

UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

O BIM NO CASO DO EDIFÍCIO B32

DAVI DOS SANTOS FERREIRA

**SÃO PAULO
2021**

DAVI DOS SANTOS FERREIRA

O BIM NO CASO DO EDIFÍCIO B32

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade São Judas Tadeu, para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Arquitetura e Cidade
Linha de Pesquisa: Projeto, produção e Representação

Grupo de Pesquisa CNPQ: Arquitetura:
Abordagens Alternativas e Transdisciplinares

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Edite Galote Carranza

**SÃO PAULO
2021**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho por qualquer meio convencional ou eletrônico para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

ASSINATURA:

e-mail: davi.dsf@hotmail.com

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da
Universidade São Judas Tadeu**

Bibliotecária: Marieta Rodrigues Brecht - CRB 8/10384

Ferreira, Davi dos Santos.

F383b O BIM no caso do edifício B32 / Davi dos Santos Ferreira. - São Paulo, 2021.

f. 169: il.; 30 cm.

Orientadora: Edite Galote Carranza.

Dissertação (mestrado) – Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2021.

1. Projeto parametrizado. 2. Building Information Modeling. 3. Sustentabilidade. I. Carranza, Edite Galote. II. Universidade São Judas Tadeu, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

CDD 22 – 720

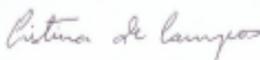
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Pós-Graduação Stricto Sensu
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Programa: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo	Código: AUR-1004
Curso: Mestrado Acadêmico	Aluno(a): Davi dos Santos Ferreira
Orientador(a): Edite Galote Rodrigues Carranza	
Data: 04/02/2022	Horário: 15:00
Local: Ambiente V	

Título da Defesa de Dissertação

BIM NA ARQUITETURA PAULISTA CONTEMPORÂNEA: PROJETO INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL NO CASO DO EDIFÍCIO B32

Comissão Examinadora

Nome	IES Origem	Assinatura	Resultado
Edite Galote Rodrigues Carranza	Univ. São Judas Tadeu		APROVADO
Eduardo Sampaio Nardelli	Univ. Presbiteriana Mackenzie		APROVADO
Cristina Campos	Univ. São Judas Tadeu		APROVADO
Resultado Final			APROVADO

Observações da Comissão Examinadora

A banca solicitou ajustes na versão final a ser depositada.

OBSERVAÇÃO: Esta ata só terá validade após a respectiva homologação pelo Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão (CEPE) da USJT, expressa em resolução. A homologação ocorrerá somente se todos os requisitos previstos no Regimento Geral de Pós-Graduação, no Regulamento Interno do curso e na legislação pertinente forem cumpridos.

Fernando Guillermo Vázquez Ramos
Coordenador(a) do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, a minha família e amigos que se fizeram presentes durante todo o percurso da produção deste mestrado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Instituição Universidade São Judas Tadeu e ao grupo Ânima, que me presentearam com uma bolsa de estudos integral para a realização deste mestrado e por me proporcionar um aperfeiçoamento com excelência.

Ao coordenador do curso Prof^o Dr. Fernando Guillermo Vázquez Ramos pelos ensinamentos.

À minha orientadora Prof.^a Dr.^a Edite Galote Carranza pelo apoio e suporte na realização desta pesquisa.

Ao corpo docente da instituição pelo suporte e auxílio.

Aos colegas do mestrado pelos debates e conselhos.

Aos meus familiares por todo embasamento e suporte durante toda a vida e durante este trabalho.

RESUMO

Na década de 1960, a partir do surgimento da cibernética e de programas computacionais para auxiliar a elaboração de projetos arquitetônicos, diversos sistemas foram sendo aperfeiçoados dentre eles o BIM (Building Information Modeling). Esse programa foi desenvolvido nos anos 1980 pelo arquiteto Jerry Laiserin e foi disseminado pelo mundo e aos poucos tem sido adotado no desenvolvimento de projetos no Brasil. Esta dissertação tem por objetivo contextualizar a arquitetura paulista contemporânea ao abordar a utilização adequada do BIM que permite a elaboração de projetos inteligentes e sustentáveis. Por meio dessa tecnologia, é possível a extração de informações relevantes para o projeto, possibilitando a diminuição de prazos de execução, custos monetários desnecessários, gastos energéticos e, conseqüentemente, os desperdícios, além de permitir o controle em todo ciclo de vida da edificação. A metodologia utilizada nesse trabalho está apoiada em pesquisas bibliográficas sobre os temas elencados, em experiências de projetos internacionais, e em um estudo de caso representativo da arquitetura contemporânea paulista. O estudo de caso selecionado foi o projeto B32 do escritório Contier Arquitetura, cuja análise detida permitirá avaliar a utilização plena do BIM em toda a sua amplitude. A pesquisa visa cotejar a utilização do BIM em toda sua potencialidade, a fim de constatar por amostragem como a ferramenta está sendo empregada nos projetos elaborados atualmente. Desta forma, esse trabalho pretende identificar como o IBM pode contribuir na criação de projetos parametrizados, inteligentes e sustentáveis, uma vez que fornece insumos para pesquisas futuras e/ou para a produção de projetos similares.

Palavras-chave: Projeto parametrizado; Building Information Modeling; Sustentabilidade.

ABSTRACT

In the 1960s, from the emergence of cybernetics and computer programs to assist in the elaboration of architectural projects, several systems were improved, among them, the BIM (Building Information Modeling). This program was developed in the 1980s by the architect Jerry Laiserin and was disseminated throughout the world and has gradually been adopted in the development of projects in Brazil. This dissertation aims to contextualize contemporary São Paulo architecture by addressing the appropriate use of BIM technology that allows the development of intelligent and sustainable projects. Through this technology, it is possible to extract relevant information for the project, making it possible to shorten execution times, unnecessary monetary costs, energy expenses and, consequently, waste, in addition to allowing control over the entire life cycle of the building. The methodology used in this work is supported by bibliographical research on the listed themes in experiences of international projects and in a representative case study of contemporary architecture in São Paulo. The selected case study was the B32 project of the Contier Arquitetura office, whose in-depth analysis will allow us to assess the full use of BIM in all its breadth. The research aims to compare the use of BIM to its full potential, in order to verify by sampling how the tool is being used in the projects currently elaborated. In this way, this work intends to identify how IBM can contribute in the creation of parameterized, intelligent and sustainable projects, since it provides inputs for future research and / or for the production of similar projects.

Keywords: Parameterized project; Building Information Modeling; Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Extração de vistas das esquadrias a partir do software Autodesk Revit	24
Figura 2 – Parametrização (Atualização automática de dimensão ao alterar os dados referentes ao tamanho da esquadria)	25
Figura 3 – Ciclo de vida BIM	27
Figura 4 – Dimensões BIM.....	28
Figura 5 – Uso do BIM para a fase de projetos	30
Figura 6 – Uso do BIM para construção	31
Figura 7 – Uso do BIM para operações e manutenções.....	32
Figura 8 – Esquema de representação – LOD 100	33
Figura 9 – Esquema de representação - LOD 200	34
Figura 10 – Esquema de representação – LOD 300	34
Figura 11 – Esquema de representação – LOD 400	35
Figura 12 – Esquema de representação – LOD 500	35
Figura 13 – Exemplo de concatenação de informações a partir de extensões IFC	38
Figura 14 – Prazo de atividades desenvolvidas no tema BIM	56
Figura 15 – Participação em % das empresas que utilizam o BIM	57
Figura 16 – Tese, dissertações e artigos sobre a temática BIM	65
Figura 17 – Publicações técnicas na temática BIM	65
Figura 18 – Novos cursos de arquitetura no decorrer do tempo	66
Figura 19 – <i>Softwares</i> utilizados no curso de arquitetura e urbanismo.....	67
Figura 20 – Objetivos das ODS.....	77
Figura 21 – Exemplo de estudo solar em BIM.....	83
Figura 22 – Clash Detection.....	86
Figura 23 – Edifício B32 – <i>Renders</i> e perspectivas em BIM.....	89
Figura 24 – Perspectiva do B32	90
Figura 25 - Edifício multiuso que compõe o complexo B32	91
Figura 26 - Praça pública do complexo B32	92
Figura 27 - Diagrama de divisão do projeto B32 no BIM	94
Figura 28 - Arquivos de arquitetura vinculados no projeto B32.....	98

Figura 29 - Sequência de vinculação de arquivos do projeto de arquitetura do projeto B32	98
Figura 30 - Planta do 4º pavimento do projeto B32	99
Figura 31 - Corte parcial do projeto B32.....	100
Figura 32 - Vinculação de projetos complementares do edifício B32.....	100
Figura 33 - Planta parcial do trecho de shafts do projeto B32 – Demarcado em vermelho as infraestruturas que passam pelo shaft	101
Figura 34 - Planta geral ampliada no Núcleo, ampliação da sala de ar-condicionado e legenda de vedações	103
Figura 35 - Corte parcial que contempla parte do núcleo de elevadores e o piso do escritório	105
Figura 36 - Ampliação de áreas molhadas	106
Figura 37 - Detalhamentos do projeto B32 da sala de ar-condicionado.....	107
Figura 38 - Detalhe Drywall sala de ar-condicionado em planta	107
Figura 39 - Planilha de shafts do 4º pavimento do edifício B32	109
Figura 40 - Tabela de propriedades e parâmetros do shaft 02 do quarto pavimento do B32	110
Figura 41 - Planta ampliada do shaft 02 selecionado	111
Figura 42 - Diagrama de análise de parâmetros dos elementos do projeto B32	112
Figura 43 - Propriedade do piso Travertino Romano do projeto B32	113
Figura 44 - Tabela de propriedades de uma das alvenarias do projeto B32	114
Figura 45 - Tabela de propriedades de uma das portas de madeira do projeto B32	115
Figura 46 - Tabela de propriedades de Veneziana de alumínio para exaustão do projeto B32	116
Figura 47 - Tabela de propriedades da fachada de aço e vidro do edifício B32	116
Figura 48 - Propriedades dos parâmetros de uma das condensadoras com boa relação de dados do projeto B32.....	118
Figura 49 - Tabela de parametrização de uma das condensadoras com poucas informações do projeto B32	119
Figura 50 - Tabela de propriedades de uma das tubulações de climatização do projeto B32	119
Figura 51 - Perspectiva seccionada do projeto B32	121

Figura 52 - Tabela de propriedades de uma das colunas do projeto de estrutura metálica do edifício B32	121
Figura 53 - Tabela de propriedades de um dos guarda-corpos metálicos do projeto B32	122
Figura 54 - Tabela de parâmetros de uma das vigas de concreto do edifício B32	123
Figura 55 - Nuvem de luminárias que compõe o projeto B32	124
Figura 56 - Tabela de parâmetros de uma das luminárias do projeto B32	125
Figura 57 - Diagrama explicativo de análise de dados extraídos do projeto B32	127
Figura 58 - Tabela da pele de vidro das fachadas do B32	129
Figura 59 - Detalhamento da pele de vidro do edifício B32	130
Figura 60 - Vista 3D da modelagem do projeto de climatização na cobertura do B32	132
Figura 61 - Planilha de especificações e quantidades do projeto de climatização do edifício B32 em uma das folhas de projeto.....	133
Figura 62 - tabela de quantidades e descrição de luminárias do projeto do B32	134
Figura 63 - Trecho da tabela de luminária dividida por pavimentos do projeto B32	135
Figura 64 - Planilha de vigas do edifício B32.....	136
Figura 65 - Aba de propriedades de uma das vigas do projeto B32	137
Figura 66 - Tipologias de certificação LEED.....	139
Figura 67 - Áreas de análise da certificação LEED	140
Figura 68 - Critérios de avaliação estabelecidas pelo GBC	141
Figura 69 - Tipos de certificação LEED e as médias de redução no Brasil.....	142
Figura 70 - Itens que o BIM pode contribuir para atendimento aos critérios da certificação LEED	143
Figura 71 - Diagrama de possibilidades que o BIM possibilita ao projetista na captação de água pluvial	145
Figura 72 - Conceitos luminotécnicos: lux, lumens, candelas e curva de distribuição	152
Figura 73 - Sala de controle do edifício B32 - Ao fundo telas que mostram o desempenho do edifício a partir do modelo BIM	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População alvo da Sondagem da Construção	58
Tabela 2 – Disciplinas representadas nos projetos/obras.....	63
Tabela 3 – Atividades de projetos/obras realizadas com BIM.	63

SUMÁRIO

Introdução	14
1. Building Information Modeling	20
1.1 O que é BIM?	20
1.2 BIM: Contexto internacional.....	41
1.3 BIM: Contexto nacional	51
1.4 BIM: na arquitetura paulista.....	61
2. Desenvolvimento sustentável, BIM e Arquitetura	70
2.1 Contexto do desenvolvimento sustentável.....	70
2.2 Sustentabilidade na arquitetura	75
2.3 A Contribuição BIM para edifícios inteligentes e sustentáveis	80
3. O BIM na arquitetura contemporânea	88
3.1 Projeto parametrizado no caso do edifício B32	88
3.2 Metodologia de análise do projeto B32.....	92
3.3 Considerações do projeto B32	152
4. Considerações Finais	155
Referências	158
Anexos	165

Introdução

Na década de 1960, a partir do surgimento da cibernética e de programas computacionais para auxiliar a elaboração de projetos, diversos sistemas foram aperfeiçoados. Desde então, através da evolução e da necessidade de avanços tecnológicos em diversas indústrias como a aeronáutica, a cinematográfica e a de jogos, esses setores fizeram com que as tecnologias desenvolvidas nessas indústrias fossem utilizadas em outros campos. O aprimoramento ao longo da década de 1970 fez surgir os primeiros *softwares* de desenho gráfico para projetos arquitetônicos que, até então, eram desenvolvidos a mão e com instrumentos geométricos em folha vegetal: eles deram lugar aos desenhos assistidos por computador através do sistema CAD 2D.

Em 1975, Charles M. Eastman iniciou os primeiros estudos a respeito da tecnologia Building Information Modeling (doravante BIM). A tecnologia BIM, na forma que conhecemos hoje, surge pelas mãos do arquiteto especialista em Tecnologia da Informação Jerry Laiserin, graças às suas pesquisas em interoperabilidade e de criação do IAI (International Alliance For Interoperability, atual Building Smart) nos anos 1980.

A maior precisão e a elaboração de projetos em três dimensões, que são os principais diferenciais da tecnologia BIM, fez com que essa tecnologia ficasse em evidência em diversos países da Europa e América do Norte e, mais recentemente, no Brasil, a partir dos anos 2000.

O BIM contribui para uma maior especificidade da produção arquitetônica: da elaboração dos projetos até o total ciclo de vida do edifício. A modelagem parametrizada que não se limita apenas ao controle e a precisão dos projetos pode inclusive contribuir para a elaboração de projetos arquitetônicos inteligentes e de edifícios sustentáveis. Essa tecnologia permite a extração de informações relevantes do projeto, possibilitando a diminuição de prazos de execução, custos monetários desnecessários, gastos energéticos e, conseqüentemente, os desperdícios, além de garantir maior precisão e controle do processo projetual e de execução de obra. Além disso, a tecnologia também permite ao arquiteto um

ambiente colaborativo que dinamiza e aprimora a concepção projetual e a compatibilização simultânea entre as diversas disciplinas.

Essas funcionalidades vão ao encontro das mais recentes iniciativas visando a redução dos impactos ambientais negativos e a contribuição com as metas de desenvolvimento sustentável, propostas na Agenda 2030 Global em sua ODS 11. No contexto nacional, a tecnologia BIM é inserida a partir de 1990 através da flexibilização das restrições existentes na atuação de empresas estrangeiras no país, seja por meio da fabricação em território nacional, seja por meio da importação de produtos, promovida pelo então presidente à época Fernando Collor de Mello.

A abertura para as novas importações de tecnologias internacionais permitiu a chegada de computadores e *softwares* modernos e com maior capacidade de processamento, entre eles a tecnologia BIM, que se intensificou a partir dos anos 2000. No contexto da arquitetura contemporânea paulista, um dos pioneiros da utilização do BIM foram os escritórios Contier Arquitetura e associados a partir de 2002 e Aflalo & Gasperini a partir de 2006 (MENEZES, 2012; KASSEM E AMORIM, 2015). Contudo, o BIM permaneceu incipiente e pouco utilizado nos escritórios e escolas de arquitetura.

O cenário se altera a partir de 2018 com o Decreto Federal nº 9.377, de 17 de maio de 2018 que tem como objetivo incentivar o crescimento do PIB da construção civil em 50% até 2024 através da obrigatoriedade da utilização do BIM em projetos públicos a partir de 2021. Este decreto, após a troca de governo, foi atualizado para o de nº 9.983, de 22 de agosto de 2019, e nele foram definidas as estratégias de disseminação e difusão da tecnologia BIM no Brasil.

A estratégia definida pelo decreto tem como objetivos: difundir o BIM e os seus benefícios; coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM; criar condições favoráveis para o investimento público e privado em BIM; estimular a capacitação em BIM; propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM; desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM; etc. Todos estes objetivos deverão ser geridos e planejados pelo instituído Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modeling.

A pesquisa se justifica a partir do Decreto, pois nesse documento evidencia-se as potencialidades do BIM para obras públicas e privadas devido aos objetivos do Governo Federal, portanto, é fundamental entender como essa tecnologia pode contribuir na criação de projetos. O BIM poderá contribuir tanto no setor público quanto no privado para a construção de projetos mais inteligentes e sustentáveis.

Além disso, a pesquisa também pode ser justificada em função das metas da Agenda 2030, dado que o tema da sustentabilidade tem sido colocado como um dos grandes debates internacionais para combater a destruição do meio ambiente através do uso da tecnologia. No ano de 2021, a COP26 na cidade de Glasgow, na Escócia, as Nações Parte acordaram a redução das emissões de gases efeito estufa em 1.5 °C.

Dentre os objetivos da pesquisa estão: revisão da cronologia do desenvolvimento da tecnologia BIM, desde o seu surgimento e evolução no contexto internacional e como se deu a sua inserção na arquitetura Brasileira; elencar as funcionalidades e vantagens em relação aos demais *softwares* para entender a sua importância e contribuições para o aperfeiçoamento da arquitetura; estabelecer relações entre o BIM e as metas do Desenvolvimento Sustentável, vislumbrando como a tecnologia pode contribuir com as ODS11.

Dentre os objetivos específicos estão: apresentar e estudar a tecnologia BIM e sua aplicação no contexto da produção da arquitetura paulista; entender como o BIM está sendo aplicado na formação de novos profissionais; analisar quais as contribuições que esta tecnologia agrega na criação de edifícios inteligentes e sustentáveis.

Para tanto, foi escolhido um exemplar para estudo de caso para permitir análises de um projeto que foi construído com auxílio da tecnologia BIM. Para atingir esses objetivos, a dissertação metodologicamente foi estruturada da seguinte forma:

O capítulo 01 – Revisão da literatura BIM

O primeiro capítulo desta dissertação está dividido em duas partes: a primeira abordará todos os aspectos e características da tecnologia BIM e suas funcionalidades na visão de especialistas no assunto; a segunda parte apresentará

toda a contextualização da tecnologia, desde o seu surgimento até os dias atuais nos âmbitos nacionais e internacionais.

O capítulo 02 – Trata da revisão da literatura sobre a sustentabilidade

O segundo capítulo aborda a discussão a respeito da sustentabilidade, sua contextualização e, principalmente, como a tecnologia BIM pode colaborar com o meio ambiente a partir de projetos sustentáveis e inteligentes.

O capítulo 03 – Estudo de caso

Como estudo de caso para a averiguação deste uso da tecnologia, será analisado o projeto Birmann 32 (B32). O projeto foi selecionado por conta de sua complexidade por ser um dos primeiros edifícios de grande porte a ser completamente projetado em BIM e construído. Por se tratar de uma concepção arquitetônica de um dos arquitetos pioneiros do uso da tecnologia BIM na arquitetura paulista: Contier Arquitetura. O B32 foi analisado em toda a sua complexidade, a fim de entender como a tecnologia BIM foi aplicada pela arquitetura e pelas disciplinas complementares e como a tecnologia colaborou para a criar um edifício que possui a certificação LEED Platinum.

Como metodologia, foi utilizada a abordagem qualitativa. Trata-se de uma abordagem em que o pesquisador objetiva aprofundar-se na compreensão dos fenômenos que estuda, no caso o projeto completo do edifício B32. Assim sendo, temos os seguintes elementos fundamentais em um processo de investigação: 1) a interação entre o objeto de estudo e pesquisador, ou seja, os arquivos eletrônicos foram manipulados em uma lógica inversa à de um projeto novo; 2) o registro de dados ou informações coletadas foram extraídas diretamente dos arquivos eletrônicos originais, ou seja, foi necessário manipular todas as interfaces do projeto: Arquitetura, Estrutura, Climatização e Luminotécnica; 3) a interpretação e explicação do pesquisador mediante conhecimento amplo da tecnologia.

A pesquisa também se justifica como qualitativa na medida em que os dados foram extraídos a partir do mergulho em profundidade nos arquivos eletrônicos do projeto, que só foi possível mediante conhecimento prévio do pesquisador a respeito da tecnologia.

Embora o pesquisador tenha tido acesso aos arquivos do projeto, isso não se deu de forma completa, pois no decorrer da pesquisa foi constatada a ausência do arquivo PEB (Plano de Execução BIM). Tal arquivo daria as diretrizes e objetivos a serem alcançados por cada disciplina e seria uma diretriz de avaliação para determinar se estes objetivos foram atendidos. Na ausência do arquivo PEB, a pesquisa foi direcionada para os arquivos disponíveis definindo assim os quesitos de análise, a saber: 01. Interoperabilidade, 02. Parametrização, 03. Precisão, 04. Extração de dados e, principalmente, 05. Contribuições que o BIM apresenta para a elaboração de um projeto sustentável e inteligente.

A pesquisa foi embasada em referências bibliográficas acerca da tecnologia BIM e do tema sustentabilidade, fontes primárias fornecidas pelo autor do projeto, consulta aos especialistas no tema no caso os professores Eduardo Nardelli e Luiz Augusto Contier.

Como resultado, a dissertação apresenta, na íntegra, anexos de diversas planilhas de extrações de dados do projeto B32 para que se possa averiguar quais informações e sua relevância na execução deste projeto. A análise do projeto real e construído contribuiu para compreender como o BIM foi efetivamente utilizado e demonstrou como ele foi aplicado para a construção de um projeto inteligente e sustentável. Dessa forma, a pesquisa buscou contribuir para o entendimento de como a arquitetura paulista contemporânea tem feito uso desta tecnologia e quais os caminhos a serem percorridos para o atendimento pleno do Decreto Federal e da ODS11.

CAPÍTULO 01

CONSTRUÇÃO

BIM BUILDING INFORMATION MODELING

DADOS
PRECISÃO

CONTROLE

PLANEJAMENTO

GERENCIAMENTO

COLABORATIVO

INTEROPERABILIDADE

SOFTWARE

DIGITAL

INTELIGENTE

CICLO DE VIDA

1. Building Information Modeling

1.1 O que é BIM?

O Building Information Modeling (BIM) é definido pelo National Institute of Building Sciences como: “A representação virtual das características físicas e funcionais de uma edificação, por todo o seu ciclo de vida, servindo como um repositório compartilhado de informações para colaboração” (NIBS, 2007).

A definição do termo BIM não encontra consenso entre os autores consultados que abordam o tema. Existem referências que utilizam o termo “Ferramenta” e ao mesmo tempo “Tecnologia” como é o caso de Kassem e Amorim (2015). Outros autores como Coelho (2008) e Addor (et al., 2010) denominam o BIM como sendo um “Sistema” ou mesmo um “Processo”. Por outro lado, em sua tese de doutorado, Marcos (2015) se utiliza do conceito no título de seu estudo como sendo uma “Ferramenta BIM”, porém, no decorrer de sua dissertação, apresenta o BIM como uma “tecnologia”. Baseado na revisão da leitura sobre ferramentas com tecnologia BIM, impactos ambientais relacionados à construção civil [...] (MARCOS, 2015, p.16).

Com isso, é possível entender que não há uma definição que seja consensual entre os autores que estudam o BIM. Contudo, o que pode ser considerado consenso entre os pesquisadores acima citados, é o fato de todos ou a grande maioria deles se utilizarem de uma referência em comum: o livro *Bim Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* (Manual de BIM: Um guia de modelagem de informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores). O livro foi escrito por quatro grandes nomes no que diz respeito à ao BIM, sendo eles:

Chuck Eastman – Professor nas faculdades de Arquitetura e Computação no Georgia Institute of Technology, Atlanta, e diretor do PhD Program da Faculdade de Arquitetura;

Paul Teicholz – Professor emérito da Universidade de Stanford fundou o Center for Integrated Facility Engineering (CIFE);

Rafael Sacis – Professor associado em Engenharia Estrutural e Gestão da Construção do Técnico – Israel Institute of Technology fundou e dirige o laboratório de BIM no Israel National Building Research Institute;

Kathleen Liston – Consultora de tecnologia e cofundadora da empresa de softwares de simulação de construção, Cammon Point Technologies.

Em seu livro, os autores apresentam o BIM da seguinte forma:

Com a **tecnologia BIM**, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção (EASTMAN et al., 2014, p.1).

Segundo Eastman et al. (2014), o BIM nada mais é do que um modelo virtual que representa um produto real e este é resultado de uma compilação de informações que são aplicadas no decorrer do projeto. Portanto, entendemos que o termo mais apropriado seria “tecnologia” para nos referirmos ao BIM, uma vez que os maiores autores e pesquisadores apresentam o Building Information Modeling desta maneira. Assim, o termo “tecnologia” foi adotado nesta dissertação.

Já segundo a definição sobre a tecnologia BIM, o Decreto nº 9.983 de 22 de agosto de 2019 que tem como finalidade dispor sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling no Brasil – Estratégia BIM BR, instituída com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e a sua difusão no País, apresenta a tecnologia BIM como:

[...]considera-se BIM ou Modelagem da Informação da Construção o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, de forma a servir a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção (BRASIL, 2019, p.1).

A partir das informações trazidas pelos autores acima, acreditamos que a definição que melhor se enquadra em relação ao BIM é a apresentada pelo Decreto 9.983 de 22 de agosto de 2019. O BIM não pode ser limitado a apenas uma tecnologia ou software, mas sim um conjunto delas que permitem a integração das disciplinas de forma colaborativa. Portanto, nesta dissertação adotaremos como

definição: **O conjunto de tecnologias e processos BIM.** A adoção dessa definição tem como objetivo simplificar a explicação no decorrer deste trabalho sem diminuir toda a complexidade e importância do BIM.

Há uma grande diferença entre as representações 2D (eixos X abscissas e Y ordenadas) e 3D (eixos X, Y e Z), apesar de na modelagem tridimensional, também ser necessário o conhecimento na representação técnica no plano X e Y. No projeto executado no plano bidimensional, os elementos que compõe o desenho são linhas, retângulos, hachuras e elementos geométricos das mais variadas formas e uma alteração em determinada composição resulta em outras diversas modificações, conforme explica Coelho:

Nos sistemas CAD, a geometria é baseada em coordenadas para o desenvolvimento de entidades gráficas, formando elementos de representação (paredes, portas, lajes etc.). A alteração de um projeto desenvolvido em CAD (2D e 3D) implica em diversas modificações “manuais” dos objetos representados (COELHO, 2008, p. 3).

Na modelagem, isso ocorre de forma diferente. Os elementos são objetos que representam a realidade: alvenarias, portas, janelas, revestimentos, materiais e afins, objetos estes que podem receber uma determinada parametrização, ou seja, informações adicionadas ao projeto, que são vinculadas a ele e podem ser extraídas ou mesmo unidas a uma outra relação de informações. Um bom exemplo é a possibilidade de atribuir uma unidade de valor a um elemento, como por exemplo, o custo correspondente a uma esquadria. Com esta atribuição, a tecnologia permite extrair e quantificar todas as esquadrias presentes no projeto conforme explica Coelho:

Os sistemas BIM adotam modelos paramétricos dos elementos construtivos de uma edificação e permitem o desenvolvimento de alterações dinâmicas no modelo gráfico, que refletem em todas as pranchas de desenho associadas, bem como nas tabelas de orçamento e especificações (COELHO, 2008, p. 3).

O BIM é um tipo de tecnologia cujo objetos são paramétricos, ou seja, possuem regras de configuração que fazem com que os componentes se atualizem automaticamente.

Assim, é possível afirmar que o “Information” (do BIM) é a chave para a modelagem nesta tecnologia, uma vez que para gerar um modelo é preciso

alimentá-lo com alguns parâmetros: dimensões, materiais e regras restritivas. Portanto, quaisquer alterações necessárias implicam na mudança destes dados para que o modelo se atualize automaticamente, conforme explica Ricardo Fragoso, diretor-geral da ABNT:

A metodologia BIM caracteriza-se por um conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, servindo a todos os participantes do empreendimento, em qualquer etapa do ciclo de vida da construção (ABNT, 2020, p.3).

No conjunto de tecnologias e processos BIM, o projeto apresenta a realidade construída em um universo digital e colaborativo, permitindo dirimir equívocos e ampliar a compatibilização dos vários projetos complementares. Pode-se citar como exemplo a especificação de uma esquadria. Este componente possuirá uma série de normas que regularizam fielmente o uso desta conforme ocorre na realidade. Esta janela só poderá ser instalada em uma alvenaria, não sendo permitida a sua aplicação em uma laje. Além disso, ela irá se adaptar a diferentes tipos e espessuras de alvenaria, impedindo assim distorções ou mesmo irregularidades.

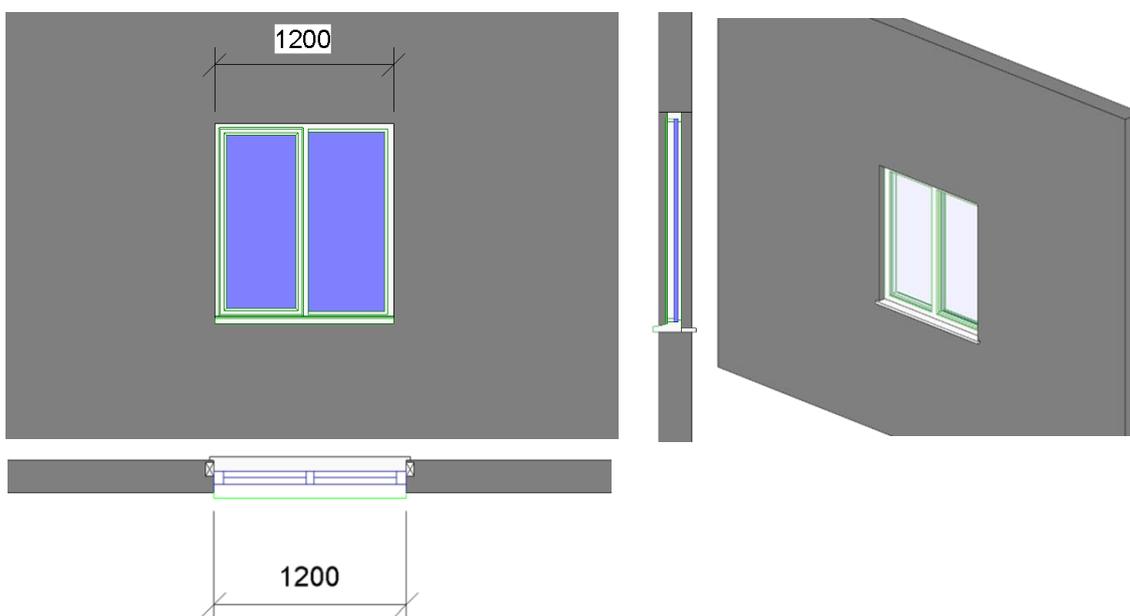
Segundo Luís Augusto Contier,¹ o BIM tem sido desde 2011 para o escritório Contier Arquitetura uma oportunidade de exercer a *construtibilidade* da arquitetura, dado que se pode fazer a coordenação de todas as disciplinas complementares, trabalhando em conjunto com o projeto de arquitetura. Segundo Contier, os projetos de arquitetura estão cada vez mais complexos e com maior quantidade de informações e, se não fosse o conjunto de tecnologias e processos BIM, não seria possível realizar tal compatibilização.

¹ Informação pessoal de Luis Augusto Contier ao autor em 16/07/2020. Contier é Graduado e pós-graduado pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Dedicou-se por mais de 30 anos ao magistério. Durante 24 anos dirigiu cursos de arquitetura e por 2 anos dirigiu curso de Engenharia Civil. Durante mais de 20 anos atuou na Abea – Associação Brasileira de Ensino de Arquitetura, entidade da qual foi vice-presidente. Por mais de 14 anos atuou como vice-presidente, conselheiro e presidente do conselho da AsBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. Atualmente, dedica-se há mais de 38 anos à profissão de arquiteto e à Contier Arquitetura e, desde 2002, à implantação e divulgação do BIM. Foi usuário pioneiro do Revit no Brasil, tendo desenvolvido entre outros, o do projeto executivo do Edifício Sede da Petrobrás em Santos. É uma referência na área de BIM no Brasil.

A diferença da construção de um modelo paramétrico BIM para um modelo com a tecnologia CAD 3D tradicional é que no primeiro a geometria e seus aspectos devem ser editados de forma manual pelo projetista, enquanto no modelo BIM paramétrico as geometrias se ajustam automaticamente às modificações do contexto e aos controles de alto nível disponíveis ao usuário. (EASTMAN et al., 2014).

Retomando ao exemplo da esquadria, temos uma representação 2D e ela deve ser desenhada linha por linha e vista por vista (planta, corte e elevação) até que sua composição esteja finalizada e, neste caso, se for necessária alguma alteração de dimensões, o projetista deverá fazê-la de forma manual, uma a uma, até que todas sejam compatibilizadas. Já com o conjunto de tecnologias e processos BIM, a mesma esquadria tem sua representação em planta, corte e elevação elaboradas automaticamente mediante parâmetros e comandos. (Figura 1). Além disso, caso haja a necessidade de modificação da dimensão da esquadria, basta o ajuste do parâmetro largura ou altura para que todos os componentes desta família sejam automaticamente atualizados e sincronizados (Figura 2). Neste caso, todos os desenhos bidimensionais também são atualizados de acordo com as novas informações fornecidas neste componente.

