baixa permeabilidade da área não permite indicar quais os direcionamentos da mesma, portanto, História e Teoria não será incluída na proposta de adequação do presente trabalho.

As disciplinas de TCC apresentaram relação com o BIM como citado no tópico 4.1.3, tendo a análise de conteúdo disposta como representado na Figura 36.

Figura 36 - Análise das permeabilidades das disciplinas de TCC e História e Teoria

Fonte: o autor

Não foi identificada em nenhuma das disciplinas – exceto as disciplinas de TCC que possuem tema livre – permeabilidade com o conteúdo (3) Interoperabilidade na matriz curricular da FAU/UFJF. Nas ementas das disciplinas de Tecnologia PRT010, AUR119 e AUR087, foi identificado um tópico que correlaciona os trabalhos realizados nas disciplinas às disciplinas da área de projeto de seus respectivos períodos, entretanto, esse dado não foi considerado consistente para se classificasse tais disciplinas com o conteúdo (3) Interoperabilidade, visto que a relação entre os modelos digitais das disciplinas não é clara e que conteúdos teóricos de interoperabilidade não aparecem em nenhuma disciplina anterior às citadas.

4.2) ANÁLISE GERAL DA MATRIZ CURRICULAR FAU/UFJF

A análise geral de permeabilidades será utilizada para nortear a proposta de adequação do presente estudo. Como descrito no tópico 3.2.2, as permeabilidades encontradas serão analisadas pelo que é proposto nos estudos de Barison e Santos (2015) e Barison e Santos (2016) para a realização da proposta.

No que tange o estudo de Barison e Santos (2016), serão analisadas as competências BIM exigidas para um arquiteto. Foram identificadas na matriz curricular em análise (Quadro 7), as seguintes competências BIM relacionadas às funções do arquiteto: I) Domínio no uso de ferramentas BIM para desenvolvimento de modelos arquitetônicos; II) Conceitos BIM; e III) Desenhos de construção e especificações.

As competências BIM que não foram identificadas na matriz da FAU/UFJF foram divididas em duas categorias: I) não foram identificadas devido à falta de especificação das ferramentas e metodologias utilizadas em sala de aula; e II) não foram identificadas. Na categoria I se encaixam: I) Conhecimento básico de outras disciplinas – estruturas, instalações, etc -; II) Extração de quantitativos de modelos BIM; (IV) Interpretação de dados dos modelos BIM.

Na categoria II se encaixam: I) Gerenciamento de comunicações por meio de ferramentas BIM; II) Domínio na modelagem de componentes arquitetônicos como famílias e *templates*; III) Entendimento dos níveis de desenvolvimento (LOD) dos modelos BIM; e IV) Habilidades de gerenciamento como detecção de interferências entre modelos, processos de coordenação e fluxos de trabalho BIM.

As competências identificadas indicam um direcionamento da FAU/UFJF para a formação de modeladores BIM, sem indícios claros de outro nível de formação dos alunos. A partir da análise, também pode se classificar os conteúdos identificados como inclinados para o NP BIM introdutório e para o nível de implementação BIM 1.0.

A proposta de adequação dos conteúdos BIM deste estudo será, portanto, direcionada à inserção das competências BIM não identificadas na matriz curricular pela análise realizada através dos estudos de Barison e Santos (2016) para que a formação dos alunos possa alcançar o nível de gerente BIM.

A análise da proposta de inserção das competências poderá ser utilizada para qualificar quais níveis de implementação foram alcançados com maior clareza, não sendo os mesmos, referências diretas para a ampliação dos conteúdos.

Os NP BIM serão utilizados, somente para auxiliar a reorganização dos conteúdos ampliados na proposta, baseado no que é proposto por Barison e Santos (2015).

Observa-se na matriz curricular da FAU/UFJF uma organização dos conteúdos baseada em dois ciclos de desenvolvimento: I) Ciclo de Fundamentação; e II) Ciclo Profissionalizante. Além dos ciclos principais das disciplinas, os dois últimos períodos são dedicados à realização do TCC.

Apesar dessa conformação dos ciclos, os conteúdos BIM se mostram dispersos e randômicos em toda a matriz, portanto, para que eles sejam organizados e sistematizados entre si, serão utilizados os NPBIM como referência.

Quadro 7 - Identificação das competências BIM na FAU/UFJF

(I) Domínio de ferramentas
(II) Conhecimento de outras disciplinas
(III) Conceitos BIM
(IV) Desenho e especificações
(V) Extração de quantitativos
(VI) Gerenciamento de comunicação
(VII) Interpretação de dados do modelo
(VIII) Modelagem de componentes
(IX) LOD
(X) Gerenciamento de projeto

■ Identificado na FAU/UFJF ■ Não identificado na FAU/UFJF por falta de especificações ■ Não identificado na FAU/UFJF

Fonte: o autor

5) PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA MATRIZ CURRICULAR FAU/UFJF

Primeiramente, diante a premissa de menor impacto possível na matriz curricular, será mantida a estrutura atual da matriz curricular – dividida em Ciclo de Fundamentação, Ciclo Profissionalizante e TCC –, os principais direcionamentos didáticos das disciplinas identificados nos tópicos 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3 serão conservados havendo, somente, a ampliação de novos direcionamentos. Também não haverá modificações na distribuição das cargas horárias das disciplinas e dos ciclos do curso em análise.

O presente estudo pretende propor uma adequação (Figura 37) que, além de atender os requisitos de conteúdos, apresente uma estrutura sistematizada do desenvolvimento dos conteúdos BIM nas disciplinas, que será balizada pela a estrutura de NP BIM proposto por Barison e Santos (2015).

Com a utilização dessa estrutura, será possível definir, com maior clareza, qual o direcionamento das disciplinas, qual nível de conhecimento o aluno poderá adquirir em cada uma delas e como os conteúdos se desenvolveram horizontalmente e verticalmente na matriz.

As disciplinas do primeiro ao quarto período, portanto, farão parte do NP BIM introdutório. Como citado no tópico 2.5.1 da presente pesquisa, no NP BIM introdutório: “[...] a plataforma BIM pode ser ensinada em disciplinas de representação gráfica digital. Não há necessidade de o aluno possuir conhecimento prévio em ferramentas digitais CAD ou qualquer outro pré-requisito para cursar disciplinas com este nível de proficiência. Cria-se, neste nível, um suporte didático para formar o aluno como modelador BIM, ou seja, o objetivo principal é instrumentalizar os discentes no uso de ferramentas BIM, principalmente, as de representação de projeto [...]”.

Essas características podem ser alinhadas com as do Ciclo de Fundamentação do curso da FAU/UFJF sem grandes impactos. O principal foco nesse ciclo será a conceituação do BIM e à instrumentalização de ferramentas BIM. Entretanto, serão amplificados conteúdos em disciplinas das três áreas, devido à carga horária restrita da área de Representação e Expressão.

Serão exigidas poucas ligações entre as disciplinas verticalmente e serão explorados conteúdos voltados, majoritariamente, à modelagem de objetos, parametrização e instrumentalização de ferramentas de coordenação e gerenciamento de projetos. Poderão ser explorados, nesta etapa, conteúdos

relacionados à teoria do BIM, seus conceitos e ao processo de projeto na indústria AECO.

Já as disciplinas do quinto ao oitavo período, serão relacionadas ao NP BIM intermediário: “[...] sugere-se o desenvolvimento das atividades em ateliês de projeto integrado, pois os trabalhos são desenvolvidos em grupo e cada aluno assume um papel específico na realização do projeto que pode ser dividido por especialidade. Neste nível de proficiência se exige que o aluno possua conhecimentos sobre fundamentos do projeto, representação gráfica e domínio de uma ferramenta BIM [...]”.

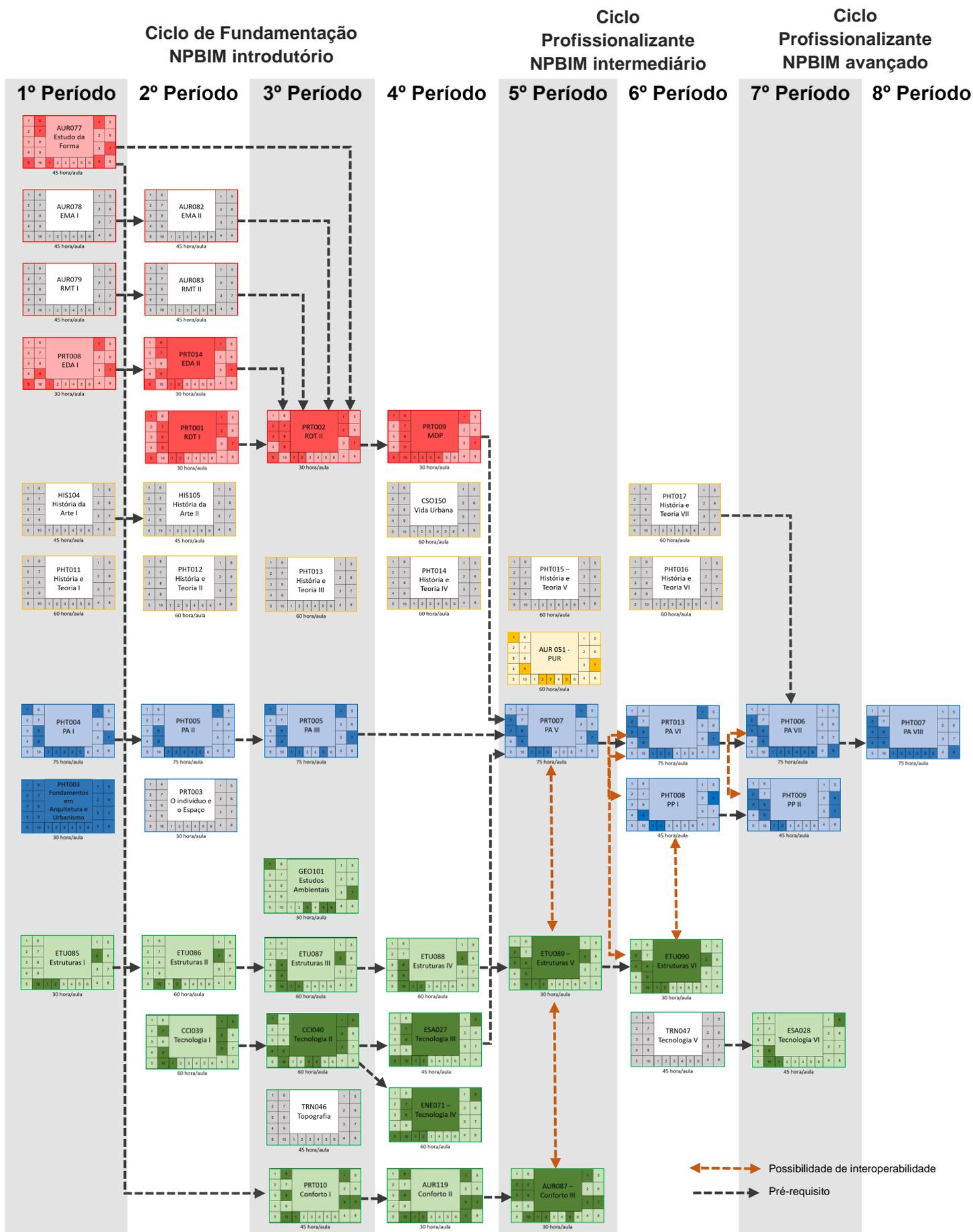
Essas características podem ser alinhadas com as do Ciclo Profissionalizante do curso da FAU/UFJF sem grandes impactos. Na análise da estrutura física da FAU/UFJF, a partir do que é descrito no site do curso, foram identificados dois ateliês de projeto e, durante o contato que foi feito para a experimentação do capítulo 6 da presente pesquisa, foi identificado que a FAU/UFJF também possui uma estrutura de rede que permite o desenvolvimento de atividades propostas pelo NP BIM intermediário.

Disciplinas alocadas nesses períodos poderão ter maior relação vertical, caso o professor busque utilizar recursos de colaboração interdisciplinar. Como esses recursos não fazem parte dos conteúdos da matriz FAU/UFJF, atualmente, optou-se por não exigir que eles sejam inseridos na matriz de forma impositiva, e sim, que o Ciclo de Fundamentação gere conteúdo suficiente para incentivar a adoção gradual desses recursos no Ciclo profissionalizante do curso.

Essa proposta também visa a evolução dos conteúdos para o NP BIM avançado nas disciplinas do sexto ao oitavo período de forma gradual. Não foi possível fixar um modelo de adequação mais incisivo, principalmente, por conta das limitações de permeabilidade encontradas nas disciplinas de projeto. O preenchimento das competências será, portanto, planejado na proposta, mas acredita-se que acontecerá de forma gradual.

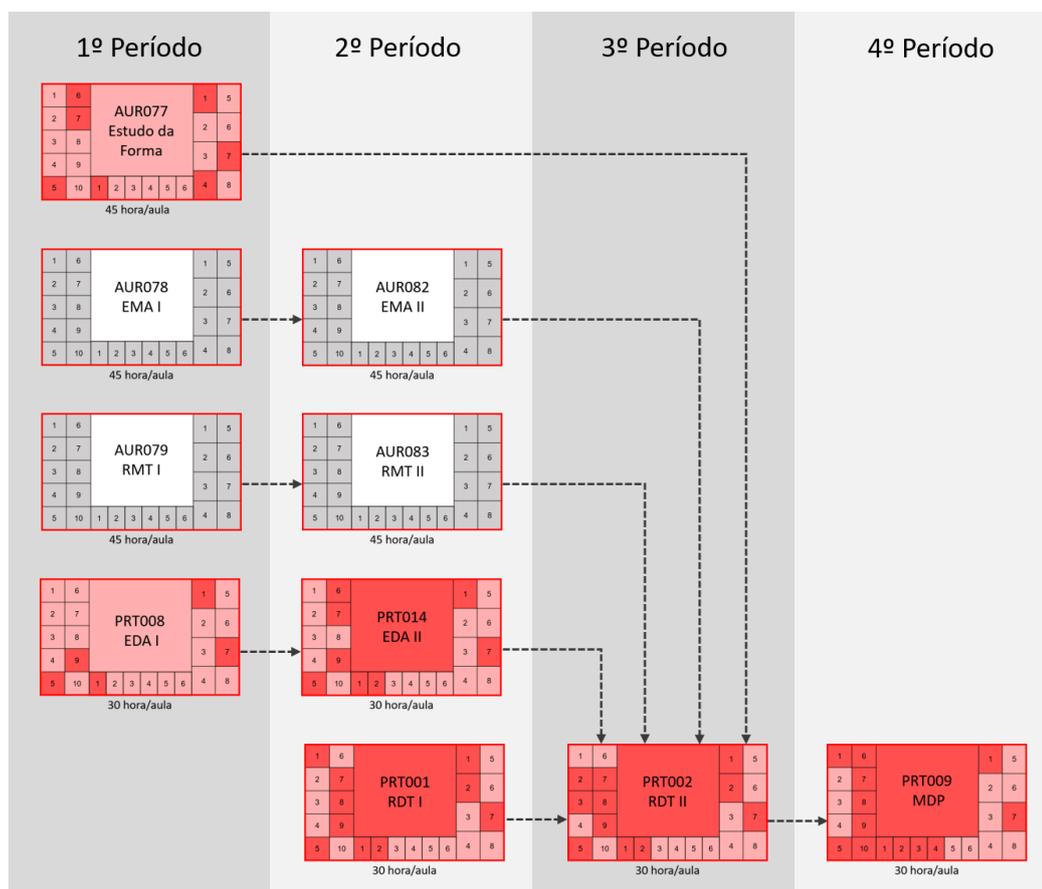
Vale ressaltar que a proposta feita pela presente pesquisa não pretende ter um formato fechado e rígido, servindo, somente como um recurso de exemplificação da formulação de estratégias de amplificação de conteúdos BIM a partir da análise de permeabilidades. Caso a proposta fosse, realmente, adotada, seria necessário se aprofundar nas exigências do corpo docente e discente da FAU/UFJF através de entrevistas, por exemplo. Dessa forma, acredita-se ser possível encontrar outras possibilidades de implementação mais efetivas do que a proposta neste estudo.

Figura 37 - Proposta de adequação da matriz curricular FAU/UFJF



5.1) PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO NA ÁREA DE REPRESENTAÇÃO E EXPRESSÃO

Figura 38 - Adequação da área de Representação e Expressão



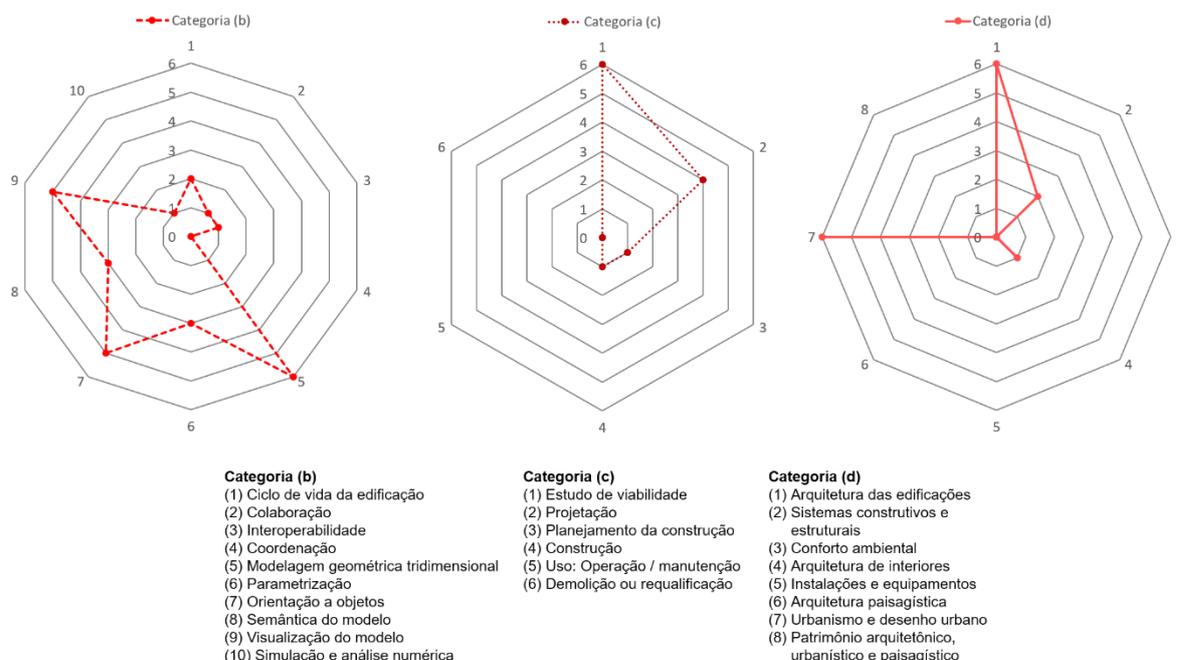
Fonte: o autor

Na análise realizada da área de representação e expressão foi identificado que a área possui uma inclinação à instrumentalização dos recursos de representação – manual e digital – de projeto. A proposta de adequação, portanto, preservará essa inclinação de conteúdo da área.