Figura 1 – Extração de vistas das esquadrias a partir do software Autodesk Revit

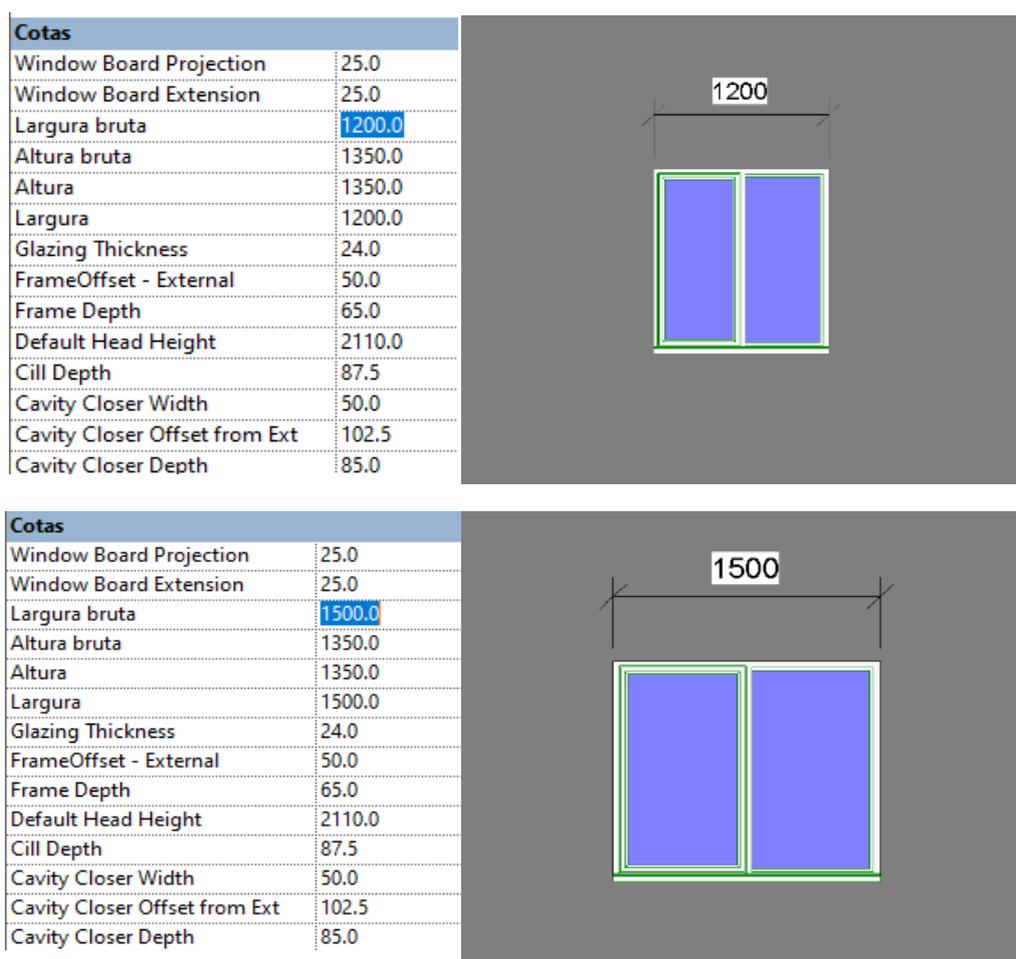


Fonte: Elaborado pelo autor, a partir do software Autodesk Revit

Conforme explica e define Eastman et al:

[...]modelagem baseada em objetos paramétricos [...] não representa objetos com propriedades geométricas fixas. Pelo contrário, ela representa objetos por parâmetros e regras que determinam a sua geometria, assim como algumas propriedades não geométricas e outras características. Os parâmetros e as regras permitem que os objetos se atualizem automaticamente, de acordo com o controle do usuário ou mudanças de contextos (EASTMAN² et al., 2008, apud ADDOR, et al., 2010, p. 105).

Figura 2 – Parametrização (Atualização automática de dimensão ao alterar os dados referentes ao tamanho da esquadria)



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir do software Autodesk Revit

² Chuck Eastman – Professor nas faculdades de arquitetura e computação no Georgia Institute of Technology, Atlanta, e diretor do PhD Program da Faculdade de Arquitetura.

Contier ainda completa estabelecendo um comparativo entre o projeto produzido em CAD e o elaborado em BIM. No sistema 2D, ao desenharmos 4 linhas, estabelecemos que a representação deste retângulo é uma parede. Porém, no BIM, ao desenharmos uma parede, o elemento possui diversas propriedades e informações, como acabamento, espessura, revestimento, área etc. Isso mostra que o projeto executado em BIM se propõe a um aprofundamento maior nos detalhes, permitindo assim a entrega de “soluções de projeto”, enquanto no projeto feito em CAD se limita a entregar uma “Intenção de projeto” nas palavras do professor Contier.

Todos estes dados, características, informações e parâmetros têm uma função principal que faz com que o conjunto de tecnologias e processos BIM seja um facilitador, ou seja, é a possibilidade concreta de redução significativa de erros no momento do projeto e, conseqüentemente, no momento da execução. Os projetos (modelos) se tornam mais precisos e menos suscetíveis a erros, o que implica a redução de custos e tempo de obra.

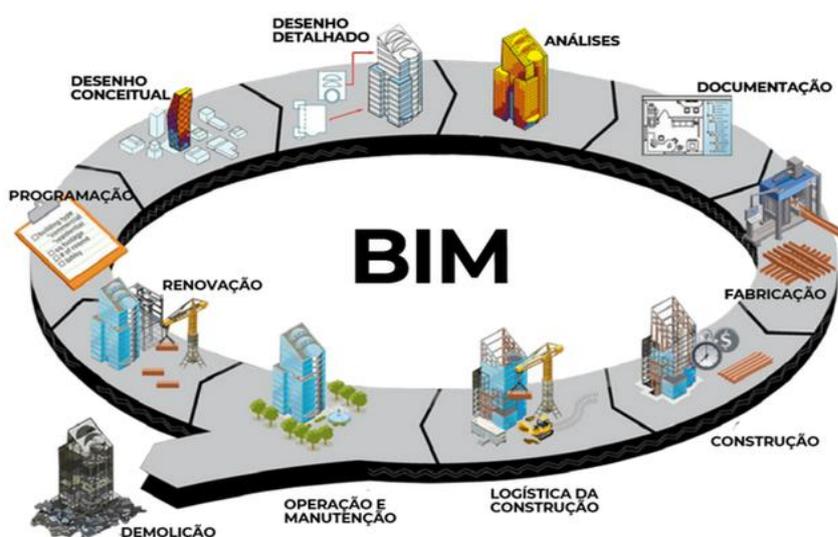
O potencial do BIM se estende além da tridimensionalidade, o que propicia diversas funcionalidades: quantificação, coordenação, planejamento, ensaios de alternativas, simulação de intempéries, iluminação, verificação de interferências físicas etc. Segundo (EASTMAN et al., 2014, p. 13), existem seis características para se verificar um modelo inteligente de arquitetura:

- **Digital:** neste caso o modelo deve ser tridimensional e paramétrico;
- **Espacial:** para simular processos não poderão ter apenas 3 dimensões, mas sim expandi-las;
- **Mensurável:** o modelo deverá permitir a extração de quantidades e dimensionamentos;
- **Abrangente:** deverá possuir informações dos mais variados tipos, dimensões, quantidades, prazos, custos, nível de sustentabilidades etc.;
- **Acessível:** deverá permitir a interoperabilidade entre disciplinas e *softwares*;

- **Durável:** permitir que o projeto seja usado desde a fase de planejamento, passando pela execução e estendendo à manutenção.

Quando falamos em BIM, estamos falando não apenas no processo de projeto de uma edificação, mas, também, em todo o seu ciclo de vida, que vai desde o estudo viabilidade e todas as etapas de projeto e todo e qual processo pós-obra. Neste caso, o conjunto de tecnologias e processos BIM pode contribuir também para manutenções, operações e simulações no projeto, mesmo após o edifício ter sido construído. O ciclo de vida de um edifício se inicia com o que pode ser chamado de insepção, que nada mais é do que um conjunto de ações que antecedem a concepção de um projeto. Trata-se de da iniciativa de começar um novo projeto que pode ser a partir de um espaço sem uso ou mesmo a partir de uma renovação de um edifício já existente. Na sequência do ciclo de vida, a renovação ou na demolição são necessárias para dar origem a uma nova edificação e segue passando por etapas que são: Programação; Desenho conceitual (Estudo Preliminar); Desenho detalhado (projeto executivo); Análises; Documentações (Folhas de projeto e planilhas); Fabricação; Construção; Logística; Operação e Manutenção. Todas estas etapas formam o ciclo de vida BIM de um edifício, conforme (Figura 3).

Figura 3 – Ciclo de vida BIM

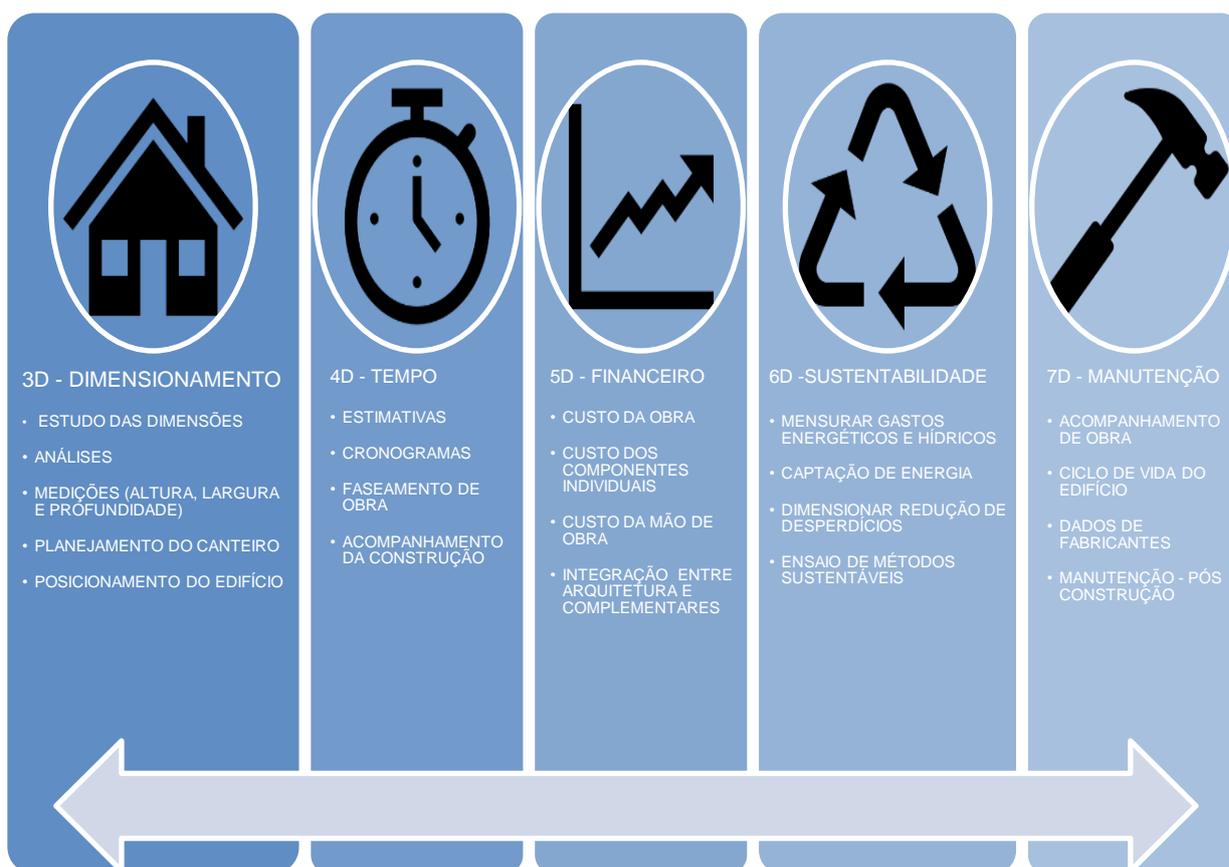


Fonte: CRASA, 2020³

³ Disponível em: <<https://www.crasainfra.com/post/entendendo-a-modelagem-de-informa%C3%A7%C3%A3o-da-constru%C3%A7%C3%A3o-bim>> Acesso em: 14 nov. 2021.

Além disso, estamos nos estendendo além das dimensões 3D de um projeto, haja vista que se acrescentarmos o tempo as três dimensões passaremos a operar em uma dimensão 4D e, conforme se acrescentam dimensões, o projeto seguirá evoluindo (Figura 4).

Figura 4 – Dimensões BIM



Fonte: Elaborado pelo autor

3D – Quando falamos em três dimensões do BIM, estamos explorando a fase projetual, ou seja, a fase do estudo e do planejamento da forma e implantação do edifício.

4D – Quando adicionamos a dimensão de tempo neste processo, passamos a analisar a edificação através de uma visão 4D: aqui começam a ser feitos estudos de planejamento, de cronograma, de prazos e do faseamento da obra e do projeto.

5D – Após o planejamento, passamos ao estudo de custo do projeto e entramos na dimensão monetária, estabelecendo o custo de obra, o custo de componentes, e o custo de estimativas etc.

6D – Essa dimensão está relacionada à sustentabilidade e nela se pode realizar ensaios e estimar reduções de gastos com recursos naturais dentro de um projeto.

7D – Trata-se da manutenção, acompanhamento e operações realizadas na edificação após a sua entrega.

Todas essas dimensões de projeto estão diretamente relacionadas ao ciclo de vida da edificação, que parte do projeto e vai até a sua manutenção pós-obra.

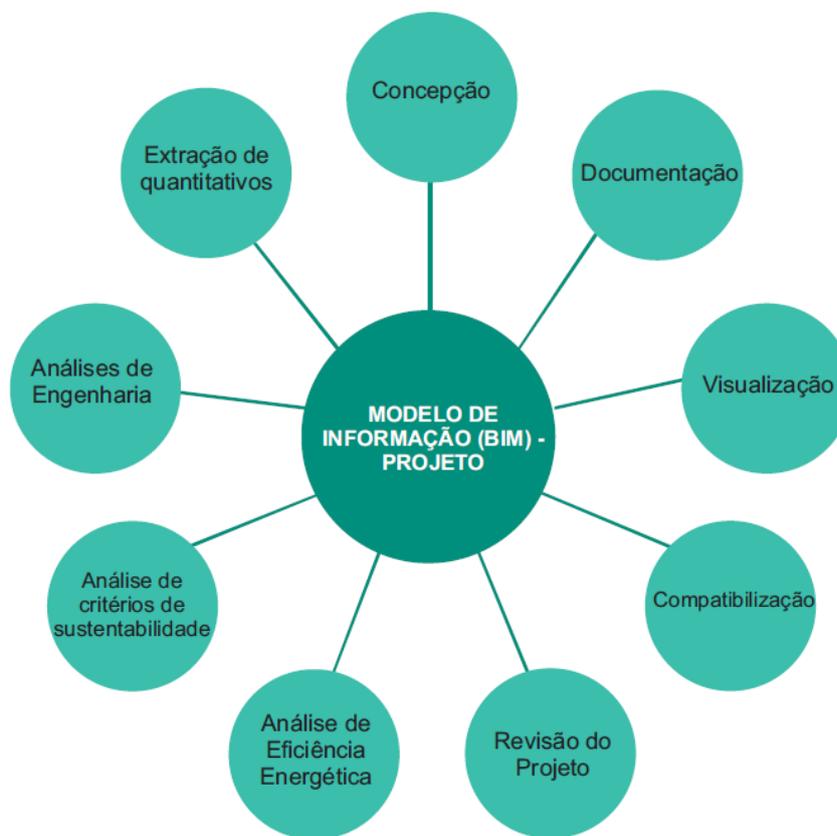
Além das características acima citadas, como a parametrização e as dimensões alcançadas pelo uso BIM, a tecnologia também dispõe de outras funcionalidades como a interoperabilidade, o controle em todo o ciclo de vida do projeto e a extração das informações relevantes.

Segundo Gtbim (2013), a tecnologia a BIM pode ser ainda utilizada ao longo de diversas etapas, ao longo do ciclo de vida do projeto arquitetônico, tanto no processo de construção quanto nas fases de operação e manutenção do edifício.

Desta forma, pode-se dividir as etapas do projeto em três partes, sendo elas: a de projeto, a de construção e a de manutenção e operação conforme explica a Gtbim (2013). Na fase de projeto (Figura 5), há uma subdivisão em etapas: concepção do projeto; documentação; visualização; compatibilização; revisão; análise de eficiência energética; avaliação de critérios de sustentabilidade; análise de engenharia e extração de quantitativos.

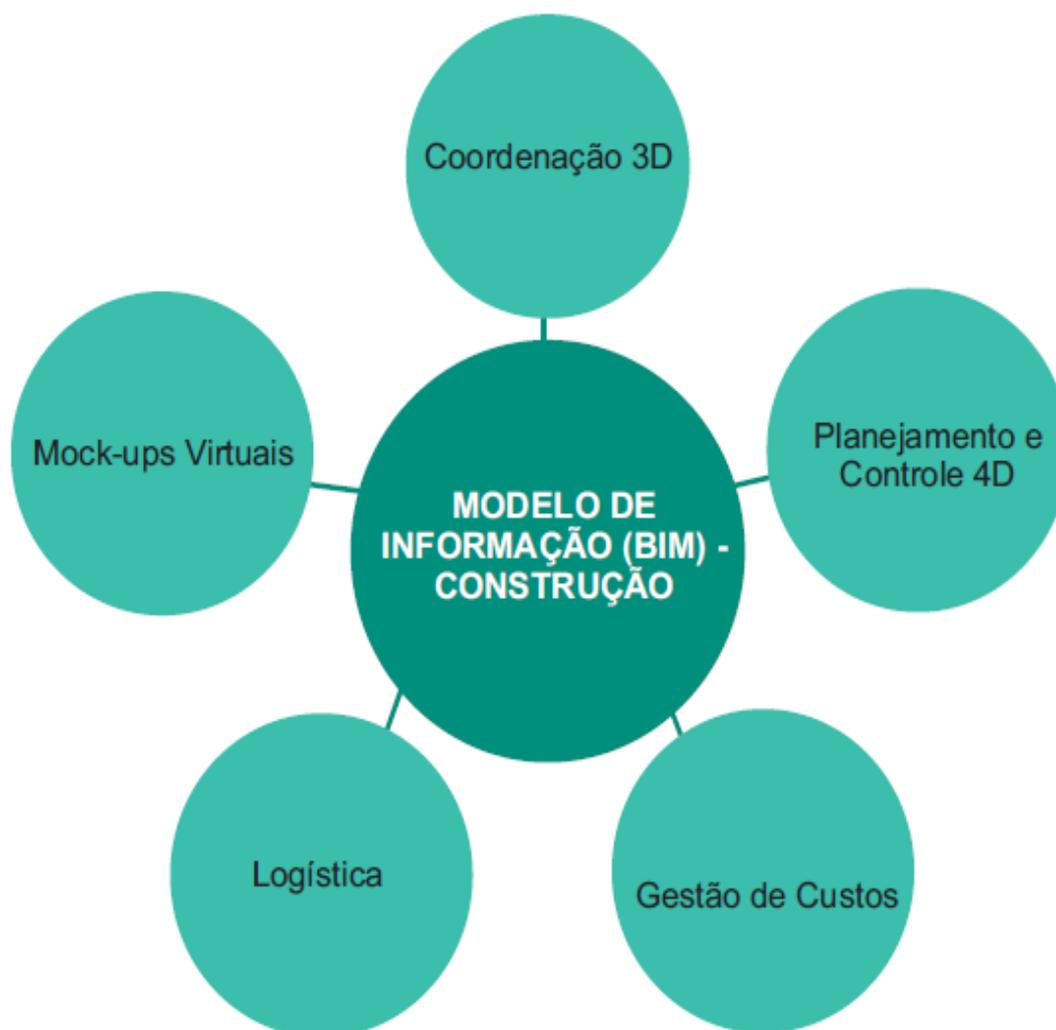
Todos esses processos de projeto são realizados a partir do conjunto de tecnologias e processos BIM e, principalmente devido ao uso de parâmetros que são responsáveis por controlar o projeto, permitem a extração de dados relevantes.

Figura 5 – Uso do BIM para a fase de projetos



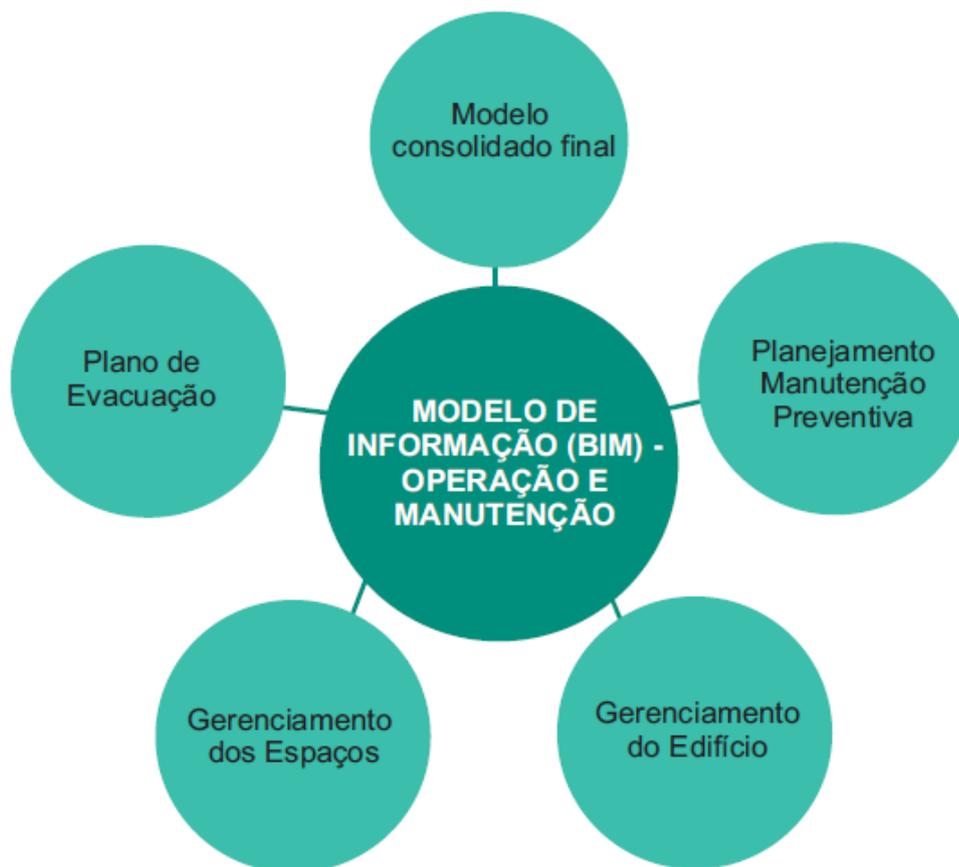
Fonte: GTBIM 2013

Na fase de construção (Figura 6), o BIM permite o planejamento logístico do canteiro de obras; o planejamento e controle 4D (Ver Figura 3); a coordenação 3D; a fabricação digital; a gestão de custos e os *mock-ups* virtuais (GTBIM, 2013).

Figura 6 – Uso do BIM para construção

Fonte: GTBIM 2013

Por fim, na fase de manutenção e operação (Figura 7), ou seja, nas etapas pós-entrega do projeto construído, o BIM pode desempenhar as seguintes funções: programação e manutenção preventiva; análise dos sistemas do edifício; gerenciamento de espaços; plano de evacuação e modelo consolidado final.

Figura 7 – Uso do BIM para operações e manutenções

Fonte: GTBIM 2013

Na etapa de projeto, é preciso definir as suas respectivas características para atender às expectativas de ambas as partes (cliente e projetista). Nesse momento, é preciso definir as dimensões (Figura 3) que o projeto em BIM irá atender, os sistemas construtivos, os ciclos aos quais o projeto pretende se estender e, principalmente, o nível de desenvolvimento do modelo (LOD)⁴ e o nível de detalhamento das informações (LOI)⁵, conforme explica GTBIM (2013):

4 Level of Development – identifica o conteúdo específico mínimo requerido e seus usos autorizados para cada elemento do modelo, divididos em cinco níveis progressivos de detalhamento e complementação. AIA AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. AIA apud. ABEA, 2013.

5 Level of information – é o conteúdo não gráfico dos modelos para cada estágio de seu desenvolvimento. AIA AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. AIA apud. ABEA, 2013.

Recomenda-se que tanto o LOD quanto o LOI sejam definidos por componente em cada fase do projeto, uma vez que os níveis de detalhamento necessários variam de acordo com o tipo de contrato, características do empreendimento e uso que será dado ao modelo (GTBIM, 2013, p. 7).

O nível de detalhamento varia de acordo com a necessidade a ser atendida pelo projeto. Com isso, ao iniciar um projeto, a equipe de coordenação de um determinado empreendimento estabelece as necessidades e níveis de representação e informação que cada disciplina deverá atender durante o projeto.

Este tipo de determinação é acordado antes de iniciar o projeto e estabelece a PEB (Plano de Execução BIM) e nela estarão discriminados os níveis de informações e representações que cada disciplina deverá atingir.

À título de reflexão, pode-se citar como principal para a extração de documentação e peças gráficas a qualidade da representação dos elementos, enquanto para extração de quantitativos e dados orçamentários é primordial que também sejam inseridas as informações necessárias dentro dos elementos construtivos e que essas fundamentalmente estejam compatíveis com as especificações do projeto (GTBIM, 2013).

A GTBIM (2013) caracteriza os níveis de LOD da seguinte forma:

LOD 100 – Representação a partir de um elemento genérico ou um símbolo (Figura 08).

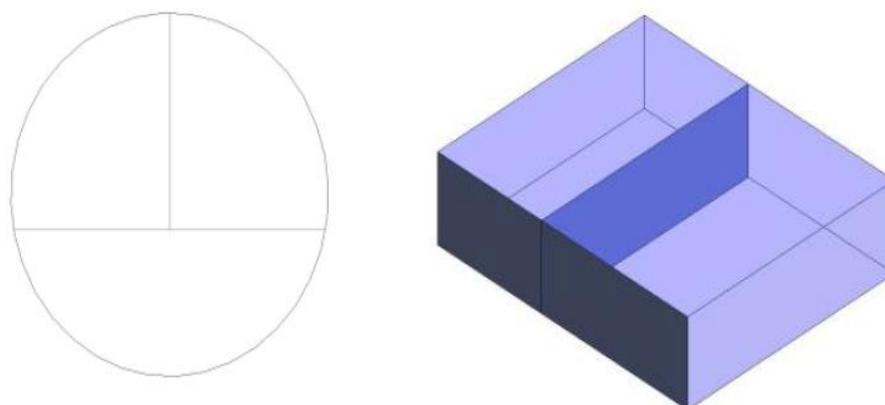
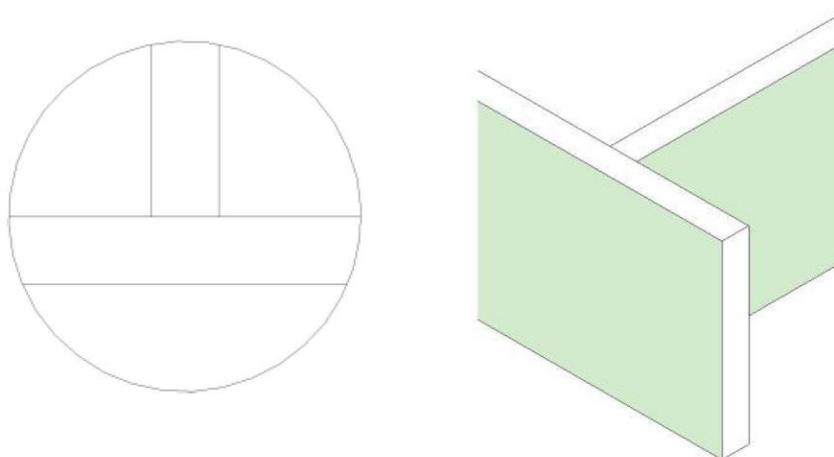


Figura 8 – Esquema de representação – LOD 100

LOD 200 – Neste caso o elemento deve ser representado como um sistema, objeto ou elemento genérico. Deve possuir quantidade, tamanho, forma e localização aproximados (Figura 09).

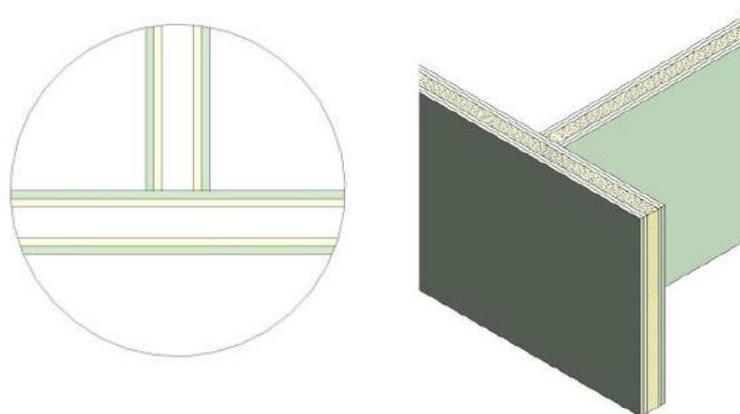
Figura 9 – Esquema de representação - LOD 200



Fonte: GTBIM 2013

LOD 300 – Neste caso, o elemento deve ser representado como um sistema, objeto ou elemento genérico. Deve possuir quantidade, tamanho, forma e localização definidos. Atualmente os escritórios têm adotado inclusive uma determinação intermediária entre o LOD 300 e o LOD 400 que é comumente chamado de LOD 350.

Figura 10 – Esquema de representação – LOD 300

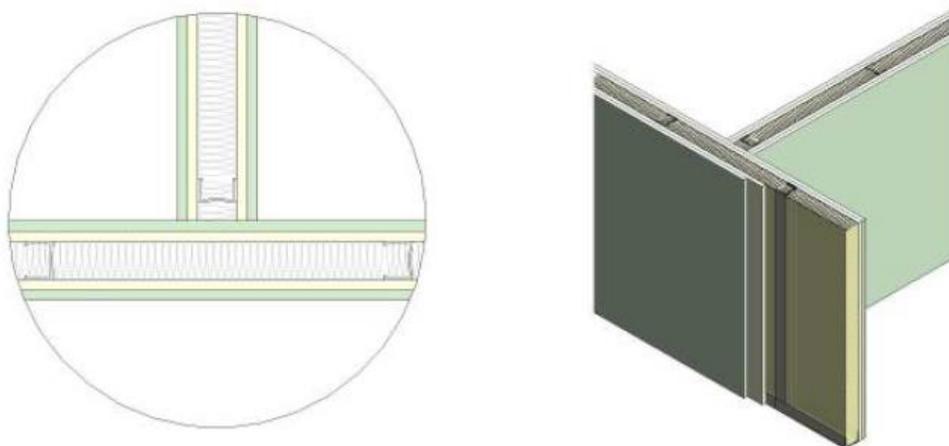


Fonte: GTBIM 2013

LOD 400 – Neste caso, o elemento deve ser representado como um sistema, objeto ou elemento genérico. Deve possuir quantidade, tamanho, forma e localização

definidos assim como suas relações e interfaces com outros elementos do projeto (Figura 11).

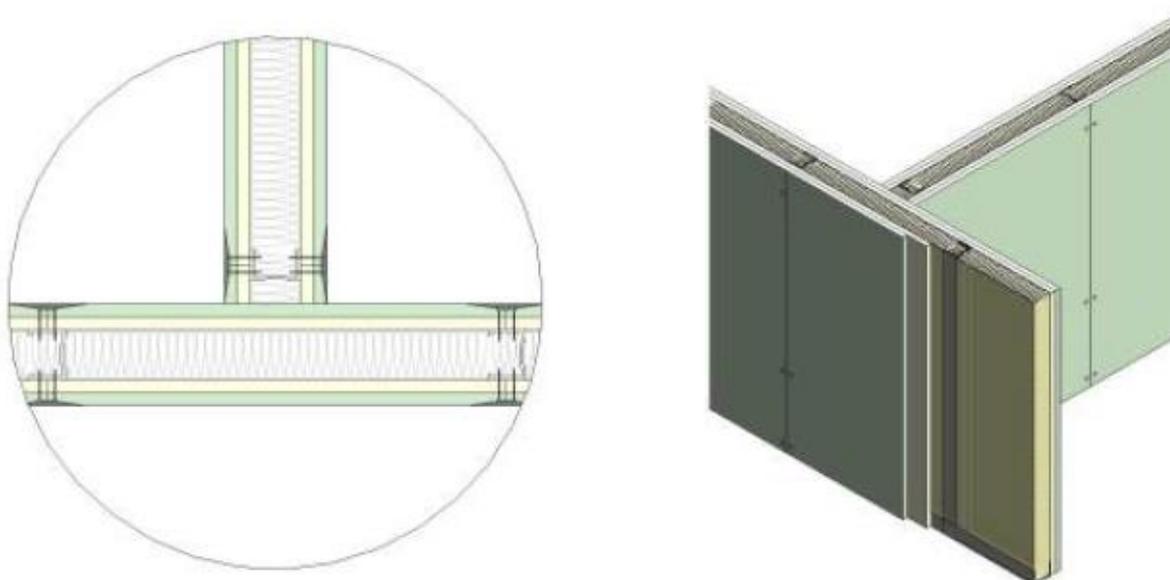
Figura 11 – Esquema de representação – LOD 400



Fonte: GTBIM 2013

LOD 500 – O elemento deve ser representado graficamente no modelo como um sistema, objeto ou montagem específico, com quantidade, tamanho, forma, localização e orientação definidos, com informações relativas ao detalhamento, à fabricação, à montagem e à instalação. Informações não gráficas adicionadas ao elemento podem constar nessa fase.

Figura 12 – Esquema de representação – LOD 500



Fonte: GTBIM 2013

Atualmente, grande parte das incorporadoras tem feito uso de um novo nível LOD, que é aplicado no projeto As built. Neste caso o nível de representação seria a máxima possível, atingindo assim o LOD 600, que normalmente era empregada ao LOD 500.

No aspecto da qualidade projetual, tanto o professor Nardelli⁶ quanto o professor Contier compartilham da mesma opinião, pois ambos afirmam que o projeto feito em BIM pode ter um custo maior e levar um tempo maior para ser executado, porém apresenta muito mais soluções, materiais e informações. Projetos realizados em BIM se apresentam de uma forma mais equalizada e com menos incidências de erros e por isso, no momento da contratação, não se deve olhar única e exclusivamente para o preço do projeto, mas sim para a qualidade e precisão de cada proposta.

A interoperabilidade é a capacidade do conjunto de tecnologias e processos BIM de disponibilizar um ambiente colaborativo para que as mais diversas disciplinas interajam no momento de projetar uma edificação. Cada uma das disciplinas complementares abastece um modelo central com as informações de seu projeto, garantindo, assim, a concatenação de dados em um único local. Isso permite que todos os projetistas tenham uma visão geral do todo projetado em três dimensões. Eastman et al. (2014) descrevem a interoperabilidade da seguinte maneira:

O projeto e a construção de uma edificação são uma atividade de equipe e, cada vez mais, cada atividade e cada tipo de especialidade é suportada e melhorada por suas próprias aplicações computacionais. [...] A interoperabilidade elimina a necessidade de replicar a entrada de dados que já foram gerados e facilita o fluxo de trabalho suaves e automação. Da mesma forma que a arquitetura e construção são atividades colaborativas, as ferramentas que as apoiam também são (EASTMAN et al., 2014, p.66).

⁶ Informação pessoal de Eduardo Sampaio Nardelli ao autor em 23/10/2020. Nardelli é Professor adjunto da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie onde é líder do grupo de pesquisa Teoria e Projeto na Era Digital. Ex-presidente da SIGraDi-Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital, ex-vice-presidente nacional de Arquitetura do SINAENCO, atual Vice-Presidente de Arquitetura do SINAENCO-SP e ex- Presidente da AsBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura, ex-conselheiro Suplente Estadual do Conselho de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo.

Segundo Eastman et al. (2014) a interoperabilidade surge no final da década de 1980 quando os modelos foram desenvolvidos para dar suporte a intercâmbios de informações de produtos e objetos de diferentes indústrias. Ainda segundo o autor, os dois principais modelos de dados de produtos de construção são o Industry Foundation Classes (IFC)⁷ voltado principalmente ao projeto, construção e gerenciamento das edificações e o CIMsteel Integration Standard Version 2 (CIS/2) voltado para produção de estruturas metálicas.

Os IFCs são um grande compilado de objetos e definições de dados que podem ser utilizados para representar uma edificação e que suportam a utilização dessa informação da construção para usos particulares. Estes incluem elementos da construção que compõem um modelo como paredes, pisos, estrutura entre outras características gerais que são compartilhadas entre as disciplinas (EASTMAN et al., 2014).

Em 1994, a indústria iniciou um consórcio e investiu na criação de um código informático capaz de permitir o desenvolvimento de aplicativos informatizados. Este consórcio de empresas recebeu o nome de “*International Alliance for Interoperability*” em 1997. Essa nova aliança tinha como objetivo criar e desenvolver o IFC (Industry Foundation Classes) como um modelo de dado contendo informações relacionadas a todo o ciclo de vida de uma edificação. Desde 2005 essa aliança recebe o nome de *Building Smart*.

Segundo a própria *Building Smart* é um órgão que impulsiona a transformação digital da indústria de ativos construídos. Ela está comprometida em fornecer melhorias através da criação e adoção de padrões e soluções internacionais e abertos para infraestrutura e edifícios. buildingSMART é a comunidade para visionários que trabalham para transformar o projeto, construção, operação e manutenção de ativos construídos. Este órgão define o IFC da seguinte maneira:

Em sua essência, o buildingSMART permite que todo o setor de ativos construídos melhore o compartilhamento de informações ao longo do ciclo de vida do projeto ou ativo. Ao quebrar os silos de informações, os usuários finais podem colaborar e cooperar melhor,

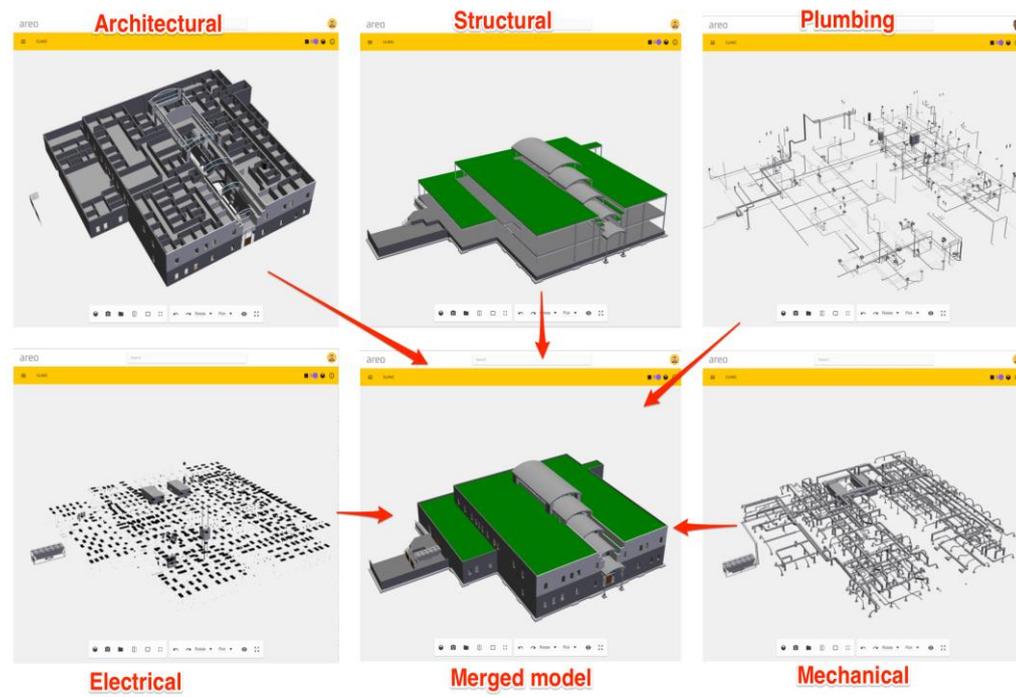
⁷ IFC: Foi desenvolvido para criar um grande conjunto de representações de dados consistentes de informações da construção para intercâmbio entre aplicações de *softwares* (EASTMAN et al., 2014, p.73).

independentemente de qual aplicativo de software estejam usando. O núcleo técnico do buildingSMART é baseado em Industry Foundation Classes (IFC), que foi certificado pela ISO em 2013.

A IFC é uma descrição digital padronizada da indústria de ativos construídos. É um padrão internacional aberto (ISO 16739-1:2018) e promove recursos independentes de fornecedor ou agnósticos e utilizáveis em uma ampla variedade de dispositivos de hardware, plataformas de software e interfaces para muitos casos de uso diferentes. (BUILDING SMART, 2018)

Em resumo: o IFC nada mais é do que um padrão global para a troca de dados entre as disciplinas da construção civil. Desta forma, cada projetista desenvolve seu projeto de forma separada e exportam cada projeto em uma extensão IFC, que possui tanto as geometrias dos elementos projetados quanto dados relevantes ao projeto em questão para que os demais envolvidos no projeto possam incorporá-lo ou em um arquivo central que reúne todas as disciplinas (Figura 13) ou em um outro projeto que tenha relação.

Figura 13 – Exemplo de concatenação de informações a partir de extensões IFC



Fonte: AERO⁸

⁸ Disponível em: < <https://blog.ares.io/what-is-ifc> > Acesso em: 14 jul. 2020.

Todos os aspectos e características apresentados neste capítulo mostram as vantagens desta tecnologia e a forma como deve ser utilizada para se projetar um edifício. O conjunto de tecnologias e processos BIM possui diversos benefícios que um arquiteto pode explorar, desde que utilize a tecnologia de forma adequada.

Partindo de uma reflexão histórica, em 1452, Leon Battista Alberti, arquiteto renascentista, fez a distinção entre *projeto arquitetônico* e *construção* ao propor que a essência do *projeto* recai sobre o processo de pensamento associado ao traçado de linhas em folhas de papel. (EASTMAN et al., 2014). Atualmente, o chamado BIM (Modelagem da Informação da Construção) tem se tornado revolucionário, pois muda a forma de pensar e de se projetar ao qual o arquiteto se habituou.

Desde Filippo Brunelleschi, no século XVII, a prática de anteceder a obra de um edifício através de seu desenho fez com que o arquiteto atingisse a posição de criador e não de construtor. Este foi um processo de transição intenso que se iniciou na França com o ensino acadêmico da profissão e permitiu a formação do arquiteto como “ofício”, conforme explica Flório:

A “codificação” do desenho foi necessária para incluir informações detalhadas sobre como representar a execução por partes de cada elemento construtivo. O crescente detalhamento do projeto é decorrência da necessidade de explicitar todas as operações técnicas desejadas para a construção na ausência do arquiteto. Assim, os desenhos técnico-operativos foram sendo codificados com informações cada vez mais detalhadas para viabilizar a sua correta tradução na construção de edifícios (FLÓRIO, 2011, p. 16).

No século XIX, intensificou-se a demanda por informações mais minuciosas a respeito de cada elemento construtivo para a execução de obras. Neste contexto, o desenho geométrico foi fundamental para orientar o desenho destes componentes em um espaço bidimensional. Esse tipo de representação presume planos estabelecidos em duas dimensões ou eixos (X e Y), isto é, a representação torna-se fundamental para a compreensão de como seccionar um objeto tridimensional em planos bidimensionais (FLÓRIO, 2011).

Por fim, segundo Eastman et al. (2014), o BIM é uma quebra de paradigmas e pode ser considerada uma transição significativa na prática de projetos. Diferente da tecnologia CAD, o BIM tem como intenção a automatização dos aspectos da produção do desenho tridimensional. O conjunto de tecnologias e processos BIM muda a forma de se pensar o projeto arquitetônico e sua representação, unindo

novamente projeto e obra, desenho e elemento construído, métodos que haviam sido desvinculados por Brunelleschi e Alberti. O BIM une em um mesmo ambiente tridimensional a simulação fidedigna dos elementos construídos no canteiro de obras, aliados aos desenhos arquitetônicos de representação bidimensional de cada um dos componentes pertencentes ao edifício.

Desde os anos 1990 grande parte da produção de desenhos passou a ser produzida a partir de recursos computacionais. Os antigos “gabaritos”, agora com precisão absoluta dos cálculos computacionais, são amplamente disponibilizados em programas gráficos. Modelos paramétricos garantem a relação matemática entre os componentes de um edifício, assim como plantas, cortes e elevações podem ser gerados a partir de um modelo geométrico digital tridimensional. Contudo, para que isso ocorra, o futuro arquiteto deve aprender as lições básicas de desenho, saber os códigos de representação, entender como as operações ocorrem durante a execução na obra. Desenha-se corretamente quando se tem o entendimento das características essenciais do objeto que está sendo representado (FLÓRIO, 2011, p.17).

Além disso, o BIM apresenta uma alteração não apenas na forma de se pensar o projeto, mas também evidencia uma alteração e uma quebra de paradigmas em toda arquitetura. O autor William J. Mitchell (2005) faz uma série de reflexões a respeito do aumento da complexidade dos novos edifícios, como o Guggenheim de Frank Gehry, quando comparado com os edifícios do final do século XX. O autor levanta o questionamento: estas alterações representam alguma mudança significativa nas condições de produção de arquitetura? Segundo o próprio autor, a resposta está no seguinte contexto:

A mudança, eu sugiro, é um resultado direto das novas condições criadas pela revolução digital. Os edifícios já foram desenhos materializados, mas agora, cada vez mais, são informações digitais materializadas – projetados com a ajuda de sistemas de *design* auxiliados por computador, fabricados por meio de máquinas controladas digitalmente, montados no local com o auxílio de dispositivos digitais de *layout* e posicionamento, e geralmente inseparável dos fluxos de informação através das redes globais de computadores. Muitos arquitetos simplesmente exploraram a tecnologia digital para reduzir o tempo e o custo de produção de edifícios no modo convencionalmente modernista, da mesma forma que os arquitetos do início da revolução industrial aproveitaram a produção em massa para proliferar de forma barata o ornamento que havia sido criado anteriormente por artesãos. Mas outros reconheceram que a revolução digital abriu novos domínios de forma arquitetônica para exploração e aproveitaram a oportunidade para produzir projetos que quebram as regras antigas (MITCHELL, 2005, p.2).

O BIM (Modelagem da Informação da Construção) tem se tornado revolucionário, pois muda a forma de pensar e de se projetar a qual o arquiteto se habituou. Para entender melhor esta transição, é preciso retornar ao surgimento desta tecnologia e entender sua evolução até os dias atuais, conforme será apresentado a seguir.

1.2 BIM: Contexto internacional

Na década de 1950, antes do surgimento das tecnologias informatizadas, os projetos arquitetônicos e as demais disciplinas complementares eram produzidas e compatibilizadas a partir de desenhos feitos à mão utilizando papéis. A partir da sobreposição de desenhos em papel vegetal, de maneira “analógica”, os desenhos revelavam, mediante a transparência do papel, as interferências existentes no projeto. Tal método deu lugar aos poucos ao projeto digital devido ao surgimento dos primeiros *softwares* gráficos na década de 1970, e do AutoCad 2D e 3D na década de 1980.

O primeiro passo para a resolução deste desafio foi a criação do sistema de representação gráfica que surgiu em meados de 1950 e ficou conhecido como o Sistema de Defesa Aérea dos EUA, o SAGE (Semi-automatic Ground Environment) desenvolvido pelo Laboratório Lincoln do Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Já na década seguinte, em 1960, Ivan Sutherland usou o computador TX-2 produzido no Lincoln Laboratory do MIT para produzir um projeto chamado SKETCHPAD, considerado o primeiro passo para a indústria de CAD (SOLUTIONS, 2003).

Os primeiros programas de Desenho Assistido por Computador usavam algoritmos simples para exibir padrões de linhas primeiro em duas dimensões e depois em 3-D. Charles Eastman, da Universidade Carnegie-Mellon, produziu os primeiros trabalhos nessa direção (SOLUTIONS, 2003).

No final da década de 1960, as primeiras tecnologias de representação tridimensional têm início e houve nesse período um processo evolutivo dos sistemas que faziam modelagens de sólidos 3D. (EASTMAN et al. 2014). Nesta época, os sistemas CAD desenvolviam suas capacidades básicas cuja modelagem trazida para a arquitetura havia se iniciado a partir das criações cinematográficas e de jogos. As primeiras ferramentas suportavam a criação de objetos 3D facetados e cilíndricos com atributos associados. Essa abordagem de modelo híbrido foi um importante precursor da modelagem paramétrica moderna. Tal trabalho foi conduzido em paralelo com esforços em projetos de produtos mecânicos, aeroespaciais, construção de elétricos, nos quais os primeiros conceitos de modelagem de produtos e análise e simulação integradas foram desenvolvidas. Ainda segundo Eastman et al (2014), os

Sistemas CAD de modelagem de sólidos eram funcionalmente poderosos, mas em geral ultrapassam o poder computacional disponível. Alguns aspectos da produção, como geração de desenhos e relatórios, não eram bem desenvolvidos. O projeto de objetos 3D também era muito estranho conceitualmente para a maior parte dos projetistas, que ficavam mais confortáveis projetando em 2D. [...]os sistemas custavam muito caro acima de US\$35.000 por licença. As indústrias de manufaturas aeroespaciais viram os benefícios potenciais em termos de capacidade integrada de análise, redução de erros e movimentos em direção a automação da fábrica. Eles trabalhavam com as empresas de CAD para resolver as primeiras deficiências da tecnologia. A maior parte da indústria da construção não reconheceu esses benefícios. Em vez disso, adotaram editores de desenho de arquitetura como o AutoCAD e o Microstation (EASTMAN et al., 2014, p.27).

A evolução deste sistema fez surgir os primeiros projetos referenciados a partir da vinculação de arquivos também chamados de X-ref. Trata-se de uma ferramenta dos *softwares* CAD que permitem a sobreposição de dois ou mais projetos simultaneamente em um mesmo arquivo. Isso passou a permitir a concatenação de informações e desenhos, além de proporcionar o trabalho colaborativo simultâneo entre os projetistas. Conforme explicam os autores Costa, Figueiredo e Ribeiro (2015):

A partir da década de 1970, a indústria de *software* gráfico começou a se desenvolver e o computador tornou-se uma ferramenta poderosa e imprescindível. Na década seguinte (1980), o universo de projetos arquitetônicos foi surpreendido com o lançamento de

uma tecnologia que mudaria os rumos dessa área, o *Computer Aided Design* (CAD), ou desenho auxiliado por computador. O desenvolvimento e a expansão dos *softwares* permitiram que um processo, antes inteiramente manual, passasse a ser desenvolvido num computador, garantindo, assim, melhor qualidade e eficiência. O surgimento dessa tecnologia permitiu um enorme avanço, desde o processo de elaboração do projeto até a criação do espaço. Nessa época, o *software* mais inovador que surgiu foi o AutoCAD, que passou a representar essa nova tecnologia (COSTA; FIGUEIREDO; RIBEIRO, 2015, p.11).

Em 1973, a criação e edição de formas 3D sólidas foram desenvolvidas separadamente por três grupos: Ian Braid, na Universidade de Cambridge; Bruce Baumgart, em Stanford; e Ari Requicha e Herb Voelcker, na Universidade de Rochester. Ficaram conhecidos como “Modelagem de Sólidos”. Esses estudos e desenvolvimentos criaram a primeira geração de ferramentas práticas de projeto com modelagem 3D (EASTMAN, et al., 2014, p.26).

Em 1975, Charles M. Eastman publicou *Building Description System*, considerado o primeiro documento sobre BIM publicado no extinto jornal AIA. Tratava-se de um protótipo desenvolvido nesta época na Universidade de Carnegie que já apresentava diversas similaridades com o *Building Information Modeling* como o conhecemos hoje. Entre as características, havia a possibilidade de criação de vistas diversas, da atualização automática de desenhos e da criação de quantitativos do modelo.

Entretanto, o BDS (*Building Description System*) foi desenvolvido antes da era dos computadores pessoais e não há relatos de que algum projeto foi de fato desenvolvido dentro deste sistema, o que acabou sendo mais uma experiência que identificou alguns dos problemas fundamentais do projeto arquitetônico dos próximos 50 anos (EASTMAN et al., 2014).

Contudo, o desenvolvimento dos sistemas CAD fez surgir o conjunto de tecnologias e processos BIM e este, por sua vez, inicia um processo de transição entre o sistema CAD 2D e o novo método de representação virtual comumente chamado de “modelo” (KASSEM; AMORIM, 2015, p.62).

A partir de meados 1980, países mais desenvolvidos tecnologicamente aprimoram o BIM devido à necessidade de maior exatidão na tomada de decisões,

ao passo que a quantidade de informações e disciplinas complementares aumentaram substancialmente. A partir de então estes métodos e conceitos passam a ser empregados em tecnologias conforme conhecemos hoje e que nos Estado Unidos ficou conhecido como *Building Products Models*.

A atual geração BIM de programas utilizados para projetos de arquitetura, como o Autodesk Revit e o ArchiCAD, foram desenvolvidos a partir das capacidades de modelagem paramétricas de *softwares* criados para a modelagem de projetos de sistemas mecânicos. Estes conceitos surgiram da evolução das tecnologias CSG e B-rep, que nada mais eram do que sistemas de representação por fronteiras: surge então uma mistura de pesquisa universitária e intenso desenvolvimento industrial, desenvolvida pela Parametric Technologies Corporation (PTC) nos anos 1980 (EASTMAN et al., 2014).

A ideia básica, é que instâncias de forma e outras propriedades podem ser definidas e controladas de acordo com uma hierarquia de parâmetros dos níveis de conjunto e subconjunto, assim como no nível de um objeto individual. Alguns dos parâmetros dependem de valores definidos pelo usuário; outros dependem de valores fixos, e outros são obtidos de outras formas ou são relativos a elas (EASTMAN et al., 2014, p.29).

Conforme explica Addor et al., (2010, p.105) o BIM, como conhecemos hoje, surge nos anos 1980 através da criação do IAI (International Alliance For Interoperability, atual Building Smart) pelas mãos do arquiteto especialista em tecnologia da informação Jerry Laiserin a partir de suas pesquisas em interoperabilidade.

Em 1987 foi lançado o ARCHICAD, o primeiro *software* BIM. A partir destes marcos diversos arquitetos passaram a iniciar o uso da ferramenta, entre eles o arquiteto norte-americano Frank Gehry, que foi um dos precursores a utilizá-la em 1992.

A partir daí o termo BIM passa a ser conhecido no meio da construção civil, sendo popularizada em 2002, envolvendo conceitos de planejamento, construção e gestão, ao utilizar *softwares* em sistemas de *hardware* compatíveis. (JARNIGAN, 2008 apud TENEDINI, 2019, p.31).

Na arquitetura contemporânea, os projetos arquitetônicos complexos de indústrias, aeroportos e edifícios corporativos são elaborados por grandes equipes

multidisciplinares, o que demanda uma grande quantidade de peças gráficas, relatórios, planilhas, levantamentos e informações. Para elaboração desses projetos, os elementos representados podem ser alterados ou revisados inúmeras vezes. Para atender tal demanda, foi desenvolvida uma estrutura instalada em programas gráficos computacionais baseada em parâmetros e hierarquias: as variações paramétricas (FLORIO, 2011, p.1).

Neste contexto, o conjunto de tecnologias e processos BIM pode contribuir como facilitador do processo, uma vez que repetidos ajustes em massa deixam de ser necessários e cada componente se atualiza sem a necessidade de redesenho. O BIM, neste caso, proporciona um ambiente colaborativo entre os projetistas das diversas disciplinas, permitindo a interoperabilidade simultânea e controlada. Cabe então ao arquiteto o papel de gestor da arquitetura e dos projetos complementares, dado que a concepção do edifício foi de sua autoria. Conforme explicam Addor et al. (2010):

Hoje, o controle das informações no desenvolvimento de projetos e obras é complexo: grande quantidade de dados gerados simultaneamente, vários usuários acessando essa base de dados diversas vezes, ao mesmo tempo, e de locais diferentes. Com os dados espalhados por diversos documentos, a chance de incidência de erro é enorme. No modelo gerado na plataforma de BIM, todas as informações de todas as disciplinas estão concentradas e integradas. Todos os projetos estão vinculados em um mesmo modelo (ADDOR et al., 2010, p.111).

No âmbito internacional, a arquitetura e a construção civil têm tomado uma posição de destaque na União Europeia e atualmente já é responsável por cerca de 10% da geração do PIB e gerando aproximadamente 20 milhões de empregos. (KASSEM; AMORIM, 2015).

Além disso, a indústria da construção da União Europeia tem enfrentado custos altos de gastos energéticos e preocupações ambientais cada vez maiores. Com o objetivo de reduzir esses impactos, os países europeus têm optado pela adoção de novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e processos que têm como objetivo a redução do desperdício em projetos de fundamental importância para os países.

Conforme explica Kassem e Amorim (2015), na primeira década dos anos 2000, o BIM já tem sido incorporada aos projetos arquitetônicos desde o projeto

conceitual até a operação com o objetivo de maior controle e gerenciamento das edificações em seus mais diferentes ciclos de vida. O autor ainda explica:

O BIM é considerado um facilitador para a entrega de projetos de edificações e infraestrutura com maior rapidez, economia e sustentabilidade. O Reino Unido, a Holanda, a Dinamarca, a Finlândia e a Noruega já exigem o uso do BIM para projetos financiados com recursos públicos. (KASSEM; AMORIM, 2015, p. 62).

Em sua obra, Kassem e Amorim (2015) avaliam o contexto da implementação do BIM no Reino Unido, França, Holanda, Finlândia e Noruega através da análise de dados de diversos setores do país, dentre eles o da educação e aprendizado; tecnologia e indústria; estratégias, objetivos e estágios; publicações notáveis; autores líderes; resultados padronizados; arcabouço regulatório e medidas e otimização. Com o objetivo apenas de elucidar o contexto europeu a respeito da tecnologia, serão apresentadas três das principais referências a respeito do tema a partir do levantamento feito por Kassem e Amorim (2015) no Reino Unido, Holanda e França, além do contexto BIM nos EUA.

1) Reino unido

O Reino Unido tem buscado uma evolução no quesito modernização e evolução constante através da implementação do BIM desde 2005. O governo do país reconheceu que a nova tecnologia é crucial para o desenvolvimento aprimorado da indústria da construção e estabeleceu o BIM como centro das estratégias de desenvolvimento arquitetônico. Esta iniciativa ganhou força a partir de 2011 e, em 2016, passou a ser obrigatório o desenvolvimento de projeto a partir do conjunto de tecnologias e processos BIM de forma colaborativa em 3D com informações de projetos para todos os projetos centrais. (KASSEM; AMORIM, 2015).

A implementação da tecnologia iniciou de fato em julho de 2011 e conforme explicam Kassem e Amorim (2015),

de acordo com esta estratégia, o BIM, ao ser implementado corretamente, pode se tornar um catalisador do processo de integração e ser uma oportunidade única para a utilização transparente de informações digitais, da mesma forma como ocorreu em outras indústrias, como a de varejo e a de transformação. (KASSEM; AMORIM, 2015, p. 62).

Pesquisas e dados de empresas do Reino Unido mostram que há uma escassez de mão de obra qualificada para desempenhar as atividades em BIM conforme a meta estabelecida pelo governo, sendo um dos principais limitadores para a conclusão da implantação da tecnologia. Com isso, visando o aprimoramento do ensino, os futuros profissionais da AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) necessitam de capacitação para este novo modelo de projeto. Para isso, foram estabelecidos objetivos de aprendizagem que são de responsabilidade conjunta das universidades, faculdade, comunidades e empresas que fazem parte da AECO, cujo objetivos são:

- apoiar o desenvolvimento profissional de funcionários do governo a curto prazo para projetos pioneiros;
- qualificar funcionários em diversos departamentos para a difusão a longo prazo do BIM em trabalhos públicos;
- oferecer, a curto e a longo prazo, apoio à indústria para garantir que a meta do BIM seja alcançada até 2016. (KASSEM; AMORIM, 2015, p.89)

O Reino Unido apresenta boa margem de incentivo em ambos os setores, seja na educação seja na produção, uma vez que desde 2005 apoia a implementação do BIM no país e passou a ser obrigatório em obras públicas de qualquer porte.

2) Holanda

Na Holanda passou a ser obrigatória a utilização do conjunto de tecnologias e processos BIM e do IFC para o desenvolvimento de projetos centrais do governo que tenham um valor de custo superior a 10 milhões de euros desde novembro de 2011. Fica a cargo da Rijks Gebouwen Dienst (RGD) – Agência Governamental de Construção e da Bouw Informatie Raad (BIR) (Conselho Nacional do BIM), que conta com representantes de toda a cadeia de fornecimento da indústria de construção e dissemina o Modelo pela indústria, o objetivo de garantir o engajamento e a difusão do BIM. (KASSEM; AMORIM, 2015).

Criou-se então o guia e o protocolo BIM da Holanda: o “RVB BIM Norm version 1.1” , emitido em fevereiro de 2013. Este documento tem por objetivo orientar projetos colaborativos em BIM com foco no desenvolvimento de maior eficiência de

manutenção e operação. A estimativa do uso do BIM como tecnologia projetual era a redução de gastos de mais de 800 milhões de euros na construção e execução de 13 tipos de contratos vigentes em 2012, sendo 6 estradas e 7 edifícios, cujo valor estimado estava em 6 bilhões de euros (KASSEM; AMORIM, 2015).

Na educação, apesar de muitas instituições de Ensino Superior privadas promoverem disciplinas voltadas ao uso do BIM, estas ainda são utilizados com baixa frequência. Este tipo de ensino está mais concentrado nos cursos de pós-graduação e pesquisas. No âmbito nacional, não há ainda um quadro para a disponibilização do BIM no Ensino Superior do país. (KASSEM; AMORIM, 2015).

Apesar destes dados a respeito do ensino, podemos entender que a Holanda incentiva a implementação do BIM, haja vista que no campo da construção civil pública se faz obrigatório o uso dessa tecnologia parametrizada para o desenvolvimento projetual. Porém, é possível perceber que, para atender essa demanda criada pelo próprio governo, alunos e instituições devem se capacitar para que a oferta acompanhe a demanda.

3) França

A França tem incentivado a implementação da tecnologia em seu país desde julho de 2014 através de diversas ações e documentos com o objetivo de expandir a produção arquitetônica e buscar aprimoramento do setor das habitações. Um dos grandes incentivos inicia-se com a queda da produção no setor da construção civil na casa de 8%, um ano antes da apresentação do relatório estratégico “Actions pour la relance de la construction de logement” (em uma tradução livre – Ações de revitalização da construção habitacional). Esta iniciativa busca a estimulação da construção e produção de mais de 500.000 unidades de habitação novas e mais 500.000 reformas até o ano de 2017 (KASSEM; AMORIM, 2015).

Essa iniciativa surgiu a partir da consulta de diversos profissionais da indústria em novembro de 2013 e possui em resumo 5 ações a serem desenvolvidas e incentivadas no decorrer desta implementação: incentivar o acesso à moradia própria; simplificar normas e regulamentos da construção civil; incentivar à inovação com a construção digital em BIM; fortalecer o HIS (Habitações de Interesse Social) e fortalecer a concessão de terras.

No que diz respeito ao BIM, Kassem e Amorim (2015) trazem a seguinte descrição a respeito do plano de implantação e utilização BIM na França:

As ações nessas áreas prioritárias são relativas, quase exclusivamente, a construção digital e BIM. Foi designado em junho de 2014 um “Embaixador Digital para a Indústria de Edificações” (Sr. Bertrand Delcambre, Presidente do Centro Técnico-Científico de Edificações- CSTB) pela Sra. Pinel, a nova Ministra da Habitação e Igualdade Territorial. Ele será responsável pelo desenvolvimento da política digital do BIM e de um programa operacional para a sua execução na indústria francesa de edificações. Os responsáveis do Governo Francês pela introdução da construção digital e do BIM deverão modernizar o processo de entrega de projetos de edificações, elevar a colaboração entre as partes interessadas do projeto, melhorar a qualidade das construções e reduzir seus custos. Consoante as medidas dessa estratégia, o BIM será exigido progressivamente em licitações públicas a partir de 2017, conforme anunciado pelo Sr. Duflot, o Ministro da Construção, em março de 2014. (KASSEM; AMORIM, 2015, p.97).

Existem diversos cursos profissionalizantes espalhados pela França, incluindo cursos de Ensino Superior. O *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB) também oferece três cursos em prototipagem digital e BIM, conforme explicam Kassem e Amorim (2015). Entretanto, assim como na Holanda, ainda não há uma perspectiva para a incorporação do ensino do BIM nas universidades em nível nacional.

Assim como os demais países, a França tem incentivado através de medidas, relatórios e normas a criação de órgãos responsáveis por implementar ações e medidas voltadas para o uso do BIM em projetos públicos. Além disso, todos os países referenciados pela pesquisa de Kassem e Amorim (2015) tornaram obrigatório a elaboração já há algum tempo a produção e a entrega de projetos voltados para obras públicas.

O lado negativo desta avaliação está no fato de não haver a mesma intensidade de incentivos quando o assunto é a educação, haja vista que tanto as universidades quanto à indústria devem caminhar juntas nesse processo, pois, de um lado, a formação gerará a oferta, enquanto a produção a demanda e, portanto, seria fundamental que Universidade e Indústria recebam dos governos incentivos de mesma magnitude.

4) Estados Unidos

Nos Estados Unidos da América, a implementação BIM tem início um pouco antes dos países analisados neste capítulo. (ANDIA, 2008 apud. MENEZES, 2012). O levantamento realizou uma série de levantamentos sobre a implementação BIM em mais de 30 escritórios, afirma que as empresas nos EUA que controlavam o banco de dados do BIM podiam controlar uma parte significativa do processo e, nesse ponto, o BIM já começava a transformar a estrutura do método tradicional em taxas de concepção de faturamento. Sendo assim, as empresas passavam a cobrar mais em uma etapa inicial do projeto, ao invés da fase de documentação. Nos Estados Unidos, esses métodos eram feitos através de acordos contratuais com clientes ou oferecendo serviços adicionais que criavam taxas suplementares.

Ainda nessa pesquisa, o autor cita empresas que estavam iniciando um processo de cobrança de modelos BIM para estimativas de custos iniciais ou para o estudo das fases construtivas após o processo de licitação. (ANDIA, 2008 apud. MENEZES, 2012).

A partir de um estudo feito por (FIGUEROLA, 2011 apud. MENEZES, 2012), a respeito da utilização do BIM nos países, o autor afirma que em 2011 o BIM está presente em cerca de 38% a 49% dos escritórios de arquitetura americanos e europeus.

Além disso, já no começo da década de 2010, segundo Menezes (2012), os escritórios que realizam projetos para atender às demandas de edifícios e projetos públicos devem apresentar suas propostas através da utilização do conjunto de tecnologias e processos BIM. Segundo Martin Fischer, Professor de Engenharia Civil e Ambiental da Stanford University (MENEZES, 2012), na universidade há dois tipos de cursos voltados ao BIM, sendo um de métodos tradicionais e o outro que ministrava métodos BIM. O professor ainda afirma que

chegado 2011, já se tem o uso do BIM em quase todas as turmas, a disciplina de introdução ao BIM tornou-se muito popular, e o curso de gerenciamento de projeto para construção (que ensina como manejar cronogramas, custo e orçamento) é realizado com estímulo ao uso de *softwares* com base em BIM. O resultado a que se chegou, segundo Fischer, foi o de haver estudantes aprendendo os conceitos e métodos fundamentais, além das novas tecnologias, o que os insere melhor no mercado de trabalho (MENEZES, 2012, p.161).

Ainda assim, segundo Menezes (2012), mesmo Stanford tendo um currículo voltado para o ensino do BIM, muitas universidades norte-americanas ainda apresentam escassez de cursos voltados à tecnologia.

Ao observarmos o contexto internacional, é possível perceber que os países têm adotado o BIM, principalmente em obras públicas. Em sua grande maioria dos territórios, além das fronteiras nacionais, os EUA já têm como obrigatória a apresentação de projetos a partir dessa tecnologia. Entretanto, no âmbito educacional, alguns países ainda não possuem uma definição ou mesmo um plano de implementação que tenha abrangência nacional e por isso os currículos universitários ficam a cargo das instituições, sendo uma oferta de cursos voltados ao BIM diferente em cada país.

Diante do exposto, pode-se entender que o incentivo, a partir da indústria em muitos países há pelo menos uma década, foi o primeiro e um grande passo dado em direção ao BIM. Cabe agora a comparação com as iniciativas no Brasil para entender o patamar em que o país se encontra em relação aos demais países, conforme será apresentado no subcapítulo seguinte.

1.3 BIM: Contexto nacional

No cenário nacional, a utilização de sistemas informatizados remonta a década de 1980 com o surgimento da PNI (Políticas Nacionais de Informática) que deu início ao processo de abertura da importação de tecnologias cibernéticas, cuja consolidação ocorreu na década de 1990 no governo Collor de Mello. Naquela década, mantendo a divisão entre contextos de mercado e acadêmico, começa de fato o uso mais expressivo do conjunto de tecnologias e processos BIM.

A Política Nacional de Informática (PNI) teve como características duas atuações principais:

- as medidas de política industrial e tecnológica a serem adotadas deveriam ter como objetivo a construção, no país, de um parque industrial dedicado à produção de bens de informática;

- as medidas deveriam também fomentar a criação, nas respectivas empresas, de uma razoável capacitação tecnológica nas atividades de desenvolvimento e fabricação desses produtos.

A partir desse nosso cenário, as empresas nacionais passaram a adotar duas formas de atuar no mercado da produção de informática conforme explica o autor:

As empresas de capital nacional constituídas sob a PNI adotaram, de maneira geral, estratégias tecnológicas "mistas", baseadas na combinação do desenvolvimento próprio e da engenharia reversa com a realização de acordos de licenciamento com empresas estrangeiras (FAJNZYLBER, 1993, p.46).

No âmbito nacional, a utilização de sistemas informatizados tem início na década de 1970 junto ao surgimento da PNI. Segundo Fajnzylber (1993), os primeiros passos em direção à informática foram dados em 1971, quando foi criado o GTE – Grupo de Trabalho Especial para “promover o projeto, desenvolvimento e construção de um protótipo de computador eletrônico para operações navais” (FAJNZYLBER, 1993, p.4).

Em 1972 foi formada a Comissão de Coordenação de Processamento Eletrônico (CAPRE). Esse foi o primeiro órgão incumbido de conceber e pôr em prática políticas para o desenvolvimento do setor da informática e tecnologia. Além disso, a ideia era de que a CAPRE fosse responsável pelo processamento de dados do país e encarregada também de racionalizar políticas públicas para permitir a compra de equipamentos (FAJNZYLBER, 1993).

Em 1990, com a posse do presidente Fernando Collor de Mello, ocorreram mudanças significativas no que diz respeito à produção e às normativas institucionais. Na época, era de conhecimento geral que haveria alterações e reformulações nas questões das estratégias competitivas do mercado de informática. A primeira grande mudança foi a flexibilização das restrições existentes na atuação de empresas estrangeiras no país, seja através da fabricação em território nacional, seja por meio da importação de produtos (FAJNZYLBER, 1993, p.117).

Na esfera educacional, há os primeiros trabalhos acadêmicos de interesse pela BIM (Building Information Modeling) já em 1996, o que demonstra um início promissor e recente no país. Essa abertura para as novas importações de

tecnologias internacionais permitiu a chegada de computadores e *softwares* mais modernos e com maior capacidade de processamento, dentre eles o BIM que se intensificou a partir dos anos 2000 conforme explica Menezes (2012):

A partir do ano 2000 o BIM tem ganhado cada vez mais atenção nas terras brasileiras, principalmente nos escritórios de arquitetura. Talvez por isso duas das revistas de grande repercussão nacional pertencentes à Editora Pini, a AU (arquitetura e urbanismo) e a *Téchne* (engenharia civil), dedicaram, em 2011, edições para análise desse novo paradigma (MENEZES, 2012, p.161).