De modo geral, são sugeridas as seguintes alterações (Figura 38): I) permeabilidade clara do BIM nas disciplinas PRT014, PRT001 e PRT009; II) a reorganização e inclusão de conteúdos BIM na disciplina em todas as disciplinas que possuem permeabilidade com o BIM da área; III) a inclusão da área de projeto “Sistemas construtivos e estruturais” nas disciplinas PRT001 e PRT002; e IV) o

aprimoramento da etapa de projeção da disciplina PRT014. As ementas propostas para as disciplinas estão no Anexo 3.

Gráfico 13 – Permeabilidades devido à adequação da área de Representação e Expressão

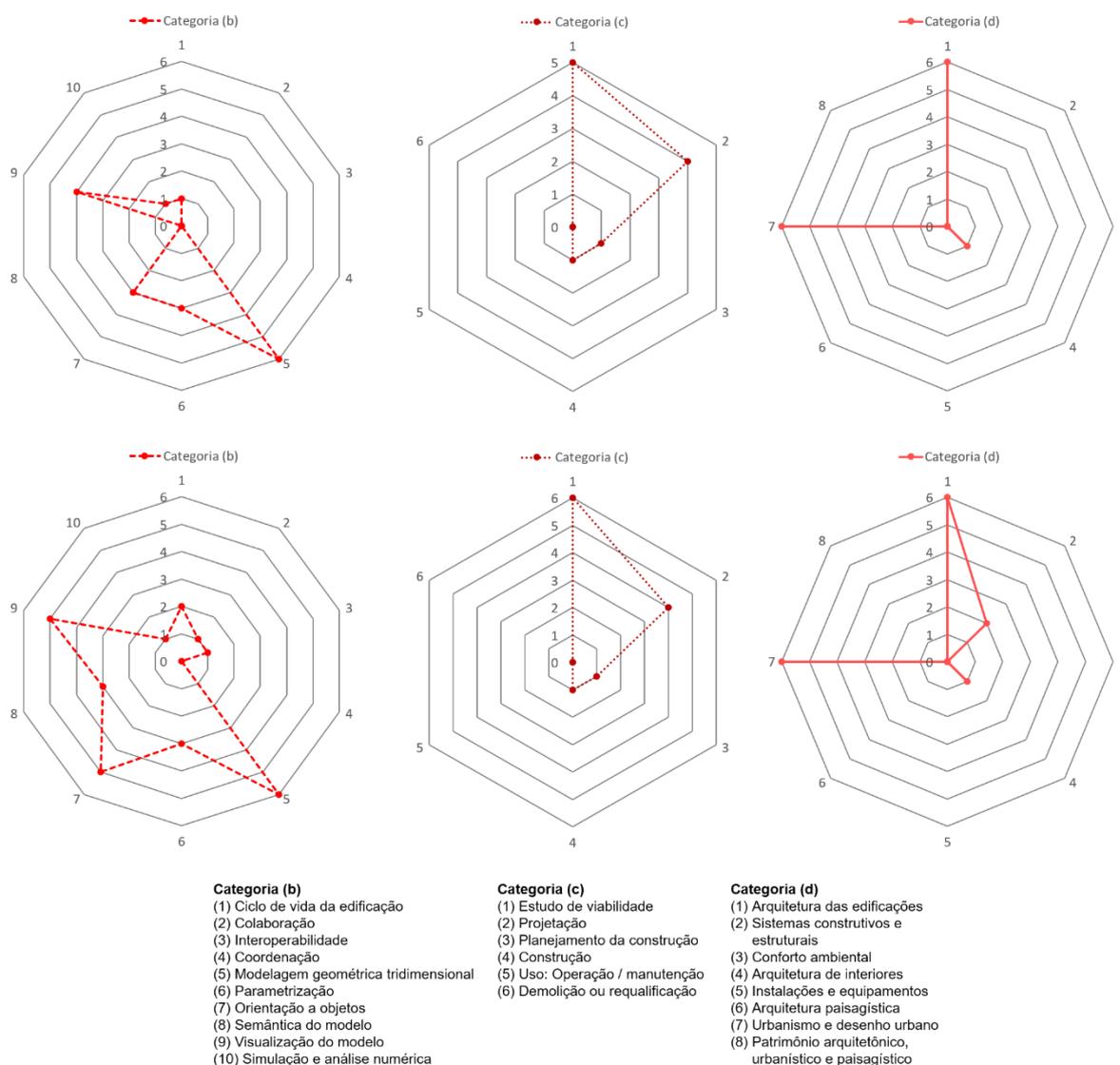


Fonte: o autor

É proposto que as disciplinas da área continuem alocadas no Ciclo de Fundamentação para que os recursos aprendidos possam ser utilizados em outras disciplinas do Ciclo Profissionalizante, o que entra em conformidade com o modelo de NPBM adotado. Também foi sugerida uma reorganização do desenvolvimento dos conteúdos para que ocorra o fechamento da área na disciplina PRT009, como é observado na matriz atual.

Com essas alterações pretende-se: I) preencher parte da competência “Conhecimento básico de outras disciplinas” e “Extração de quantitativos” e preencher totalmente as competências “Modelagem de componentes” e “LOD”; II) Dar o suporte instrumental referenciado no NPBM Introdutório, formando um modelador BIM preparado para o próximo ciclo do curso; e III) Criar uma sequência de conteúdo dentro das possibilidades de carga horária e ementa que foram identificadas nas análises.

Figura 39 - Comparativo das permeabilidades na área de Representação e Expressão



Fonte: o autor

As alterações propostas amplificam (Figura 39), da forma como foram realizadas, outros conteúdos importantes para a instrumentalização em BIM na área de Representação e Expressão como a orientação a objetos e a semântica de modelos (Gráfico 13). Também, não alteram o principal direcionamento da área – modelagem geométrica tridimensional – e é sugerido que tenham início no primeiro período do curso – como está disposta atualmente -, mas que abranja um período a mais – término no quarto período -. Com isso pretende-se aumentar a abrangência da área no NP BIM introdutório.

As etapas do ciclo de vida da construção presentes nas disciplinas também foram alteradas de forma que se alcançasse o desenvolvimento da capacidade de modelagem digital, já no primeiro período, o desenvolvimento e a extração de documentação gráfica técnica da construção no segundo e terceiro períodos, e a extração de dados e informações sobre o modelo no quarto período.

Quadro 8 - Impactos nas competências

Competências BIM segundo Barison e Santos (2015) – tópico 2.5.3	Identificado na Matriz FAU/UFJF	
(I) Domínio de ferramentas	V	
(II) Conhecimento de outras disciplinas	!	V
(III) Conceitos BIM	V	
(IV) Desenho e especificações	V	
(V) Extração de quantitativos	!	V
(VI) Gerenciamento de comunicação	X	
(VII) Interpretação de dados do modelo	!	
(VIII) Modelagem de componentes	V	
(IX) LOD	V	
(X) Gerenciamento de projeto	X	

■ Identificado na FAU/UFJF ■ Não identificado na FAU/UFJF por falta de especificações ■ Não identificado na FAU/UFJF

Fonte: o autor

Ressalta-se que as disciplinas que não possuem permeabilidade na área, apresentam conteúdos relacionados à representação e documentação de projetos, o que serviria de suporte para as disciplinas permeáveis.

Também foi incluída a área de projeto “Sistemas construtivos e estruturais” na PRT001 e PRT002 para que fosse possível utilizar recursos de colaboração e para que haja suporte à modelagem estrutural nas disciplinas de Tecnologia voltadas à estrutura construtiva. Espera-se, no entanto, a complementação desse conteúdo nas disciplinas de Tecnologia relacionadas.

No que tange a Categoria (a) das permeabilidades, propõe-se a amplificação de 1 para 4 disciplinas com permeabilidades de conteúdo claras na área de Representação e Expressão, tendo sido observado que essa ampliação é feita sem que se altere, drasticamente, as outras categorias de permeabilidade.

O Quadro 8 resume os possíveis impactos nas competências BIM ocorridos com a proposta de adequação realizada na área de Representação e Expressão.

As disciplinas que não indicaram permeabilidade na Categoria (a) na análise da matriz curricular, se mantiveram dessa maneira na proposta realizada. Apesar de não apresentarem relação com os conteúdos BIM, elas possuem grande importância para o desenvolvimento das técnicas, regras e aplicações da representação técnica e artística em arquitetura e urbanismo, sendo mantidas como estão devido a isso.

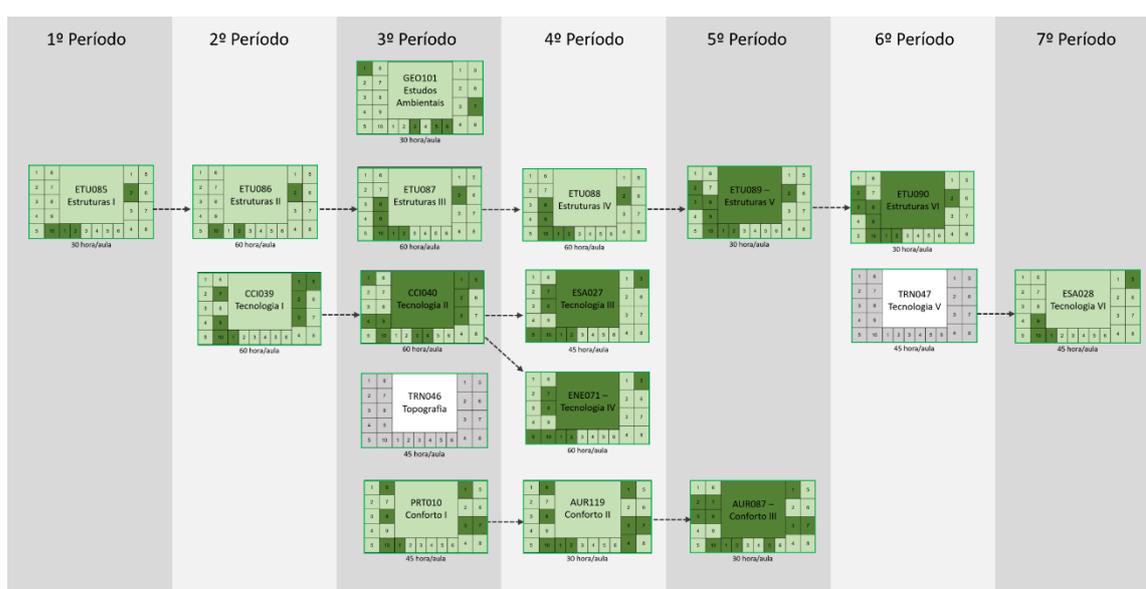
5.2) PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO NA ÁREA DE TECNOLOGIA

Na análise das permeabilidades foi identificada uma inclinação da área de Tecnologia para o conteúdo de simulação e análise numérica, e uma abordagem mais técnica das disciplinas. Apesar de não ter sido encontrada uma relação direta dos conteúdos das disciplinas com o BIM, também foi identificado que a inserção de conteúdos é possível, devido ao grande número de permeabilidades encontrado.

Sugere-se que as disciplinas estejam relacionadas a usos mais avançados do BIM como simulações, modelagem geométrica tridimensional de outras disciplinas de projeto que não foram abrangidas pela área de Representação e Expressão e gerenciamento de modelos.

As principais adequações sugeridas (Figura 40) são: I) identificação de permeabilidade clara de conteúdo nas disciplinas AUR087, CCI040, ESA027, ENE071, ETU089 e ETU090; II) transferência das disciplinas CCI039, CCI040 e ESA027 para o segundo, terceiro e quarto período, respectivamente; III) criação de uma sequência de desenvolvimento dos conteúdos BIM nas disciplinas onde foram identificadas permeabilidades com o BIM; e IV) inclusão das disciplinas em parte do conteúdo desenvolvido no NPBIM introdutório, principalmente para preparar o corpo discente para o NPBIM intermediário, onde as disciplinas da área de Tecnologia também terão contribuição no conteúdo.

Figura 40 - Adequação da área de Tecnologia



Fonte: o autor

Como identificado no tópico 4.1.3, a área de Tecnologia possui três categorias de disciplinas: tecnologia, estruturas e conforto ambiental. Para um melhor entendimento da proposta de adequação, as alterações serão analisadas por categoria da área.

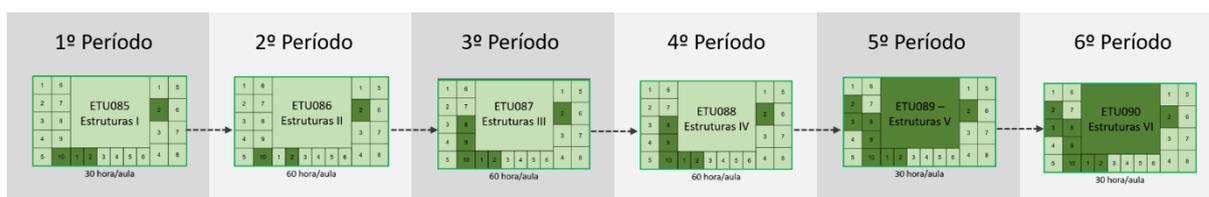
Na categoria “estruturas” (Figura 41), foi proposto a manutenção da alocação das disciplinas nos seus respectivos períodos do curso, entretanto, os conteúdos BIM foram inseridos progressivamente no NPBIM introdutório em conformidade à área de Representação e Expressão, onde foi alocado o conteúdo de modelagem geométrica

tridimensional da área de projeto “Sistemas construtivos e estruturais” a partir do segundo período do curso. Devido a isso, não foi inserido, na categoria “estruturas”, o conteúdo de modelagem geométrica tridimensional.

Nessa categoria serão explorados recursos relacionados aos conteúdos: I) Simulação e análise numérica; II) Visualização do modelo; III) Semântica do modelo; IV) Colaboração; e V) Interoperabilidade.

É possível perceber que o direcionamento para o BIM ocorre a partir da disciplina ETU089, alocada no quinto período, NPBIM intermediário. Essa conformação é sugerida para que, a partir do quinto período, quando se inicia o ciclo profissionalizante do curso, seja incentivado o uso de recursos mais avançados do BIM, relacionados à interoperabilidade e gestão do processo de projeto.

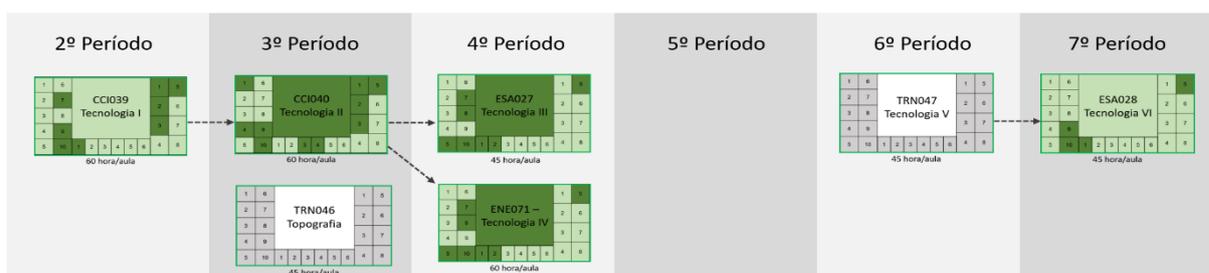
Figura 41 - Adequação da categoria “Estruturas”



Fonte: o autor

É adotado o mesmo pensamento para as categorias “tecnologia” e “conforto”. Na categoria “tecnologia” (Figura 42) é proposto que as disciplinas sejam realocadas para um período antes, permitindo, assim, o fechamento do conteúdo de parametrização e modelagem de outras áreas de projeto – “Instalações e equipamentos” e “Conforto ambiental” - no NPBIM introdutório.

Figura 42 - Adequação da categoria “Tecnologia”



Fonte: o autor

São, também, explorados, conteúdos relacionados à orientação a objetos e semântica do modelo, assim como simulação e análise numérica em ambientes BIM, tanto na categoria “tecnologia” quanto na categoria “conforto ambiental”.

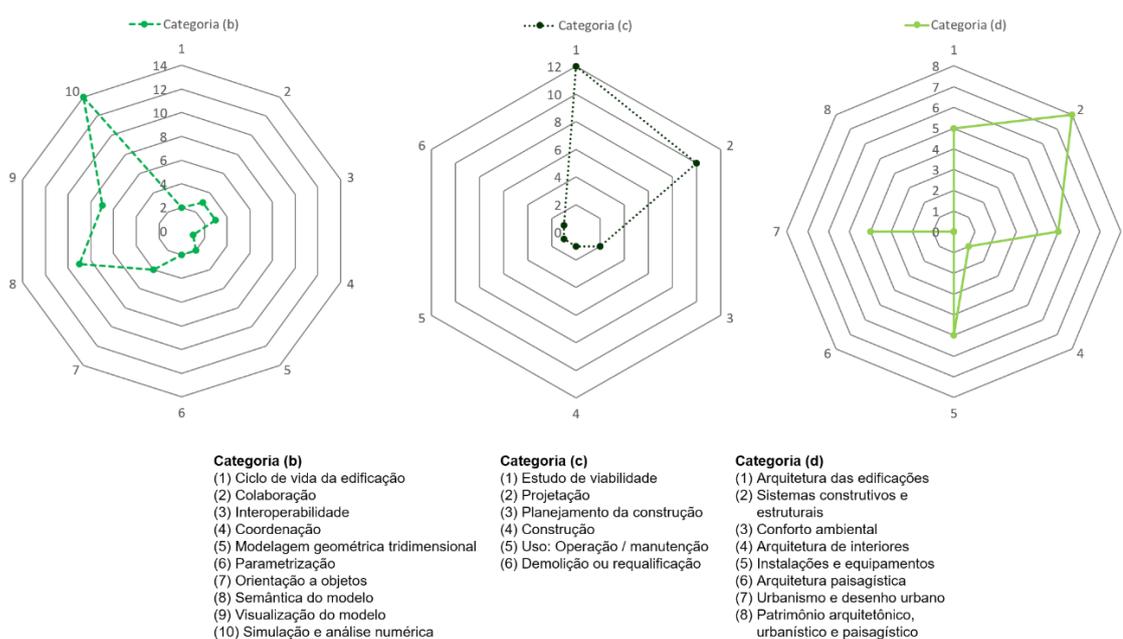
Figura 43 - Adequação da categoria "Conforto ambiental"



Fonte: o autor

A disciplina AUR087 da categoria “conforto ambiental” (Figura 43) será ministrada no quinto período, o primeiro do NP BIM intermediário, o que permite a inter-relação da disciplina com outras no mesmo período. Como foi proposto acima, as disciplinas da categoria “estruturas” e “tecnologia” também foram planejadas de modo a incentivar essa abordagem multidisciplinar no quinto período da matriz curricular.

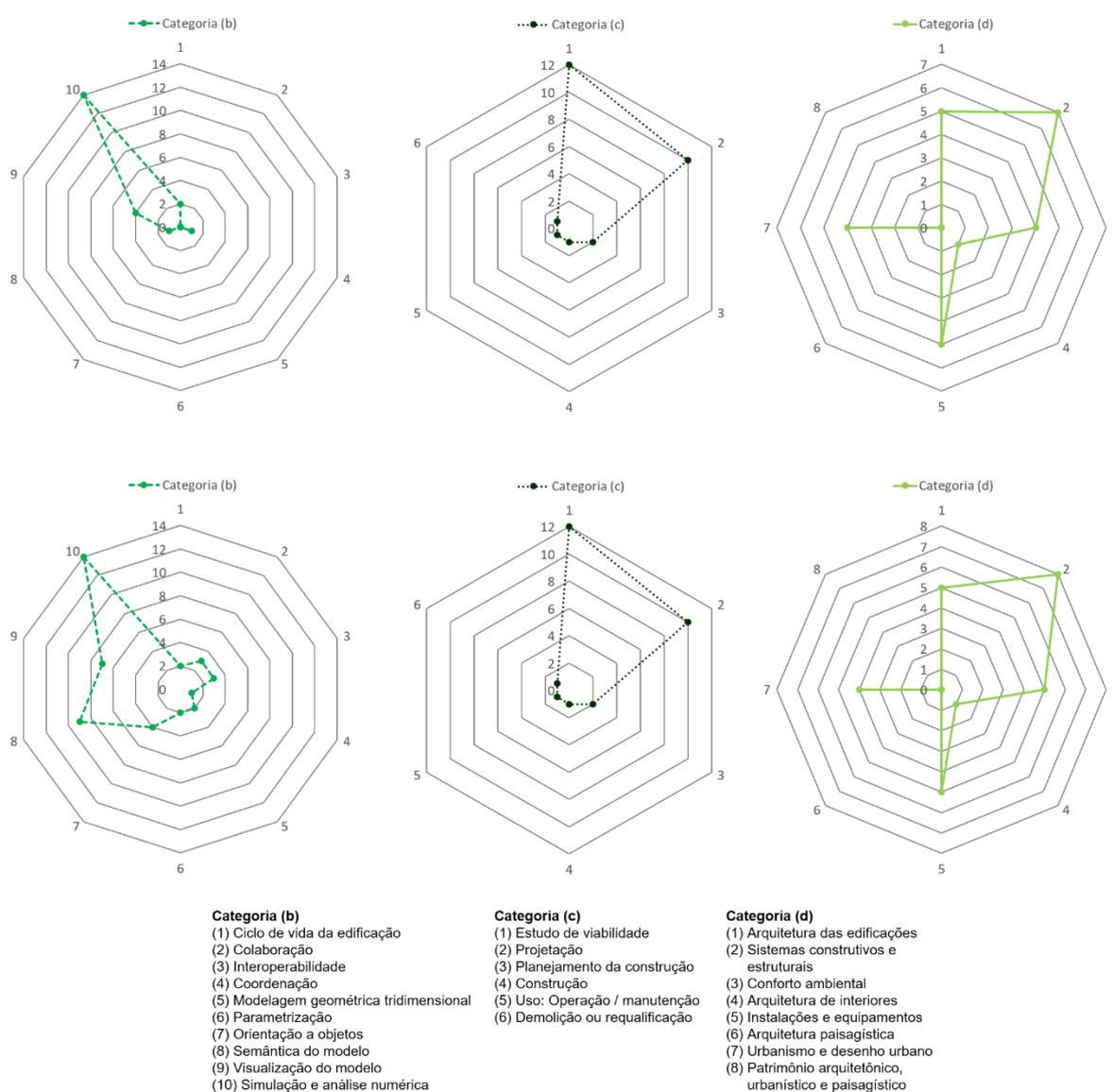
Gráfico 14 - Permeabilidades devido à adequação da área de Tecnologia



Fonte: o autor

As maiores alterações ocorridas nesta área de conhecimento são consequência: I) da reorganização dos conteúdos que levou à amplificação dos conteúdos ministrados; e II) amplificação de nenhuma para 6 disciplinas com permeabilidade clara de conteúdo – Categoria (a). Poucas alterações foram feitas nas Categorias (c) e (d) das permeabilidades devido à grande variedade de permeabilidades dessas categorias na matriz curricular vigente (Gráfico 14) (Figura 44).

Figura 44 - Comparativo das permeabilidades na área de Tecnologia



Fonte: o autor

As disciplinas onde não foram identificadas permeabilidades na Área de Tecnologia, serão mantidas como estão, tendo sido observado que a mesmas oferecem conteúdos com abordagem teórica – mecânica de solos, meio ambiente e infra-estrutura urbana -, aplicáveis a disciplinas da área de Projeto e à própria área de Tecnologia.

Com as adequações propostas, espera-se preencher (Quadro 9): I) parcialmente as competências relacionadas ao conhecimento de outras disciplinas, extração de quantitativos e gerenciamento de projeto; e II) totalmente as competências relacionadas à interpretação de dados do modelo.

Quadro 9- Impacto nas competências

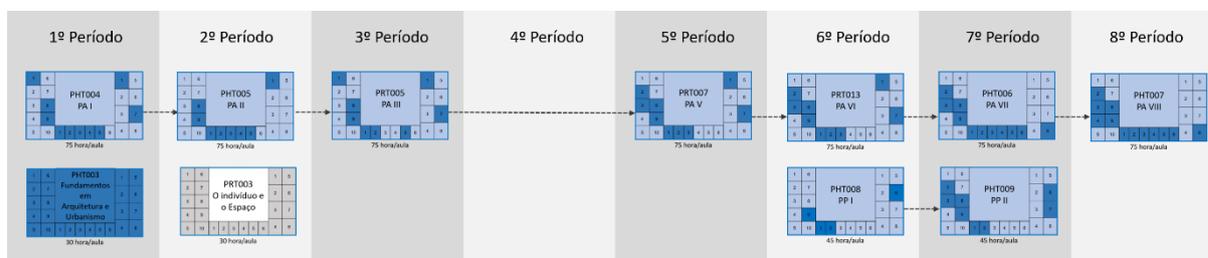
Competências BIM segundo Barison e Santos (2015) – tópico 2.5.3	Identificado na Matriz FAU/UFJF	
(I) Domínio de ferramentas	V	
(II) Conhecimento de outras disciplinas	V	
(III) Conceitos BIM	V	
(IV) Desenho e especificações	V	
(V) Extração de quantitativos	V	
(VI) Gerenciamento de comunicação	X	
(VII) Interpretação de dados do modelo	V	
(VIII) Modelagem de componentes	V	
(IX) LOD	V	
(X) Gerenciamento de projeto	X	V

■ Identificado na FAU/UFJF ■ Não identificado na FAU/UFJF por falta de especificações ■ Não identificado na FAU/UFJF

Fonte: o autor

5.3) PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO NA ÁREA DE PROJETO

Figura 45 - Adequação da área de Projeto



Fonte: o autor

A Área de Projeto apresenta uma abordagem voltada à aplicação do conhecimento teórico, com é analisado no tópico 4.1.5. As permeabilidades com o BIM foram identificadas nessa área devido, principalmente, à falta de especificidade de métodos utilizados em sala de aula para o desenvolvimento dos trabalhos.

A análise da área permitiu concluir que a inserção de conteúdos BIM pode ser difícil devido à pouca variedade de permeabilidades de conteúdo encontradas. Portanto, somente uma disciplina da área teve sua permeabilidade da Categoria (a) alterada para “existe uma interface clara com o BIM” – PHT003-.

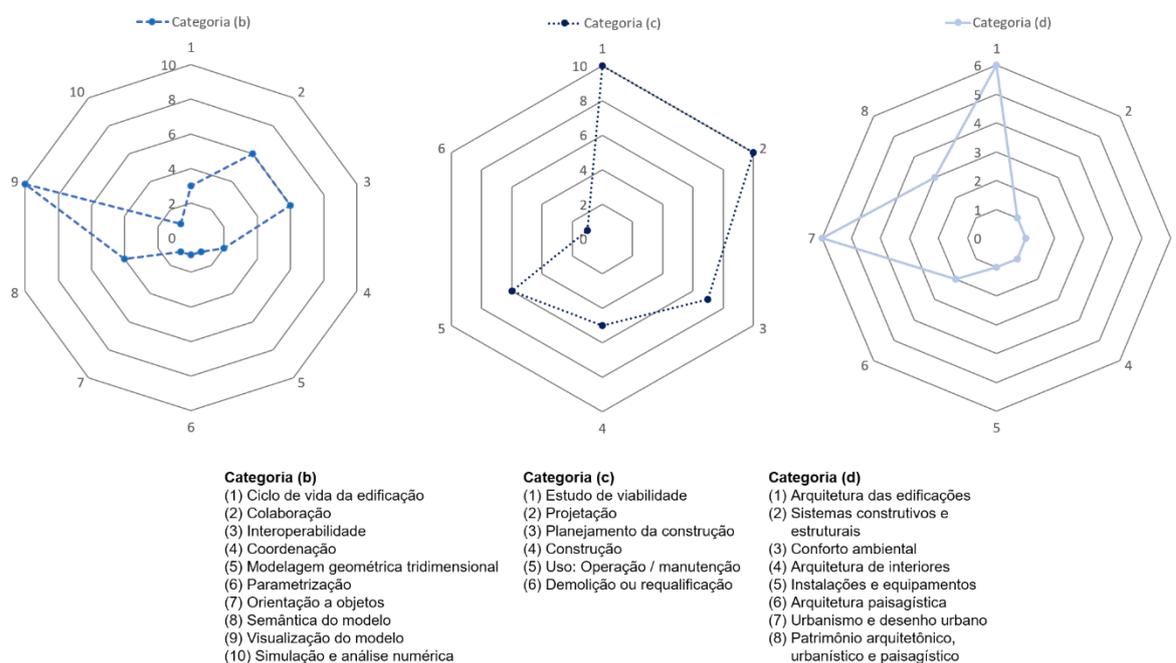
Entretanto, as disciplinas dessa área são consideradas essenciais para a formação do arquiteto, sendo dedicadas à aplicação prática de todos conhecimentos acumulados nas outras disciplinas das áreas de Representação e Expressão, Tecnologia e História e Teoria. Portanto é comum planejar a modificação de disciplinas relacionadas a essa área para a inserção de conteúdos BIM.

Na presente pesquisa serão propostas adequações de menor impacto e facultativas (Figura 45) nas disciplinas da Área de Projeto devido aos seguintes motivos: I) Os conteúdos BIM foram alocados mais facilmente nas outras áreas de conhecimento onde foram encontradas um maior número de permeabilidades; II) as disciplinas da área de Projeto possuem um formato rígido com temas relacionados ao conhecimento dos professores; III) uma implementação mais incisiva de permeabilidades vai contra a premissa de baixo impacto na matriz curricular; e IV) segundo a bibliografia levantada, a amplificação de conteúdos em disciplinas de

projeto é dificultada pela cultura de ensino vigente nos cursos superiores de arquitetura e urbanismo.

Espera-se, portanto, que as adequações e redirecionamentos dos conteúdos das disciplinas da área de projeto (Gráfico 15) para o BIM ocorram de forma mais gradual sendo suportadas – e por vezes pressionadas – pelas adequações mais vigorosas realizadas nas Áreas de Representação e Expressão e Tecnologia.

Gráfico 15 - Permeabilidades devido à adequação da área de Projeto



Fonte: o autor

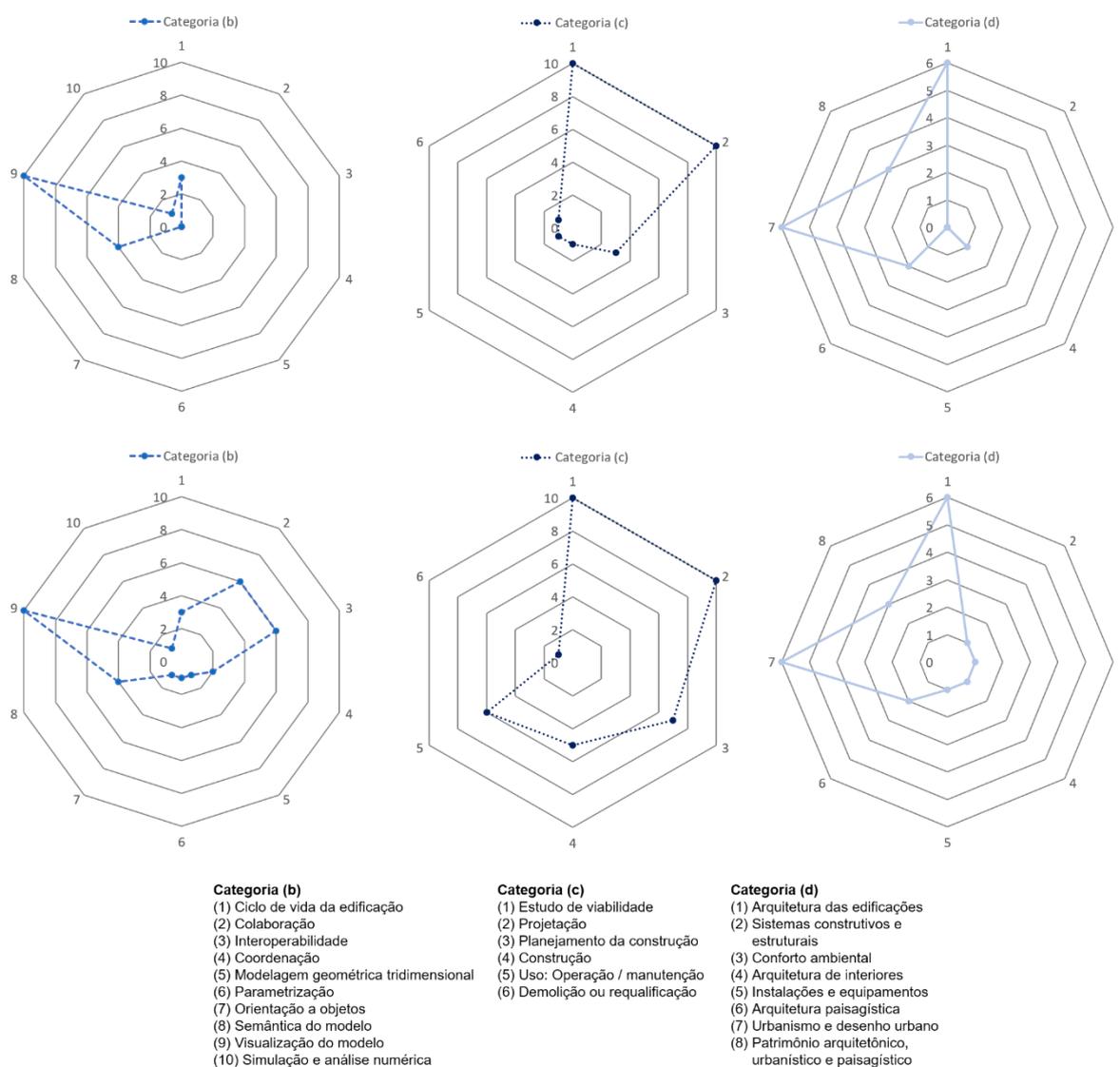
Somente a disciplina PHT003 será, claramente, permeável ao BIM, devido à sua maior congruência com os conteúdos analisados. Tal disciplina, será direcionada à teoria do projeto em BIM, já no primeiro período do ciclo de fundamentação, criando, dessa forma, uma inter-relação com o que será ensinado nas áreas de Tecnologia e Representação e Expressão.

As outras disciplinas que apresentaram permeabilidades, até o fim do NPBIM introdutório, terão, somente o conteúdo de semântica do modelo inserido em suas ementas, o que, na verdade, já é, de certa forma evidente. Por serem disciplinas voltadas ao projeto arquitetônico, os trabalhos desenvolvidos são, naturalmente, mais

voltados às áreas de projeto “Arquitetura das edificações” e “Urbanismo e desenho urbano”.

A partir do quinto período – início do ciclo profissionalizante – é proposto o desenvolvimento de abordagens relacionadas ao projeto colaborativo multidisciplinar com os conteúdos “interoperabilidade” e “colaboração” inseridos nas disciplinas. Esses conteúdos serão implementados a longo prazo, posteriormente à consolidação da adequação do Ciclo de Fundamentação.

Figura 46 - Comparativo das permeabilidades na área de Projeto



Fonte: o autor

As disciplinas “Projeto de Arquitetura e Urbanismo” e “Projeto Paisagístico”, complementarmente com a disciplina PHT003, poderão desenvolver competências relacionadas ao “Gerenciamento de Comunicações” e ao “Gerenciamento de Projeto” a partir da implementação de conteúdos teóricos sobre as competências e a aplicação da teoria no desenvolvimento dos projetos dos alunos em sala de aula.

Quadro 10 - Impactos nas competências

Competências BIM segundo Barison e Santos (2015) – tópico 2.5.3	Identificado na Matriz FAU/UFJF
(I) Domínio de ferramentas	V
(II) Conhecimento de outras disciplinas	V
(III) Conceitos BIM	V
(IV) Desenho e especificações	V
(V) Extração de quantitativos	V
(VI) Gerenciamento de comunicação	V
(VII) Interpretação de dados do modelo	V
(VIII) Modelagem de componentes	V
(IX) LOD	V
(X) Gerenciamento de projeto	V

Fonte: o autor

Essa adequação não modifica o principal direcionamento da Área de Projeto – visualização do modelo – ao mesmo tempo que abre possibilidades diversas para o

desenvolvimento de projetos em sala de aula com ferramentas direcionadas a esse uso (Figura 46). A permeabilidade “depende do foco dado pelo professor” adotada, permite que os grupos de alunos e professores, em sala de aula, possam optar por adotar a metodologia BIM ou não.