Segundo Menezes (2012, p.161), há anos o conjunto de tecnologias e processos BIM promete alterar os métodos projetuais brasileiros de forma radical, impactando principalmente na produção da construção civil. Porém, havia a ideia de que por seu avanço tecnológico e conceito de modelagem de informação avançada, existisse uma possibilidade de que o BIM estivesse longe de ser adotado. Deste modo, há um início de movimentações a esse respeito por parte de alguns escritórios. Além disso, Menezes (2012) explica que a maior dificuldade de implementação destes softwares, segundo os próprios escritórios de arquitetura, está no alto custo do treinamento de pessoal e dos altos valores dos computadores (que necessitam ter uma configuração mais robusta), além do próprio custo das licenças de utilização dos programas. O autor ainda traz um relato a partir da primeira edição do primeiro Seminário Internacional sobre Arquitetura Digital: BIM, Sustentabilidade e Inovação, promovida pela Asbea (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura).

Cristiano Ceccato declarou que o BIM irá se tornar obrigatório no mercado de arquitetura, assim como o CAD é hoje em dia. Ainda comparando a transição prancheta/CAD com CAD/BIM, sugeriu que, apesar de lenta e gradual, a transição ocorrerá desta vez mais rápida, uma vez que, quando os escritórios iniciaram o uso do CAD bidimensional, as pessoas mal sabiam usar o computador, as máquinas eram muito lentas e as interfaces eram muito atrasadas, diferentemente de hoje em dia (FIGUEROLA, 2011 apud MENEZES, 2012, p. 162).

Menezes (2012) e Kassem e Amorim (2015) apontam o escritório Contier Arquitetura, seguido pelo Aflalo & Gasperini, como um dos precursores do BIM no Brasil entre os anos de 2002 e 2006, e um dos nomes de referências ainda hoje no uso dessa tecnologia.

A implementação BIM na arquitetura paulista pode ser dividida em três campos de uso: a primeira voltada para a indústria imobiliária, em que a tecnologia é empregada no controle e na precisão dos projetos. Nestes casos a implementação ocorre de forma um pouco mais sinérgica, devido ao fato de as construtoras já serem conhecidas pelas disciplinas e estarem familiarizadas com o processo de leitura e execução de um projeto em BIM.

A segunda área de uso é o setor público, uma vez que a tecnologia possui uma maior resistência para ser implementada, apesar de as disciplinas utilizadas pelo BIM no projeto facilitarem a execução da obra: a construtora precisa passar por um processo de licitação para ser conhecida. Neste caso, a sinergia entre os projetistas e a executora da obra é inferior, pois se tornam de conhecimento apenas após o projeto ter sido desenvolvido. O terceiro campo de utilização são os escritórios privados que adotam o BIM em seus projetos cotidianos, visando a precisão e a agilidade projetual em momentos de produção e revisão.

Outro fato a se destacar, conforme Kassem e Amorim (2015) alertam, é o grande problema do quesito regulatório, pois segundo os autores existem poucas normas brasileiras voltadas a esse termo e as que existem possuem características ultrapassadas. Conforme Kassem e Amorim (2015) explicam, houve

a notável exceção e o Caderno BIM, ou Termo de Referência para desenvolvimento de projetos com o uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM), elaborado pelo Governo Estadual de Santa Catarina e publicado em março de 2014, como parte da documentação de licitação para elaboração do projeto de um hospital. (KASSEM; AMORIM, 2015, p. 22)

Menezes (2012, p.163) também traz o relato das dificuldades iniciais da implementação da tecnologia nos escritórios de arquitetura: Em um primeiro momento, apresentavam uma queda de rendimento no momento de apropriação da ferramenta e formação das equipes, no entanto, após o período de adaptação, havia um desempenho superior. Outra grande dificuldade está no diálogo entre os projetistas das disciplinas complementares que ainda não estão adaptados ao BIM.

O projeto arquitetônico demanda ramificações entre diversas disciplinas complementares. São bons exemplos elementos como os estruturais, de vedação, hidráulicos, elétricos, topográficos, de conforto térmico e acústico, paisagismo etc. Todos estes elementos devem ser concatenados para garantir um desenvolvimento

tanto projetual quanto de execução, sendo fiel ao que o arquiteto, como gestor do projeto em sua totalidade, estabelece como premissa no momento de sua concepção. (ASBEA, 2012)

À medida que os empreendimentos de construção se tornam maiores e mais complexos, aumenta o conjunto de requisitos normativos e legais a serem atendidos. Crescem também as possibilidades e necessidade de envolvimento do arquiteto enquanto coordenador de equipes multidisciplinares desses empreendimentos. (AsBea, 2012, p.100)

No âmbito educacional, as universidades foram as primeiras a demonstrar interesse no BIM. Em 1996, surgem as primeiras dissertações de mestrado sobre o tema (KASSEM E AMORIM 2015). Nos anos 2000, teve início o projeto CDCON – Classificação e Terminologia para a Construção – em resposta a um Edital da linha HABITARE, da FINEP, Financiadora de Estudos e Projetos, apoiado também pelo CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia – e ANAMACO – Associação Nacional dos Comerciantes de Material de Construção. Os autores ainda complementam que

a cargo de equipes das universidades UFF, UFSC e UFRGS este projeto veio 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. Atualmente, boa parte da pesquisa BIM nas universidades se articula através da Rede BIM Brasil (www.redebimbrasil.org.br), conjunto de grupos de pesquisa das Universidades:

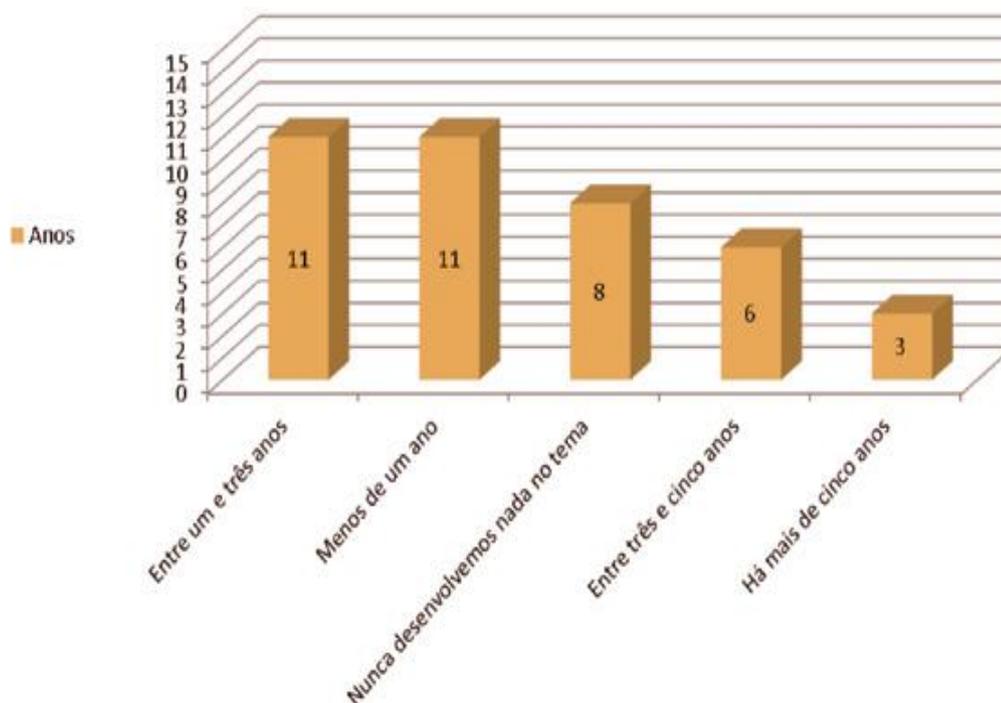
- UFPR – Universidade Federal do Paraná;
- USP – Universidade de São Paulo;
- UFF – Universidade Federal Fluminense;
- UFBA – Universidade Federal da Bahia;
- UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas;
- UFV – Universidade Federal de Viçosa;
- UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul;
- UPM – Universidade Presbiteriana Mackenzie. (KASSEM; AMORIM, 2015, p.23).

Entretanto, mesmo com o primeiro passo rumo ao BIM ter sido dado cedo no Brasil, tanto pelos escritórios, quanto pelo campo da educação, esse cenário não

evoluiu. Não há um consenso do motivo pelo qual o BIM não está implantado em grande parte dos escritórios do Brasil, porém uma das possibilidades está ligada ao custo dos *softwares* BIM.

Neste aspecto, Contier afirma que este motivo não pode ser considerado, uma vez que a licença BIM e a licença CAD possuem o mesmo valor por ano, mas esta justificativa é usada devido ao problema da pirataria das tecnologias. Para Nardelli⁹, o BIM ainda não é um processo pronto. A arquitetura ainda não possui uma cultura de antecipar problemas em obra e um dos principais motivos para a não utilização da tecnologia por escritórios de arquitetura é a forma de contratação dos projetos que, em geral, é negociada pelo menor preço e não pela qualidade projetual. O arquiteto ainda não possui a noção de que o BIM não é apenas um projeto, mas sim um controle de todo o ciclo de vida da edificação, desde o seu projeto até que seja demolido para dar lugar a mais uma nova edificação.

Figura 14 – Prazo de atividades desenvolvidas no tema BIM



Fonte: Kassem; Amorim, 2015.

⁹ Informação pessoal de Eduardo Sampaio Nardelli ao autor em 23/10/2020.

A pesquisa demonstrada acima de Kassem e Amorim (2015) corrobora a opinião de Nardelli. Segundo os autores, grande parte dos escritórios possuem trabalhos recentes em BIM, contudo são trabalhos realizados no período de 5 anos no máximo conforme (Figura 14).

Figura 15 – Participação em % das empresas que utilizam o BIM

Segmentos	Sua empresa utiliza a ferramenta Building Information Modeling (BIM)		
	Sim	Não	Não sei dizer
CONSTRUÇÃO	9,2	73,2	17,6
PREPARAÇÃO DE TERRENO	9,4	70,0	20,6
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS E OBRAS DE ENGENHARIA	10,0	72,4	17,6
<i>Edificações</i>	11,2	73,4	15,4
<i>Residenciais</i>	13,9	70,5	15,6
<i>Não Residenciais</i>	8,5	76,5	15,0
<i>Obras Viárias</i>	8,2	73,5	18,3
<i>Obras de montagem</i>	10,8	62,9	26,3
<i>Obras de arte especiais + Obras de outros tipos</i>	7,6	71,2	21,2
OBRAS DE INFRAESTRUTURA PARA ENGENHARIA ELÉTRICA E PARA TELECOMUNICAÇÕES	7,9	78,5	13,6
OBRAS DE INSTALAÇÕES	5,9	76,8	17,3
<i>Instalações elétricas</i>	5,5	70,9	23,6
<i>Instalações de sistemas de ar condicionado, de ventilação e refrigeração + Instalações hidráulicas, sanitárias, de gás e de sistema de prevenção contra incêndio</i>	6,5	83,2	10,3
OBRAS DE ACABAMENTO	0,0	91,0	9,0
INCORPORAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS + OUTROS	10,7	65,9	23,4
SERVIÇOS ESPECIALIZADOS PARA CONSTRUÇÃO	8,5	71,5	20,0
OBRAS DE INFRAESTRUTURA	8,5	71,5	20,0
SERVIÇOS ESPECIALIZADOS	6,4	76,1	17,5

Fonte: Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getúlio Vargas (FGV)¹⁰.

Contudo, outra informação que comprova essa não evolução da utilização do BIM vem dos dados de um levantamento feito pelo Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getúlio Vargas (FGV). Os resultados da pesquisa realizada em 2018 apontam que apenas 9,2% das empresas do setor da construção civil estão utilizando o BIM. Conforme explicam Castelo e Bezerra¹¹ (2018), em termos de segmento, apenas 13,9% referem-se aos escritórios de arquitetura conforme pode

¹⁰ Disponível em: < <https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-digital> > Acesso em: 12 mai. 2020

¹¹ Ana Maria Castelo Mestre em economia pela Universidade de São Paulo (USP) e Itaguara Bezerra Mestre em Finanças e Economia Empresarial pela Escola de Pós-Graduação em Economia (EPGE/FGV)

ser observado na tabela sobre a participação em porcentagem do BIM nas empresas brasileiras (Figura 15).

É fundamental ressaltar que a Sondagem da Construção apresentada acima realizada pelo Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getúlio Vargas (FGV) possui uma metodologia cujo aspecto de amostragem é de apenas 3,69% da população voltada para a construção civil. Neste ponto isso equivale à uma amostra de apenas 700 pessoas das mais de 74.000 possíveis segundos dados do IBGE conforme tabela 3 e 4.

Tabela 1 - População alvo da Sondagem da Construção

Quadro 4 – População-alvo

Sondagem	População
Construção	74.328

Fonte: CEMPRE/IBGE (Ano 2012)²

Quadro 5 – População-alvo

Sondagem	População	Amostra Planejada	Erro Amostral
Construção	74.328	700	3,69%

Fonte: Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getúlio Vargas (FGV)¹²

Com isso podemos afirmar que estas informações têm um caráter de enquete e não uma pesquisa de grande precisão. Há uma imprecisão dos dados apontados na pesquisa, pelo fato da limitação da amostra e principalmente pelo entendimento dos que participaram da pesquisa de que o uso do BIM não se limita apenas ao uso de um software específico, mas sim de um **conjunto de tecnologias e processos BIM**.

A pesquisa de Castelo e Bezerra (2018) corrobora com as informações apresentadas por Kassem e Amorim (2015) e Menezes (2012) na perspectiva de que, apesar de um início antecipado no interesse pelo conjunto de tecnologias e processos BIM, as iniciativas no campo educacional e industrial não se mantiveram em crescimento, o que refletiu no contexto atual em que há uma parcela pequena

¹² Disponível em: <https://portalibre.fgv.br/sites/default/files/2020-03/sondagem-da-constru_o_fgv_aspectos-metodol_gicos_ano-2018.pdf> Acesso em: 08 mar. 2022

dos escritórios que utilizam o BIM para a elaboração de projetos em todas as suas especialidades.

Embora o país apresente baixo nível de utilização do BIM, em comparação a implementação em outros países, o uso tende a ser acelerado a partir do Decreto 9377/18 | Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018. O Decreto tem como objetivo incentivar o crescimento do PIB da construção civil em 50% até 2024, obrigando a utilização do BIM em projetos públicos a partir de 2021. No entanto, após a mudança de governo do país, numa cerimônia que marcou os 100 dias da nova gestão, foi anunciada a revogação de 250 decretos com o objetivo de, segundo o governo federal, "simplificar a pesquisa de legislação e extinguir normas consideradas desnecessárias". Dentro do pacote de decretos a serem revogados estava o Decreto nº 9.377, conhecido popularmente como Decreto BIM. Entretanto, no dia 22 de agosto de 2019, entrou em vigor um novo Decreto, nº 9.983, que dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM e institui o Comitê Gestor da Estratégia do BIM (CG BIM), similarmente ao Decreto nº 9.377. O Decreto feito pelo então presidente Jair Messias Bolsonaro tem os seguintes objetivos:

- I - Difundir o BIM e os seus benefícios;
- II - Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- III - Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- IV - Estimular a capacitação em BIM;
- V - Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VI - Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VII - Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- VIII - Estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM; e
- IX - Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM. (BRASIL, 2019, p.2)

Segundo Fragoso (2020, p. 3), diretor-geral da ABNT, é preciso vencer a defasagem em relação a outros países e investir na normalização da Modelagem de Informação da Construção Civil, ou a Building Information Modeling (BIM) em um processo que se iniciou com a adoção de uma norma ISO.

O primeiro conjunto de normas estudadas para adoção nesse tema é a série ISO 16757. Como apresentado na introdução do texto-base da Parte 1, recentemente publicada, foi desenvolvida visando atender à crescente necessidade de informações sobre sistemas de

instalações prediais durante o planejamento e projeto de edificações. (ABNT, 2020, p.15)

O objetivo destas normatizações, segundo explica a própria ABNT (2020, p.16 e 17), é difundir o uso do BIM e evidenciar seus benefícios; coordenar a estruturação do setor para a adoção do BIM; criar condições para investimentos públicos e privados na tecnologia; estimular a captação em BIM; propor atos normativos parametrizados que permitam às contratações públicas; desenvolver a plataforma e a biblioteca Nacional BIM; incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade (ABNT, 2020, p.16 e 17).

De acordo com Nardelli¹³, que participou dos primórdios da normalização em 2009, embora não existissem normas, o Bim já era utilizado, especialmente numa versão mais simplificada: Little BIM. Nardelli acredita que os escritórios serão obrigados a se adaptar para concorrerem às licitações públicas. Contudo, há um grande problema que limita a implementação efetiva da tecnologia nos escritórios: é a inexistência de uma agenda de projetos a longo prazo. Os escritórios que se adaptam e implementam o BIM fazem um investimento sem a certeza de que daqui a 2 anos o país irá estar economicamente aquecido e produzindo obras públicas, o que limita as previsões.

Diante de todo esse cenário, conclui-se até agora de que, no Brasil, diferentemente de outros países, os fatores mencionados anteriormente são um impedimento para a plena implantação do BIM. Portanto, o BIM está em fase de implantação, sendo utilizado de maneira incipiente. Para Addor et al. (2010): “Estamos saindo de um processo de trabalho voltado para a geometria do edifício, e caminhando para um processo orientado à modelagem da informação do objeto (objetos paramétricos).” (ADDOR et al., 2010, p. 104).

No contexto atual, há movimentos e iniciativas que estão buscando equalizar o BIM no Brasil em relação a outros países. É fundamental entender e avaliar o contexto atual da implantação BIM no Brasil para que se possa perceber a taxa de utilização da tecnologia e sua evolução desde a década de 2000 até o ano de 2022.

É possível, nesse sentido, estabelecer a evolução deste processo; os acertos e, principalmente, as falhas durante o caminho em relação aos demais países para

¹³ Informação de Eduardo Sampaio Nardelli ao autor em 23/10/2020.

assim buscar uma estruturação de estratégias que coloquem esta ideia na direção correta e com os incentivos adequados, para visar um futuro melhor para os escritórios brasileiros e a indústria da construção civil. Para isso, portanto, é fundamental entender a relevância do tema no cenário nacional da construção civil.

1.4 BIM: na arquitetura paulista

A cidade de São Paulo é um dos principais polos arquitetônicos do Brasil. Ela concentra grandes escritórios de arquitetura contemporânea e também as principais instituições de ensino do Brasil. Entre os escritórios, podemos citar Aflalo e Gasperini, Paulo Mendes da Rocha, Studio Arthur Casas, FGMF Arquitetos entre outros. Dentre as instituições de Ensino Superior voltadas à área arquitetônica estão a FAU USP, FAU Mackenzie, Universidade São Judas Tadeu, Belas Artes entre outras.

Apesar de ser uma das maiores cidades no que diz respeito à produção arquitetônica, escritórios e instituições de Ensino Superior ainda estão vivenciando seu prelúdio no que diz respeito ao ensino e ao uso do BIM. Atualmente, a maior parte de arquitetos e usuários do BIM não o têm usufruído de forma adequada em toda a sua potencialidade, isso porque grande parte dos escritórios e construtoras estão em uma etapa muito inicial.

Kassem e Amorim (2015, p.31) explicam que os processos BIM existentes no Brasil ainda são baixos e o grau de maturidade no uso desta tecnologia ainda é muito pequeno. Apesar disso, ainda existem empresas e escritórios que iniciaram o uso do BIM, como o escritório Contier Arquitetura em 2006 e as construtoras Método e Matec.

Nardelli¹⁴ também considera o conceito BIM ainda recente no território nacional, haja vista que a produção arquitetônica se desenvolve de forma artesanal. Para ele, a arquitetura nacional ainda no que diz respeito à construção ainda não

¹⁴ Informação pessoal de Eduardo Sampaio Nardelli ao autor em 23/10/2020.

evoluiu sequer ao pré-fabricado, e, portanto, não está pronta para simular construções em ambientes digitais.

Embora a arquitetura paulista tenha sido precursora na implantação do BIM na elaboração dos projetos, ainda não se pode afirmar qual é o nível de utilização e sua real implantação. Tal fato é ainda mais evidenciado ao nos depararmos com a notícia de que somente no ano de 2015 um escritório de arquitetura desenvolveu um projeto de alta complexidade completamente em BIM, incluindo arquitetura e as demais disciplinas complementares.¹⁵

Delineado esse quadro, nota-se que, apesar de Kassem e Amorim (2015) apresentarem o próprio escritório Contier Arquitetura como um dos primeiros a dar um passo em direção ao BIM, já em 2006, somente quase dez anos depois, esse mesmo escritório conseguiu desenvolver um projeto totalmente pensado em BIM. Ao compararmos com o contexto internacional, percebe-se nesse ponto uma defasagem de mais de vinte anos, haja visto que um dos primeiros escritórios a utilizar o conjunto de tecnologias e processos BIM foi, segundo Addor. (et al., 2010, p.105), Frank Gehry em 1992.

Sobre o cenário da implementação dessa tecnologia na construção civil em São Paulo, a pesquisa de Barison e Santos¹⁶ (2011) revelou que dentre as mais de 35 empresas levantadas, apenas 16 se prontificaram em responder o questionário para avaliação. Destas empresas que participaram, 38% eram de grande porte (mais de 100 funcionários); 38% delas eram de médio porte (11 a 100 funcionários) e 25% eram de pequeno porte (1 a 10 funcionários).

A Tabela 2 mostra quais disciplinas são projetadas de fato utilizando o BIM enquanto a Tabela 3 mostra as atividades que são desempenhadas utilizando a tecnologia.

¹⁵ Trata-se do edifício B32 do escritório Contier Arquitetura, que será estudado e destrinchado no capítulo 3 desta dissertação como um estudo de caso a respeito do BIM.

¹⁶ Barison e Santos (2011) realizaram uma pesquisa para um artigo publicado na Universidade Federal de Londrina a respeito do atual cenário da implementação BIM na construção civil em São Paulo. A pesquisa inicialmente aponta 35 empresas que estão trabalhando ou inserindo esta tecnologia em seus projetos. A partir destas empresas foi elaborado um questionário para entender em qual nível estão, a respeito deste assunto.

Tabela 2 – Disciplinas representadas nos projetos/obras.

Disciplina	Número de empresas N=16 (100%)
Arquitetura	14 (88%)
Hidráulica e elétrica	11 (69%)
Ar condicionado	10 (62%)
Vedações	9 (56%)
Pressurização	8 (50%)
Estruturas e paisagismo	7 (44%)
Coordenação	2 (13%)
Outras	1 (6%)

Fonte: Barison; Santos, 2011.

Tabela 3 – Atividades de projetos/obras realizadas com BIM.

Atividade	Empresas N=16 (100%)
Desenvolvimento de modelos de arquitetura	13 (81%)
Integração de projetos e reuniões de desenvolvimento/compatibilização	10 (62%)
Desenvolvimento de componentes e detecção de interferências	9 (56%)
Desenvolvimento de modelos de instalações e quantitativos para orçamentos	8 (50%)
Vídeos para apresentação ao cliente	6 (38%)
Desenvolvimento de modelos estruturais	5 (31%)
Análise estrutural e energética, planejamento das etapas da obra	4 (25%)
Vedações	2 (13%)

Fonte: Barison; Santos, 2011.

Conforme o levantamento, 81% das empresas utilizam a tecnologia para o desenvolvimento de modelo arquitetônico e apenas um pouco mais da metade delas utilizam a ferramenta para compatibilização, detecção de interferências ou para levantamentos quantitativos. Outro dado relevante: apenas 31% das empresas utilizam o BIM para desenvolvimento de modelos estruturais.

Ainda sobre as informações da pesquisa, destaca-se que apenas 62% das empresas fazem gerenciamento e manutenção do *software*, porém não fazem o compartilhamento e atualização de seus modelos com o de outras empresas. A razão que leva as empresas a não compartilharem os modelos está ligada à exportação de projetos em 3D para fins apenas de visualização. É importante ressaltar que para a execução de projeto em BIM é indispensável a existência de

compartilhamento de projetos entre as disciplinas, com o objetivo de atender a interoperabilidade e a compatibilização de informações. Sendo assim, se torna impossível a existência de um projeto em BIM sem que haja o compartilhamento de dados, informações e projetos entre as disciplinas.

Ainda baseando-se na pesquisa de Barison e Santos (2011), os seguintes dados chamam a atenção: 62% das empresas precisam de profissionais especializados em BIM e 13% das empresas que não, uma vez que alegam que o sistema CAD cumpre com as necessidades da empresa.

Os resultados coletados revelam que as empresas acreditam que existe um déficit de mão de obra capacitada no mercado de trabalho para o bom uso do BIM, principalmente no gerenciamento do *software* entre as disciplinas. Podemos concluir, de fato, que as empresas ainda estão em fase inicial de implantação do conjunto de tecnologias e processos BIM. Escritórios têm se utilizado do BIM para a elaboração de modelos arquitetônicos apenas com o intuito de visualização do projeto.

Os problemas relacionados à ausência de boas práticas na utilização do BIM no mercado de trabalho, acima descritos, talvez estejam relacionados à formação profissional. Isto se deve a inexpressiva presença do BIM nos currículos universitários, conforme apontam Kassem e Amorim (2015, p. 26). Eduardo Nardelli¹⁷ defende que o ensino do BIM tem limitado o uso da tecnologia para modelagem 3D. Para o professor, o ensino da tecnologia ainda é fragmentado em núcleos e seria necessário um ensino multifuncional e multidisciplinar, em que o aluno desenvolveria o mesmo projeto base em todas as disciplinas complementares. Essa metodologia intensifica a essência do BIM, que para o Nardelli, é um o trabalho integrado e colaborativo.

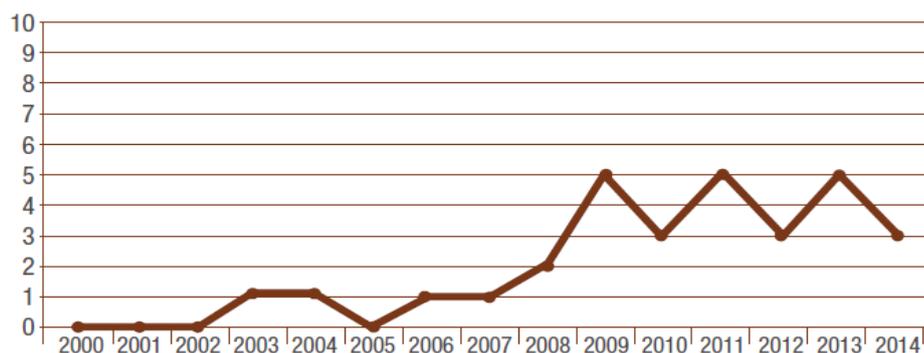
A graduação de instituições de Ensino Superior pouco oferece no que diz respeito às disciplinas (instalações, estrutura, construção etc.) principalmente quando aplicadas em BIM. Estas posições evidenciam a necessidade de estratégias mais efetivas para acelerar a difusão e o amadurecimento do ensino do conjunto de

¹⁷ Informação pessoal de Eduardo Sampaio Nardelli ao autor em 23/10/2020.

tecnologias e processos BIM em todo território nacional (CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2013).

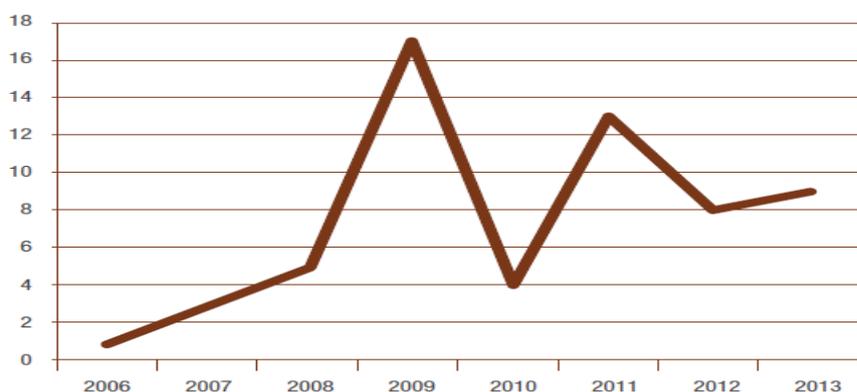
No campo universitário, apesar de se tratar de uma disciplina nova nas instituições de Ensino Superior, Kassem e Amorim (2015) apresentam um gráfico que mostra um crescimento no número de trabalhos acadêmicos a respeito do BIM (Figura 16). Este movimento também ocorreu com as publicações técnicas nas principais revistas brasileiras, em que se constata um aumento significativo a partir de 2008 (Figura 17).

Figura 16 – Tese, dissertações e artigos sobre a temática BIM



Fonte: Kassem; Amorim, 2015.

Figura 17 – Publicações técnicas na temática BIM



Fonte: Kassem; Amorim, 2015.

A pesquisa de Santos¹⁸ (2017) contextualiza o cenário a respeito das diretrizes curriculares do curso de Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo das instituições de Ensino Superior do Estado de São Paulo. Ao comparar diversas

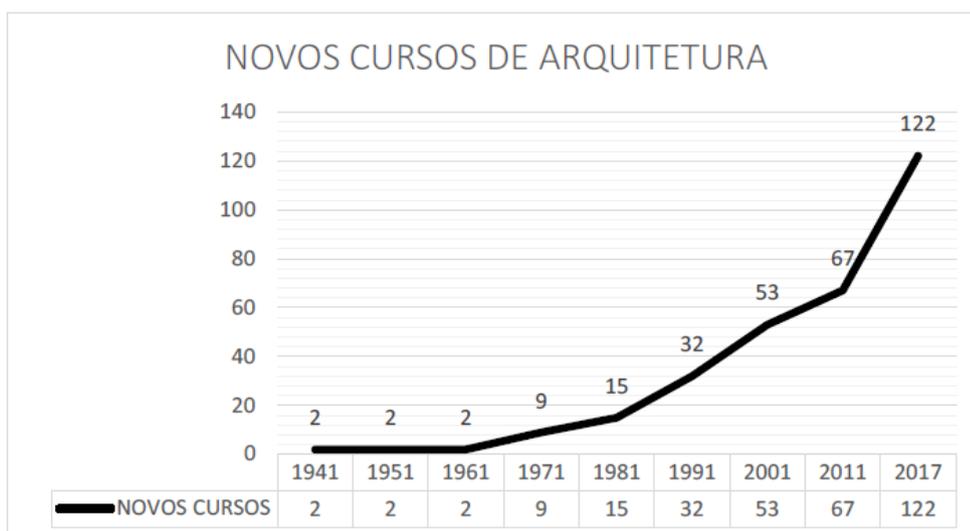
¹⁸ Santos (2017) apresenta uma pesquisa com mais de 122 instituições de Ensino Superior do Estado de São Paulo com o objetivo de identificar de que forma o BIM é ensinado nos cursos de Arquitetura e Urbanismo.

resoluções e portarias que têm como objetivo nortear e apresentar formas de ensino deste tema, o autor chega à seguinte conclusão ao comparar essas portarias e resoluções entre os anos de 1994 a 2006:

De uma resolução instituída no ano de 2006, voltando até o primeiro vislumbre do conteúdo apresentado na portaria de 1994, nota-se uma mudança pouco ou nada significativa neste intervalo de 12 anos, sendo a informática aplicada exigida academicamente como mero instrumento de representação, e abrindo-se mão do seu imenso potencial, em um mercado no qual já se encontram *softwares* específicos que não apenas substituem os instrumentais de representação manual, mas se colocam como ferramentas que permitem, além de sua representação, uma simulação incorporada de informações que valem tanto para a concepção do projeto quanto para todo o ciclo de vida da construção. (SANTOS, 2017, p.55)

Ainda segundo Santos (2017, p.79), nos currículos das universidades, as disciplinas voltadas à informática aplicada não são amparadas por regulamentações e diretrizes específicas. Isto resulta num aprendizado instrumental que não contempla as necessidades do mercado.

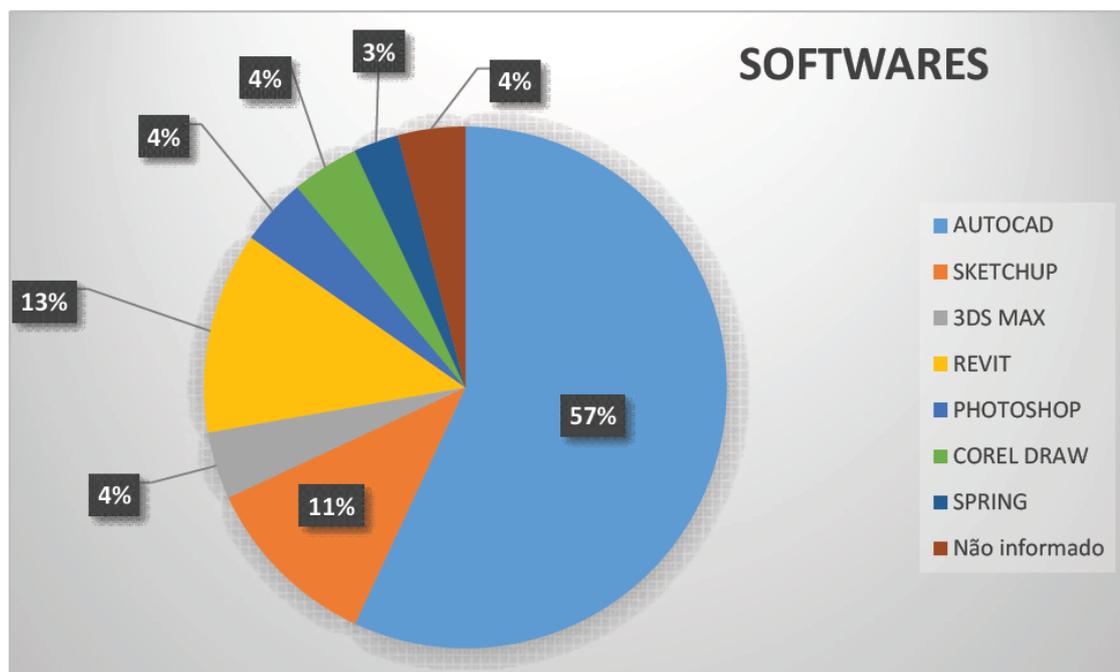
Figura 18 – Novos cursos de arquitetura no decorrer do tempo



Fonte: Santos, 2017

Para melhor vislumbrar a realidade mencionada, o gráfico acima (Figura 18) revela um grande aumento no número de novos cursos de Arquitetura no território paulista. No entanto, essa informação vai de encontro com a afirmação de Kassem e Amorim (2015, p. 26), pois apesar deste aumento da oferta de formação de novos profissionais, o currículo dos cursos não está abordando o ensino do BIM.

Figura 19 – Softwares utilizados no curso de arquitetura e urbanismo



Fonte: Santos, 2017

O gráfico acima resume um levantamento realizado por Santos¹⁹ (2017) com mais de 122 instituições de Ensino Superior e seus planos curriculares disponíveis nas plataformas *online*. Pode-se notar que dentre os 7 *softwares* ministrados pelas instituições, apenas um deles possui o conjunto de tecnologias e processos BIM, sendo o Autodesk Revit, representando somente 13% do total, enquanto mais de 57% utilizam o AutoCad em seus planos curriculares (Figura 19). Aliado a estes dados, Kassem e Amorim (2015) apontam um fato relevante a respeito do ensino nas universidades, não apenas brasileiras, mas também internacionais:

Em todos esses países, os desafios para o BIM no Ensino Superior são similares. Primeiramente, e mais importante, a equipe acadêmica existente envolvida na transmissão de assuntos relacionados a ambientes urbanizados e de construções não tem o conhecimento e as habilidades para realizar esse tipo de ensino (KASSEM; AMORIM, 2015, p.152).