Nas duas últimas disciplinas da Área – PHT006 e PHT007 – ainda é proposto o desenvolvimento de trabalhos que considerem todas as etapas do ciclo de vida da edificação para que, na última disciplina da área – PHT007 – seja possível desenvolver conteúdos relacionados à coordenação de projetos em BIM.

Com o que foi proposto, pretende-se completar o quadro de competências (Quadro 10) utilizado como referência nesse estudo para que a formação dos alunos da FAU/UFJF possa se direcionar ao BIM.

Além da complementação das competências, caso as disciplinas, realmente, adotem o BIM em sala de aula, será possível aplicar as competências desenvolvidas nas outras disciplinas das Áreas de Tecnologia e Representação e Expressão nos trabalhos desenvolvidos nas disciplinas da Área de Projeto.

5.4) PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO EM OUTRAS ÁREAS DA MATRIZ

Além das Áreas de Projeto, Representação e Expressão e Tecnologia, a matriz da FAU/UFJF ainda possui as disciplinas obrigatórias da Área de História e Tecnologia e as disciplinas de TCC. Apesar de haver a possibilidade de inserir conteúdos BIM na disciplina HIS051, a realização de uma proposta de inserção de conteúdos BIM em disciplinas de História e Teoria deve ser analisada de outra forma pois a análise das ementas não permitiu identificar quais os direcionamentos das disciplinas da área.

As disciplinas de TCC, nesta proposta, também continuarão da mesma forma como se apresentam atualmente. Dessa forma, é aberta a possibilidade do desenvolvimento de projetos com o BIM no NPBIM avançado para alunos que se dispuserem a realizar trabalhos dessa maneira. Esse formato do TCC, juntamente às adequações propostas, podem ser o ponto de partida para a realização de trabalhos de conclusão em equipe que sejam desenvolvidos por alunos de cursos e especialidades diferentes.

5.5) CONCLUSÃO DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO

A proposta de adequação é realizada nesta pesquisa no intuito de exemplificar como o sistema de classificação pode ser utilizado. Portanto, a proposta aqui realizada, não possui validade de aplicação, e sim de pré-análise da matriz curricular da FAU/UFJF para a estruturação de um planejamento de implantação do BIM.

Como citado no tópico 5 da presente pesquisa, não é intenção da proposta realizada oferecer um modelo fechado e rígido de implementação do BIM na matriz curricular da UFJF, e sim, um sistema de planejamento de implementação que possa ser utilizado como referencial e que possa ser adaptado à realidade das instituições que desejam adotar o BIM em suas matrizes.

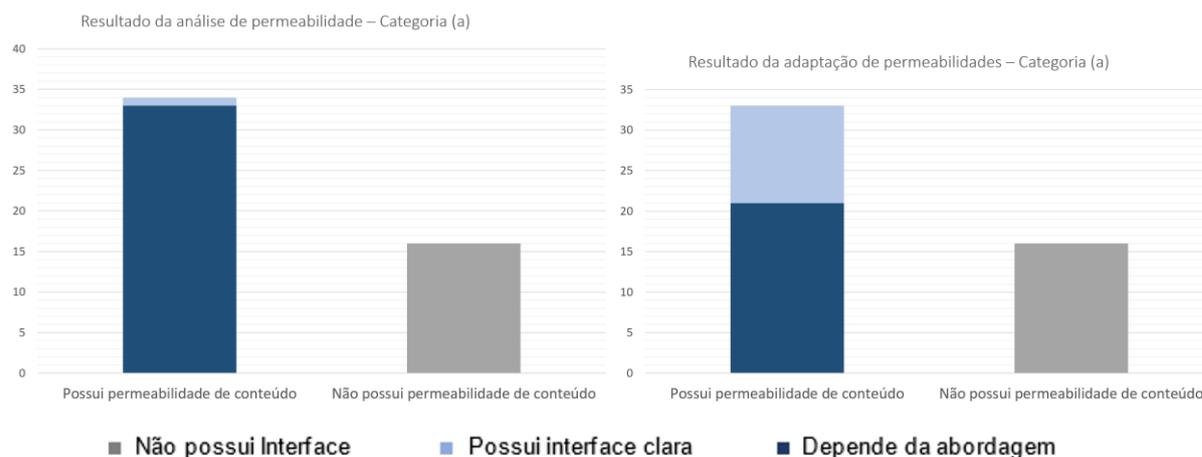
Acredita-se que a distribuição e amplificação dos conteúdos com maior consistência devam ser feitas em conjunto com o corpo docente do curso. O modelo de adequação pode ser otimizado incluindo entrevistas com professores que, certamente, podem desencadear novas possibilidades de implementação.

Devem ser consideradas, entretanto, as análises e considerações que puderam ser feitas a partir da adequação proposta pela presente pesquisa.

A nível de conteúdos explorados com a adequação, é possível observar que a matriz analisada no presente estudo pode alcançar níveis de implementação do BIM bem aprofundados. A amplificação dos conteúdos proposta permite que os alunos tenham contato com conteúdos relacionados ao NPBIM avançado como: I) modos de implementação dos processos de projeto BIM; II) habilidades de trabalho em grupo e; III) conceitos relacionados como a interoperabilidade.

Esses conteúdos possuem suporte na FAU/UFJF. A estrutura física oferecida pela faculdade permite que os alunos desenvolvam projetos em ateliês de projeto de maneira colaborativa, entretanto, não foi analisada, nem observada, a possibilidade de realizar atividades que envolvam mais de um curso relacionado à indústria AECO da UFJF.

Essa limitação da pesquisa não permite que seja feita uma análise com clareza de qual nível de implementação BIM pôde ser alcançado com a adequação proposta, sendo mais seguro afirmar que a proposta oferece conteúdos que permitem que os alunos compreendam a teoria e desenvolvam projetos a nível BIM 2.0.

Gráfico 16 - Categoria (a) de permeabilidade após a adequação

Fonte: o autor

Os impactos na matriz curricular também podem ser mensurados, comparando-se a matriz vigente com a proposta. Não foram alteradas as principais inclinações principais de conteúdo das áreas de conhecimento, nem foi preciso alocar conteúdos BIM em disciplinas que não mostram permeabilidade de conteúdo. Os 32% das disciplinas que não possuem permeabilidade foi mantido com a proposta.

Ao mesmo tempo, é possível observar uma ampliação das permeabilidades claras de conteúdo em 10 disciplinas da matriz curricular (Gráfico 16) e um aumento de 83 para 113 permeabilidades de conteúdo – Categoria (b) – encontradas nas disciplinas obrigatórias. Isso implica em um aumento de 33% no total de permeabilidade de conteúdo e um aumento de 1000% no número de disciplinas com permeabilidade clara de conteúdo.

6) ADEQUAÇÃO DE CONTEÚDO DA DISCIPLINA PRT002

Na análise das permeabilidades de conteúdo realizada no capítulo 4 da presente pesquisa foi possível identificar uma permeabilidade clara de conteúdo BIM na disciplina PRT002 – Representação Digital Técnica II, da matriz curricular da FAU/UFJF (Figura 47). Essa identificação incentivou o aprofundamento da adequação da disciplina junto ao docente responsável por ela.

No contexto da matriz atual, a disciplina está alocada no segundo período do curso, no Ciclo de Fundamentação. Possui permeabilidade com os seguintes conteúdos: I) Parametrização; II) Modelagem geométrica tridimensional; III) Orientação a objetos; e IV) Visualização do modelo. A disciplina está relacionada, às etapas “Estudo de viabilidade” e “Projetação” do ciclo de vida das edificações e à disciplina de projeto “Arquitetura”.

Figura 47 - Permeabilidades atuais da PRT002

1	6	PRT002 RDT II						1	5
2	7							2	6
3	8							3	7
4	9							4	8
5	10	1	2	3	4	5	6	4	8

30 hora/aula

Fonte: o autor

Na proposta de adequação da matriz curricular da FAU/UFJF (Figura 48), a disciplina ainda faria parte do Ciclo de Fundamentação, entretanto, seria ministrada no terceiro período do curso e seria melhor assistida por outras disciplinas que já teriam introduzido outros conteúdos relacionados ao BIM nos dois primeiros períodos do curso – principalmente pelas PRT001 e PRT014 que incorporariam conteúdos

relacionados à modelagem geométrica tridimensional, parametrização, ciclo de vida das edificações, orientação a objetos, semântica do modelo e visualização do modelo.

Devido a isso, seriam incrementados à disciplina PRT002 conteúdos relacionados à interoperabilidade, colaboração e semântica do modelo, recursos específicos da etapa de viabilidade do projeto e ferramentas da área de projeto “Sistemas construtivos e estruturais”.

Figura 48 - Proposta de adequação da disciplina PRT002

1	6	PRT002 RDT II						1	5
2	7							2	6
3	8							3	7
4	9							4	8
5	10	1	2	3	4	5	6	4	8

30 hora/aula

Fonte: o autor

Se faz importante ressaltar que é possível identificar a exploração de recursos de estudo de viabilidade na ementa atual da disciplina, entretanto, após as entrevistas com o professor responsável, foi possível identificar que não são utilizados recursos diretamente ligados a essa etapa de projeto.

Apesar de sofrer alterações, a proposta de adequação da disciplina feita no capítulo 5 será utilizada como base para o planejamento da intervenção em sala de aula nos tópicos seguintes.

6.1) PLANEJAMENTO DA ADEQUAÇÃO DA DISCIPLINA PRT002 EM CONJUNTO AO PROFESSOR DA DISCIPLINA

Para a realização da intervenção em sala de aula, o professor da disciplina PRT002 foi consultado e foi levado a ele a proposta de adequação. Em um primeiro momento foram analisadas as competências BIM e seus respectivos conhecimentos, habilidades e atitudes explorados na disciplina.

No plano da disciplina apresentado pelo professor identificou-se as seguintes competências: I) Domínio no uso de ferramentas BIM para o desenvolvimento de modelos arquitetônicos; II) Conceitos BIM; III) Desenhos de construção e especificações. Em sala de aula, os alunos aprendem a utilizar o *software Revit* da Autodesk e é através dessa instrumentalização que as competências relacionadas são adquiridas.

No que tange os conhecimentos, habilidades e atitudes relacionados ao BIM, parte do que já existe na graduação pode ser identificado na disciplina PRT002 atualmente. Os conhecimentos já existentes são: I) Documentações; II) Desenho para a construção e fabricação; e III) Geometria espacial. A única habilidade claramente identificada é “Saber usar o computador”.

Portanto, para o desenvolvimento do plano de adequação da disciplina, foram consideradas, somente, as competências que ainda podem ser incorporadas na graduação – Quadro 4 do tópico 2.5.3.

Junto ao professor da disciplina foi fixado, também, o nível do impacto da adequação. Esse foi um dos pontos decisivos para a escolha de quais competências seriam inseridas, pois, para o presente estudo, foram cedidas três aulas no final do período com duração 2h cada em duas turmas da disciplina – uma com 19 e outra com 18 alunos. Com isso, seria possível que o professor finalizasse o conteúdo usual sem uma grande interferência da proposta de adequação.

Os fatores tempo e escopo da adequação também interferiram na forma de ministrar os conteúdos amplificados propostos, que foram ministrados em formato de *Workshop*. Para que não houvessem contratempos, devido à restrição de tempo para aplicação do *Workshop*, os recursos de rede da FAU/UFJF foram testados anteriormente com um grupo de 5 participantes que desenvolveram a modelagem de um cômodo na ferramenta *Revit* utilizando os recursos de *Worksharing*.

Na disciplina PRT002 os alunos aprendem a usar a ferramenta *Revit* para auxiliá-los no desenvolvimento de projetos, principalmente, para a extração de documentação 2D e imagens 3D. As discussões com o professor responsável permitiram concluir que existe uma defasagem de conteúdos relacionados ao desenvolvimento de modelos BIM e colaboração entre equipes de trabalho na disciplina. Com essas observações realizadas foi proposto introduzir a competência “Entendimento dos níveis de conhecimento (LOD) dos modelos BIM” e complementar as competências “Domínio no uso de ferramentas BIM para o desenvolvimento de modelos arquitetônicos” e “Conceitos BIM”.

As adequações propostas, abrangeram, portanto, os seguintes conhecimentos BIM: I) Conceitos relacionados a BIM; e II) Fluxo de trabalho BIM. Para isso, foram incorporadas as seguintes habilidades: I) Modelagem BIM utilizando um conjunto pré-definido de padrões e diretrizes; II) Gerar modelo de massas em ferramenta BIM; III) Habilidades pessoais e interpessoais; e IV) Ferramentas de comunicação e colaboração.

A utilização dos recursos de colaboração e a sistematização do processo de modelagem – balizado pelos LOD – levou ao desenvolvimento das seguintes atitudes: I) ser um membro da equipe; II) ter iniciativa; e III) ser disposto a ensinar outros.

A utilização dos novos recursos e o desenvolvimento das novas habilidades necessitaram de conceituação e aplicação prática. As atividades em sala foram divididas, portanto, em dois momentos: I) conceituação e instrumentalização dos novos conteúdos; e II) desenvolvimento de uma atividade utilizando o conhecimento adquirido com a disciplina.

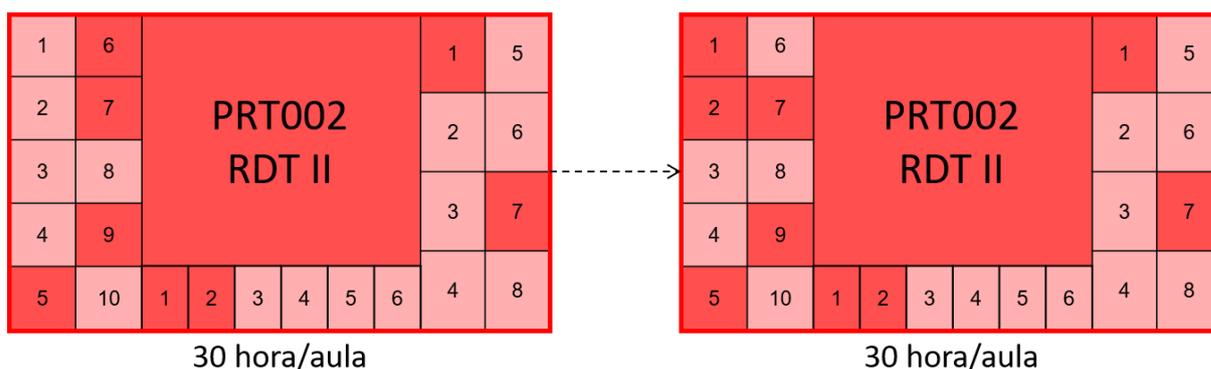
A análise mais aprofundada das possibilidades de adequação da disciplina, levando em conta sua estrutura atual, o seu contexto na matriz curricular da FAU/UFJF e o tempo disponibilizado para a realização dessas modificações fez modificar as permeabilidades propostas (Figura 49) no planejamento da matriz curricular – capítulo 5.

Os conteúdos propostos para o *Workshop*, portanto, foram divididos da seguinte maneira: Aula I) Conceituação de processos de desenvolvimento de modelos – Desenvolvimento de modelos tomando por base os LOD -, ciclo de vida das edificações, funções de projeto e *Worksharing*; Aula II) Capacitação dos alunos no uso de ferramentas do *Worksharing* e criação de modelos de massa – LOD100 -, apresentação da proposta de trabalho a ser realizado e orientação aos grupos de

alunos para o desenvolvimento correto do modelo de massa; Aula III) Orientação aos grupos para transformar os modelos de massa – LOD100 – em objetos genéricos – LOD200 – e, posteriormente, em objetos específicos – LOD300-.

Não foi possível explorar conteúdos relacionados à “semântica do modelo”, nem à “interoperabilidade”. Também não foi possível inserir, nesta intervenção, conteúdos relacionados à área de projeto “Sistemas construtivos e estruturais”. Entretanto, conteúdos relacionados à “Modelagem geométrica tridimensional”, à “Colaboração” e ao “Ciclo de Vida das edificações”, e o desenvolvimento de modelos para análise de viabilidade da edificação foram inseridos na disciplina. Esse desvio já era esperado e a adequação apresentou resultados satisfatórios, como será exposto nos próximos tópicos desta pesquisa.

Figura 49 - Amplificação de conteúdos alcançada



Fonte: o autor

6.2) APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA DISCIPLINA PRT002

A proposta de adequação foi aplicada em sala de aula nos dias 30/11, 01/12 e 04/12 de 2017. As aulas foram ministradas para duas turmas da disciplina PRT002 tendo duração de 2h cada. O tema levantando com os alunos foi: a sistematização do processo de modelagem utilizando a ferramenta *Revit* e a colaboração entre projetistas da mesma disciplina de projeto. Para facilitar a compreensão dos alunos, esses conteúdos foram apresentados como uma metodologia de modelagem.

Na primeira aula (dia 30/11) foi ministrado o conteúdo teórico da adequação. Foi apresentado aos alunos: I) A conceituação do BIM enquanto Tecnologia, Políticas e Processos; II) O Ciclo de vida das edificações e o Processo de Projeto; III) Benefícios do BIM para a indústria AEC e seus principais impactos no processo de projeto; IV) Níveis de implementação e colaboração entre agentes de projeto; V) Os níveis de desenvolvimento e a evolução da informação dos modelos; VI) Estudo de viabilidade com a utilização de massas conceituais; VII) As responsabilidades de projeto segundo a AsBEA (2013); e VIII) Colaboração e o uso de *worksets* da ferramenta *Revit*.

Na segunda aula foi proposto aos alunos a realização de uma atividade em que eles deveriam desenvolver o projeto de um pavilhão de exposições anexo ao galpão da FAU/UFJF. Os alunos foram divididos em grupos de 3 pessoas onde eles dividiram as atividades a serem realizadas de acordo com a matriz de responsabilidade da AsBEA (2013). Como regra, o desenvolvimento do modelo seguiu as especificações dos níveis de desenvolvimento (LOD100, LOD200 e LOD300) sendo que, ao final de cada etapa, cada grupo deveria passar por uma checagem visual realizada pelo professor para que a próxima etapa fosse desenvolvida.

Foi proposto, nessa mesma aula, que os grupos utilizassem a ferramenta *Workset* para desenvolverem o projeto de forma colaborativa. Entretanto, a rede da FAU/UFJF não conseguiu suportar a utilização desse recurso com tantos grupos trabalhando ao mesmo tempo. Foi proposto, portanto, que somente alguns grupos utilizassem a ferramenta, enquanto os outros deveriam desenvolver seus projetos seguindo, somente, a referência dos níveis de desenvolvimento (LOD).

Na terceira e última aula, os alunos terminaram de desenvolver seus projetos e foi exigida a entrega da documentação gráfica do mesmo para que o professor responsável pudesse avaliá-los (Figura 50).

A entrega deveria ter dois formatos: I) PDF com as pranchas do projeto plotadas digitalmente; e II) arquivo em .rtv para conservar as informações do modelo desenvolvido em sala de aula. A figura Z expõe alguns dos trabalhos realizados pelos alunos.

Ao fim da experiência concluiu-se que: I) a utilização da ferramenta “Massa Conceitual” permitiu novas possibilidades de projeto aos alunos; II) Os grupos que utilizaram a ferramenta *Workset* conseguiram desenvolver mais a representação de seus projetos; III) os mesmos grupos que utilizaram a ferramenta *Wokset* também tiveram dificuldades nos primeiros momentos de utilização da ferramenta, devido à

divisão das tarefas; IV) os alunos se adaptaram facilmente às exigências dos LOD, desenvolvendo a modelagem com facilidade; e V) a experiência teve um alto nível de aceitação pelos discentes. Para complementar as conclusões, foi aplicada uma entrevista com o corpo discente, participante da experiência para coletar suas impressões em relação à experiência.

Figura 50 - Alguns trabalhos desenvolvidos em sala de aula



Fonte: o autor

6.3) ENTREVISTA COM O CORPO DISCENTE DA FAU/UFJF

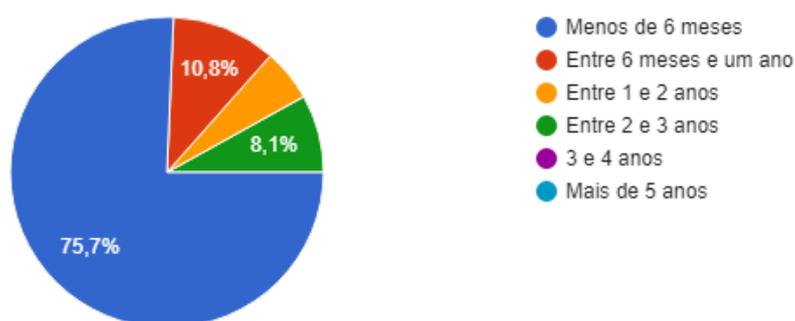
Ao final da última aula do *Workshop*, foi submetido um questionário aos discentes para que eles expusessem suas impressões em relação ao BIM e à experiência realizada. O questionário visou, majoritariamente, avaliar as dificuldades encontradas e se a experiência poderia incentivar o uso da metodologia BIM em outros projetos desenvolvidos no curso.

Os questionários foram aplicados a 37 alunos e obteve uma taxa de resposta de 100%. Foi identificado que grande parte dos alunos utilizam ferramentas BIM (Gráfico 17) a menos de 6 meses (75,7%), sendo que 92,5% está cursando o segundo período do curso. Este dado pode ter reflexo no nível de dificuldade da metodologia de projeto exposta (Gráfico 18) encontrado pelos alunos. Cerca de 73% dos alunos consideraram a metodologia com nível de dificuldade de médio a muito difícil.

Gráfico 17 - Resultados do questionário: tempo de utilização

A quanto tempo utiliza ferramentas da plataforma BIM?

37 respostas



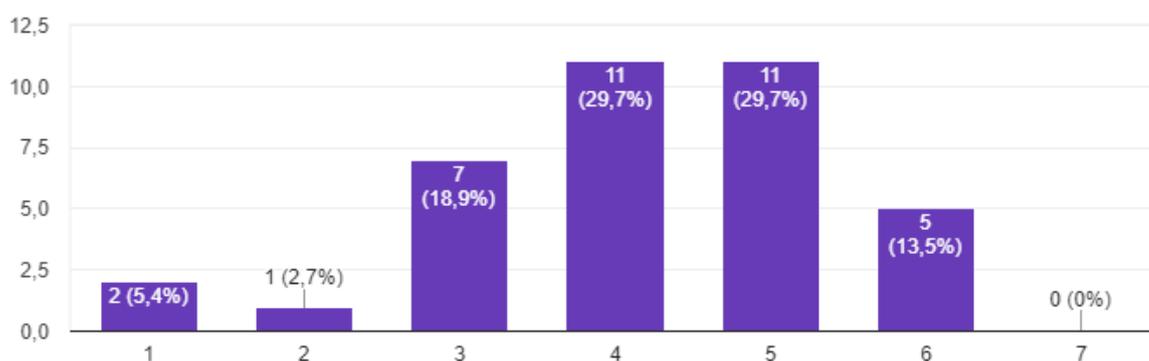
Fonte: o autor

Apesar da dificuldade do conteúdo apresentado, consideraram o que foi aprendido relevante para a disciplina (Gráfico 19) e para a utilização do *Revit* (Gráfico 20) na disciplina PRT002.

Gráfico 18 - Resultados do questionário: dificuldade da metodologia

Qual o nível de dificuldade da metodologia apresentada?

37 respostas



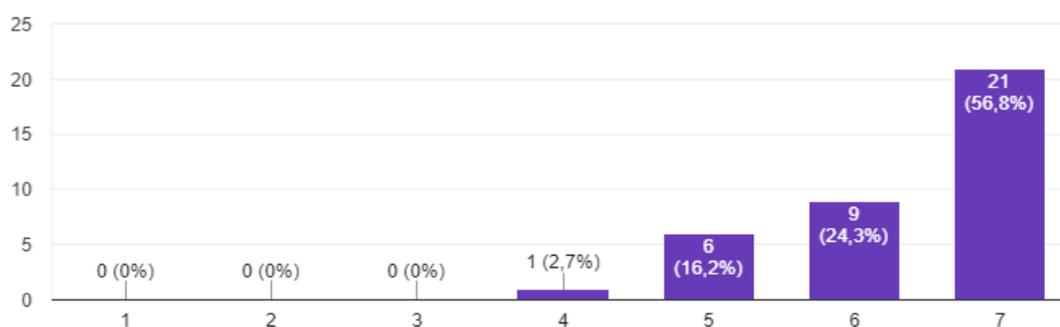
Fonte: o autor

Os alunos ainda foram questionados em relação à utilização da metodologia em projetos futuros e se, mesmo com as dificuldades encontradas, eles conseguiam identificar uma otimização do trabalho realizado com a adoção do método sugerido. A resposta a essas questões foi bastante positiva, com 97,3% dos alunos a considerando útil (Gráfico 21) para a realização de seus trabalhos e 75,6% observando um nível positivo de otimização (Gráfico 22) do desenvolvimento do projeto com a adoção do método apresentado em sala de aula.

Gráfico 19 - Resultados do questionário: relevância da metodologia apresentada

Você considera a incorporação de conceitos e atividades de metodologias de projeto como a apresentada, no prog...ino de ferramentas BIM, relevante?

37 respostas

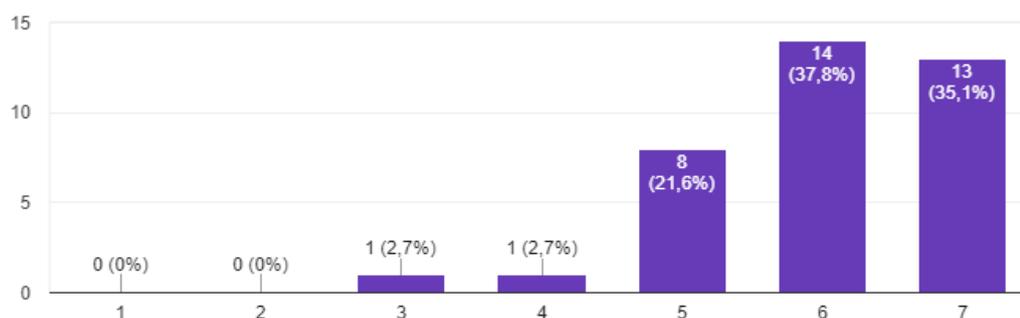


Fonte: o autor

Gráfico 20 - Resultados do questionário: relevância para a ferramentas BIM

A metodologia apresentada (desenvolvimento do projeto através dos LOD) é relevante para a utilização da ferramenta BIM ensinada em RDT II (Revit)?

37 respostas

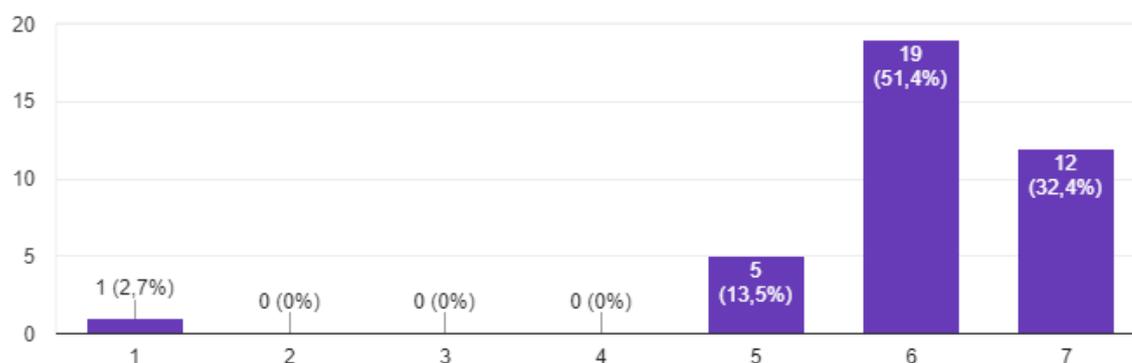


Fonte: o autor

Gráfico 21 - Resultados do questionário: utilidade da metodologia

A metodologia apresentada é útil para o desenvolvimento de seus projetos?

37 respostas

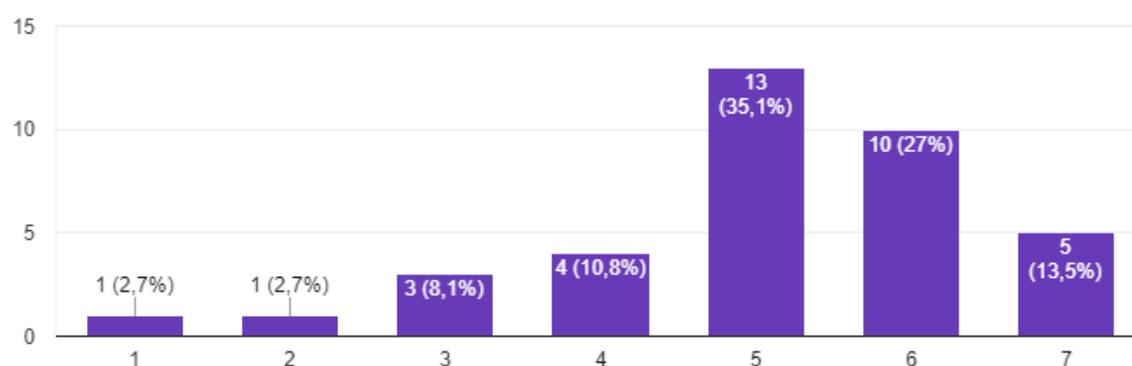


Fonte: o autor

Gráfico 22 - Resultados do questionário: otimização do processo

Quão otimizado o processo de projeto da atividade final proposta (projeto do pavilhão anexo à FAU) se tornou com a aplicação da metodologia apresentada?

37 respostas



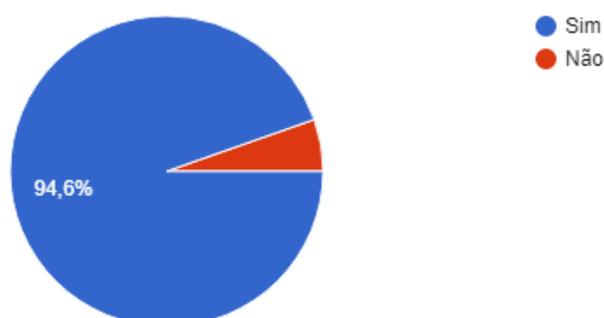
Fonte: o autor

Por fim, os alunos foram questionados se eles pretendiam utilizar os conhecimentos adquiridos com a experiência em projetos futuros (Gráfico 23) e 94,6% dos alunos que participaram da adequação pretendem utilizá-la posteriormente.

Gráfico 23 - Resultados do questionário: utilização em trabalhos futuros

Você pretende utilizar a metodologia apresentada nas próximas disciplinas de Projeto Arquitetônico ("P.A.")?

37 respostas



Fonte: o autor

Os dados coletados indicam que a sistematização do processo de modelagem e a utilização de recursos colaborativos são considerados temas importantes a serem abordados em sala de aula pelos alunos. A apresentação desses recursos em sala de aula de forma adequada pode incentivar os alunos a utilizá-los em seus trabalhos futuros o que é um indicativo positivo para a proposta realizada no capítulo 5 da presente pesquisa.

De fato, a instrumentalização adequada dos alunos em disciplinas do Ciclo de Fundamentação – ou no NP BIM introdutório – pode levar a uma adoção da metodologia BIM em disciplinas das outras áreas de conhecimento. Vale ressaltar que a intervenção foi proposta a uma única disciplina e a resposta se mostrou positiva para a adequação de conteúdos BIM. Isso indica que o esforço conjunto de disciplinas permeáveis aos conteúdos BIM pode levar a uma futura adoção mais generalizada na matriz curricular, tendo sido observado que o corpo discente adere à metodologia com bastante facilidade.

Apesar disso, deve se considerar que, o esforço isolado de uma única disciplina na matriz pode surtir um baixo impacto para a adoção do BIM. A dificuldade encontrada pelos alunos em relação à metodologia apresentada pode estar ligada a fatores que se relacionam com isso, como: I) Aplicação de conteúdos avançados em disciplinas que recebem alunos, majoritariamente, dos primeiros períodos do curso;

II) Falta de conceituação e instrumentalização básica do BIM em disciplinas nos primeiros períodos do curso; III) Não relacionar o BIM a processos em outros momentos do curso; e IV) Não aplicação de conteúdos BIM mais avançados em disciplinas posteriores e do Ciclo profissionalizante.

Conclui-se, portanto, que a metodologia BIM possui baixo impacto quando alocado de forma concentrada em uma matriz curricular, entretanto, existe uma adesão considerável do corpo discente à metodologia e é possível direcionar as disciplinas para ela, caso sejam feitas adaptações nos programas de disciplina da FAU/UFJF.

7) CONCLUSÃO

O objetivo geral dessa pesquisa, “Formular um modelo de adequação para matrizes curriculares a partir da identificação de pontos de incorporação dos conteúdos relacionados ao BIM no ensino superior de arquitetura e urbanismo” foi alcançado através dos objetivos específicos. A revisão da literatura permitiu identificar um método prático de identificação de permeabilidades entre o BIM e a matriz curricular do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFJF, e pontos balizadores para a inserção de novos conteúdos baseados nos NPBIM e competências BIM. Também foi possível identificar, através da revisão, conceitos do BIM e demandas atuais do ensino da plataforma para a formação de arquitetos.

A formulação da proposta de adequação foi alcançado através dos seguintes procedimentos: I) análise da estrutura atual e das permeabilidades BIM da matriz curricular da FAU/UFJF; II) identificação de competências BIM relacionadas à função do arquiteto no processo de projeto BIM existentes na matriz da FAU/UFJF; III) Formulação de uma proposta de adequação da matriz a partir da ampliação dos conteúdos BIM em disciplinas permeáveis à plataforma; IV) Verificação das amplificações através das competências necessárias e dos NPBIM.

Foi realizada, também, uma experiência de implantação na disciplina PRT002 da FAU/UFJF. Para tal, alguns obstáculos foram encontrados e foi necessário alterar alguns pontos da proposta de adequação realizada. Essas alterações permitiram identificar que: I) é possível ampliar conteúdos BIM em disciplinas permeáveis de matrizes curriculares de cursos de Arquitetura e Urbanismo; II) A adequação planejada de mais de uma disciplina permeável pode ser uma maneira de implementar o BIM na matriz curricular sem que seja necessário reestruturá-la completamente; e III) a introdução de conceitos BIM é bem recebida pelo corpo discente.

Conclui-se, portanto, que a identificação de permeabilidades de conteúdos BIM juntamente a pontos balizadores de conteúdos como as competências BIM, os níveis de implementação do BIM no ensino, os NPBIM, e o planejamento de adequação de disciplinas junto ao corpo docente, permite formular uma proposta de adequação de matrizes curriculares para a implementação do BIM no ensino.

7.1) CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem, atualmente, no Brasil, instituições que tem se esforçado para gerar conteúdos relacionados ao BIM, levando informação e incentivando a adoção da metodologia no mercado da indústria da construção. Documentos como os Guia BIM da AsBEA têm sido desenvolvidos e disponibilizados gratuitamente para o público. Grandes exemplos são: I) a Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras – CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção); e II) a Coletânea Guias BIM – ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial).

Entretanto, ainda é possível observar uma visão mercadológica da metodologia voltada a simples instrumentalização de ferramentas de projeto como o *Revit*. Acredita-se que isso se deve à abordagem tradicional dada ao ensino de softwares de auxílio ao desenvolvimento de projetos nos dias atuais.

Comumente, tanto alunos de graduação, como profissionais da indústria AECO, utilizam os recursos tecnológicos para desenvolver maquetes eletrônicas e a representação gráfica de projeto. Isso pode criar a impressão e, pode se dizer, também, a expectativa, que a utilização de ferramentas BIM seja, somente, uma forma mais prática e integrada de desenvolver esse tipo de material.

Essa premissa pode levar, tanto alunos, como professores, de cursos de graduação ou outros formatos, a buscarem soluções voltadas, exclusivamente, à modelagem geométrica tridimensional, num primeiro momento. O grande problema é que, segundo a bibliografia levantada, a defasagem do ensino do BIM se dá, principalmente, devido a subutilização dos seus recursos enquanto ferramenta de modelagem.

Nos cursos de graduação, esse problema ainda é agravado por vários fatores, sendo um deles de grande relevância para o presente estudo: a resistência por parte do corpo docente em modificar a estrutura de grades curriculares e de disciplinas. Esse fator pode levar os cursos de graduação a não adotarem o BIM ou a adotarem seus conteúdos de forma pontual e isolada.