Apesar da informática aplicada ter em seu plano curricular um *software* que detém o BIM, isto não comprova que o ensino é voltado ao Building Information

¹⁹ Santos (2017) elaborou um levantamento a partir das plataformas *online* das mais de 122 universidades do estado de São Paulo, analisando matrizes curriculares, ementa das disciplinas, projetos pedagógicos e qualquer material relacionado ao conhecimento e de que forma esse conhecimento é transmitido aos discentes.

Modeling, podendo ser utilizado apenas como uma ferramenta de modelagem e visualização 2D e 3D, assim como ocorre nos escritórios paulistas, conforme explicação neste mesmo capítulo. Essa é uma das maiores comprovações de que o ensino do conjunto de tecnologias e processos BIM na arquitetura paulista ainda vive seu prelúdio e, portanto, confirma a grande distância que ainda temos a percorrer.

A ausência de regras específicas para as disciplinas contemplarem o BIM nas Universidades tem ampliado cursos para treinamento complementar como os oferecidos pelo SENAI conforme explicam Kassem e Amorim (2015).

No Brasil, o ensino de BIM na educação superior ainda é limitado. O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) do RJ, SP e PR, iniciou um curso BIM em 2014, que tem como alvo técnicos / tecnólogos e treinamento profissional complementar (KASSEM; AMORIM, 2015, p.152).

A partir deste cenário apresentado, os novos profissionais arquitetos e urbanistas que são inseridos no mercado de trabalho todos os anos saem do ambiente universitário tendo a necessidade de buscar um aprimoramento específico nas instituições de ensino particular com o objetivo de atender à demanda no mercado e agregar ao seu currículo o conhecimento exigido pelas empresas.

O mercado cada dia mais tem buscado profissionais capacitados e com diferenciais comprovados e, neste aspecto, o BIM se torna algo fundamental aos futuros arquitetos e muitos têm recorrido a cursos particulares após formados para agregar o conhecimento do BIM a repertório pessoal.

Por fim, a partir das informações apresentadas, conclui-se que a arquitetura paulista, seja no campo do ensino, seja no mercado da construção civil, ainda está dando passos iniciais rumo a projetos parametrizados a partir do BIM, assim como no Brasil, de forma geral, poucas medidas têm sido tomadas para a mudança deste cenário.

CAPÍTULO 02

MEIO AMBIENTE
SUSTENTABILIDADE MATERIAIS
GESTÃO
EDIFÍCIOS **AGENDA 2030**
AÇÕES
ODS 11 PLANEJAMENTO
GERENCIAMENTO **ONU**
CIDADE SUSTENTÁVEL **DIGITAL** CERTIFICAÇÃO LEED
DESENVOLVIMENTO **REUSO**
CICLO DE VIDA
PROJETO

REDUÇÃO

2. Desenvolvimento sustentável, BIM e Arquitetura

2.1 Contexto do desenvolvimento sustentável

No contexto dessa pesquisa, objetiva-se contextualizar como o BIM contribuirá para as boas práticas de elaboração de projetos arquitetônicos, construção e operação prediais, favoráveis aos Desenvolvimento Sustentável. Desde a segunda metade do século XX, o homem percebe que suas ações impactam nos recursos naturais limitados da natureza. Para entender estes aspectos e estes conceitos, será preciso analisar como surge esse novo pensamento de um desenvolvimento sustentável, estabelecendo uma linha do tempo que permita contextualizar o processo de evolução desta ideia para que então seja traçada uma perspectiva de futuro tanto a respeito da sustentabilidade quanto ao papel da construção civil neste cenário.

O homem, desde os primórdios de sua existência, anda pelo solo da terra e faz uso dessa para se manter. A utilização dos recursos naturais advém do início da história humana e se estende até os dias atuais. Porém, dentre recursos que nos foram dispostos pela natureza, esses são certamente limitados e, com o passar do tempo, o homem passou a perceber que a exploração sem controle, sem objetivo, visando apenas o lucro, contribui para a aceleração do processo de extermínio destes recursos. O melhor exemplo a citar e que demonstra ser um caminho sem volta é o pau-brasil, uma espécie de árvore que se apresentava em abundância no início da colonização portuguesa e, atualmente, está praticamente inexistente.

A melhor explicação para esse consumo desenfreado e que se inicia junto aos primeiros passos do homem talvez seja a de que nossos antepassados não possuíam escolha para promover seu sustento, exceto pela exploração dos recursos naturais do planeta (PEREIRA; SILVA; CARBONARI, 2012).

Contudo, com o passar do tempo, mais especificamente durante meados do século XX, a perspectiva humana a respeito de seu papel frente a natureza e sua apropriação dos recursos vêm sendo alterada e, principalmente, mudanças vêm ocorrendo na forma como encarar a problemática a respeito dos recursos a serem deixados para as gerações futuras. A ideia de que nossos filhos, netos e bisnetos possam não obter a mesma quantidade e qualidade de recursos naturais como a

atual geração e a de nossos antepassados fez com que o homem parasse para avaliar nossas condições atuais e as tendências futuras.

Pereira, Silva e Carbonari (2012) apresentam como início dessa conscientização ecológica humana a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada entre 5 e 16 de junho de 1972. Nestas conferências, passou-se a discutir o termo *sustentabilidade* e a degradação do meio ambiente quando se iniciaram os debates acerca da poluição como um problema global pela primeira vez na história. Além destes temas, foram debatidos também uma ação conjunta e cooperativa dos países, buscando defender e melhorar o ambiente humano da época e, principalmente, para as futuras gerações (PEREIRA; SILVA; CARBONARI, 2012).

Boff (2017) aponta a Carta da Terra como um dos documentos mais inspiradores da nossa geração. Desenvolvida no século XXI, ela foi elaborada durante oito anos (1992-2000) a partir da consulta de milhares de pessoas e de diversos países, religiões, povos, universidades, cientistas, sábios etc.

Segundo o autor, esta carta representa um chamado a respeito dos riscos que pesam sobre a humanidade, enunciando ao mesmo tempo valores e princípios com o objetivo de abrir novas portas para o futuro para garantir a sobrevivência das próximas gerações neste planeta (BOFF, 2017).

Boff (2017) define o termo *sustentabilidade* da seguinte maneira:

[...] conjunto dos processos e ações que se destinam a manter a vitalidade e a integridade da mãe terra, a preservação de seus ecossistemas com todos os elementos físicos, químicos e ecológicos que possibilitam a existência e a reprodução da vida, o atendimento das necessidades da presente e das futuras gerações, e a continuidade, a expansão e a realização das potencialidades da civilização humana em suas várias expressões. (BOFF, 2017, p.4).

Para Jacobi²⁰ (1999), o momento socioambiental na sociedade demonstra que os impactos dos seres humanos no meio ambiente ao qual estão inseridos têm-se tornado cada vez mais intensos e complexos. Com isso, o conceito de

²⁰ Professor da Faculdade de Educação da USP e presidente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da USP.

Desenvolvimento Sustentável é apresentado para enfrentar tal crise. (JACOBI, 1999).

O Desenvolvimento Sustentável, segundo Jacobi (1999), se apresenta em duas vertentes. A primeira tem relação com as correntes econômicas que influenciaram mudanças nas abordagens do desenvolvimento econômico a partir da década de 1970.

O autor traz um exemplo desta vertente no seguinte trecho:

Um exemplo dessa linha de pensamento é o trabalho do Clube de Roma, publicado sob o título de Limites do crescimento, em 1972, que propõe, de forma catastrofista, para se alcançar a estabilidade econômica e ecológica, o congelamento do crescimento da população global e do capital industrial, mostrando a realidade dos recursos limitados e indicando um forte viés para o controle demográfico (JACOBI, 1999, p.175).

A segunda vertente está vinculada à crítica ambientalista ao modo de vida da sociedade contemporânea que se difundiu a partir da conferência de Estocolmo de 1972. Neste momento, questões como Ecologia, Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente ganham notoriedade pública.

Neste momento, é possível perceber que a ideia do Desenvolvimento Sustentável passa a ter uma relevância, já que o homem passa a debater a respeito do futuro do desenvolvimento estabelecendo diretrizes que norteiam esse processo (JACOBI, 1999).

Apesar dos autores Jacobi (1999) e Pereira, Silva e Carbonari (2012) apontarem a reunião das Nações Unidas na década de 1970 em Estocolmo como o marco para o surgimento do termo “sustentabilidade”, Boff (2017) vai um pouco mais fundo e afirma que o termo possui mais de 400 anos, mas que poucos têm esse conhecimento.

Conforme explica Boff (2017):

Encontramo-lo já numa rápida consulta aos dicionários, no caso, ao novo dicionário Aurélio e ao clássico dicionário de verbos e regimes de Francisco Fernandez de 1942. Na raiz de “sustentabilidade” e de “sustentar” está a palavra latina “sustentare” com o mesmo sentido que possui em português. Ambos os dicionários referidos nos oferecem dois sentidos: um passivo e outro ativo. O passivo diz que “sustentar” significa equilibrar-se, manter-se, conservar-se sempre à mesma altura, conservar-se sempre bem. Neste sentido

“sustentabilidade” é tudo que a terra faz para que o ecossistema não decaia e se arruíne. Esta diligência implica que a terra e os biomas tenham condições não apenas para conservar-se assim como são, mas também que possam prosperar, fortalecer-se e coevoluir. O sentido ativo enfatiza a ação feita de fora para conservar, manter, proteger, nutrir, alimentar, fazer prosperar, subsistir, viver. No dialeto ecológico isso significa: sustentabilidade representa os procedimentos que tomamos para permitir que a terra e seus biomas se mantenham vivos, protegidos, alimentados de nutrientes e a ponto de estarem sempre conservados e à altura dos riscos que possam advir (BOFF, 2017, p. 20).

Já para Nascimento (2012), o termo *sustentabilidade*, assim como a ideia surge a partir de duas origens: a primeira tem relação direta com a destruição causada pelo homem no uso desenfreado dos recursos naturais, o que prejudica a capacidade de recuperação do sistema natural.

A segunda está ligada ao uso dos recursos naturais nos processos criados durante a Revolução Industrial, momento histórico em que se percebeu que tais recursos necessitavam ser poupados por serem limitados (NASCIMENTO, 2012, p.51-54).

A partir de suas análises o professor Jacobi (1999) apresenta o surgimento do “ecodesenvolvimento” a partir de 1973 para caracterizar uma concepção alternativa de políticas de desenvolvimento. Segundo o autor, este conceito se baseia em cinco dimensões do ecodesenvolvimento e foi publicado na década de 1980, por Sachs (1986): Sustentabilidade Social; Sustentabilidade Econômica; Sustentabilidade Ecológica; Sustentabilidade Espacial e Sustentabilidade Cultural. Estes elementos propõem ações que evidenciem a necessidade de tornar o crescimento de qualidade de vida e a preservação ambiental em um nível compatível (JACOBI, 1999).

Foram a partir dos surgimentos deste e outros termos e conceitos formulados na década de 1970 que se conseguiu introduzir o tema ambiental nos esquemas tradicionais do desenvolvimento econômico dos países da América Latina. O conceito de ecodesenvolvimento surge para apresentar uma forma de balancear os processos ambientais e socioeconômicos, maximizando a produção dos ecossistemas para favorecer as necessidades humanas no presente e no futuro (JACOBI, 1999).

O autor explica que, com o passar das décadas, estas propostas e conceitos foram perdendo força; entretanto, não pararam de surgir novos estudos e produções acadêmicas a respeito do tema:

Muitos desses esforços foram esvaziados ou perderam impulso durante os anos 1980, apesar da crescente atuação do movimento ambientalista, em virtude da centralidade que assume a crise econômica. Entretanto, cabe ressaltar que, se no terreno prático o tema foi esvaziado, o mesmo não ocorreu no plano teórico, na medida em que foi desenvolvida vasta produção intelectual e científica, da qual o enfoque do desenvolvimento sustentável é parte componente (JACOBI, 1999, p.176).

No início do surgimento do conceito de Desenvolvimento Sustentável, o homem acreditava que a necessidade era apenas de controlar a emissão de gases poluentes na atmosfera. Porém, o conceito é muito mais abrangente, pois busca determinar regras e parâmetros de uma utilização dos recursos de forma consciente para atender à necessidade da sociedade.

Brundtland²¹ (1987) define o termo *sustentabilidade* da seguinte maneira:

Em essência, o desenvolvimento sustentável é o processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender as necessidades e aspirações futuras (BRUNDTLAND, 1987, p.49).

O documento denominado *Nosso Futuro Comum* pontua uma série de medidas a serem tomadas pelas nações com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável. Brundtland (1987) elenca as seguintes ações: garantir recursos básicos para as classes mais baixas como alimentação, energia, saúde, água, moradia, saneamento); redução do consumo de energia pelos países; preservação da fauna, flora e da biodiversidade; desenvolvimento tecnológico, social e econômico apoiado em recursos energéticos renováveis; limitação do crescimento populacional etc.

A partir deste documento e destas recomendações, surgiram com o tempo diversas novas reuniões e conferências a fim de debater o futuro do

²¹ Conhecido também como Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (World Commission on Environment Development - WCED) em menção à Gro Harlem Brundtland, que era primeira-ministra da Noruega e coordenou os trabalhos da comissão. Esta reunião elaborou o documento "Nosso Futuro Comum" que até hoje norteia as teorias e práticas do desenvolvimento sustentável visando as futuras gerações.

desenvolvimento sustentável e buscam-se criar ainda mais recomendações para o tema. Entre elas estão a Agenda 21, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), Agenda 2030, além das certificações de sustentabilidade que foram criadas a fim de incentivar a construção civil a buscar um crescimento consciente.

2.2 Sustentabilidade na arquitetura

Com o início da Era Digital, em meados do século XX, são criados dispositivos de miniaturização dos sistemas computacionais inseridos em circuitos integrados (CIs) – como microprocessadores e microcontroladores, fundamentais no sucesso da corrida espacial. Pesquisas do projeto Apollo da NASA (EUA) que envolveram cientistas, engenheiros e técnicos trouxeram avanços significativos em diversas áreas do conhecimento como a comunicação via satélite, avanços em relação ao uso de energia solar e climatização de ambiente para citar alguns (MAHER, 2017, p. 207).

Com a cibernética, surgem os programas de representação gráfica assistidos por computador que, ao passar dos anos, fizeram surgir um mundo de possibilidades no campo da construção civil. Naquela época, também se formou a sociedade pós-Industrial, quando o percentual de trabalhadores no setor administrativo havia superado o setor industrial nos EUA. (DE MASI, 2000, p. 19).

Com a sociedade pós-industrial, surge uma série de questionamentos ao *status quo*, as novas utopias, o Ecologismo e a Contracultura. Parte dos questionamentos foram motivados pela corrida espacial e partir daí se expande o movimento ecológico. O Ecologismo, considerado um dos principais legados da Contracultura, é formado por ativistas, pacifistas, amantes da natureza, biólogos como Rachel Carson e seu *Primavera Silenciosa*, beats como o poeta e zen budista Gary Snyder, um dos primeiros ativistas ecologistas seguidores do conceito *deep ecology*, além dos *hippies* (CARRANZA, 2013, p. 48). Tais transformações, conseqüentemente, impactaram a arquitetura e a forma de representar os projetos. O desenvolvimento de projetos então passa a necessitar do envolvimento de diversas disciplinas.

À medida que as tecnologias avançam, os edifícios dos mais variados usos se tornam cada vez mais complexos a ponto de serem necessárias grandes equipes de projetos para que uma ideia possa ser incorporada e executada. Como a tecnologia se desenvolve, o rigor e as exigências também dão um grande salto, pois graças a era do computador a precisão projetual se tornou cada vez mais requisitada.

O arquiteto hoje passa a ocupar um papel não apenas de idealizador e de concepção de um projeto, mas tem agora em suas atribuições a função de gestor dos projetos arquitetônicos e dos projetos de diversas disciplinas complementares: estruturas, instalações, vedações, paisagismo, hidráulica, elétrica etc. A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura, a ASBEA²² (2012), vê o cenário arquitetônico da seguinte forma:

Os projetos de edificações apresentam-se, hoje, em um nível de exigência sem precedentes. A demanda por edifícios mais confortáveis, seguros e, ao mesmo tempo, com consumo reduzido de energia e de água, associados a um menor impacto sobre o entorno e o ambiente, é global. À medida que os empreendimentos de construção se tornam maiores e mais complexos, aumenta o conjunto de requisitos normativos e legais a serem atendidos. Crescem também as possibilidades e necessidade de envolvimento do arquiteto enquanto coordenador de equipes multidisciplinares desses empreendimentos (ASBEA, 2012, p. 99).

Dentre as questões apontadas pelo ASBEA (2012), há uma necessidade de um menor impacto sobre o ambiente; há também novas demandas para a elaboração dos projetos a fim de aprimorar e incentivar o desenvolvimento sustentável após as metas estabelecidas no Acordo de Paris de 2015.

Agenda 21 é uma ação formulada internacionalmente para ser aplicada em todo o mundo pela Organização das Nações Unidas, pelo governo dos países e pela sociedade. Essa Agenda tem como objetivo elencar diversos objetivos a serem atingidos pela sociedade rumo à sustentabilidade. Trata-se de uma iniciativa pública com a participação da sociedade, que propõe o planejamento e a criação de políticas públicas para alcançar o desenvolvimento sustentável conforme explica o Ministério do Meio Ambiente, pois

²² ASBEA: Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura.

A Agenda 21 pode ser definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. (BRASIL, 2020)

Estas políticas vão desde a conservação e gestão dos recursos do desenvolvimento, até diversas medidas de redução aos impactos ambientais como a proteção da atmosfera, o combate ao desflorestamento, o manejo de ecossistemas frágeis, a proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos, o manejo ambientalmente saudável dos resíduos perigosos, a promoção do desenvolvimento rural e agrícola sustentável entre outras.

Contudo, a Agenda 21 não se limita a questões ligadas à preservação e conservação da natureza, mas amplifica a proposta ao romper com o cenário de desenvolvimento atual cujo predomínio econômico dá lugar à sustentabilidade ampliada. Essa nova postura une a economia e a sociedade, permitindo que a degradação do meio ambiente seja enfrentada com o problema mundial da pobreza. Tais propostas devem ser facilitadas e incentivadas pelos governos com o objetivo de agregar toda a sociedade em um senso de unidade.

Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), também conhecidos como Agenda 2030, também são exemplos de iniciativa de desenvolvimento sustentável. Eles formam um pacto mundial adotado durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável em setembro de 2015, composto por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até 2030 (Figura 20).

Figura 20 – Objetivos das ODS



Fonte: Organização das Nações Unidas²³.

²³ Mais informações sobre os objetivos ODS no *link* a seguir. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>> Acesso em: 12 mai. 2020

Estes objetivos podem ser divididos em quatro grandes grupos, sendo o social, ambiental, econômico e o institucional. (ONU, 2020). Os ODS estão ligados às necessidades humanas, principalmente de saúde, educação e da melhoria da qualidade de vida da sociedade. Outro fator importante ao qual os ODS se voltam são para as tratativas da preservação e conservação do meio ambiente. Esta preservação se dá a partir de ações que vão desde a reconstrução dos espaços devastados pelo homem até ao uso sustentável dos oceanos e recursos marinhos, passando pela proteção da biodiversidade e ações efetivas contra as mudanças climáticas atuais.

No âmbito econômico, a Agenda 2030 tem como objetivo diminuir o uso e o esgotamento dos recursos naturais, desacelerar a produção de resíduos poluentes e principalmente propor o consumo de energia sustentável ou mesmo a criação de novas fontes energéticas.

Dessa forma, tem-se o início do entendimento sobre a arquitetura sustentável para atender às demandas do ODS 11. Assim, o avanço tecnológico poderá contribuir com as metas globais. Nesse caminho, surgem as certificações ambientais, dentre elas está a LEED (Leadership In Energy and Environmental Design) que foi criada pela organização United States Green Building Council (USGBC). A LEED uma ferramenta de certificação que busca incentivar e acelerar a adoção de práticas de construção sustentável (GBC, 2021).

Diante do cenário destacado, pode-se dizer que esse sistema de avaliação incentiva uma abordagem sustentável em todo o ciclo de vida da edificação, desde a sua concepção projetual até a manutenção pós-entrega. A certificação leva em consideração parâmetros como implantação, uso racional de água, eficiência energética, seleção dos materiais, qualidade ambiental interna, estratégias inovadoras e questões de prioridade regional (GBC, 2021).

Para isso, é preciso uma evolução no processo de concepção projetual, saindo do tradicional projeto 2D (seja a mão ou em *softwares* CAD) e caminhando para a utilização de tecnologias parametrizadas com o objetivo de alcançar maior precisão e extração de dados referente ao projeto. Conforme explica Eastman et al. (2014):

Vincular o modelo da construção a ferramentas de análise energética permite a avaliação do uso de energia durante fases

preliminares do projeto. Isso não é possível usando as ferramentas 2D tradicionais que requerem que uma análise de energia separada seja realizada ao final do processo de projeto, reduzindo as oportunidades de modificações que poderiam incrementar o desenho energético da construção. A capacidade de vincular o modelo da construção a vários tipos de ferramentas de análise, proporciona diversas oportunidades para melhorar a qualidade da construção (EASTMAN et al., 2014, p. 18)

No contexto contemporâneo, o arquiteto assume o papel de gestor de diversas disciplinas. Os projetos comprometidos com o Desenvolvimento Sustentável demandam multidisciplinaridades e exigem ações conjuntas de diversos agentes participantes do empreendimento.

A arquitetura moderna tem como princípio fundamental a adequação das edificações ao contexto em que se inserem. A gestão de projetos sustentáveis pretende exercer em todas as fases o controle com precisão dessa conformidade, garantindo que todos os impactos sejam mensuráveis (ASBEA, 2012, p. 100).

Para que o projeto desempenhe adequadamente seu papel, produzindo resultados esperados tanto no âmbito projetual quanto no da sustentabilidade, é preciso que haja uma série de fatores conforme os elencados pelo ASBEA (2012):

- 1) a correta interpretação dos requisitos de sustentabilidade desde as primeiras atividades do processo de projeto;
- 2) a capacitação de todos os profissionais de projeto e de consultoria envolvidos;
- 3) a definição do conteúdo das informações que devem estar contidas nos desenhos e nos textos e a padronização da apresentação;
- 4) a concepção arquitetônica consistente e flexível;
- 5) a eficiência e a eficácia da coordenação de projetos regidas pela consciência formal e técnica da concepção do projeto;
- 6) a observância das necessidades e expectativas dos clientes do projeto, sejam eles externos ou internos;
- 7) o atendimento das necessidades específicas da execução e controle de obras (ASBEA, 2012, p. 101).

Arquitetura sustentável e o BIM são temas em destaque no setor da construção civil. O BIM tem sido apontado como uma das soluções que permitem a identificação de interferências entre as diversas disciplinas, a simulação ambiental dos edifícios, extração de quantitativos etc. (PAULA; UECHI; MELHADO, 2013).

Portanto, o BIM, quando bem explorado e a partir da tomada de decisão do arquiteto, pode contribuir para a criação de edifícios mais sustentáveis e inteligentes

capazes de reduzir seus custos e desperdícios com materiais de construção, otimizar consumo energético e hídrico e reduzir o tempo de obra.

O BIM permite durante a elaboração do projeto a plena concatenação de informações entre projetos e durante a execução da obra, o que evita erros e retrabalhos que geram custos adicionais. A seguir, serão apresentadas as vantagens que o BIM pode oferecer para o projeto de edifícios sustentáveis.

2.3A Contribuição BIM para edifícios inteligentes e sustentáveis

Conforme menciona o texto da ASBEA (2012), com o BIM, é criado um sistema único de produção de projetos cuja disciplinas envolvidas podem trabalhar concomitantemente no mesmo modelo virtual. O BIM permite que o modelo seja idealizado simultaneamente em três dimensões pelos especialistas, eliminando o risco de interferências indesejáveis nas diversas partes do edifício que está sendo concebido. A utilização do conjunto de tecnologias e processos BIM é uma conquista de segurança na gestão integrada de projetos e uma garantia de controle e verificação dos requisitos de sustentabilidade (ASBEA, 2012, p. 101).

A precisão e controle do projeto e obra possibilitam um projeto sustentável na medida em que a identificação de erros e interferências durante o processo projetual minimiza os gastos com a reconstrução e com os desperdícios de materiais. Contudo, o aspecto mais importante é a possibilidade do trabalho colaborativo e simultâneo entre disciplinas para a análise e decisões projetuais.

Entender durante o projeto qual será o melhor sistema construtivo, aliado ao melhor processo de reutilização de água, em conjunto com os melhores métodos de captação de energia renovável, é algo que somente um ambiente colaborativo virtual permite.

Nesse sentido, o BIM é uma tecnologia que garante este ambiente e permite a concatenação de informações em um único espaço, diminuindo, assim, drasticamente as chances de interferências e erros durante a concepção e melhorando o custo-benefício dos projetos.

Portanto, a partir da visão apresentada pela ASBEA (2012) e Eastman et al. (2014, p. 18), os autores Paula, Uechi e Melhado (2013) corroboram que o BIM é vantajoso e que pode ser considerado uma possível solução para o cumprimento das metas do Desenvolvimento Sustentável na construção civil.

Além desses autores, Azevedo (2009) também apresenta uma visão similar sobre o tema, pois afirma que o uso do BIM em todo o ciclo de vida de uma edificação contribui para atingir as novas demandas, sendo possível desta maneira ter o controle melhorado de prazos de execução e de custos bem das informações vinculadas à sustentabilidade.

Eduardo Nardelli corrobora a opinião dos autores anteriores e define que a Arquitetura é a materialização de um desenho, enquanto o BIM rompe esses limites e permite a criação de obras inteiras no ambiente digital. Segundo Nardelli, o BIM permite ensaios e cálculos que reduzem distâncias para o arquiteto que busca desenvolver um projeto sustentável.

Tais simulações em ambiente digital, permitem ao arquiteto prever a solução mais eficiente energeticamente, por exemplo, possibilitam a elaboração de projetos inteligentes. Outras possibilidades que o BIM proporciona são os ensaios e as análises do desempenho do edifício e sua eficiência energética²⁴.

Freire e Amorim (2011) destacam a modelagem do edifício com BIM como sendo seu principal aspecto na conjunção de informações geométricas como forma e dimensões vinculadas às não geométricas que incluem propriedades térmicas dos componentes construtivos, entre outras abordagens.

Em suas palavras:

Na fase de projeto, mais do que uma ferramenta de representação, a tecnologia BIM propicia ao arquiteto a possibilidade de conceber um modelo parametrizado, o que permite que visualize a volumetria, verifique os impactos da incidência solar, quantifique e qualifique o material aplicado, observando e ajustando variáveis do conforto ambiental e outros aspectos associados (FREIRE; AMORIM, 2011. p.2).

²⁴ Eficiência energética em edifícios é construir com o mínimo de recursos e utilizar a energia de forma racional durante a operação do edifício.

O BIM também permite analisar o desempenho energético e sustentável de uma edificação utilizando as ferramentas chamadas de *plugins*²⁵ que fazem este tipo de análise específica. Um exemplo desse é o Green Building Studio, desenvolvido pela AUTODESK, que define o *software* como sendo um serviço flexível que pode ser utilizado em Nuvem²⁶. Ele permite a simulação de desempenho da construção visando a otimização da eficiência energética, buscando a neutralidade do carbono no início do processo de design. (AUTODESK, 2020).

Com o desenvolvimento do BIM, houve um maior aperfeiçoamento dos programas computacionais com análises e simulação do comportamento térmico e energético de edificações. Em projetos analógicos, o recurso disponível era a construção de protótipos ou modelos, o que demandava alto custo e longos prazos para análise dos dados.

Os autores ainda afirmam que atualmente muitos *softwares* estão sendo desenvolvidos para a simulação de edifícios com o objetivo de facilitar o acesso e os processos, ampliando as oportunidades de avaliação do desempenho. (FREIRE; AMORIM, 2011, p.4). Além de serem mais precisas, rápidas e mais baratas, as simulações realizadas em *softwares* e no ambiente digital dispensam a necessidade de um acompanhamento e, principalmente, da elaboração de um protótipo, pois o próprio modelo projetual executado através do BIM por si só já desempenha esse papel.

Hoje muitos programas de simulação computacional já estão sendo desenvolvidos com o intuito de tornarem-se mais acessíveis aos usuários, ampliando as oportunidades de avaliação de desempenho. Existem diversas possibilidades de avaliação para determinar o desempenho de um edifício que pode ser realizada na etapa de projeto, entre elas pode-se citar a análise solar, simulação de comportamento de ventilação, análise termoenergética entre outras.

²⁵ Um plugin é uma aplicação que, num programa informático, acresce uma funcionalidade adicional ou uma nova característica ao *software*.

²⁶ Segundo a Microsoft é um termo utilizado para descrever uma rede global de servidores, cada um com uma única função. A nuvem não é uma entidade física, mas uma vasta rede de servidores remotos ao redor do globo que são conectados e operam como um único ecossistema.

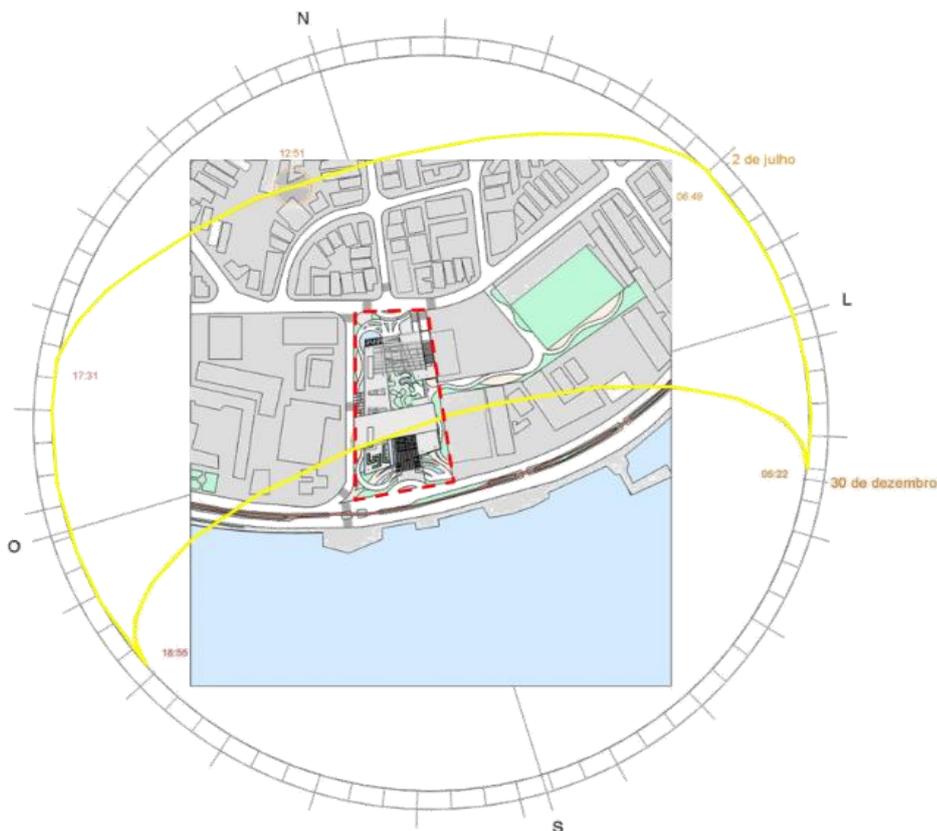
Análise de Incidência Solar

A maioria dos *softwares* de modelagem 3D apresentam este recurso de avaliação da incidência de luz natural na edificação. Entre eles o REVIT (Figura 21) que se baseia nas informações de latitude e longitude do lugar onde o projeto será inserido para determinar o posicionamento e, conseqüentemente, trazer as informações a respeito da incidência de luz em cada fachada do projeto.

Freire e Amorim (2011) apresentam as seguintes vantagens a respeito desta análise.

Essa visualização viabiliza uma avaliação do potencial de ganho solar através da sua envoltória, auxiliando nas tomadas de decisão quanto ao posicionamento, dimensionamento e configuração das aberturas, assim como da escolha dos materiais mais adequados, levando-se em conta o uso do ambiente. Servem também para verificar os impactos que a geometria do edifício projetado causará no seu entorno, o que costuma ser contemplado em Estudos de Impacto de Vizinhança, já previsto em legislação (FREIRE; AMORIM, 2011. p.2).

Figura 21 – Exemplo de estudo solar em BIM



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir do software Autodesk Revit

Simulação Termo Energética

Neste tipo de análise, os *softwares* necessitam de informações um pouco mais complexas do que na análise de incidência de iluminação natural. Isso porque é fundamental o preenchimento de dados climáticos, propriedades térmicas dos materiais aplicados nas fachadas estudadas e dos componentes construtivos empregados. (FREIRE; AMORIM, 2011).

Santos²⁷ et al. (2017) explicam esse processo de análise mencionando que:

uma das maiores vantagens das técnicas computacionais, quando comparadas aos métodos analíticos mais simplificados, é a possibilidade da avaliação termodinâmica, que considera variações do clima externo e padrão de ocupação, além dos efeitos de inércia térmica ao longo do tempo. Em edificações cujas condições ambientais são determinadas por estratégias passivas, a simulação termodinâmica viabiliza a quantificação desse potencial, com a identificação do total de horas em que os espaços internos apresentam condições de conforto térmico, segundo os parâmetros adotados (SANTOS et al, 2017, p.1).

Este tipo de análise permite a redução de gastos com refrigeração do espaço interno, o que conseqüentemente diminui desperdícios excessivos e desnecessários com energia voltada ao condicionamento do espaço interno. Sendo assim, o edifício garante esta redução de temperatura com o uso de materiais adequados ou soluções alternativas para este tipo de problema.

A redução deste tipo de gasto energético está diretamente ligada à sustentabilidade, uma vez que uma das maiores preocupações atualmente são as emissões de gases CFCs liberados pelos aparelhos de ar-condicionado dos edifícios.

Pode-se concluir que o conjunto de tecnologias e processos BIM auxilia na produção de edificações que visam atender aos requisitos do ODS11; possibilita suporte ao corpo técnico na tomada de decisões como a escolha de materiais adequados; amplia as possibilidades de soluções para a capacidade energética e hídrica e demais caminhos projetuais a serem seguidos para se chegar à construção sustentável como veremos mais adiante.

²⁷ Luís Guilherme Resende Santos e outros autores apresentam o tema da simulação computacional termo energética na arquitetura, em um artigo publicado pela revista ARQTEXTOS em 2017.

Clash Detection

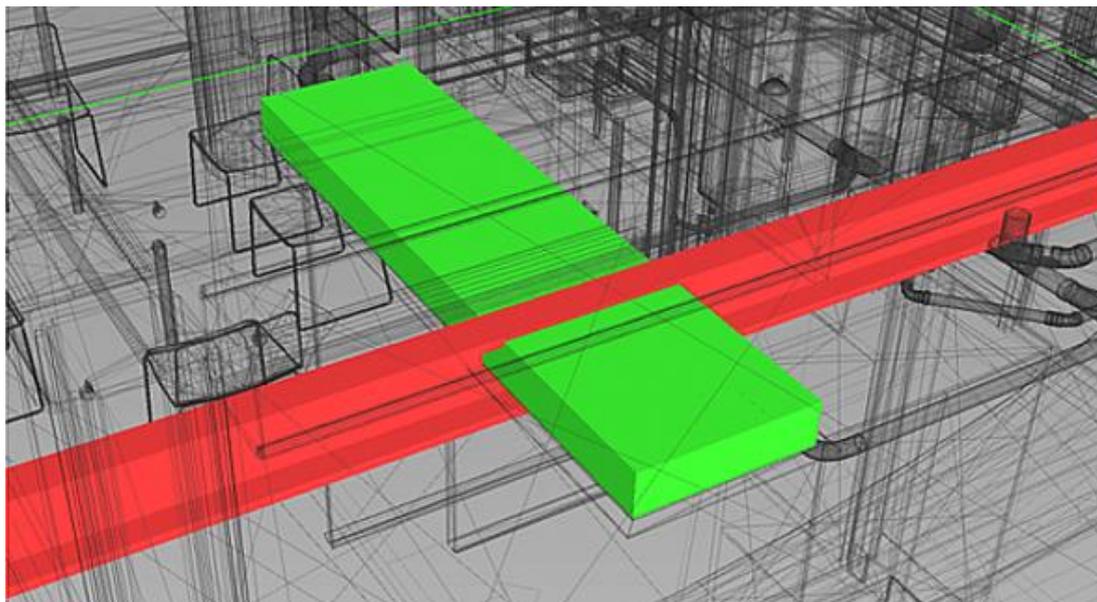
O conjunto de tecnologias e processos BIM garante ao projetista um amplo controle e precisão durante a elaboração de edifícios e arquitetura complexas e suas disciplinas complementares. Entretanto, a fase projetual está sujeita a erros que, apesar de serem mais raros de acontecer, podem resultar no retrabalho na fase construtiva causando prejuízos materiais e financeiros.

Para isso, foram desenvolvidos *softwares* de análise de interferências que são conhecidos como *Clash Detection*.

A detecção de confronto refere-se aos procedimentos automatizados ou semiautomatizados para identificar erros de projeto em modelos 3D, onde os objetos ocupam o mesmo espaço (um choque duro) ou estão muito perto para violar restrições espaciais (um choque leve ou choque de folga). Confrontos com base no tempo são confrontos bruscos, envolvendo objetos temporários competindo pelo mesmo espaço ao mesmo tempo (BIM DICTIONARY, 2019).

Estes programas têm por objetivo a identificação e o levantamento de interferências em diversos níveis de elementos do modelo (Figura 22) como uma tubulação de hidráulica que pode estar atravessando uma viga ou uma estrutura que não está conectada de forma correta. Este processo visa o aumento da precisão e garante aos projetistas envolvidos a redução de erros e conseqüentemente de reconstruções futuras e um gasto maior de materiais da obra, conforme explica Addor et al, (2013):

Esse é um papel que cabe a todos os envolvidos no desenvolvimento de um projeto em BIM. Uma vez que todos têm acesso ao modelo, todos poderão identificar interferências e conflitos, que podem estar em uma mesma disciplina (interdisciplinar), ou entre disciplinas interdisciplinares, no caso de existirem outras disciplinas em BIM. Entretanto, é necessária também uma verificação interdisciplinar sistemática. Esse papel cabe ao profissional mais maduro da equipe, com plena compreensão de todos os subsistemas e suas concretizações na obra. Essa verificação pode ser feita com a utilização de *softwares* desenvolvidos para esse fim, que normalmente são amigáveis e de simples manipulação. (ADDOR; NARDELLI; CAMBLAGHI; MORALE; CASTANHO; DELATORRE; MAINARDI; YIM; SAIDON; DUNKER, 2013, p.11).

Figura 22 – Clash Detection²⁸

Fonte: SPBIM²⁹

Os softwares *Clash Detection* são apenas um exemplo das possibilidades a serem aplicadas em um modelo arquitetônico desenvolvido a partir do BIM. Os resultados das análises alinhadas com as decisões projetuais adequadas podem atender às exigências da certificação e gerar edifícios mais sustentáveis e inteligentes.

²⁸ Imagem do programa que mostra um exemplo de interferência entre dois elementos estruturais: viga em vermelho sendo interceptada pela laje.

²⁹ Para saber mais, acesse na íntegra matéria no *link* a seguir. Disponível em: < <https://spbim.com.br/o-que-e-o-clash-detection/>> Acesso em: 30 mai. 2020.

CAPÍTULO 03

B32 ANÁLISE
ARQUITETURA
CONTIER PRECURSOR
BIM
ESTUDO DE CASO CORPORATIVO
BIRMAN 32
PAULISTA
GERENCIAMENTO
INFORMAÇÕES
DIGITAL
COLABORATIVO
PLANEJAMENTO
INTELIGENTE
COMPLEMENTARES
CONTROLE

3. O BIM na arquitetura contemporânea

3.1 Projeto parametrizado no caso do edifício B32

Desde a década de 1990, o BIM (Building Information Modeling) de modelagem parametrizada está em evidência em diversos países da Europa e América do Norte e, no Brasil, a partir dos anos 2000. Conforme apresentado nos capítulos anteriores, o BIM contribui para uma maior especificidade da produção arquitetônica: da elaboração dos projetos ao ciclo de vida do edifício. A modelagem parametrizada não se limita apenas ao controle e a precisão dos projetos; ela permite aprimorar e contribuir para a elaboração de edifícios inteligentes e sustentáveis.

Entretanto, também como apresentado nos capítulos subsequentes, é necessário avaliar como projetos de arquitetura que utilizam o BIM estão sendo elaborados na arquitetura paulista e brasileira. É preciso analisar se a metodologia e os parâmetros aplicados aos projetos são de fato bem utilizados. É de suma importância, portanto, compreender se a tecnologia não está subutilizada e sendo empregada apenas para a modelagem 3D. Para isso, precisamos destrinchar um projeto olhando não apenas para a seus aspectos estéticos, mas também para os quesitos técnicos, ou seja, é necessário ir além do projeto arquitetônico e chegar até as disciplinas complementares.

Visando compreender melhor como os recursos do conjunto de tecnologias e processos BIM podem colaborar com a arquitetura contemporânea e principalmente analisar os níveis dos projetos arquitetônicos produzidos em BIM, este capítulo apresentará um estudo de caso com o objetivo de responder os questionamentos apresentados até aqui.

Estudo de Caso – Edifício Birman 32 (B32)

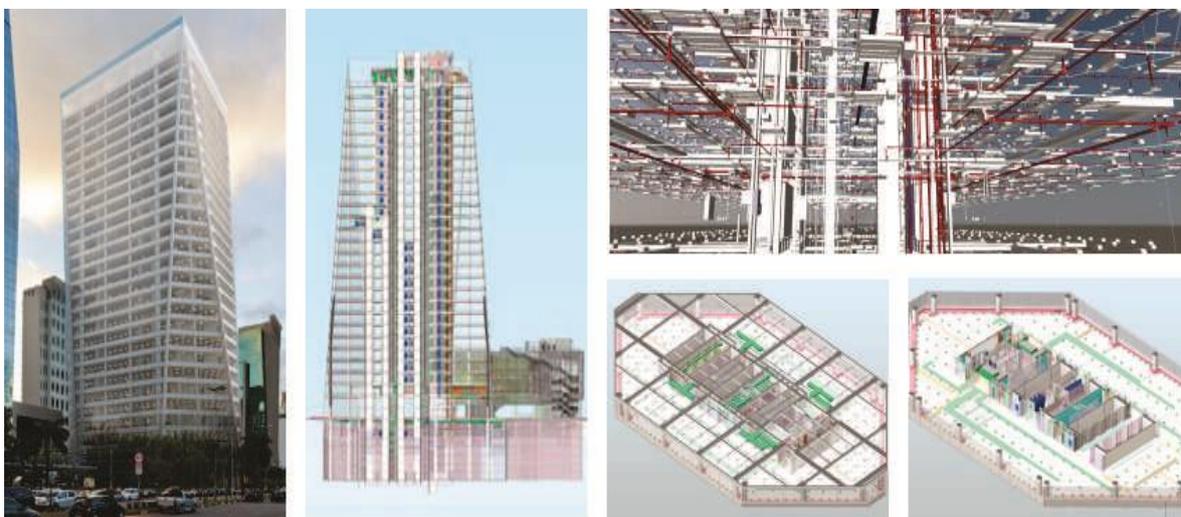
O projeto do edifício B32 foi escolhido propositalmente devido a sua complexidade, seu alto nível de exigência de controle e detalhamentos, sua

importância na arquitetura paulista e, principalmente, por ter sido desenvolvido por um escritório pioneiro na utilização do BIM na arquitetura paulista.

É importante ressaltar que a escolha do projeto do edifício B32 não tem relação com o Decreto nº 9.983 de 2019 que busca incentivar a adoção do BIM pelos escritórios por se tratar de um empreendimento da iniciativa privada. A escolha deste exemplar é voltada principalmente para analisar como um dos primeiros projetos de alta complexidade a utilizar o BIM em todas as disciplinas fez uso deste conjunto de tecnologias e processos.

O edifício B32 (Figura 23) foi projetado pelo escritório Contier Arquitetura que define o edifício como um dos primeiros empreendimentos privados brasileiro de grande porte e alta complexidade a ter todos os projetos executivos desenvolvidos em BIM.

Figura 23 – Edifício B32 – *Renders* e perspectivas em BIM



Fonte: Contier Arquitetura³⁰

O edifício B32 possui 125 metros de altura e 30 pavimentos de escritórios, além de 4 subsolos. Contier afirma que o BIM foi essencial para evitar diversos erros e para controle completo das mais de 470 folhas, 841 desenhos em diversas escalas e para os mais de 371 detalhes construtivos. O software utilizado pela arquitetura e complementares foi o Autodesk Revit e os arquivos foram

³⁰ Mais informações sobre os objetivos ODS no *link* a seguir. Disponível em: <<http://contier.com.br/edificios-comerciais/edificio-b32>> Acesso em: 26 mai. 2020.

disponibilizados na versão 2014, que foram atualizados para a análise para a versão 2020 do mesmo software.

A escolha deste projeto em específico e não por acaso deste escritório se deu justamente pelo fato de o escritório Contier Arquitetura ser um dos primeiros a incorporar o BIM como sua tecnologia de trabalho e por esse projeto permitir que possamos entender uma grande riqueza de detalhes e informações relevantes sobre a utilização do BIM.

Ficha Técnica

Figura 24 – Perspectiva do B32



Nome: Birmann 32 (B32)

Localização: Avenida Faria Lima / Itaim Bibi

Proprietário: FLPP – Faria Lima Prime Properties

Uso: Comercial (Lajes corporativas)

Arquitetura: Contier Arquitetura

Área construída: 120.000m²

Área disponível para locação: 52.000 m²

Pavimentos: 25

Altura: 125 metros

Sistema construtivo: Concreto e aço

Ano do projeto: 1998-2000 e 2005-2009

Ano da conclusão da obra: 2020

Custo: 1,2 Bilhões de reais

Certificação ambiental: Pré-certificado como LEED PLATINUM

Fonte: Revista Projeto³¹

³¹ Mais informações sobre os objetivos ODS no *link* a seguir. Disponível em: < <https://revistaprojeto.com.br/noticias/praca-na-faria-lima-tera-escultura-de-baleia-com-quase-20-metros/>> Acesso em: 26 mai. 2020.

Além da torre principal de escritórios, o projeto ainda conta com um edifício multiuso (Figura 25) com capacidade para 800 pessoas, sendo eles um teatro para aproximadamente 500 pessoas e espaço de exposições, restaurante, café e *rooftop*.

Figura 25 - Edifício multiuso que compõe o complexo B32



Fonte: Revista Projeto³²

Ambos os edifícios estão implantados em uma grande praça pública (Figura 26), com aproximadamente 8.000 m² de área livre para circulação e espaço de estar. O espaço conta com vegetação abundante, espelhos d'água e espaços de estar para o público que circula pela região.

³² Mais informações sobre os objetivos ODS no *link* a seguir. Disponível em: < <https://revistaprojeto.com.br/acervo/pei-partnership-edificio-b32-sao-paulo/>> Acesso em: 26 jan. 2021.

Figura 26 - Praça pública do complexo B32



Fonte: Revista Projeto³³

3.2 Metodologia de análise do projeto B32

No estudo de caso do projeto B32, será empregada como metodologia a abordagem qualitativa. Este método trata-se de uma abordagem em que o pesquisador objetiva aprofundar-se na compreensão dos fenômenos que estuda, no caso o projeto completo do edifício B32. Assim sendo, temos os seguintes elementos fundamentais em um processo de investigação: 1) a interação entre o objeto de estudo e pesquisador, ou seja, os arquivos eletrônicos foram manipulados em uma lógica inversa à de um projeto novo; 2) o registro de dados ou informações coletadas foram extraídas diretamente dos arquivos eletrônicos originais, ou seja, foi necessário manipular todas as interfaces do projeto: Arquitetura, Estrutura, Climatização e Luminotécnica; 3) a interpretação e explicação do pesquisador mediante conhecimento amplo da tecnologia.

A pesquisa é qualitativa na medida em que os dados foram extraídos a partir de análise minuciosa dos arquivos eletrônicos do projeto: isso só foi possível mediante conhecimento prévio do pesquisador a respeito da tecnologia.

³³ Mais informações sobre os objetivos ODS no *link* a seguir. Disponível em: < <https://revistaprojeto.com.br/noticias/praca-na-faria-lima-tera-escultura-de-baleia-com-quase-20-metros/>> Acesso em: 26 jan. 2021

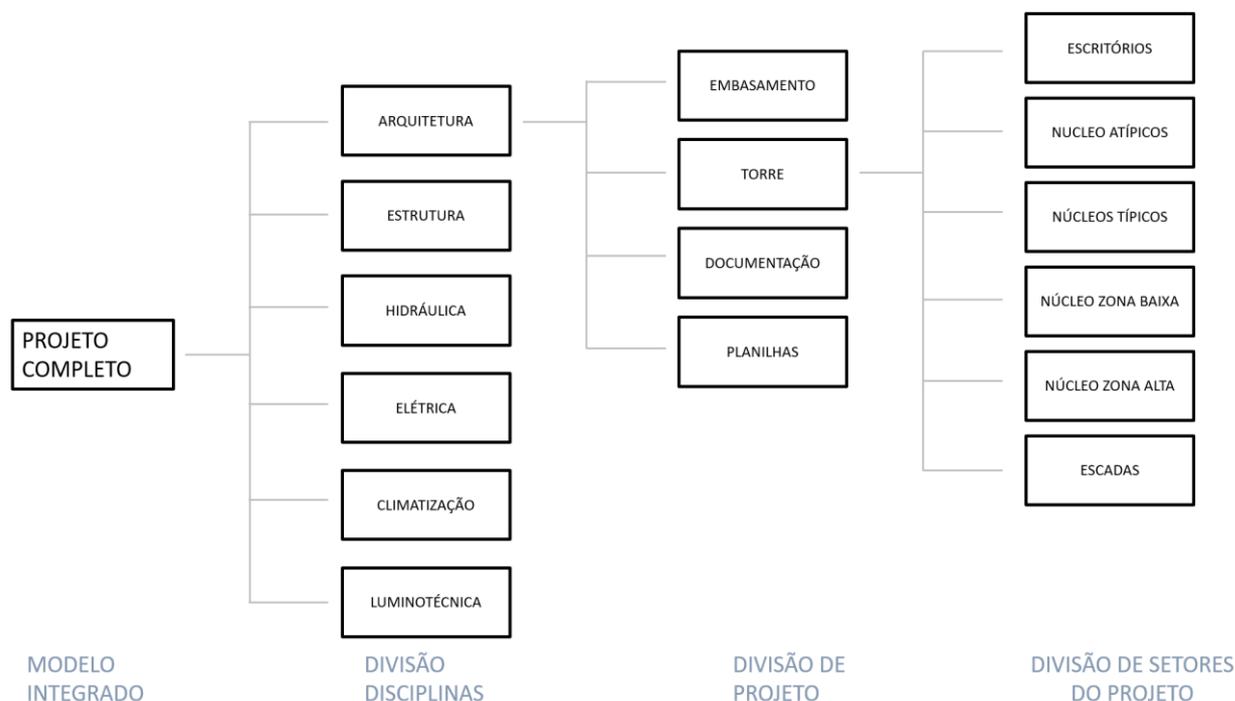
A investigação busca esclarecer as decisões que foram tomadas no projeto com o uso do BIM. Investiga o conjunto de peças gráficas, tabelas e demais arquivos eletrônicos que compõem o projeto completo, com múltiplas fontes de evidências. Este estudo de caso, portanto, é exploratório na medida em que busca encontrar a partir da fonte primária, o projeto completo elaborado para o B32, elementos acerca das decisões tomadas para a criação do objeto real construído. O estudo de caso, além de descrever minuciosamente o objeto, torna-se analítico na medida em que problematiza os resultados encontrados, no sentido de aferir se as teorias acerca do edifício sustentável e inteligente, forma efetivamente contempladas no objeto. Dessa forma, produz novos conhecimentos para pesquisas futuras na área.

A pesquisa foi embasada em referências bibliográficas acerca do conjunto de tecnologias e processos BIM e do tema sustentabilidade, fontes primárias fornecidas pelo autor do projeto, consulta aos especialistas no tema. Este estudo pretende entender como o BIM e sua parametrização foram aplicados no edifício B32 e como ela pode contribuir para criação de edifícios inteligentes e sustentáveis.

O projeto do edifício B32, cedido pelo escritório Contier arquitetura, conta com uma gama de arquivos extensa, sendo divididas nas seguintes disciplinas: Arquitetura; Estrutura de concreto e metálica; Elétrica; Hidráulica; Hidráulica de incêndio; Climatização; Fachadas; Vedações; Luminotécnica; Paisagismo. Com isso o projeto está seccionado em mais de 150 arquivos, contemplando um armazenamento de aproximadamente 6 gigabytes de informações.

Devido a quantidade de dados e a necessidade de vinculação de arquivos separados em um central, optamos por focar em uma análise apenas da torre do projeto, descartando assim a análise do projeto do embasamento. Com a necessidade de praticidade de manipulação dos modelos de projeto, os escritórios costumam dividir seus projetos em partes de arquivos. No caso do projeto de arquitetura do edifício, o projeto foi dividido em: Embasamento, torre, garagem, documentações e tabelas. Além da divisão em setores, alguns deles também estão subdivididos para permitir a praticidade no momento da modelagem e extração de dados. Pegando como exemplo a secção da torre, temos uma subdivisão estabelecida da seguinte forma: Núcleos Atípicos, escadas, núcleo zona baixa, escritórios, núcleo técnico e núcleo zona alta, conforme (Figura 27):

Figura 27 - Diagrama de divisão do projeto B32 no BIM



Fonte: Elaborado pelo autor

Este tipo de repartição do modelo, em diversas partes menores, só é possível graças à interface de interoperabilidade do BIM, que permite que diversos arquivos separados sejam agrupados em um central. Este ambiente colaborativo permite que ao alterar uma das subdivisões do modelo e então ela é automaticamente atualizada no arquivo central que concentra as demais.

A seguir detalharemos os quesitos que não serão levados em conta no momento da análise.

Quesitos de exclusão da análise:

1. Qualidade plástica e conceitual da arquitetura: implantação do edifício, dimensionamento dos elementos (alvenarias, caixilhos, estrutura etc.)
2. Quesitos de precisão da representação gráfica conforme as normas: ABNT NBR 6492/1994 que versa sobre a Representação de Projetos de Arquitetura; NBR 13532/1995 Elaboração de projetos de edificações e NBR 10067 Princípios gerais de representação de desenho técnico;

3. Análise do projeto de hidráulica;
4. Qualidade de projeto das disciplinas complementares: Elétrica, sistemas estruturais, climatização e luminotécnica.

Os quesitos 1 e 2 serão deixados em segundo plano com o objetivo de analisar elementos do projeto que fazem parte do caráter singular do conjunto de tecnologias e processos BIM e que são diferenciais. Não cabe a esta análise identificar erros e acertos projetuais e de tomada de decisão do arquiteto responsável e das equipes das disciplinas complementares, mas sim, estudar o bom uso da tecnologia e sua colaboração para projetos inteligentes e sustentáveis.

No caso específico do quesito 3 que diz respeito ao projeto de hidráulica do edifício B32, não será possível a apresentação de informações e uma análise a fundo, isso porque, ao tentar acessar os arquivos, nos deparamos com um erro não identificado pelo *software*, o que nos impediu de estudar esta disciplina. O item 4 não será analisado, pois são quesitos que abordam disciplinas complementares e a qualidade do projeto, mas sim o uso do BIM e a qualidade de parametrização e exploração de dados do projeto.

A seguir descreveremos os quesitos de análise do conjunto do projeto B32.

Quesitos de inclusão da análise:

1. Interoperabilidade entre os arquivos eletrônicos das diferentes disciplinas;
2. Qual o Nível de parametrização dos elementos alcançados pelo projeto;
3. Qual o índice LOD de detalhamento alcançado pelo projeto;
4. Nível extração de dados relevantes do projeto – planilhas quantitativas e de especificações (Acabamentos, materiais, revestimentos, metragens, custos);
5. Análise de sustentabilidade (Como o projeto contribui para um edifício sustentável).

Após a análise do edifício, separada nestes 05 itens, poderemos ter uma ideia de como o projeto se comportou durante a análise e então concluir se os escritórios estão utilizando de forma adequada a tecnologia em favor do projeto. Além disso, durante a análise e quando necessário, apresentaremos propostas de

melhoramento dos itens que não apresentaram a exploração máxima da tecnologia e como poderiam ser mais bem aproveitados no momento do projeto.

Embora o pesquisador tenha tido acesso aos arquivos do projeto, isso não se deu de forma completa, pois foi constatada a ausência do arquivo PEB (Plano de Execução BIM). Tal arquivo daria as diretrizes e objetivos a serem alcançados por cada disciplina e seria uma diretriz de avaliação para determinar se estes objetivos foram atendidos. Com isso, não será possível um comparativo entre as expectativas dos projetos e seus resultados, no entanto, através dos quesitos de análise apresentados poderemos entender como o BIM foi empregado no projeto do edifício B32.

A seguir detalharemos os quesitos de inclusão selecionados para análise e apresentaremos as informações necessárias para estudo de cada item e, ao final destes, será exposto um parecer que será suficiente ou insuficiente e os motivos para esta conclusão.

1. Interoperabilidade das disciplinas

O quesito Interoperabilidade foi escolhido como item de análise devido a sua importância em trabalhos multidisciplinares e colaborativos, fundamentais por causa da quantidade de desenhos, dados e informações de diversas disciplinas em um único projeto.

A seguir dissecamos como a tecnologia e o projeto do B32 foi organizado com a intenção de permitir essa interoperabilidade e se houve um bom uso desta ferramenta.

A interoperabilidade, conforme apresentado no Capítulo 01, é disponibilizada pelo conjunto de tecnologias e processos BIM através de um espaço colaborativo que permite a relação de diversas interfaces no mesmo arquivo em todos os quesitos. Esta tecnologia é similar a propriedade de “X-ref”³⁴ da tecnologia CAD, entretanto, no BIM este vínculo ocorre de forma tridimensional, o que permite e facilita a análise de interferência das disciplinas vinculadas.

³⁴ X-ref: É a possibilidade de inserir uma base de trabalho externa em um arquivo CAD, onde cada alteração nesta mesma base pode ser atualizada simultaneamente por outros projetistas. Para este tipo de vínculo é necessária uma rede física onde todos os projetistas tenham acesso simultâneo.

No conjunto de tecnologias e processos BIM é possível realizar um *"link"* entre os arquivos, tanto de disciplinas diferentes como de uma mesma matéria, tornando-os mais leves e permitindo o ganho de desempenho no momento do projeto.

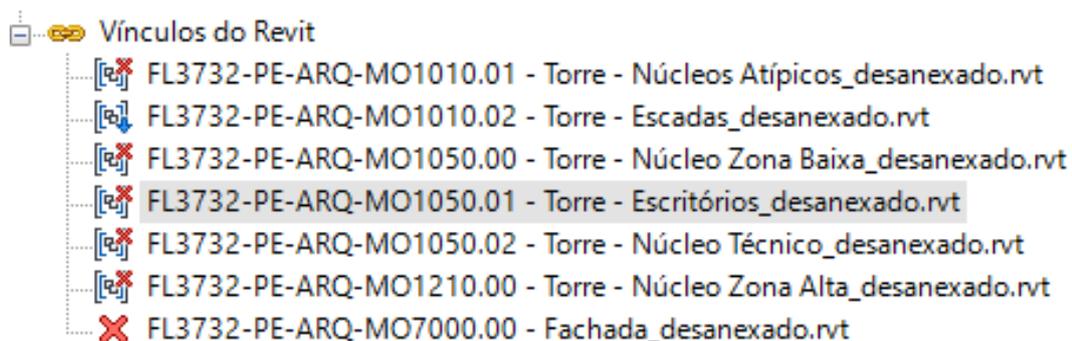
Para analisar este item, podemos dividir em quatro quesitos fundamentais para o bom funcionamento desta ferramenta que, quando atendidos, proporcionam um ambiente colaborativo livre de erros e permitindo a análise simultânea de dados.

- É necessário um arquivo central para receber as subdivisões de uma mesma disciplina e das demais;
- Todos os modelos vinculados ao arquivo central devem estar na mesma posição nos eixos X, Y e Z no plano cartesiano;
- Trabalhar a partir de *Worksets* para que cada disciplina tenha a segurança de não ser alterada por outros;
- Não alterar o caminho dos arquivos, para que não se percam os *"links"* entre eles.

As *Worksets* funcionam como *Layers* para que cada projetista possa desenvolver os elementos que irão compor o seu projeto, permitindo que outras disciplinas visualizem estes elementos, podendo ou não os alterar.

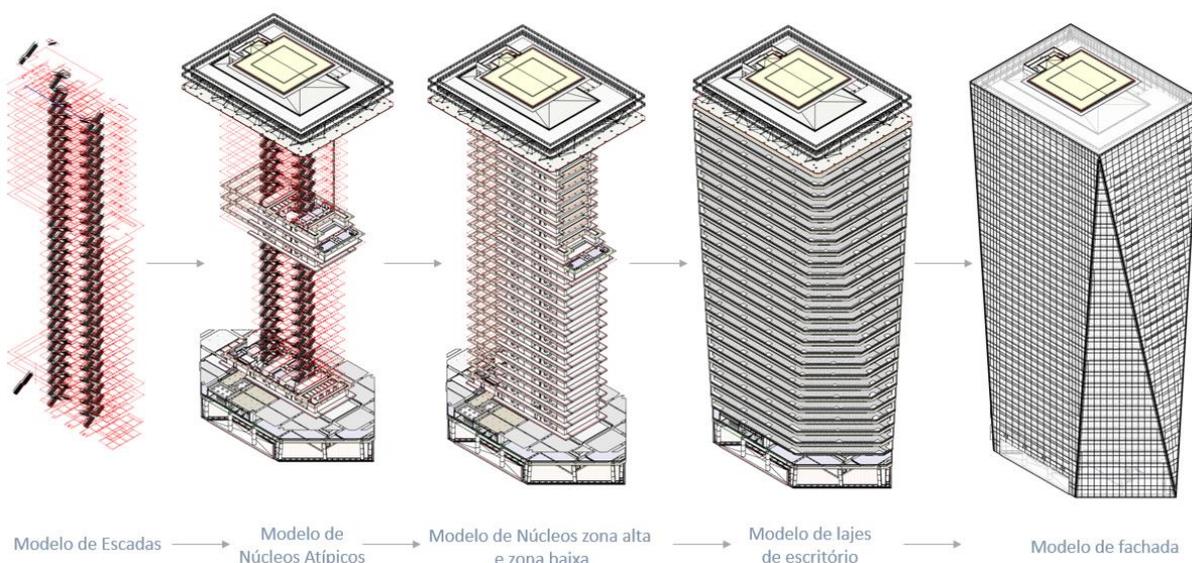
No projeto B32, ao vincular o projeto todas as divisões do projeto de arquitetura, é possível perceber que todos os critérios para o funcionamento da interoperabilidade foram seguidos, conforme (Figura 28 e 29) pode-se ver a seguir:

Figura 28 - Arquivos de arquitetura vinculados no projeto B32



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Figura 29 - Sequência de vinculação de arquivos do projeto de arquitetura do projeto B32

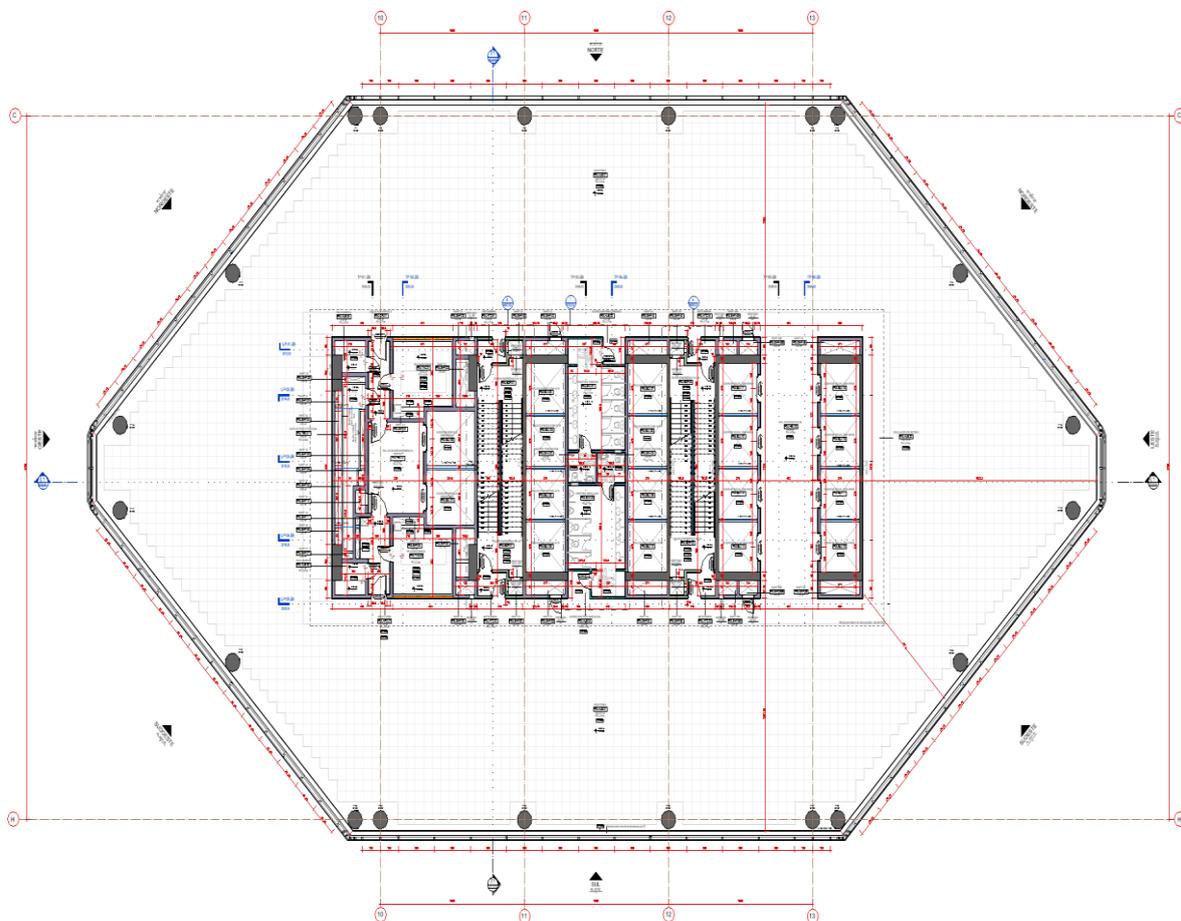


Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

É possível perceber que a posição de todos os elementos que compõem a arquitetura respeitou o posicionamento dos eixos X, Y e Z. Além disso, dentre os arquivos disponibilizados e analisados, todos contam com um arquivo central que recebe o nome de “Torre – Integrada”, em que todas as subdivisões são incorporadas. Entretanto, para que se pudesse desenvolver esta análise, foi necessário remover todas as “Worksets”. Isso ocorre, pois, os arquivos não estavam mais em seus endereços originais dentro do servidor do escritório Contier Arquitetura. Porém, foi possível perceber que cada disciplina e seus respectivos projetos tinham as “Worksets” configuradas.