A intenção dos estudos realizados neste trabalho é propor uma alternativa plausível de aplicação do BIM que possa, de certa forma, contornar, a problemática em torno da plataforma no ensino superior e, ao mesmo, tempo, que possa instruir o corpo discente de forma correta em relação a seus conteúdos. Seja amplificando os

conteúdos BIM nas disciplinas isoladas da matriz – como a PRT002 -, seja amplificando conteúdos BIM em toda a matriz curricular de um curso de Arquitetura e Urbanismo, espera-se que a adequação proposta instrua o aluno a ver o BIM como metodologia, estratégia de projeto e não como um simples modelador digital.

A preocupação em relação ao acesso ao ensino de qualidade do BIM recebeu mais um incentivo nos dias anteriores à finalização deste trabalho. No dia 17 de maio de 2018, foi baixado o decreto nº 9.377 que institui uma estratégia de disseminação do BIM no Brasil, que visa acelerar a implementação do BIM no país. Com isso, acredita-se que será demandado, cada vez mais, que os profissionais formados em instituições superiores tenham competências relacionadas à plataforma.

A revisão bibliográfica do presente estudo permitiu identificar que existem pesquisas de grande relevância voltadas ao ensino do BIM no Brasil, o que pode indicar a relevância do tema. Apesar disso, poucos descrevem experiências de implementação de conteúdos BIM na academia brasileira.

No presente estudo foi relatada a experiência de implementação na disciplina PRT002. Sabe-se que, apesar do esforço realizado, alguns pontos da proposta poderiam ser modificados como o tipo de conteúdo levado para sala de aula, forma de abordagem do conteúdo e tipo das atividades desenvolvidas. Apesar disso, tanto a resposta dos discentes como a do docente responsável pela disciplina foi bastante positiva, o que abriu a possibilidade de repetição da experiência e consequente aprimoramento da mesma no primeiro semestre letivo de 2018.

Para o planejamento desta próxima experiência já foi proposta a inserção de conteúdos relacionados a “orientação a objetos” e a “interoperabilidade”. Foi ampliado, também o número de aulas da experimentação para quatro dias. Com o tempo, espera-se que a disciplina seja adequada como um todo e não somente em uma parte da mesma.

Ainda é esperado que novos desafios sejam encontrados a frente quando se propor ampliar conteúdos BIM em vários pontos da matriz curricular da FAU/UFJF, principalmente aqueles que exigem uma melhor integração dos departamentos do curso que, acredita-se serem convergentes às disciplinas da área de Projeto do curso.

As disciplinas de projeto da FAU/UFJF, em sua maioria, ainda incentivam o desenvolvimento de projetos através dos processos tradicionais. Teve-se conhecimento que na disciplina obrigatória PRT005 – Projeto de Arquitetura e Urbanismo III - e na disciplina eletiva PRT006 – Projeto de Arquitetura e Urbanismo

IV – é incentivado que os alunos utilizem o software *Revit* para desenvolver seus projetos, entretanto, somente como modelador.

A proposta de implementação do BIM concentrada nas disciplinas de suporte às de projeto se justifica por conta disso. É esperado que o movimento de implementação na grade de forma geral seja realizado dos professores das outras áreas para os alunos e dos alunos para as disciplinas de projeto.

Mesmo sendo esta, uma consequência desejável a médio ou longo prazo, não é esperado que as disciplinas de projeto adotem o BIM em sua forma plena. Na realidade, uma análise mais aprofundada na Área de Projeto é recomendada para tentar encontrar formas mais adequadas de adoção do conteúdo nessas disciplinas. Acredita-se que, uma forma de incentivar a inserção e conteúdos BIM nas disciplinas de projeto é colocar o professor na posição de coordenador de projeto, não sendo necessário a ele a instrumentalização aprofundada em ferramentas de projeto.

Conclui-se, portanto, que a implementação do BIM como metodologia de projeto é um processo iminente. Cabe às instituições de ensino que se preparem devidamente para que a formação de seus alunos dê suporte para eles nessa transformação. Ainda há muito a ser feito para que o BIM seja implantado plenamente da FAU/UFJF, entretanto, as análises realizadas mostram que é possível implementar a plataforma sem que seja necessário reestruturar totalmente o curso.

7.2) SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para a realização de trabalhos futuros, sugere-se:

- Estudos relacionados a experimentação de adequações em mais de uma disciplina dos cursos de arquitetura
- Desenvolvimento de meios de conectar as disciplinas verticalmente por meio dos recursos de interoperabilidade, baseando-se em experiências bem-sucedidas de implementação
- Exploração de conteúdos BIM diferenciados voltados, exclusivamente para cursos de arquitetura e urbanismo
- Estudos que incorporem fluxos de trabalho ao ensino e que podem expor competências de grande relevância para a função do arquiteto

- Pesquisas relacionadas a otimização dos formatos e processos de interoperabilidade e ao desenvolvimento de modelos
- Estudos que relacionem políticas BIM ao processo de projeto e às tecnologias BIM no ensino de arquitetura e urbanismo
- Aplicação do modelo desenvolvido em outras matrizes curriculares
- Aplicação do modelo desenvolvido em outros contextos de implementação do BIM, mais avançados
- Desenvolvimento de permeabilidades em disciplinas que não as apresentam – como na área de teoria e história.
- Aplicação do processo de projeto em BIM em disciplinas de projeto ou do ciclo profissionalizante
- Uso da metodologia utilizada para outras análises e propostas de adequação

BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, M. L. V. X. D.; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 76-111, Novembro 2009. ISSN 19811543.

ANDRADE, M. L. V. X. D.; RUSCHEL, R. C. Buildin Information Modeling (BIM). In: KOWALTOSKI, D. C. C. K., et al. **O Processo de Projeto em Arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. Cap. 21, p. 421 - 442.

ASBEA. **Guia AsBEA - Boas Práticas em BIM**. Associação Brasileira de Escrit[órios de Arquitetura. São Paulo. 2013.

ASBEA. **Guia AsBEA - Boas Práticas em BIM**. Associação Brasileira de Escrit[órios de Arquitetura. São Paulo. 2015.

AZAHAR, S.; KHALFAN, M.; MAQSOOD, T. Building Information Modeling (BIM): Now and Beyond. **Australasian Journal of Construction Economics and Building**, v. 12, n. 4, p. 15-28, 2012. Disponível em: <<http://epress.lib.uts.edu.au/journals/index.php/AJCEB/article/view/3032/3245>>. Acesso em: Junho 2017.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Ensino de BIM: tendências atuais no cenário internacional. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 6, n. 2, p. 67-80, Dezembro 2011. ISSN 19811543.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Percepções de professores quanto à introdução de BIM no currículo. **VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**, Recife, 4, 5 e 6 Novembro 2015. s.p.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. O papel do arquiteto em empreendimentos desenvolvidos com a tecnologia BIM e as habilidades que devem ser ensinadas na universidade. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 103-120, Janeiro 2016. ISSN 19811543.

BOEYKENS, S. et al. Experiencing BIM Collaboration in Education. **Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe - eCAADe 31**, 2013. 505-514.

BORGES, M. M. O Uso de Modeladores Tridimensionais Paramétricos na Formação de Competências de Representação Gráfica e Raciocínio Espacial no Processo de Projeto. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 21-37, Junho 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v11i1.99615>>. Acesso em: Junho 2017.

BOTELHO, E. X.; VIDAL, J. M. B. CSCW - Trabalho cooperativo suportado por computador. **HOLOS**, p. 130-137, Maio 2005. ISSN 1807-1600.

BUILDINGSMART. **buildingSmart**, 2018. Acesso em: <https://www.buildingsmart.org/> Janeiro 2018.

CALDEIRA, M. A. C.; SILVA, J. R. A Collaborative Framework for Conceptual Design. **SIGraDI 2010: Disrupción, modelación y construcción: Diálogos cambiantes**, Bogotá, 17,18 e 19 Novembro 2010. 218-221.

CATELANI, W. S.; SANTOS, E. T. Normas brasileiras sobre BIM. **Concreto e Construções**, São Paulo, n. 84, p. 54-59, Outubro 2016. Disponível em: <http://ibracon.org.br/Site_revista/Concreto_Construcoes/ebook/edicao84/files/assets/basic-html/#1>. Acesso em: Junho 2017.

CHECCUCCI, É. D. S.; AMORIM, A. L. D. Método para análise de componentes curriculares: identificando interfaces entre cursos de graduação e BIM. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 6-17, Janeiro 2014. ISSN 1980-6809.

CHECCUCCI, É. D. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. D. Colaboração e Interoperabilidade no contexto da Modelagem da Informação da Construção (BIM). **SIGraDI 2011: Cultura Aumentada**, Santa Fé, 16, 17 e 18 Novembro 2011. 482-485.

CHECCUCCI, É.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. D. Uma Visão da Difusão e Apropriação do Paradigma BIM no Brasil - TIC 2011. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 19-39, jan-jun 2013.

COSTA, G. C. L. R. D.; FIGUEIREDO, S. H.; RIBEIRO, S. E. C. Estudo Comparativo da Tecnologia CAD com a Tecnologia BIM. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 34, n. 2, p. 11-18, 2015. ISSN 0101-5001.

DELATORRE, V. **Potencialidades e limites do BIM no ensino de arquitetura: uma proposta de implementação**. Flriánópolis: [s.n.], 2014. 293 p.

DIECKMANN, A.; RUSSEL, P. The Truth Is In The Model. **Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe - eCAADe 32**, 2014. 417-426.

EASTAMAN, C. et al. **Manual de BIM - um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores**. Tradução de Cervantes Gonçalves Ayres Filho; Kléos Magalhães César Júnior, et al. Porto Alegre: Bookman, 2011. ISBN 978-85-8260-118-1.

FILHO, E. R.; FERREIRA, C. V. O Setor de Projetos e as Novas Tecnologias. In: FILHO, E. R., et al. **Projeto do Produto**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, v. Único, 2010. Cap. 5, p. 89 - 105.

GARAGNANI, S.; MINGUCCI, R.; LUCIANI, S. C. Collaborative design for existing architecture: the Building Information Modeling as a frontier for coordinated process. **SIGraDI 2012: Forma in Formação**, Fortaleza, 13, 14, 15 e 16 Novembro 2012. 96-100.

GASPAR, J. A. D. M.; MANZIONE, L. Proposição de um método para medir a capacidade de produção de um objeto paramétrico por um software BIM. **VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**, Recife, 4 a 6 Novembro 2015. s.p.

GASPAR, J. A. D. M.; RUSCHEL, R. C. A evolução do significado atribuído ao acrônimo BIM: Uma perspectiva no tempo. **SIGraDi 2017, XXI Congreso de la Sociedad Ibero-americana de Gráfica Digital**, Concepción, 22-24 November 2017. s.p.

HOLZER, D. BIM and Parametric Design in Academia and Practice: The Changing Context of Knowledge Acquisition and Application in the Digital Age. **International Journal of Architectural Computing**, v. 13, p. 65-82, 2015. ISSN 1478 0771.

IBRAHIM, M. M. Thinking the BIM Way. **Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe - eCAADe 32**, 2014. 427-435.

ISIKDAG, U.; UNDERWOOD, J. Two design patterns for facilitating Building Information Model-based synchronous collaboration. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 544-553, 2010.

KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. D. **BIM - Building Information Modeling no Brasil e na União Européia**. Brasília. 2015.

KIM, M.; KIRBY, L.; KRYGIEL, E. **Mastering Autodesk Revit 2017 for Architecture**. Indianapolis: John Wiley & Sons, 2016. 984 p.

KOCATURK, T.; KIVINIEMI, A. Challenges of Integrating BIM in Architectural Education. **Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe - eCAADe 31**, 2013. 465-474.

LIMA, F. T. D. A.; SOARES, C. A. P.; BORGES, M. M. Novas tecnologias e ferramentas de simulação e suas aplicações no processo de produção arquitetônica. **CES Revista**, Juiz de Fora, v. 25, p. 33-47, 2011. ISSN 1983-1625.

LÓPEZ, R. R.; ROJAS, S. I. D. A. **Curso BIM A0 - ZIGURAT**. [S.l.]: [s.n.], 2017. Acesso em: 2017.

MALACHY, M. BIM Collaboration in Student Architectural Technologist Learning. **Journal of Engineering, Design and Technology**, Dublin, Junho 2013.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o Uso do BIM**. São Paulo: [s.n.], 2013. 367 p.

MANZIONE, L. et al. Desafios para a implementação do processo de projeto colaborativo: análise do fator humano. **V TIC**, Salvador, 4 e 5 Agosto 2011. s.p.

MCDONALD, J.; MILLS, J. An IPD approach to construction education. **Australasian Journal of Construction Economics and Building**, p. 93-103, 2013.

MELLO, R. B. D. **BIM e custos - Maximize os dados do modelo com o Navisworks e o Quantity Takeoff**. [S.l.]: [s.n.], 2012.

MENEZES, A. M. D. et al. A adequação (ou não) dos aplicativos BIM às teorias contemporâneas de ensino de projeto de edificações. **SIGraDI 2010: Disrupción, modelación y construcción: Diálogos cambiantes**, Bogotá, 17, 18 e 19 Novembro 2010. 55-57.

MENEZES, A. M. D. et al. O BIM e o ensino de projeto de edificações nos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil em Minas Gerais. **SIGraDI 2012: Forma in Formação**, Fortaleza, 13, 14, 15 e 16 Novembro 2012. 575-579.

NAKAPAN, W. Challenge of teaching BIM in The First Year Of University. **20th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia CAADRIA 2015**, Hong Kong, 2015. 509-518.

NETTO, C. C. **Autodesk Revit Architecture 2015 - Conceitos e Aplicações**. 1ª. ed. São Paulo: Érica - Saraiva, 2014. 432 p. ISBN 9788536511603.

OLIVEIRA, L. C. C. F.; PEREIRA, A. T. C. Mudanças metodológicas decorrentes da implantação recente de BIM em escritórios de arquitetura. **SIGraDI 2011: Cultura Aumentada**, Santa Fé, 16,17 e 18 Novembro 2011. 135-138.

OXMAN, R. Theory and design in the first digital age. **Design Studies**, v. 27, n. 3, p. 229-265, Maio 2006. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/destud>. Acesso em: Junho 2017.

PAIVA, R. A.; LEITE, R. M.; LIMA, M. Q. C. CAD e BIM: Transições e reflexos no ateliê de projeto. **SIGraDI 2012: Forma in Formação**, Fortaleza, 13, 14, 15 e 16 Novembro 2012. 229-232.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. **Metodologia do trabalho Científico: Método e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª. ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, v. Único, 2013. 277 p. ISBN 978-85-7717-158-3.

PUOLITAIVAL, T.; FORSYTHE, P. Practical Challenges of BIM Education. **Estructural Survey**, v. 34, p. 351-366, 2016. ISSN 0263-080X. Acesso em: Maio 2017.

RAHMANA, R. A. et al. Comparing Building Information Modeling Skills of Project Managers and BIM Managers based on Social Media Analysis. **Procedia Engineering**, v. 145, p. 812-819, 2016. ISSN 1877-7058.

ROCHA, I. A. M. O projetista, a imagem e a informação na era digital. **SIGradl 2010: Disrupción, modelación y construcción: Diálogos cambiantes**, Bogotá, 17,18 e 19 Novembro 2010. 177-180.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. D.; MORAIS, M. D. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, Junho 2013.

RUSCHEL, R. C.; BIZELLO, S. A. Avaliação de Sistemas CAD livres. In: KOWALTOSKI, D. C. C. K., et al. **O processo de Projeto em arquitetura - da teoria à tecnologia**. São paulo: Oficina de Textos, 2011. Cap. 20, p. 395-420.

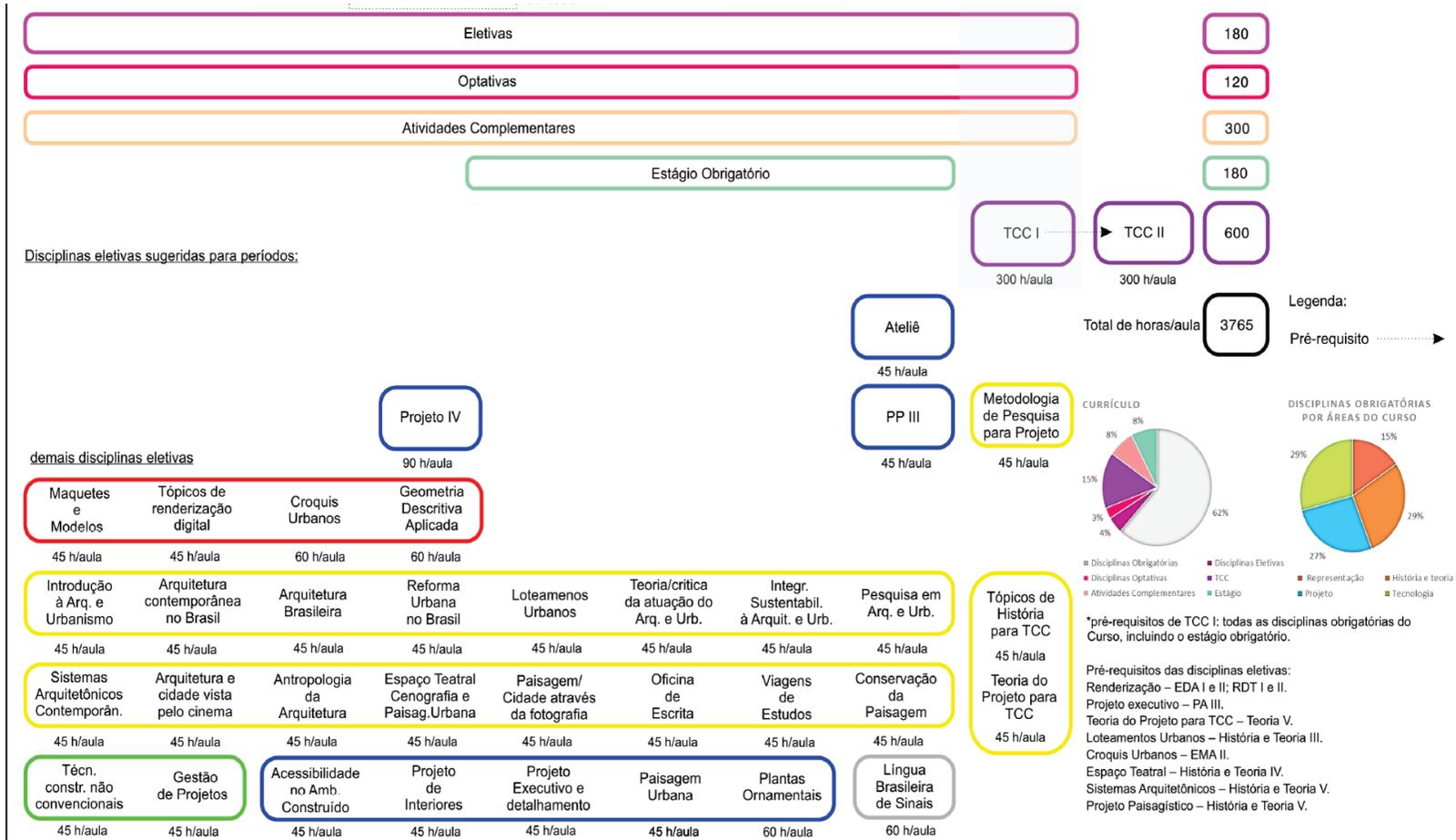
SOLNOSKY, R.; PARFITT, K.; HOLLAND, R. IPD and BIM–Focused Capstone Course Based on AEC Needs and Involvement. **American Society Of Civil Engineers**, p. s.p., 2014. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29EI.1943-5541.0000157>>. Acesso em: Maio 2017.