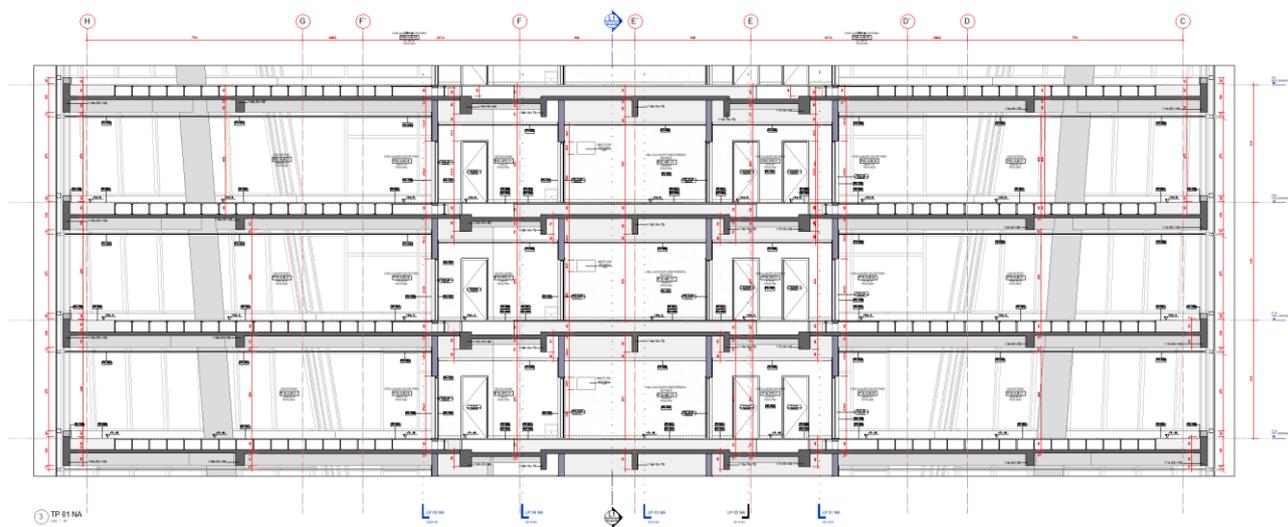
Podemos confirmar que todos os elementos se encontram na mesma posição, ao sectionar todo o edifício no plano horizontal e vertical, conforme a planta (Figura 30) e corte (Figura 31) apresentados abaixo:

Figura 30 - Planta do 4º pavimento do projeto B32



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

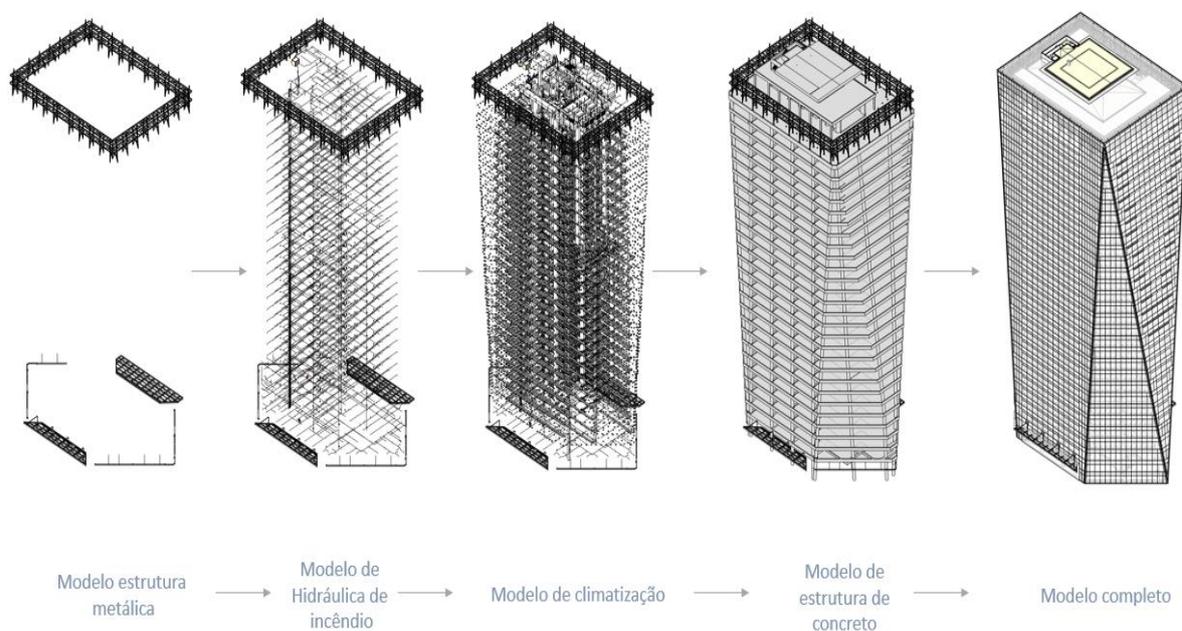
Figura 31 - Corte parcial do projeto B32



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

O mesmo procedimento é realizado ao analisar as disciplinas complementares, que também possuem suas subdivisões. Após vincular cada umas delas, podemos enfim agregar todos os modelos em um único arquivo, o que permite avaliar todo os projetos trabalhando juntos e simultaneamente conforme (Figura 32) a seguir:

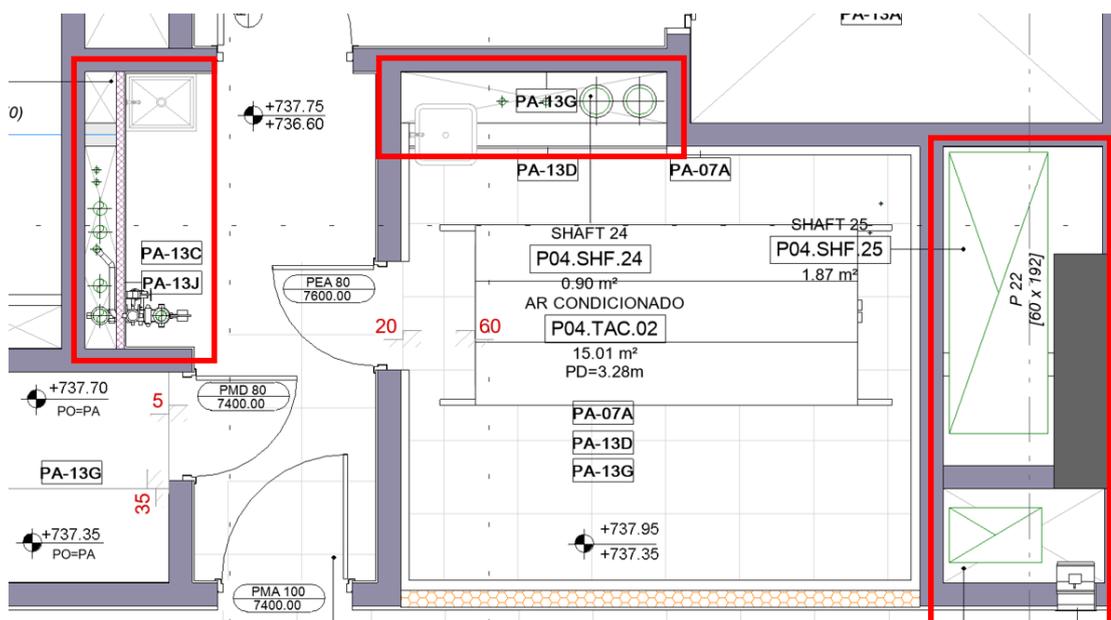
Figura 32 - Vinculação de projetos complementares do edifício B32



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Para analisar o posicionamento correto de todas as disciplinas, utilizamos como referência as infraestruturas que passam pelos *shafts* de serviço que atendem todos os pavimentos. Conforme imagem a seguir (Figura 33), podemos perceber que todas estão perfeitamente alinhados:

Figura 33 - Planta parcial do trecho de shafts do projeto B32 – Demarcado em vermelho as infraestruturas que passam pelo shaft



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Para se chegar neste resultado, é necessário que cada disciplina desenvolva seu projeto a partir do projeto de arquitetura proposto. Cada revisão arquitetônica que impacta em mudanças de posicionamento resulta em uma nova revisão que deve ser feita pela equipe de projetistas. Ao receber todos os projetos, cabe à arquitetura realizar uma compatibilização e averiguação dos pontos vulneráveis ou que possam interferências. Este tipo de análise por parte da arquitetura normalmente é realizado através de um procedimento chamado de *clash detection*, conforme apresentado no capítulo 2 desta dissertação.

No que diz respeito à interoperabilidade das disciplinas, tanto entre a interna, como da relação de compatibilização com as demais, o projeto do edifício B32 atende completamente às necessidades. Ao realizar o vínculo entre todos os arquivos de uma disciplina não foram detectados erros como posicionamento e

regras para um trabalho colaborativo. O mesmo ocorre ao integrar diversas disciplinas, pois todas funcionaram conforme o esperado e não apresentaram nenhum tipo de incompatibilidade. Portanto, neste critério de análise para o bom uso do BIM, todas as disciplinas cumpriram à risca os procedimentos e métodos da interoperabilidade.

2. Nível LOD do projeto

O quesito de análise do índice LOD é fundamental para entender como o conjunto de tecnologias e processos BIM se comporta no momento de alta exigência de representação técnica e se é comparável com as demais tecnologias para que não haja prejuízo na representação gráfica. Neste aspecto, dentro de um projeto, cada disciplina deve atender um nível pré-estabelecido pelo Plano de Execução BIM (PEB) que é acordado antes do início do projeto. Neste item de análise vamos apresentar todos os níveis de representação encontrados na disciplina de arquitetura. Conforme apresentado anteriormente, não obtivemos acesso a PEB para identificar o nível LOD a ser atingido pela disciplina para efeito comparativo, portanto analisamos apenas o nível de representação encontrados no projeto.

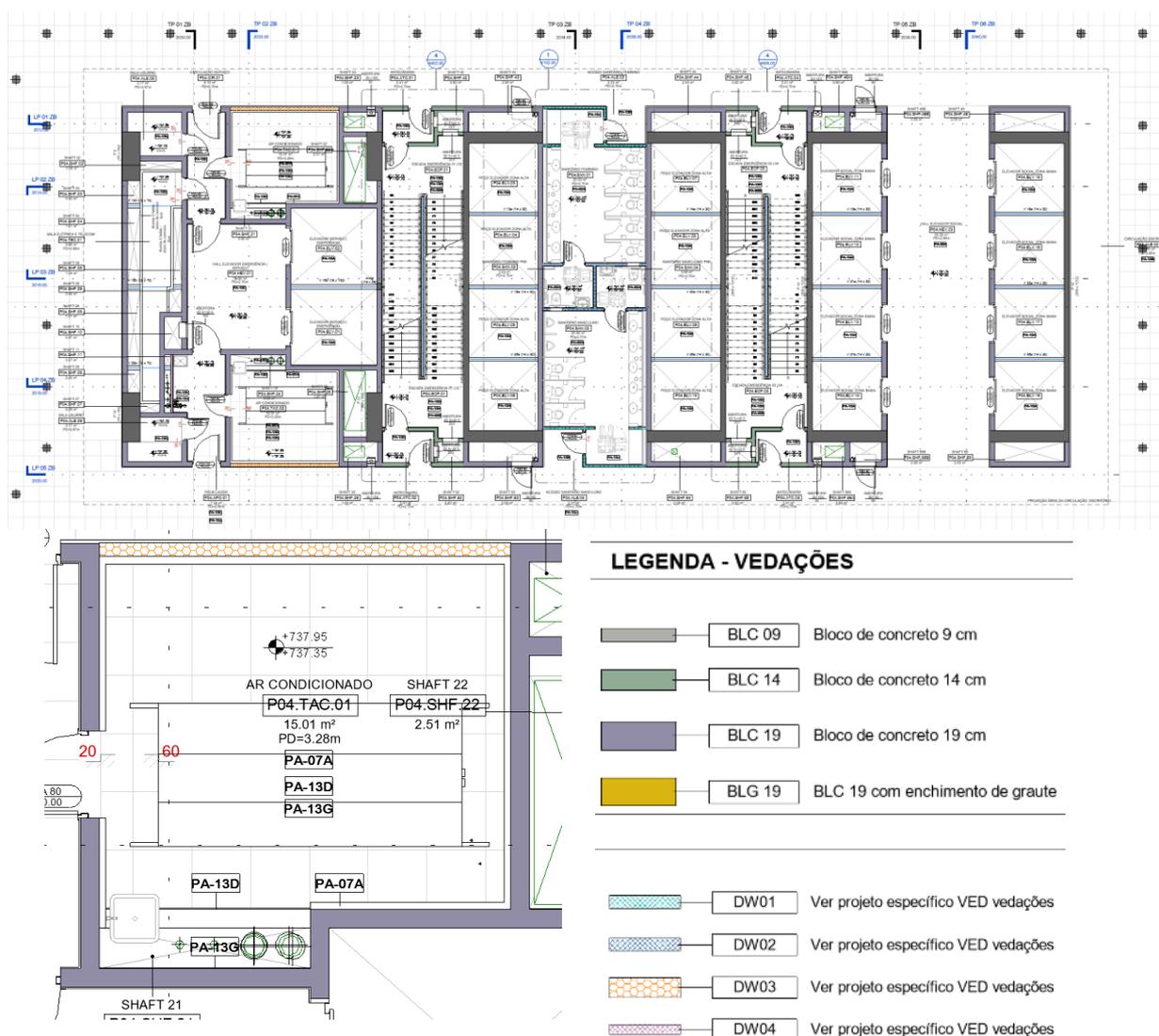
A representação gráfica de um projeto é um dos elementos fundamentais para um bom entendimento das intenções projetuais de arquitetos e das disciplinas complementares. Um projeto deve estabelecer níveis de representação que, quando necessário, deve apresentar um nível hora mais simples e hora mais elaborado. Plantas gerais, cortes esquemáticos e elevações de grande dimensão, não necessitam de um nível de detalhamento muito elaborado. Entretanto, para ampliações, detalhes, cortes setoriais e demais desenhos que apresentam um trecho específico, devem ser apresentados em desenhos muito mais específicos.

Conforme apresentado no Capítulo 01, o LOD é a escala que mede o nível de representação de um determinado elemento que compõe um projeto dentro do BIM. Para um projeto executivo, da importância e da dimensão do B32, em determinados setores é necessário um alto nível de detalhamento. Ao mesmo tempo, plantas e cortes têm um nível de detalhamento inferior, uma vez que a escala do edifício limita

sua representação para que no momento da plotagem as linhas não acabem distorcendo o desenho.

O conjunto de tecnologias e processos BIM, em muitos casos, é questionada pela capacidade de detalhamento quando comparada com as possibilidades de representação do sistema CAD. Na tecnologia 2D, as representações são feitas manualmente e é possível uma representação de alto nível de detalhamento. Sendo assim, é importante analisarmos se o BIM tem a mesma capacidade de representação, através da análise gráfica e do nível LOD atingido pelo projeto do edifício B32.

Figura 34 - Planta geral ampliada no Núcleo, ampliação da sala de ar-condicionado e legenda de vedações

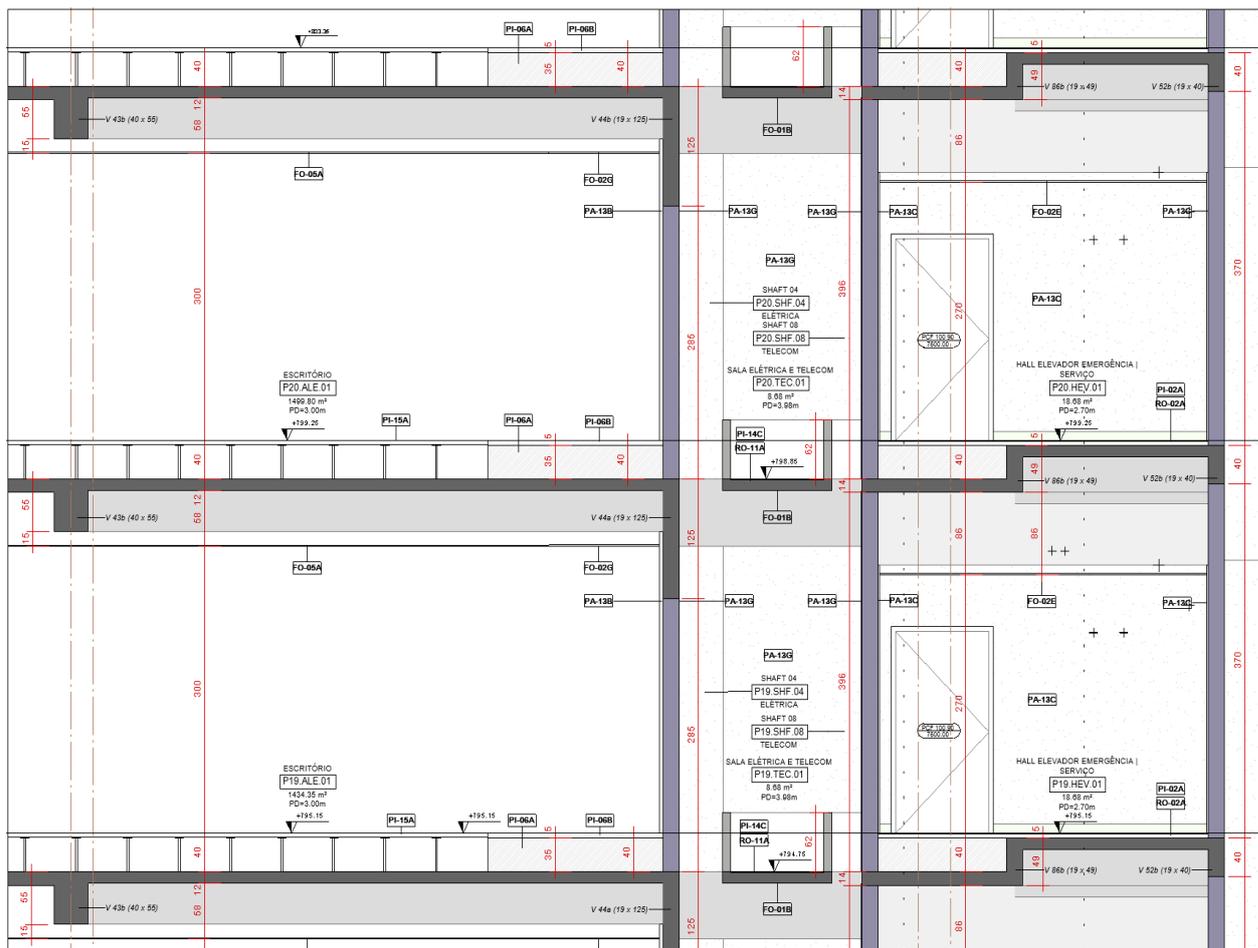


Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Conforme planta geral (Figura 34) acima, as plantas gerais da torre do edifício B32 são representadas em uma escala de 1:75 e possuem um LOD que podemos classificar como 300, isso porque não se enquadra no LOD 100 por não ser mais um estudo de massa das alvenarias, por exemplo. O LOD 300 apresenta a informação de espessura e é possível identificar algumas camadas de alvenaria por exemplo, como regularização e revestimentos e isso também ocorre em cortes parciais, o nível de detalhe ainda é preliminar, uma vez que, se fosse aplicado um LOD 500, por exemplo, no momento da plotagem, a quantidade de linhas que compõe as espessuras dos elementos poderiam se sobrepor devido à escala, gerando assim uma distorção do desenho.

Podemos observar também que nos elementos que sustentam o piso elevado, ainda não apresentam espessuras ou componentes de fixação, conforme (Figura 35) abaixo:

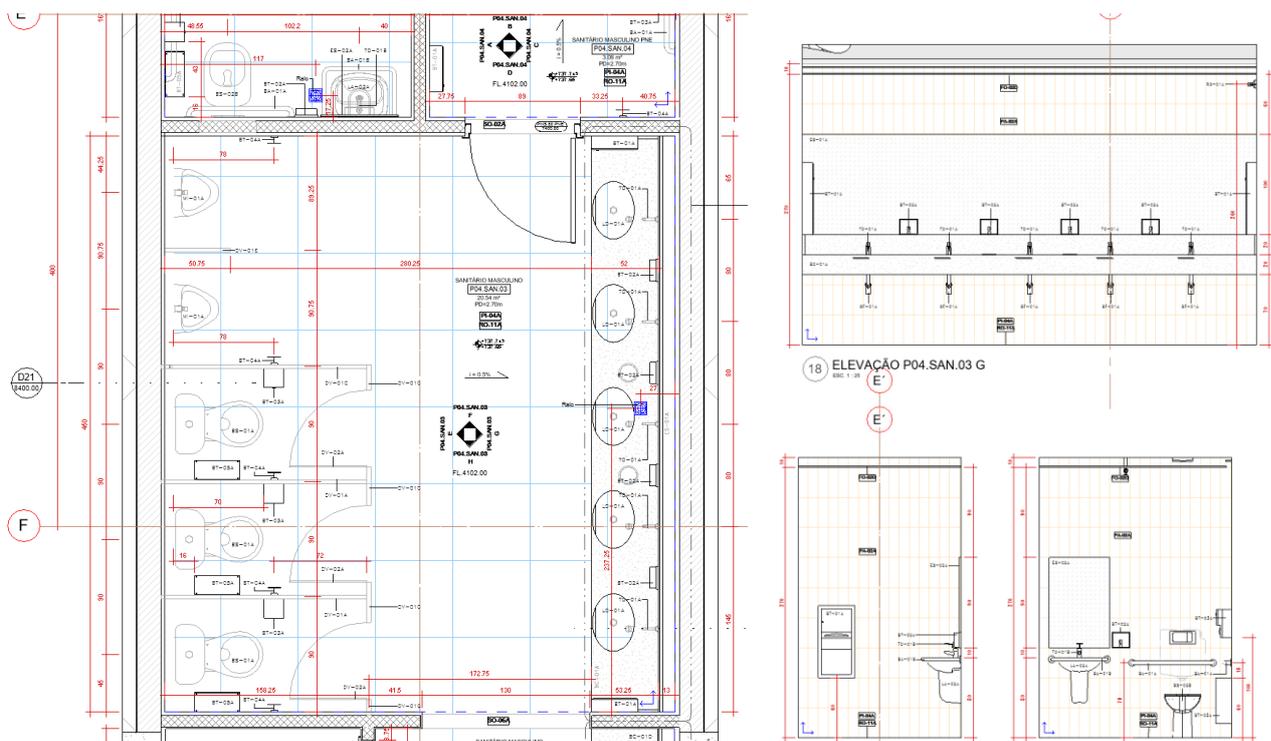
Figura 35 - Corte parcial que contempla parte do núcleo de elevadores e o piso do escritório



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Por outro lado, nas ampliações de áreas molhadas e dos elevadores, por exemplo, o projeto apresenta um nível LOD 400, isso porque já começam a aparecer detalhes maiores, como louças e metais, além dos elementos que compõe a fixação de cada elemento, conforme planta (Figura 36) abaixo:

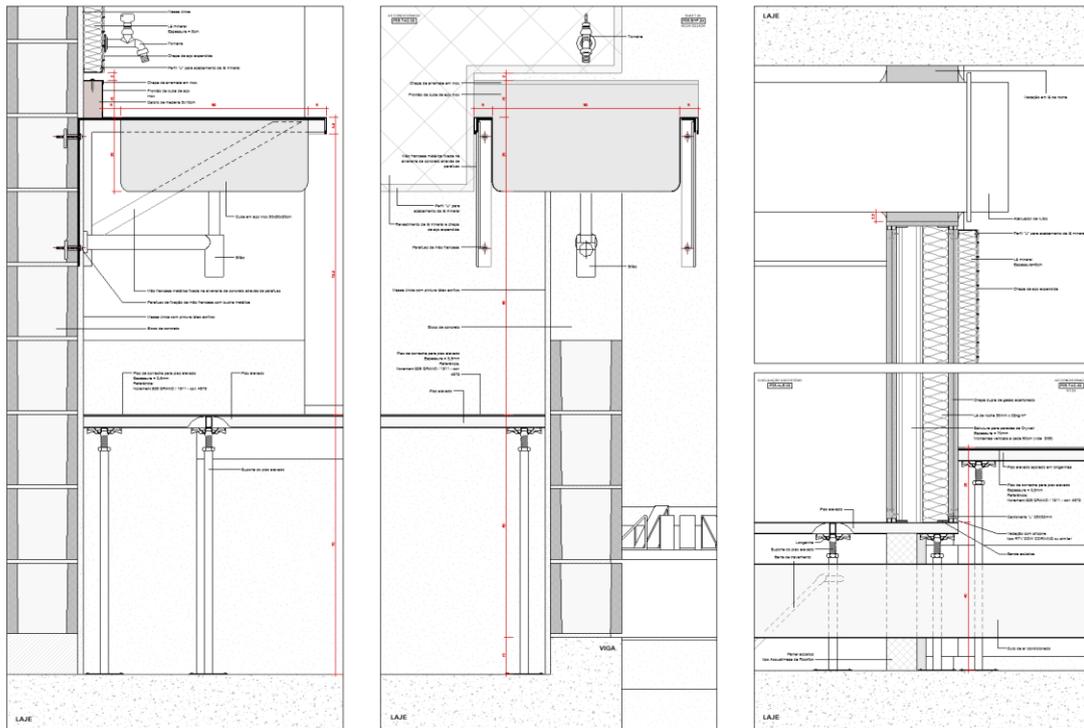
Figura 36 - Ampliação de áreas molhadas



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

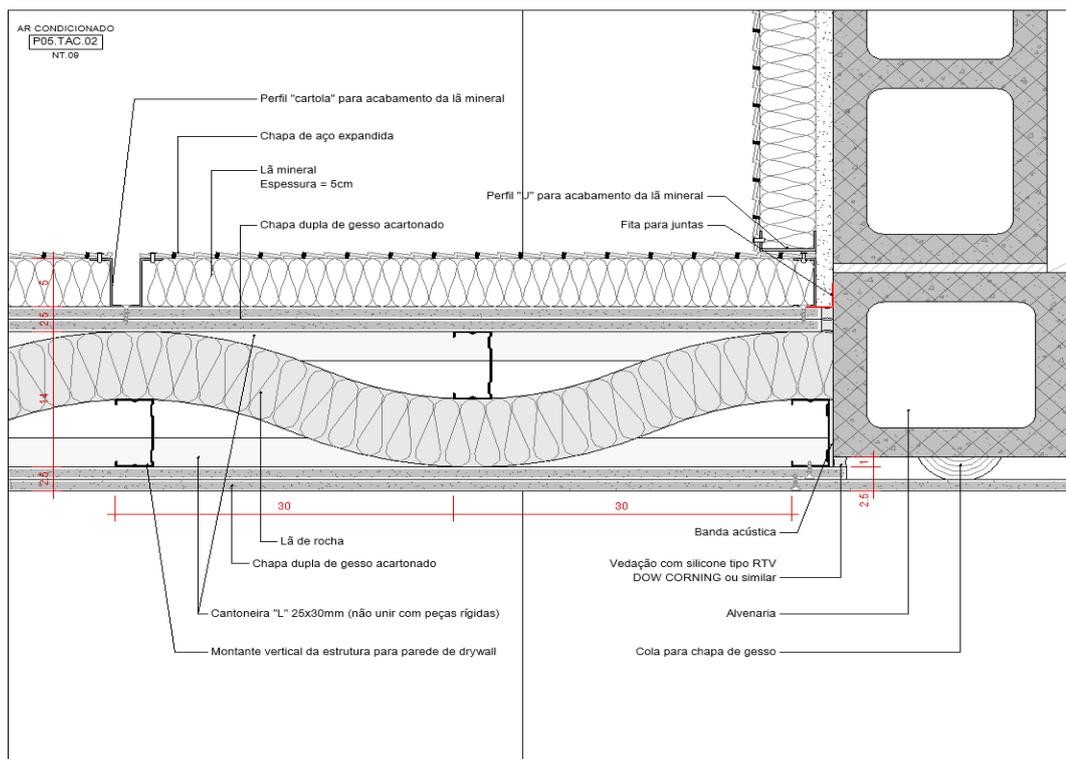
Já nos detalhamentos específicos, o nível LOD pode ser considerado 500, isso por conta do alto grau de detalhamento, espessuras e materiais aplicados nos projetos. Podemos identificar elementos de fixação, espessuras de chapas e até mesmo parafusos que compõem o sistema. Este nível de representação comprova que o BIM é capaz de alcançar qualquer nível que for desejado, assim como a as desenvolvidas em CAD, conforme (Figura 37) abaixo:

Figura 37 - Detalhamentos do projeto B32 da sala de ar-condicionado



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Figura 38 - Detalhe Drywall sala de ar-condicionado em planta



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

As ampliações apresentadas na escala 1:5 possuem um nível de detalhamento que facilmente poderiam ser apresentadas na escala 1:1, caso houvesse a necessidade, conforme planta acima (Figura 38).

Podemos concluir que, conforme as imagens analisadas do projeto executivo do edifício B32, a representação e os níveis de detalhamento não são um problema no uso desta tecnologia. Podemos observar que a qualidade gráfica e grau de complexidade são resolvidas pelo BIM sem maiores problemas, apresentando detalhes finos dos elementos de maior importância e se comunicando graficamente de forma simples em desenhos de maior escala.

Além disso, conforme veremos a seguir, não apenas o nível LOD, mas também o nível LOI são bem aplicados na disciplina de arquitetura, que apresenta diversas informações relevantes atribuídas aos elementos que compõem o projeto, conforme veremos a seguir.

3. Nível de parametrização - LOI

O quesito parametrização é, se não o principal, um dos mais importantes itens para um bom projeto feito no conjunto de tecnologias e processos BIM. Isso ocorre porque é a partir dos parâmetros atribuídos aos elementos (LOI)³⁵ que compõem o projeto que poderemos acessar o principal recurso da sigla BIM: o *Information*. Projetos bem elaborados, com os devidos cuidados e atributos corretos garantem ao usuário o controle e a fidelidade de informações e dados (simples ou compostos). Por isso é fundamental analisar o projeto B32 a partir desta ótica, a fim de avaliar o nível de parametrização aplicado no projeto.

Para iniciar essa análise, vamos apresentar um exemplo simples de como é feita uma parametrização e como os dados são aplicados e importados para planilhas de dados, que serão analisados mais profundamente no item 4 deste estudo de caso. Como exemplo iremos utilizar uma planilha de “shafts” que são vazios verticais que percorrem toda a altura do edifício com o objetivo de receber

³⁵ Level of information – é o conteúdo não gráfico dos modelos para cada estágio de seu desenvolvimento. AIA AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. AIA apud. ABEA, 2013.

as passagens de infraestrutura, como elétrica, hidráulica, dados etc. Em edifícios de grande porte, como o caso do B32, existem diversos *shafts*, onde alguns percorrem todo o edifício e outros apenas em parte dele. Uma boa organização destes elementos é fundamental para que não haja excesso ou falta destes dutos de organização. Além disso, identificar a metragem quadrada também é fundamental, uma vez que são descontos no metro quadrado construído da edificação.

Com isso, a arquitetura do projeto atribuiu alguns dados como, código de identificação, nomenclatura, a ocupação do *shaft* e sua metragem quadrada (Figura 39). Além disso, cada pavimento possui uma planilha de *shafts*, para que sejam identificados quais deles percorrem todo o prédio e quais não exercem a mesma função.

Figura 39 - Planilha de shafts do 4º pavimento do edifício B32

<TABELA SHAFTS - 4º PAVIMENTO>			
A	B	C	D
wt	NOME DO AMBIENTE	OCUPAÇÃO	ÁREA
P04.SHF.02	SHAFT 02	ELETRICA	0.56 m²
P04.SHF.03	SHAFT 03	ELETRICA	0.45 m²
P04.SHF.04	SHAFT 04	ELETRICA	1.51 m²
P04.SHF.05	SHAFT 05	ELETRICA	1.51 m²
P04.SHF.06	SHAFT 06	ELETRICA	0.45 m²
P04.SHF.07	SHAFT 07	ELETRICA	0.26 m²
P04.SHF.08	SHAFT 08	TELECOM	1.04 m²
P04.SHF.09	SHAFT 09	ELETRICA	0.44 m²
P04.SHF.10	SHAFT 10	PRESSURIZAÇÃO ELEVADOR EMERGÊNCIA	0.87 m²
P04.SHF.11	SHAFT 11	HIDRÁULICA SPRINKLER	0.57 m²
P04.SHF.21	SHAFT 21	ÁGUA GELADA	0.90 m²

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Para que estes dados sejam extraídos de forma automática, é preciso que cada *shaft* receba uma parametrização contendo estes dados, à exceção das informações de áreas, que são atribuídas pelo próprio software.

Analisando por exemplo o *Shaft* P04.SHF.02 onde P04 é o pavimento de localização, SHF trata do tipo do elemento e 02 o nome do *shaft*, podemos perceber que cada campo foi preenchido de forma adequada para ser extraído na planilha. Nos campos “level” e “Área”, possuem as informações correspondentes ao *shaft*, que são atribuídos de forma automática. Neste caso os dados aplicados pelo projetista foram o nome e o código aplicado ao elemento, no caso, P04.SHF.02 no

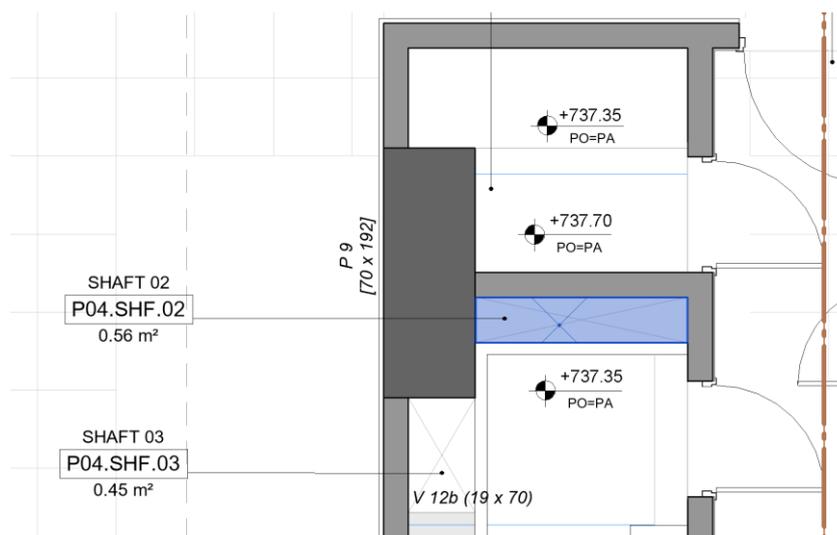
campo “*Number*” que é relacionado ao código de identificação e “SHAFT 02” no campo “*Name*”. Outro campo que tem preenchimento manual é o de “*occupancy*” que nada mais é do que o uso destinado a este *shaft*, conforme (Figura 40 e 41) abaixo:

Figura 40 - Tabela de propriedades e parâmetros do shaft 02 do quarto pavimento do B32

Rooms (1)	
Constraints	
Level	P04
Upper Limit	P04
Limit Offset	357.000000000
Base Offset	-40.000000000
Text	
Bombeiro	não
Administração	...
Prefeitura	dúvida
Dimensions	
Area	0.562 m ²
Perimeter	389.099040000
Unbounded Height	397.000000000
Volume	Not Computed
Pé Direito	
Computation Height	0.000000000
Identity Data	
Number	P04.SHF.02
Name	SHAFT 02
Image	
Comments	
Occupancy	ELÉTRICA
Department	
Base Finish	
Ceiling Finish	
Wall Finish	
Floor Finish	
Auxiliar - ordenação ambiente	
Auxiliar - ordenação número pavime... x Pavimento	
Phasing	
Phase	Construção nova
Other	
ID	

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Figura 41 - Planta ampliada do shaft 02 selecionado



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Este tipo de parametrização também é de suma importância não apenas para os *shafts*, mas também para todos os elementos do projeto, uma vez que qualquer alteração de posição, dimensão, quantidades ou mesmo especificações sejam atualizados automaticamente nas planilhas de dados. Este método diminui a possibilidade de erros e diminui a quantidade de tempo e trabalho empregados para a atualização.

Agora que os conceitos básicos de parametrização e extração de dados foram apresentados, seguiremos com o estudo mais aprofundado dos elementos e os parâmetros atribuídos a eles.

Neste quesito, selecionaremos alguns itens de cada disciplina para verificar quais as informações e parâmetros foram incluídos determinar se são suficientes ou se outros dados poderiam compor o item selecionado (vide Figura 42).

Figura 42 - Diagrama de análise de parâmetros dos elementos do projeto B32

DIAGRAMA DE ANÁLISE ELEMENTOS PARAMETRIZADOS – PROJETO B32

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Os itens escolhidos para análise de parâmetros foram selecionados devido à sua importância dentro do projeto como um todo e por explicarem a qualidade dos dados extraídos que serão explicados no item 4 desta análise.

- **Arquitetura**

O projeto de pisos é um item relevante na concepção arquitetônica. As especificações como dimensões, acabamentos (texturas, cores etc.), marcas e quantitativos resultarão na qualidade dos ambientes. O BIM contribuiu para a sistematização das especificações e sua extração cujos campos podem incluir, por exemplo, informações direcionadas à certificação LEED (Figura 43).

Figura 43 - Propriedade do piso Travertino Romano do projeto B32

Analytical Properties	
Heat Transfer Coefficient (
Thermal Resistance (R)	
Thermal Mass	
Absorptance	0.100000
Roughness	1
Identity Data	
Type Image	
Keynote	
Model	
Manufacturer	Origem Itália
Type Comments	Contrapiso 5cm
URL	
Description	Mármore Travertino Romano - tipo Navona - Paglierino
Assembly Description	
Assembly Code	
Type Mark	PI-13D
Cost	
Rodapé	RO-06A
ACABAMENTO	Polido e estucado com resina epoxídica na cor do material (bege) ou polido e estucado com resina epoxídica sem cor (transparente). Uso de hidro óleo repelente no acabamento final
LEED	O material deverá seguir as especificações do consultor de LEED
COR	Bege ou transparente
DIMENSÃO	502x502x30mm - assentado 45º

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

No caso do revestimento com mármore travertino (Figura 42), por exemplo, a parametrização é adequada no sentido da composição de dados do elemento. Entretanto, este elemento não possui o campo de custo por metragem quadrado do revestimento que poderia compor a previsão de custo da obra. Além disso, não possui o código de referência para que se possa ser encontrado sem erros.