SOUZA, L. L. A. D.; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. D. M. Impactos do Uso do BIM em Escritórios de Arquitetura: Oportunidades no Mercado Imobiliário. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 4, n. 2, p. 26-53, Novembro 2009. ISSN ISSN: 19811543. Acesso em: 17 Outubro 2017.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, n. 18, p. 357-375, 2009.

TOMASOWA, R. BIM Design Collaboration Report. **20th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia CAADRIA 2015**, Hong Kong, 2015. 387-395.

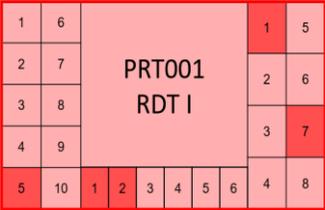
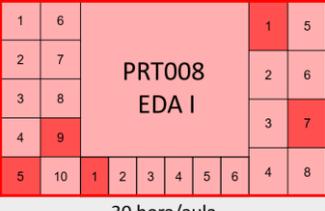
UFJF. UFJF. **Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, 2018. Disponível em:
<<http://www.ufjf.br/arquitetura/>>. Acesso em: Janeiro 2018.



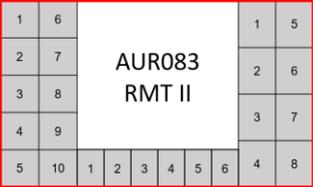
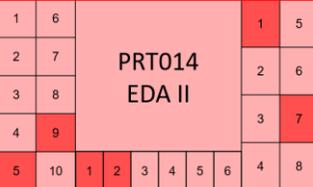
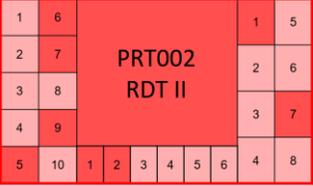
ANEXO 2 – PERMEABILIDADE DE CONTEÚDO FAU/UFJF

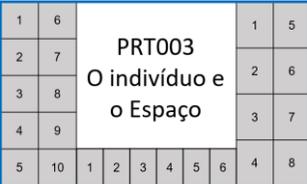
Análise das disciplinas – FAU/UFJF

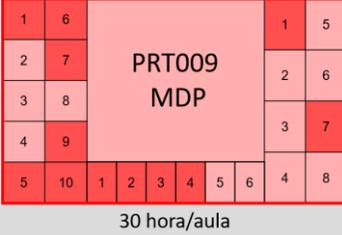
Identificação da Disciplina	Período	Ementa - Resumo	Permeabilidades	Análise gráfica
AUR077	1	Percepção espacial e manipulação formal; aportes conceituais da análise bi e tridimensionais da forma e dos objetos arquitetônicos e urbanísticos; objetos tridimensionais como ferramentas de concepção e representação projetual em arquitetura e urbanismo.	Possui relação com BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que busca explorar conceitos da percepção espacial e aplicação de métodos de manipulação e análises conceituais da forma arquitetônica.	 <p style="text-align: center;">45 hora/aula</p>
AUR078	1	Expressão manual artística em nível fundamental. Fundamentos e técnicas básicas de expressão gráfica artística. sínteses gráficas de conceitos e ideias referentes ao projeto de arquitetura e urbanismo.	Não possui	 <p style="text-align: center;">45 hora/aula</p>
AUR079	1	Representação manual técnica em nível fundamental. Princípios fundamentais da geometria plana e descritiva. Desenho técnico com base nas normas de representação. Desenho técnico aplicado ao projeto de arquitetura e urbanismo.	Não possui	 <p style="text-align: center;">45 hora/aula</p>

PRT001	1	Representação digital técnica em nível fundamental. Desenho técnico assistido por computador com base nas normas de representação. Abstração de formas e volumes. Desenho normativo aplicado ao projeto de arquitetura e urbanismo assistido por computador.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que explora conteúdos relacionados à modelagem digital geométrica com o software <i>SketchUP</i> .	 <p>PRT001 RDT I</p> <p>30 hora/aula</p>
PRT008	1	Expressão Digital Artística Em Nível Fundamental. Técnicas De Expressão Digital Artística. Síntese Digital Dos Conceitos E Ideias Referentes Ao Projeto De Arquitetura E Urbanismo.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que explora técnicas digitais de representação gráfica e concepção de projetos.	 <p>PRT008 EDA I</p> <p>30 hora/aula</p>
ETU085	1	1. Evolução dos Sistemas Estruturais: Materiais e Processos Construtivos. 2. Tipos de Sistemas Estruturais: Elaboração de Modelos Estruturais.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que a elaboração dos modelos estruturais pode ser desenvolvida em um ambiente digital BIM.	 <p>ETU085 Estruturas I</p> <p>30 hora/aula</p>
HIS104	1	História das artes e estética, com ênfase para as manifestações brasileiras e suas influências na arquitetura e urbanismo da antiguidade à revolução industrial.	Não possui	 <p>HIS104 História da Arte I</p> <p>45 hora/aula</p>

PHT011	1	Pré-história ao século XIV: aproximações sobre a história e as teorias com a análise da produção artística, arquitetônica e da urbanística.	Não possui	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td rowspan="5">PHT011 História e Teoria I</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>60 hora/aula</p>	1	6	PHT011 História e Teoria I	1	5	2	7	2	6	3	8	3	7	4	9	4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	PHT011 História e Teoria I	1	5																											
2	7		2	6																											
3	8		3	7																											
4	9		4	8																											
5	10		1	2	3	4	5	6	4	8																					
PHT004	1	Projeto, História, Teorias e Representação com escalas e apropriações para os espaços íntimo, social e urbano na contemporaneidade	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor. As disciplinas de projeto, de modo geral, na FAU/UFJF, possuem ementas muito genéricas, portanto, são passíveis de alocar conteúdos BIM.	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td rowspan="5">PHT004 PA I</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>75 hora/aula</p>	1	6	PHT004 PA I	1	5	2	7	2	6	3	8	3	7	4	9	4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	PHT004 PA I	1	5																											
2	7		2	6																											
3	8		3	7																											
4	9		4	8																											
5	10		1	2	3	4	5	6	4	8																					
PHT003	1	Projeto, História, Teorias, Ética, Metodologia e Representação com escalas e apropriações com ênfase em Urbanismo, Paisagismo, Arquitetura e Interiores na contemporaneidade.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que explora componentes múltiplos do processo de projeto a nível teórico.	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td rowspan="5">PHT003 Fundamentos em Arquitetura e Urbanismo</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>30 hora/aula</p>	1	6	PHT003 Fundamentos em Arquitetura e Urbanismo	1	5	2	7	2	6	3	8	3	7	4	9	4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	PHT003 Fundamentos em Arquitetura e Urbanismo	1	5																											
2	7		2	6																											
3	8		3	7																											
4	9		4	8																											
5	10		1	2	3	4	5	6	4	8																					
AUR082	2	Expressão Manual Artística Em Nível Avançado, Técnicas Avançadas De Expressão Gráfica Artística. Síntese Gráfica De Conceitos E Ideias Referentes A Projetos De Arquitetura E Urbanismo. Descrição Gráfica De Formas Geométricas. Aplicação Prática Da Geometria Plana E Descritiva Na Arquitetura, Urbanismo E Paisagismo. Síntese Gráfica De Conceitos E Ideias Referentes A Projetos De Arquitetura E Urbanismo	Não possui	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td rowspan="5">AUR082 EMA II</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>45 hora/aula</p>	1	6	AUR082 EMA II	1	5	2	7	2	6	3	8	3	7	4	9	4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	AUR082 EMA II	1	5																											
2	7		2	6																											
3	8		3	7																											
4	9		4	8																											
5	10		1	2	3	4	5	6	4	8																					

AUR083	2	Representação manual técnica em nível avançado. Desenho técnico. Representação de elementos arquitetônicos em nível avançado. Desenho técnico aplicado em projetos de arquitetura e urbanismo.	Não possui	 <p>45 hora/aula</p>
PRT014	2	Expressão digital artística em nível avançado. Técnicas avançadas de expressão digital artística. Exploração digital das possibilidades de conceituação e de apresentação de projetos de arquitetura e urbanismo.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que busca explorar ferramentas digitais para a realização de análises e visualização da concepção e do projeto arquitetônico.	 <p>30 hora/aula</p>
PRT002	2	Abordagem teórica e aplicação prática, na representação de arquitetura e urbanismo, das técnicas básicas de modelagem paramétrica para a elaboração de desenhos técnicos a partir de ferramentas CAD, especificamente sob plataforma BIM.	Possui interface clara com o paradigma BIM, visto que busca instrumentalizar os discentes para a elaboração da representação técnica de projetos com o uso de uma ferramenta BIM.	 <p>30 hora/aula</p>
ETU086	2	1. Mecânica: Equilíbrio de Forças. 2. Isostática: Cálculo de Esforços Simples em Estruturas Planas. 3. Noções de Hiperestática. 4. Geometria das Massas. 5. Resistência dos Materiais: Tensões e Deformações em Elementos Estruturais.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que a análise estrutural pode ser desenvolvida em um ambiente digital BIM.	 <p>60 hora/aula</p>

HIS105	2	História das artes e estética, com ênfase para as manifestações brasileiras e suas influências na arquitetura e urbanismo da antiguidade à revolução industrial.	Não possui	 <p>HIS105 História da Arte II</p> <p>45 hora/aula</p>
PHT012	2	Século XV ao século XVIII: aproximações sobre a história e as teorias com a análise da produção artística, arquitetônica e da urbanística.	Não possui	 <p>PHT012 História e Teoria II</p> <p>60 hora/aula</p>
PRT003	2	Estudo sobre o conceito e princípios do Desenvolvimento Sustentável e suas implicações na cidade e na concepção de projetos arquitetônicos e urbanos. A acessibilidade e o ambiente construído. A pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida. Normas técnicas, conceitos relacionados e aplicações. Sensibilização e fundamentação. O indivíduo e o espaço interior.	Não possui	 <p>PRT003 O indivíduo e o Espaço</p> <p>30 hora/aula</p>
PHT005	2	Projeto, História, Teorias e Representação com escalas e apropriações para os espaços de morar e viver na contemporaneidade.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor. As disciplinas de projeto, de modo geral, na FAU/UFJF, possuem ementas muito genéricas, portanto, são passíveis de alocar conteúdos BIM.	 <p>PHT005 PA II</p> <p>75 hora/aula</p>

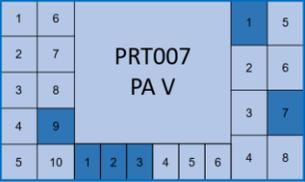
PRT009	3	<p>Prototipagem virtual, simulação e fabricação digital. Fundamentos, conceituações e ferramentas para a prototipagem virtual, simulações e fabricação digital. Aplicações da prototipagem virtual e da simulação no processo de concepção, desenvolvimento e representação de projeto de arquitetura e urbanismo.</p>	<p>Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor. Apesar de possuir uma interface clara com a parametria e simulação digital, não deixa explícito qual o processo de projeto adotado, portanto, não se observou uma interface clara entre a disciplina e o BIM.</p>	 <p>30 hora/aula</p>
ETU087	3	<p>1.Introdução ao Concreto Armado: Materiais e Durabilidade. 2. Estudo das Soluções Estruturais para Pisos: Tipos de Soluções Estruturais e Aplicações. 3. Estudo das Vigas: Noções de Dimensionamento e Detalhamento. Aspectos Construtivos. 4. Estudo dos Pilares: Noções de Dimensionamento e Detalhamento. Aspectos Construtivos. 5. Alvenaria Estrutural: Aplicações. Noções de Dimensionamento e Detalhamento. Aspectos Construtivos.</p>	<p>Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que a análise estrutural pode ser desenvolvida em um ambiente digital BIM.</p>	 <p>60 hora/aula</p>
CCI039	3	<p>Materiais de construção: propriedades e aplicações. Normas técnicas; especificação de materiais. Materiais e o projeto de Arquitetura. Materiais e meio ambiente. Materiais não convencionais.</p>	<p>Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor. Apesar de não apresentar conteúdos práticos relacionados ao BIM, a disciplina pode abordar conceitos relacionados à especificação de objetos e simulação virtual de materiais construtivos.</p>	 <p>60 hora/aula</p>

GEO101	3	Impactos da urbanização, qualidade de vida e alterações ambientais; principais elementos ambientais alterados pelo processo de urbanização; uso e ocupação do solo urbano, planejamento e metodologias de estudo; legislação ambiental.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor .Pode ser direcionado para o BIM aplicado à urbanização	 <p>30 hora/aula</p>
PRT010	3	Sustentabilidade ambiental. Bioclimatismo e arquitetura. O meio ambiente e o conforto térmico na arquitetura e no urbanismo. Meios naturais e artificiais.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que aborda conteúdos relacionados a análises climáticas das edificações.	 <p>45 hora/aula</p>
TRN046	3	Unidade 1 – Generalidades; Unidade 2 – Nivelamento; Unidade 3 – Levantamentos; Unidade 4 - Elementos básicos de fotogrametria; Unidade 5 – Fotointerpretação; Unidade 6 - Uso De Sensores	Não possui	 <p>45 hora/aula</p>
PHT013	3	Século XVIII ao início do século XX: aproximações sobre a história e as teorias com a análise da produção artística, arquitetônica e da urbanística.	Não possui	 <p>60 hora/aula</p>

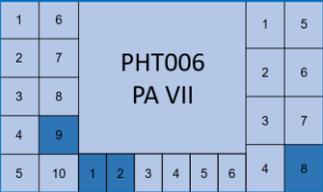
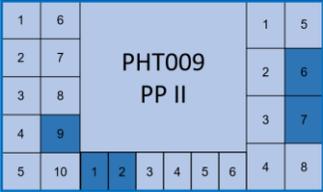
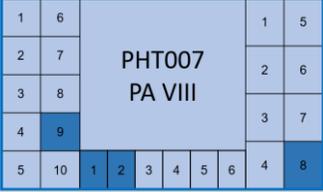
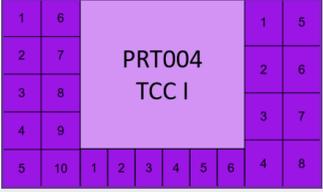
PRT005	3	Introdução à teoria do projeto de arquitetura e urbanismo: método de projeção em arquitetura e urbanismo; aspectos sensíveis e tecnológicos da concepção e produção de arquitetura e urbanismo.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor. As disciplinas de projeto, de modo geral, na FAU/UFJF, possuem ementas muito genéricas, portanto, são passíveis de alocar conteúdos BIM.	 <p>75 hora/aula</p>
ETU088	4	EMENTA DA DISCIPLINA: 1. Estruturas em Aço: Aplicações. Tipos de Aço Estrutural. Comportamento Estrutural. Noções sobre o Dimensionamento e Detalhamento de Estruturas Metálicas. Aspectos Construtivos. 2. Estruturas em Madeira: Aplicações. Tipos de Madeira utilizadas como Elemento Estrutural. Comportamento Estrutural. Noções sobre o Dimensionamento e Detalhamento de Estruturas de Madeira. Aspectos Construtivos.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que a análise estrutural pode ser desenvolvida em um ambiente digital BIM.	 <p>60 hora/aula</p>
CCI040	4	A indústria da construção civil. Implementação da obra e do canteiro. Etapas construtivas. Equipamentos prediais.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, principalmente na parte teórica relacionada ao ciclo de vida da edificação e coordenação de atividades.	 <p>60 hora/aula</p>
AUR119	4	Estudo do conforto visual na arquitetura e no urbanismo. Integração entre sistemas naturais e artificiais de iluminação. Iluminação, eficiência energética e sustentabilidade.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que aborda conteúdos relacionados à análise luminotécnica das edificações.	 <p>30 hora/aula</p>

PHT014	4	Início a meados do século XX: aproximações sobre a história e as teorias com a análise da produção artística, arquitetônica e da urbanística.	Não possui	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td rowspan="4">PHT014 História e Teoria IV</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>60 hora/aula</p>	1	6	PHT014 História e Teoria IV	1	5	2	7	2	6	3	8	3	7	4	9	4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	PHT014 História e Teoria IV	1	5																											
2	7		2	6																											
3	8		3	7																											
4	9		4	8																											
5	10	1	2	3	4	5	6	4	8																						
CSO150	4	Oferece oportunidade de debate das condições atuais da vida urbana e os efeitos das novas tecnologias de informação e comunicação sobre as relações sociais e o espaço da cidade. Relaciona esses processos à globalização e às diferentes maneiras com que as sociedades participam das mudanças decorrentes da integração econômica e política. Trata a singularidade do caso brasileiro no cenário internacional.	Não possui	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td rowspan="4">CSO150 Vida Urbana</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>60 hora/aula</p>	1	6	CSO150 Vida Urbana	1	5	2	7	2	6	3	8	3	7	4	9	4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	CSO150 Vida Urbana	1	5																											
2	7		2	6																											
3	8		3	7																											
4	9		4	8																											
5	10	1	2	3	4	5	6	4	8																						
ETU089	5	1. Fundações: Introdução. 2. Noções de Cálculo de Capacidade de Carga dos Solos de Fundação. 3. Fundações Superficiais. 4. Fundações Profundas. 4. Estruturas de Contenção: Tipos. 5. Rebaixamento de Lençol Freático. 6. Muros de Arrimo	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que a análise estrutural pode ser desenvolvida em um ambiente digital BIM.	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td rowspan="4">ETU089 – Estruturas V</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>30 hora/aula</p>	1	6	ETU089 – Estruturas V	1	5	2	7	2	6	3	8	3	7	4	9	4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	ETU089 – Estruturas V	1	5																											
2	7		2	6																											
3	8		3	7																											
4	9		4	8																											
5	10	1	2	3	4	5	6	4	8																						
ESA027	5	Tubos; Acessórios das tubulações: Finalidades e tipos; Aparelhos controladores de fluxo: Finalidade e tipos; instalações domiciliares: Instalação predial de água fria e potável, instalação predial de água quente, instalação de prevenção e combate a incêndio em edifícios, instalações prediais de esgoto sanitário e pluvial.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que as instalações prediais podem ser analisadas em um software BIM.	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td rowspan="4">ESA027 Tecnologia III</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>45 hora/aula</p>	1	6	ESA027 Tecnologia III	1	5	2	7	2	6	3	8	3	7	4	9	4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	ESA027 Tecnologia III	1	5																											
2	7		2	6																											
3	8		3	7																											
4	9		4	8																											
5	10	1	2	3	4	5	6	4	8																						

ENE071	5	<ul style="list-style-type: none"> - Conceitos básicos de eletricidade; - Projetos de instalações elétricas comerciais e residências; - Iluminação e fotometria. 	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que as instalações elétricas podem ser analisadas em um software BIM.	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td colspan="4">ENE071 – Tecnologia IV</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td colspan="4"></td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td colspan="4"></td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td colspan="4"></td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>60 hora/aula</p>	1	6	ENE071 – Tecnologia IV				1	5	2	7					2	6	3	8					3	7	4	9					4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	ENE071 – Tecnologia IV				1	5																																							
2	7					2	6																																							
3	8					3	7																																							
4	9					4	8																																							
5	10	1	2	3	4	5	6	4	8																																					
AUR087	5	Estudo do conforto acústico na arquitetura e no urbanismo. Acústica ambiental e acústica arquitetônica.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que aborda conteúdos relacionados à análise acústica das edificações.	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td colspan="4">AUR087 – Conforto III</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td colspan="4"></td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td colspan="4"></td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td colspan="4"></td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>30 hora/aula</p>	1	6	AUR087 – Conforto III				1	5	2	7					2	6	3	8					3	7	4	9					4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	AUR087 – Conforto III				1	5																																							
2	7					2	6																																							
3	8					3	7																																							
4	9					4	8																																							
5	10	1	2	3	4	5	6	4	8																																					
PHT015	5	Meados do século XX até o século XXI: aproximações sobre a história e as teorias com a análise da produção artística, arquitetônica e da urbanística.	Não possui	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td colspan="4">PHT015 – História e Teoria V</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td colspan="4"></td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td colspan="4"></td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td colspan="4"></td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>60 hora/aula</p>	1	6	PHT015 – História e Teoria V				1	5	2	7					2	6	3	8					3	7	4	9					4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	PHT015 – História e Teoria V				1	5																																							
2	7					2	6																																							
3	8					3	7																																							
4	9					4	8																																							
5	10	1	2	3	4	5	6	4	8																																					
AUR051	5	Conceitos, gestão e planejamento do espaço urbano, políticas urbanas e processos participativos, instrumentos legais de planejamento, gestão e uso do solo, planos e propostas para as cidades.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor. Pode utilizar ferramentas BIM para o auxílio da gestão do espaço projetado.	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td colspan="4">AUR 051 - PUR</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td colspan="4"></td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td colspan="4"></td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td colspan="4"></td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>60 hora/aula</p>	1	6	AUR 051 - PUR				1	5	2	7					2	6	3	8					3	7	4	9					4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	AUR 051 - PUR				1	5																																							
2	7					2	6																																							
3	8					3	7																																							
4	9					4	8																																							
5	10	1	2	3	4	5	6	4	8																																					

PRT007	5	Projeto de arquitetura e urbanismo de médio a grande porte. Inserção de elemento E/ou conjunto arquitetônico potencialmente impactante na cidade.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor. As disciplinas de projeto, de modo geral, na FAU/UFJF, possuem ementas muito genéricas, portanto, são passíveis de alocar conteúdos BIM.	 <p>75 hora/aula</p>
ETU090	6	Estruturas de Escadas e Rampas. 2. Ações Horizontais nos Edifícios. 3. Estruturas de Fechamento Lateral em Edifícios. 4. Incêndio em Estruturas: Interferências com o Projeto Estrutural e Arquitetônico. 5. Noções de Protensão. Pré-Fabricação. Estruturas Mistas e Híbridas. Utilização do Vidro Estrutural.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor, visto que a análise estrutural e a detecção de interferências pode ser desenvolvida em um ambiente digital BIM.	 <p>30 hora/aula</p>
TRN047	6	Reconhecimento de terrenos aplicado a projeto de urbanismo; Projeto de terraplenagem; Construções e movimento de terra em meio urbano; Expansão urbana; Encostas em meio urbano.	Não possui	 <p>45 hora/aula</p>
PHT016	6	Brasil: aproximações sobre a história e as teorias com a análise da produção artística, arquitetônica e da urbanística	Não possui	 <p>60 hora/aula</p>

PHT017	6	Patrimônio cultural: conceitos, história e teorias da conservação e do restauro sob o olhar crítico da contemporaneidade, instrumentos legais para a preservação do patrimônio cultural.	Não possui	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td rowspan="5">PHT017 História e Teoria VII</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>60 hora/aula</p>	1	6	PHT017 História e Teoria VII	1	5	2	7	2	6	3	8	3	7	4	9	4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	PHT017 História e Teoria VII	1	5																											
2	7		2	6																											
3	8		3	7																											
4	9		4	8																											
5	10		1	2	3	4	5	6	4	8																					
PRT013	6	Projeto de arquitetura e urbanismo de médio a grande porte. Inserção de elemento e/ou conjunto arquitetônico potencialmente impactante na cidade.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor. As disciplinas de projeto, de modo geral, na FAU/UFJF, possuem ementas muito genéricas, portanto, são passíveis de alocar conteúdos BIM.	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td rowspan="5">PRT013 PA VI</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>75 hora/aula</p>	1	6	PRT013 PA VI	1	5	2	7	2	6	3	8	3	7	4	9	4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	PRT013 PA VI	1	5																											
2	7		2	6																											
3	8		3	7																											
4	9		4	8																											
5	10		1	2	3	4	5	6	4	8																					
PHT008	6	Projeto, História, Teorias e Representação com escalas e apropriações no âmbito da arquitetura da paisagem na contemporaneidade.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor. As disciplinas de projeto, de modo geral, na FAU/UFJF, possuem ementas muito genéricas, portanto, são passíveis de alocar conteúdos BIM.	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td rowspan="5">PHT008 PP I</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>45 hora/aula</p>	1	6	PHT008 PP I	1	5	2	7	2	6	3	8	3	7	4	9	4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	PHT008 PP I	1	5																											
2	7		2	6																											
3	8		3	7																											
4	9		4	8																											
5	10		1	2	3	4	5	6	4	8																					
ESA028	7	Saneamento e o município; Saneamento e meio ambiente; Saneamento e saúde pública; Abastecimento de água e coleta de Esgoto sanitário; Drenagem pluvial; Limpeza pública	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor. Pode utilizar ferramentas de análise numérica e simulação para análises ambientais.	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1</td><td>6</td><td rowspan="5">ESA028 Tecnologia VI</td><td>1</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td>2</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4</td><td>9</td><td>4</td><td>8</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td></tr> </tbody> </table> <p>45 hora/aula</p>	1	6	ESA028 Tecnologia VI	1	5	2	7	2	6	3	8	3	7	4	9	4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	ESA028 Tecnologia VI	1	5																											
2	7		2	6																											
3	8		3	7																											
4	9		4	8																											
5	10		1	2	3	4	5	6	4	8																					

PHT006	7	Projeto, História, Teorias e Representação com escalas e apropriações para os espaços de interesse cultural na contemporaneidade.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor. As disciplinas de projeto, de modo geral, na FAU/UFJF, possuem ementas muito genéricas, portanto, são passíveis de alocar conteúdos BIM.	 <p>75 hora/aula</p>
PHT009	7	Projeto, História, Teorias e Representação com escalas e apropriações no âmbito do ambiente e da paisagem urbana na contemporaneidade.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor. As disciplinas de projeto, de modo geral, na FAU/UFJF, possuem ementas muito genéricas, portanto, são passíveis de alocar conteúdos BIM.	 <p>45 hora/aula</p>
PHT007	8	Projeto, História, Teorias e Representação com escalas e apropriações para a paisagem e o território considerando áreas de interesse cultural na contemporaneidade.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor. As disciplinas de projeto, de modo geral, na FAU/UFJF, possuem ementas muito genéricas, portanto, são passíveis de alocar conteúdos BIM.	 <p>75 hora/aula</p>
PRT004	9	Trabalho final de curso a ser desenvolvido de acordo com as exigências do MEC e das indicações da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.	Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor.	 <p>300 hora/aula</p>

<p>PHT001</p>	<p>10</p>	<p>Trabalho final de curso a ser desenvolvido de acordo com as exigências do MEC e das indicações da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.</p>	<p>Possui relação com o BIM de acordo com a abordagem do professor.</p>	<table border="1"> <tr> <td>1</td><td>6</td><td colspan="6">PHT001</td><td>1</td><td>5</td> </tr> <tr> <td>2</td><td>7</td><td colspan="6">TCC II</td><td>2</td><td>6</td> </tr> <tr> <td>3</td><td>8</td><td colspan="6"></td><td>3</td><td>7</td> </tr> <tr> <td>4</td><td>9</td><td colspan="6"></td><td>4</td><td>8</td> </tr> <tr> <td>5</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>8</td> </tr> </table> <p>300 hora/aula</p>	1	6	PHT001						1	5	2	7	TCC II						2	6	3	8							3	7	4	9							4	8	5	10	1	2	3	4	5	6	4	8
1	6	PHT001						1	5																																													
2	7	TCC II						2	6																																													
3	8							3	7																																													
4	9							4	8																																													
5	10	1	2	3	4	5	6	4	8																																													

ANEXO 3 – ADEQUAÇÃO DE EMENTAS DA FAU/UFJF

Identificação da Disciplina	Período	Ementa - Resumo
AUR077	1	Percepção espacial e manipulação formal; aportes conceituais da análise bi e tridimensionais da forma e dos objetos arquitetônicos e urbanísticos; objetos tridimensionais como ferramentas de concepção e representação projetual em arquitetura e urbanismo; conceitos da modelagem paramétrica.
PRT008	1	Expressão digital artística em nível fundamental. Técnicas de expressão digital artística. Síntese digital dos conceitos e ideias referentes ao projeto de arquitetura e urbanismo. Criação de formas por parâmetros em ambiente digital para a concepção formal do projeto arquitetônico.
ETU085	1	1. Evolução dos Sistemas Estruturais: Materiais e Processos Construtivos. 2. Tipos de Sistemas Estruturais: Elaboração de Modelos Estruturais.
PHT004	1	Projeto, História, Teorias e Representação com escalas e apropriações para os espaços íntimo, social e urbano na contemporaneidade
PHT003	1	Metodologia de projeto e projeto em BIM. Ciclo de vida das edificações. Processos de projeto em BIM. Modelagem paramétrica. Escalas de projeto. Interoperabilidade. Ferramentas BIM. Gerenciamento de projeto.
PRT 001	2	Representação digital técnica em nível fundamental. Desenho técnico em ambiente BIM com base nas normas de representação. Abstração de formas e volumes. Conceitos BIM: ciclo de vida e processos. Criação de massas. Semântica do modelo: modelos de arquitetura e seus requisitos. Utilização de software BIM para desenvolvimento de projetos.
PRT014	2	Expressão digital artística em nível avançado. Técnicas avançadas de expressão digital artística. Exploração digital das possibilidades de conceituação e de apresentação de projetos de arquitetura e urbanismo. Orientação a objetos. Utilização de software para renderização de modelos.
ETU086	2	1. Mecânica: Equilíbrio de Forças. 2. Isostática: Cálculo de Esforços Simples em Estruturas Planas. 3. Noções de Hiperestática. 4. Geometria das Massas. 5. Resistência dos Materiais: Tensões e Deformações em Elementos Estruturais.
PHT005	2	Projeto, História, Teorias e Representação com escalas e apropriações para os espaços de morar e viver na contemporaneidade.
CCI039	2	Materiais de construção: propriedades e aplicações. Normas técnicas; especificação de materiais. Materiais e o projeto de Arquitetura. Materiais e meio ambiente. Materiais não convencionais. Especificações de materiais em ambiente digital.
PRT002	3	Abordagem teórica e aplicação prática, na representação de arquitetura e urbanismo, das técnicas básicas de modelagem paramétrica para a elaboração de desenhos técnicos a partir de ferramentas CAD, especificamente sob plataforma BIM. Conceitos BIM. Técnicas de colaboração. Ferramentas de representação do projeto estrutural. Semântica do modelo estrutural. <i>Link</i> de modelos. LOD.
ETU087	3	1.Introdução ao Concreto Armado: Materiais e Durabilidade. 2. Estudo das Soluções Estruturais para Pisos: Tipos de Soluções Estruturais e Aplicações. 3. Estudo das Vigas: Noções de Dimensionamento e Detalhamento. Aspectos Construtivos. 4. Estudo dos Pilares: Noções de Dimensionamento e Detalhamento. Aspectos Construtivos. 5. Alvenaria Estrutural: Aplicações. Noções

		de Dimensionamento e Detalhamento. Aspectos Construtivos. Especificações de modelos estruturais digitais. Análise visual de modelos estruturais em ambiente digital.
PRT010	3	Sustentabilidade ambiental. Bioclimatismo e arquitetura. O meio ambiente e o conforto térmico na arquitetura e no urbanismo. Meios naturais e artificiais. Criação de modelos para análise ambiental.
PRT005	3	Introdução à teoria do projeto de arquitetura e urbanismo: método de projeção em arquitetura e urbanismo; aspectos sensíveis e tecnológicos da concepção e produção de arquitetura e urbanismo.
CCI040	3	A indústria da construção civil. Implementação da obra e do canteiro. Etapas construtivas. Equipamentos prediais. Gestão de atividades. Planejamento 4D a partir de modelos BIM.
PRT009	4	Prototipagem virtual, simulação e fabricação digital. Fundamentos, conceituações e ferramentas para a prototipagem virtual, simulações e fabricação digital. Modelo de construção. Desenvolvimento de representação gráfica para a construção de projetos em ambiente BIM. Colaboração entre equipes de trabalho para desenvolvimento de modelos.
ETU088	4	EMENTA DA DISCIPLINA: 1. Estruturas em Aço: Aplicações. Tipos de Aço Estrutural. Comportamento Estrutural. Noções sobre o Dimensionamento e Detalhamento de Estruturas Metálicas. Aspectos Construtivos. 2. Estruturas em Madeira: Aplicações. Tipos de Madeira utilizadas como Elemento Estrutural. Comportamento Estrutural. Noções sobre o Dimensionamento e Detalhamento de Estruturas de Madeira. Aspectos Construtivos. Especificações de modelos estruturais digitais. Análise visual de modelos estruturais em ambiente digital.
AUR119	4	Estudo do conforto visual na arquitetura e no urbanismo. Integração entre sistemas naturais e artificiais de iluminação. Iluminação, eficiência energética e sustentabilidade. Criação de modelos para análise luminotécnica.
ESA027	4	Tubos; Acessórios das tubulações: Finalidades e tipos; Aparelhos controladores de fluxo: Finalidade e tipos; instalações domiciliares: Instalação predial de água fria e potável, instalação predial de água quente, instalação de prevenção e combate a incêndio em edifícios, instalações prediais de esgoto sanitário e pluvial. Criação de modelos BIM para projeto hidráulico.
ENE071	4	- Conceitos básicos de eletricidade; - Projetos de instalações elétricas comerciais e residências; - Iluminação e fotometria. - Criação de modelos BIM para projeto elétrico
ETU089	5	1. Fundações: Introdução. 2. Noções de Cálculo de Capacidade de Carga dos Solos de Fundação. 3. Fundações Superficiais. 4. Fundações Profundas. 4. Estruturas de Contenção: Tipos. 5. Rebaixamento de Lençol Freático. 6. Muros de Arrimo. 7. Simulações de modelos estruturais em ambiente BIM. 8. Troca de dados em equipes de trabalho. 9. Colaboração entre equipes.
AUR087	5	Estudo do conforto acústico na arquitetura e no urbanismo. Acústica ambiental e acústica arquitetônica. Criação de modelos BIM para análise acústica. Recursos de interoperabilidade para análises ambientais. Colaboração de equipes – responsabilidades de projeto e trabalho em equipe. Simulações ambientais em ambiente BIM.
PRT007	5	Projeto de arquitetura e urbanismo de médio a grande porte. Inserção de elemento E/ou conjunto arquitetônico potencialmente impactante na cidade.

ETU090	6	Estruturas de Escadas e Rampas. 2. Ações Horizontais nos Edifícios. 3. Estruturas de Fechamento Lateral em Edifícios. 4. Incêndio em Estruturas: Interferências com o Projeto Estrutural e Arquitetônico. 5. Noções de Protensão. Pré-Fabricação. Estruturas Mistas e Híbridas. Utilização do Vidro Estrutural 6. Simulações de modelos estruturais em ambiente BIM. 7. Troca de dados em equipes de trabalho. 8. Colaboração entre equipes.
PRT013	6	Projeto de arquitetura e urbanismo de médio a grande porte. Inserção de elemento e/ou conjunto arquitetônico potencialmente impactante na cidade.
PHT006	7	Projeto, História, Teorias e Representação com escalas e apropriações para os espaços de interesse cultural na contemporaneidade.
PHT009	7	Projeto, História, Teorias e Representação com escalas e apropriações no âmbito do ambiente e da paisagem urbana na contemporaneidade.
PHT007	8	Projeto, História, Teorias e Representação com escalas e apropriações para a paisagem e o território considerando áreas de interesse cultural na contemporaneidade.
PRT004	9	Trabalho final de curso a ser desenvolvido de acordo com as exigências do MEC e das indicações da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.
PHT001	10	Trabalho final de curso a ser desenvolvido de acordo com as exigências do MEC e das indicações da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.