Outro item importante no projeto arquitetônico são as alvenarias e paramentos verticais. Seguindo o mesmo critério utilizado na análise de pisos, podemos avaliar parâmetros atribuídos às alvenarias, conforme (Figura 44) a seguir:

Figura 44 - Tabela de propriedades de uma das alvenarias do projeto B32

Analytical Properties	
Heat Transfer Coefficient (U)	
Thermal Resistance (R)	
Thermal Mass	
Absorptance	0.100000
Roughness	1
Identity Data	
Type Image	
Keynote	15 15
Model	
Manufacturer	Eliane
Type Comments	Revestimento
URL	
Description	Cerâmica linha Linear Cream com rejunte juntaplus Gold Total cor marfim
Assembly Description	
Assembly Code	
Type Mark	PA-02A
Fire Rating	
Cost	
Fabricante e Modelo 01	
Fabricante e Modelo 02	
Fabricante e Modelo 03	
ACABAMENTO	Acetinado
LEED	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade
COR	Bege
DIMENSÃO	100x300x7mm

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Na Figura 44, o campo “Type Mark” indica a nota de identidade da legenda, no caso PA-02. A legenda PA-02 aponta o tipo do revestimento da alvenaria e sua localização, que neste caso está no segundo pavimento. O campo LEED foi preenchido a observação: “solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade”, o que denota a preocupação com a procedência do produto e sua certificação ambiental.

Para as esquadrias de alumínio e madeira, diversas informações são relevantes e podem constar nos parâmetros destes elementos, como o tipo de madeira, acabamento, tipo de fechadura, se são de giro, correr ou pivotante, dimensões etc. Já para as esquadrias de alumínio, são informações relevantes, além das já citadas, a bitola dos perfis, se o acabamento é anodizado ou pintura eletrostática, espessura e tipo de vidro, o RAL deste acabamento, e para projetistas de complementares o peso de cada perfil, uma vez que o custo do alumínio se dá a partir do seu peso. Ao analisar uma das portas do projeto localizada em um dos sanitários, temos a seguinte parametrização (vide Figura 45).

Figura 45 - Tabela de propriedades de uma das portas de madeira do projeto B32

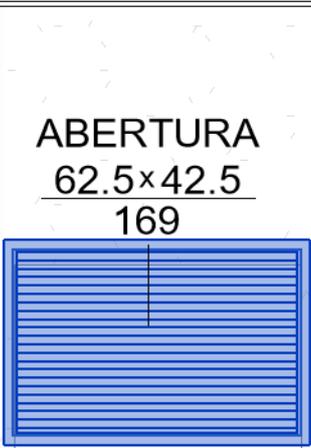
Parameter	Value
Folha<Doors>	17 - Folha de Abrir - Madeira - Área Úmida : 82x211 - Madeira
Wall Closure	By host
Construction Type	
Altura Luz	209.3cm
Altura Osso	212.5cm
Largura Luz	81.1cm
Largura Osso	87.5cm
Text	
Instalação	
DESCRIÇÃO	Porta simples de abrir de madeira
Materials and Finishes	
Acabamento	
Dimensions	
Vão Osso Largura	89.000000000
Vão Osso Altura	214.500000000
Maçaneta Distância	12.000000000
Maçaneta Altura	100.000000000
Rough Width	89.000000000
Guarnição Metálica Espessura	1.500000000
Guarnição Espessura	1.500000000
Folha PCF Espessura	5.000000000
Rough Height	214.500000000
Height	214.500000000
Width	89.000000000
Folha Espessura	3.500000000
Barra Comprimento	65.000000000
Thickness	
Folha Deslocamento	
Analytical Properties	
Analytic Construction	<None>
Define Thermal Properties by	Schematic Type
Visual Light Transmittance	
Solar Heat Gain Coefficient	
Thermal Resistance (R)	
Heat Transfer Coefficient (U)	
Identity Data	
Keynote	17 11 15
Manufacturer	Hörmann
Description	Porta simples de abrir de madeira - uma folha de porta com 40mm de espessura, em painel de madeira alveolar, revestida com chapa dupla de aço galvanizada de 0.6mm
Type Image	
Model	
Type Comments	
URL	
Assembly Code	
Fire Rating	
Cost	
Assembly Description	
Type Mark	PMS 80
ACABAMENTO	Acetinado
LEED	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade
COR	Folha - RAL 7016 / Batente - RAL 9002
DIMENSÃO	81.1x209.3cm
OmniClass Number	23.30.10.00
OmniClass Title	Doors
Code Name	

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Na Figura 45, podemos perceber que todos os dados estão bem preenchidos e atendem a todas as necessidades de dados de esquadrias de madeira para a elaboração futura de planilhas quantitativas. Entretanto, nas esquadrias de alumínio e aço os parâmetros não atendem as necessidades, uma vez que nenhuma das informações citadas acima estão presentes na tabela de propriedades. Essa mesma situação ocorre ao analisarmos a fachada, que não possui informações relevantes ao projeto (vide Figura 46 e 47).

Figura 46 - Tabela de propriedades de Veneziana de alumínio para exaustão do projeto B32

Parameter	Value
Constraints	
Default Elevation	1200.0
Materials and Finishes	
Grille Material	<By Category>
Dimensions	
Grille Height	51.0
Mechanical - Flow	
Max Flow	
Min Flow	
Identity Data	
Type Image	
Keynote	3
Model	
Manufacturer	
Type Comments	
URL	
Description	
Assembly Code	
Cost	
Assembly Description	
Type Mark	
OmniClass Number	23.75.70.21.27.11
OmniClass Title	Diffusers, Registers, and Grilles
Code Name	

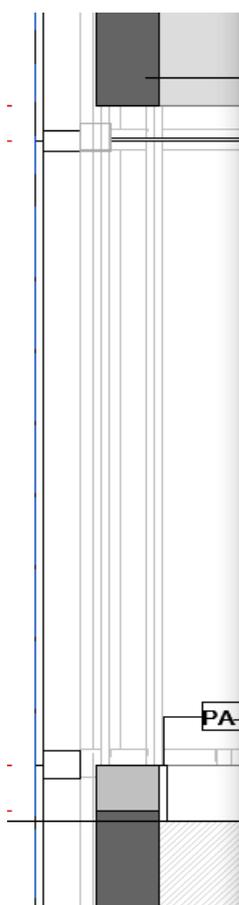


ABERTURA
62.5x42.5
169

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Figura 47 - Tabela de propriedades da fachada de aço e vidro do edifício B32

Parameter	Value
Construction	
Curtain Panel	Painel do sistema : Aço Inoxidável - Invertido
Join Condition	Not Defined
Grid 1	
Layout	None
Spacing	3000.0
Adjust for Mullion Size	<input type="checkbox"/>
Grid 2	
Layout	None
Spacing	1500.0
Adjust for Mullion Size	<input type="checkbox"/>
Grid 1 Mullions	
Interior Type	None
Border 1 Type	None
Border 2 Type	None
Grid 2 Mullions	
Interior Type	None
Border 1 Type	None
Border 2 Type	None
Identity Data	
Type Image	
Keynote	
Model	
Manufacturer	
Type Comments	
URL	
Description	Aço inoxidável
Assembly Description	
Assembly Code	
Type Mark	FA-01A
Cost	



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

No caso da veneziana analisada, seria importante que houvesse dados como vazão de ar, acabamento e localização. Isso permitiria um controle preciso do uso e da função desta esquadria. No caso da fachada, seria ainda mais fundamental estes tipos de informação, além da composição dos vidros, suas espessuras e principalmente suas informações técnicas voltadas para a certificação LEED, como a redução de calor e raios UV proporcionadas pelo vidro.

Podemos concluir que a arquitetura possui um bom nível de parametrização e atende a maioria das necessidades de dados relevantes nos elementos que foram analisados. Entretanto, as esquadrias metálicas possuem uma defasagem em relação aos demais itens, não possuindo nenhuma informação relevante ao projeto o que irá impactar na planilha de dados desta disciplina, conforme veremos posteriormente nesta análise. Entretanto, acreditamos que estas informações podem estar contidas no projeto de consultoria de esquadrias de alumínio, pois é a disciplina responsável por este tipo de especificação. Infelizmente, não obtivemos acesso aos projetos desta disciplina, mas estes dados poderiam estar contidos também no projeto de arquitetura.

• **Climatização**

O projeto de climatização possui uma grande importância em todo o projeto e principalmente nas relações com a sustentabilidade. Neste caso, para que um projeto desenvolvido em BIM e que busque a sustentabilidade, quanto mais informações sobre estes equipamentos de controle térmico, melhor será para que se tenha um controle de gastos energéticos e de emissões de gases prejudiciais ao meio ambiente. Sendo assim, o projeto de climatização precisa de parametrizações adequadas para que se entenda quais as vantagens e desvantagens na escolha do tipo de refrigeração adotada.

A partir deste contexto estabelecido, passamos a analisar os itens que compõem todo o sistema de refrigeração e podemos perceber que, neste quesito, o projeto de climatização possui uma escassez de informações relevantes, onde em alguns casos há informações e em outros não. Dentre as informações possíveis, podemos citar o tipo de equipamento e sistema, o gasto energético, características

para aprovação do equipamento junto ao LEED, entre outros dados que estavam em evidência no projeto de arquitetura como referência. O projeto de um edifício de tamanha complexidade exige que tanto as disciplinas complementares quanto a arquitetônica precisam trabalhar em sintonia e seguindo o mesmo raciocínio de execução para que se possa haver um vínculo entre elas.

Ao estudar os elementos que compõem o projeto e suas parametrizações, encontramos lacunas que fariam diferença para a extração de informações em planilhas que posteriormente serão abordadas. Podemos citar como exemplo duas condensadoras localizadas na cobertura de edificação: uma delas possui algumas informações à respeito de potência, voltagem, dimensões e capacidades de refrigeração. Todavia, outras condensadoras não possuem todos estes mesmos parâmetros, o que inviabiliza a precisão do projeto e torna a parametrização ineficaz (vide Figura 48 e 49).

Figura 48 - Propriedades dos parâmetros de uma das condensadoras com boa relação de dados do projeto B32

Properties		Type Parameters	
UNIDADE CONDESADORA Padrão		Parameter	Value
Mechanical Equipment (1) Edit Type		Constraints	
Level	P31	Default Elevation	0,0
Elevation from Level	1048.4	Materials and Finishes	
Host	Level : P31	Material da unidade condensadora	<By Category>
Offset from Host	1048.4	Electrical	
Text		Potência	0.00 W
NIVEL EQUIPAMENTO		Voltagem	230.00 V
Electrical - Loads		Corrente nominal	0.00 A
Panel		Classificação de carga	Refrigeração
Circuit Number		Número de postes	1
Mechanical		Electrical - Loads	
System Classification	Other,Power	Carga aparente	516.00 VA
System Name	Outro 1	Dimensions	
Mechanical - Flow		Largura	296.0
Fluxo de ar	0.0000	Deslocamento da lâmina	55.1
Critical Path	<input checked="" type="checkbox"/>	Largura da grelha de descarga	441.0
Identity Data		Altura da grelha de descarga	441.0
Image		Comprimento	700.0
Comments	24000BTU	Altura	541.0
Mark	TR-P30-01	Raio DX	14.0 mm
Design Option	Main Model	Diâmetro DX	28.0 mm
Phasing		Mechanical	
Phase Created	New Construction	Capacidade de refrigeração	10081.64 W
Phase Demolished	None	Classification	
		Identity Data	
		Description	UC
		Assembly Code	

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Figura 49 - Tabela de parametrização de uma das condensadoras com poucas informações do projeto B32

Properties		Type Parameters	
COND.SELF 75TR		Parameter	Value
Constraints		Constraints	
Level	P31	Default Elevation	0.0
Elevation from Level	820.0	Mechanical	
Host	Level : P31	Classification	
Offset from Host	820.0	Identity Data	
Electrical - Loads		Type Image	
Panel		Keynote	
Circuit Number		Model	
Mechanical		Manufacturer	
System Classification	Domestic Hot Water,Hydronic Sup...	Type Comments	
System Name	Hydronic Supply 19,Hydronic Sup...	URL	
Mechanical - Flow		Description	
Critical Path	<input checked="" type="checkbox"/>	Assembly Code	
Identity Data		Cost	
Image		Assembly Description	
Comments		Type Mark	
Mark	CR-P31-02	OmniClass Number	23.75.00.00
Design Option	Main Model	OmniClass Title	Climate Control (HVAC)
Phasing		Code Name	
Phase Created	TR-P30-01		
Phase Demolished	None		

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Figura 50 - Tabela de propriedades de uma das tubulações de climatização do projeto B32

Properties	
Pipe Types AAG	
Pipes (1) Edit Type	
Constraints	
Horizontal Justification	Center
Vertical Justification	Middle
Reference Level	Level 1
Top Elevation	826691.0
Middle Elevation	826691.0
Bottom Elevation	806211.0
Start Middle Elevation	826691.0
End Middle Elevation	806211.0
Slope	Not Computed
Dimensions	
Outside Diameter	141.3 mm
Inside Diameter	128.2 mm
Size	125 mmø
Length	20490.0
Mechanical	
System Classification	Domestic Hot Water
System Type	Domestic Hot Water
System Name	Domestic Hot Water 15
System Abbreviation	3585
Pipe Segment	Steel, Carbon - Schedule 40
Diameter	125.0 mm
Connection Type	Generic
Roughness	0.046 mm
Material	Steel, Carbon
Schedule/Type	Schedule 40
Segment Description	
Invert Elevation	806211.0
Section	8
Area	8.042 m ²

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Nos demais elementos que compõem o projeto, podemos citar como bom exemplo algumas das tubulações do sistema que possuem informações como diâmetros, material, área, classificação do sistema etc. Porém, outras informações não apresentam dados como pressão e vazão em m/s e que também seriam importantes ao projeto (Figura 50).

Podemos concluir que o projeto de climatização não possui a mesma qualidade de parametrização do projeto de arquitetura. Além disso, o projeto não apresenta o campo reservado para especificação LEED e não conta com dados sobre o consumo energético, bem como não possui referências sobre certificações dos equipamentos.

Portanto, essa defasagem de parametrização pode resultar em uma falta de controle em alterações do projeto e na extração de planilhas conforme veremos na análise do quesito 4.

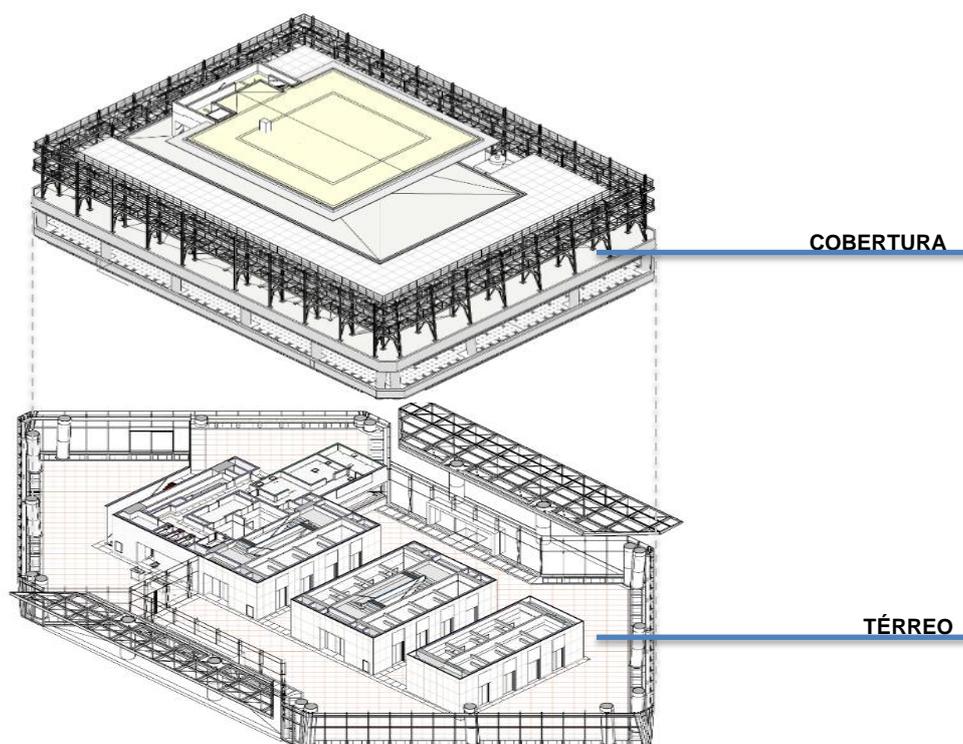
- **Sistemas estruturais**

Os sistemas estruturais, sendo neste caso o de metálica e o de concreto, são os projetos de maior importância dentro das disciplinas de qualquer edificação, pois sem eles nenhum projeto poderia ser executado de forma confiável e segura. Sendo assim, é importante analisarmos o nível de controle e parametrização que estes projetos atribuíram para o desenvolvimento do B32.

No caso da estrutura metálica que está presente em dois pontos da torre, sendo a primeira em marquises localizadas no nível do primeiro pavimento e na cobertura, com a função estrutural do heliponto (Figura 51).

Ao examinar os elementos que compõem o sistema de estruturas metálicas, podemos observar que há elementos que possuem parametrização, principalmente relacionados ao dimensionamento e ao tipo de aço escolhido para o projeto (Figura 52). Entretanto, seria interessante que estes elementos também possuíssem parâmetros como o peso por metro linear por exemplo, que multiplicado pelo comprimento da peça e pelo custo do quilo do aço, permitiriam o controle monetário deste sistema.

Figura 51 - Perspectiva seccionada do projeto B32



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Figura 52 - Tabela de propriedades de uma das colunas do projeto de estrutura metálica do edifício B32

Properties		Type: W200X35.9
W-Flange extensa-Coluna W200X35.9		Type Parameters
Structural Columns (1) Edit Type		Parameter
Constraints		Value
Column Location Mark	H(-350)-13(-1250)	Structural
Base Level	P30	W
Base Offset	0.0	A
Top Level	P30	Section Shape
Top Offset	8050.0	Not Defined
Column Style	Vertical	Dimensions
Moves With Grids	<input checked="" type="checkbox"/>	bf
Text		d
Auxiliar - ordenação ambiente		k
Materials and Finishes		kr
Structural Material	Aço, 45-345	tf
Structural		tw
Top Connection	None	Identity Data
Base Connection	Símbolo de placa de apoio	Assembly Code
Enable Analytical Model	<input type="checkbox"/>	Type Image
Dimensions		Keynote
Volume	0.036 m ³	Model
Identity Data		Manufacturer
Image		Type Comments
Comments		URL
Mark		Description
		Cost
		Section Name Key

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Além disso, outros dados que também seriam relevantes e poderiam estar presentes na parametrização destes elementos, como os acabamentos, o tipo de proteção empregada para este elemento metálico exposto a intempéries, a relação com a certificação LEED, entre outros. Estas propostas de parametrização são complementares e iriam colaborar com a eficiência e precisão do projeto.

Podemos perceber que, em outros elementos metálicos, como guarda-corpos, estes dados são muito mais completos e possuem uma gama de dados mais abrangente. Não é possível verificar o responsável pela modelagem e parametrização deste elemento, porém, por se tratar de um elemento metálico vinculado à estrutura, podemos imaginar que foram elaborados pelo mesmo projetista (Figura 53). Neste caso, temos dados como acabamentos, campo da certificação LEED, cor e descrição das bitolas dos montantes que estruturam o guarda-corpo.

Figura 53 - Tabela de propriedades de um dos guarda-corpos metálicos do projeto B32

Type Parameters	
Parameter	Value
Construction	
Railing Height	110.000000000
Rail Structure (Non-Continuous)	Edit...
Baluster Placement	Edit...
Baluster Offset	0.000000000
Use Landing Height Adjustment	<input type="checkbox"/>
Landing Height Adjustment	0.000000000
Angled Joins	Add Vertical/Horizontal Segments
Tangent Joins	Extend Rails to Meet
Rail Connections	Weld
Top Rail	
Use Top Rail	<input type="checkbox"/>
Height	110.000000000
Type	<None>
Handrail 1	
Lateral Offset	
Height	
Position	None
Type	<None>
Handrail 2	
Lateral Offset	
Height	
Position	None
Type	<None>
Identity Data	
Type Image	
Keynote	
Model	
Manufacturer	Consultar lista de fornecedores Racional
Type Comments	
URL	
Description	Guarda corpo em aço galvanizado pintado. Um perfil superior tubular de Ø=4.5cm, esp.:7/8" e duas barras intermediárias maciças de Ø=1/2".
Assembly Description	
Assembly Code	
Type Mark	CR-05A
Cost	
ACABAMENTO	Esmalte acetinado
LEED	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade
COR	Cinza chumbo
DIMENSÃO	

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Já no projeto de estruturas de concreto, ele não possui características semelhantes às empregadas na metálica e arquitetura. Pegamos como exemplo uma das vigas de concreto e podemos perceber que não foram empregados muitos parâmetros que sejam relevantes ao elemento. Dentre os parâmetros com importância empregados, estão o tipo de concreto que, neste caso, é moldado em loco e o recobrimento dos vergalhões, no mais são informações sem grande importância (Figura 54).

Seria interessante que houvesse campos como o traço do concreto, a bitola dos vergalhões, peso próprio, ou mesmo cargas suportadas. Entendemos que o BIM não é um *software* de cálculo estrutural, entretanto, estes dados colaboram com a precisão, o controle e principalmente com cuidados pós-obra em casos de manutenção e de possíveis alterações.

Figura 54 - Tabela de parâmetros de uma das vigas de concreto do edifício B32

Structural Framing (Other) (1) Edit Type		Parameter	Value
Constraints		Materials and Finishes	
Reference Level	P29	Revestimento	<By Category>
Start Level Offset	0.00000000	Structural Material	13 15 Concreto, Moldado no local
End Level Offset	0.00000000	Structural	
Cross-Section Rotation	0.00000000*	Section Shape	Not Defined
Geometric Position		Dimensions	
yz Justification	Uniform	Largura	25.00000000
y Justification	Origin	Altura	100.00000000
y Offset Value	0.00000000	Identity Data	
z Justification	Top	Assembly Code	
z Offset Value	45.00000000	Type Image	
Structural		Keynote	
Stick Symbol Location	Center of Geometry	Model	
Start Connection	None	Manufacturer	
End Connection	None	Type Comments	
Cut Length	940.91190235	URL	
Structural Usage	Other	Description	
Enable Analytical Model	<input checked="" type="checkbox"/>	Fire Rating	
Rebar Cover - Top Face	Cobrimento do vergalhão 1 <25 mm>	Cost	
Rebar Cover - Bottom Face	Cobrimento do vergalhão 1 <25 mm>	Section Name Key	
Rebar Cover - Other Faces	Cobrimento do vergalhão 1 <25 mm>	Assembly Description	
Dimensions		Type Mark	V
Length	946.08957188	OmniClass Number	23.25.30.11.14.14
Volume	2.181 m ³	OmniClass Title	Beams
Elevation at Top	83620.00000000	Code Name	
Elevation at Bottom	83520.00000000		

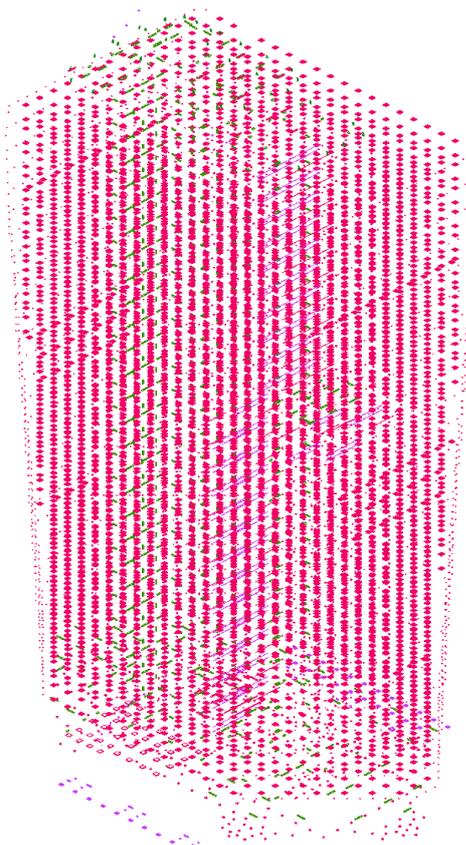
Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Podemos concluir que os projetos de sistemas estruturais metálicos possuem um nível um pouco melhor do que o projeto de estruturas de concreto. Porém, ambos estão defasados ao comparar com o projeto de arquitetura que possui muito mais informações em suas famílias. Vale ressaltar também que, se todos os projetos não possuírem as mesmas premissas de parametrização, ocorre um desequilíbrio

quando se elaboram as planilhas descritivas e de especificações. Além disso, há uma discrepância no controle que o projeto de arquitetura possui em relação às disciplinas complementares, o que não é desejável em projetos bem consolidados.

- **Luminotécnica**

Figura 55 - Nuvem de luminárias que compõe o projeto B32



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

O projeto de luminotécnica, apesar de sua menor relevância no contexto geral do edifício, tem grande importância no quesito sustentabilidade, gasto energético e principalmente no contexto ambiental, uma vez que está presente em toda a edificação (Figura 55).

Essa disciplina tem como responsabilidade garantir o conforto interno através da iluminação artificial, garantindo a emissão de luz adequada para cada ambiente

e de acordo com a sua necessidade. Entretanto, é preciso que este projeto leve em conta também os gastos emitidos pelos elementos para que se possa garantir o atendimento ao critério da redução de gastos energéticos da certificação LEED.

Ao analisar alguns itens que compõem o sistema de luminotécnica, podemos notar que as famílias deste projeto possuem uma grande diversidade de parâmetros. Dentre os dados encontrados, podemos citar, tipo, fabricante, modelo, código de referência, potência, estimativa de vida útil, dimensões, quantidade de lâmpadas por luminária, descrição, intensidade da luminária, tom de cor da luz, entre outros (Figura 56).

Figura 56 - Tabela de parâmetros de uma das luminárias do projeto B32

Type Parameters	
Parameter	Value
Ângulo de Corte	0.00°
Vida Útil do Equipamento Auxiliar	
Vida Médiana das Lâmpadas	50000
Tensão do Equipamento Auxiliar	220
Tensão da Lâmpada	220
Soquete das Lâmpadas	
Rendimento	0
Quantidade de Lâmpadas	1
Quantidade de Equipamentos Auxiliares	1
Potência do Equipamento Auxiliar	3.00 W
Potência da Lâmpada	15.00 W
Potência Total	18.00 W
Modelo dos Equipamentos Auxiliares	Driver Eletrônico On/Off
Modelo da Lâmpada	Led integrado à luminária
Lamp	Led
Fabricante dos Equipamentos Auxiliares	Itaim
Fabricante da Lâmpada	Itaim
Classe Anti-ofuscamento	
Wattage Comments	
Electrical - Loads	
Apparent Load	
Dimensions	
Light Source Symbol Size	0.6096
Diâmetro nicho	0.1000
Diâmetro	0.1200
Identity Data	
Nicho	Ø100
Model	Sky-E PC - código L04L1D4.1FB
Manufacturer	ITAIM
IP (Índice de Proteção)	44
Description	Luminária redonda de embutir com corpo em alumínio injetado com acabamento em pintura. Difusor recuado em acrílico translúcido com LED.
Acessório	Nenhum
Type Image	
Keynote	
Type Comments	
URL	
Assembly Code	
Cost	
Assembly Description	
Type Mark	01
OmniClass Number	23.80.70.00
OmniClass Title	Lighting
Code Name	
Photometrics	
Light Loss Factor	1
Initial Intensity	1300.00 lm
Initial Color	4000 K
IRC	80
Dimming Lamp Color Temperature Shift	<None>
Color Filter	White
Light Source Definition (family)	Point+HemiSpherical

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Esta gama de informações é fundamental para controle e para a precisão do projeto: quanto mais informações o elemento possuir em sua parametrização,

maiores as possibilidades. Neste caso, seria possível dimensionar o gasto energético de cada lâmpada e do conjunto todo, por exemplo, bastando multiplicar a potência da lâmpada pelo tempo de uso. Seria possível também prever o gasto mensal do edifício todo com luminárias, bastando multiplicar o resultado do consumo pelo preço do Kw/h da região.

Este tipo de parametrização e geração de planilhas poderiam dar ao projeto a previsibilidade do quanto este sistema economiza em energia elétrica quando comparado com os demais. Outro ponto fundamental é que, ao possibilitar este cálculo, podemos também mensurar em quanto tempo o investimento neste tipo de iluminação é amortizado a partir da economia gerada. Neste ponto entramos em outras dimensões do BIM, conforme explicado na Figura 03 (Capítulo 01) desta dissertação. Podemos dizer também que passamos a ter um controle pós-obra que somente este tipo de *software* permite sem grande esforço.

Podemos concluir que a parametrização empregada neste projeto atende quase que por completo as necessidades de informações necessárias. Entretanto, seria de interessante que o campo de certificação LEED também estivesse presente. Assim como na arquitetura, o projeto de luminotécnica também poderia contar com informações referentes a certificação LEED, uma vez que tem grande destaque no quesito economia energética. No mais, será interessante perceber como todos estes parâmetros que compõem os elementos do projeto de luminotécnica serão empregados no momento da elaboração das planilhas de dados desta disciplina e das demais, conforme veremos a seguir.

4. Nível de extração de dados do projeto

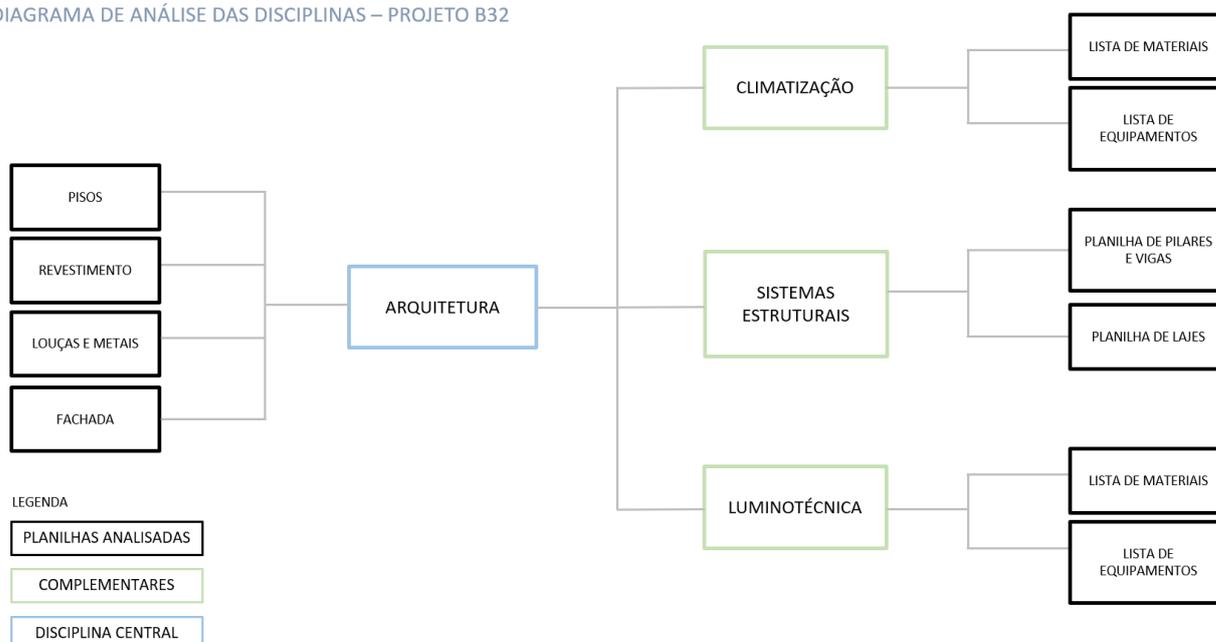
Este quesito de análise foi selecionado por se tratar do grande diferencial do conjunto de tecnologias e processos BIM, pois é a possibilidade de extrair dados relevantes de um projeto de forma automática. Todavia, para que este quesito seja atendido por projetistas que utilizam o BIM, é necessário que o item 3 desta análise (Nível de parametrização dos elementos) possua a maior quantidade de informações possível: uma vez atendido o quesito de parametrização, basta uma

boa organização de planilhas para que todos estes dados empregados aos elementos sejam compilados e extraídos de forma adequada.

Nesta análise, selecionamos algumas disciplinas que têm maior impacto no projeto em geral, mas, principalmente, por serem relevantes para a elaboração de um projeto sustentável. Dentre as disciplinas foram escolhidas a de arquitetura, a de climatização, a de luminotécnica e a de sistemas estruturais. Para cada uma destas foram selecionadas planilhas de dados com o mesmo critério de análise das disciplinas, conforme diagrama (Figura 57) a seguir:

Figura 57 - Diagrama explicativo de análise de dados extraídos do projeto B32

DIAGRAMA DE ANÁLISE DAS DISCIPLINAS – PROJETO B32



Fonte: Elaborado pelo autor

Além disso, analisaremos a relevância destes dados e se existe a possibilidade da inclusão de novas informações que poderiam colaborar com o projeto. Por fim, estudaremos a qualidade das informações extraídas, sua organização, a relevância dos dados e quais destes dados estão relacionados à criação de um edifício inteligente e sustentável.

Apresentaremos a seguir um compilado de documentos extraídos dos arquivos BIM do projeto B32 e ao final desta análise poderemos concluir se o BIM

e a parametrização são diferenciais da tecnologia e se foram bem utilizados no momento do projeto.

- **Arquitetura**

No caso específico do projeto de Arquitetura, optamos por analisar 3 planilhas de dados que são relevantes não apenas para a disciplina, mas também para o desenvolvimento de um projeto inteligente e sustentável. Os itens analisados nesta disciplina são as planilhas de pisos, revestimentos e louças e metais. As planilhas completas estarão em anexo nessa dissertação.

Estes itens analisados correspondem a importantes índices de redução quando falamos de sustentabilidade, sendo eles:

- Fachadas e revestimentos: estão ligados ao controle térmico e ao uso de condicionados para a redução de temperaturas;
- Louças e metais: responsáveis pela redução do uso energético e principalmente hídrico do edifício.

As planilhas de análise de dados da arquitetura referente a pisos, revestimentos e, principalmente, de louças e metais gerados em BIM, apresentam uma boa organização de informações que complementam o projeto. Os dados foram organizados em código de identificação, descrição dos elementos, acabamento, cor, dimensão, fabricante, quantidades e área total e uma coluna específica relativa a dados referentes à certificação LEED.

Objetivando a certificação LEED, o projeto em questão apresentou o uso de uma coluna específica contendo informações relevantes de cada item. Esta se mostra fundamental para a certificação do projeto buscando atender os princípios da sustentabilidade. A premissa da sustentabilidade está relacionada à redução de gastos hídricos e energéticos e principalmente que tenham cuidados especiais no momento de sua fabricação.

Além disso, o controle dos elementos adotados no projeto é fundamental para garantir ao edifício a pontuação adequada para a certificação. Neste ponto, é exatamente este controle da economia dos recursos naturais, o diferencial da

tecnologia. Este tipo de planilha de dados permite a arquitetos e projetistas pleno controle das metragens e quantidades necessárias para o projeto em questão, evitando assim gastos desnecessários.

Entretanto, no projeto B32, constatamos que não existem campos de gastos hídricos dos metais em Litros/minuto, permitindo assim uma estimativa de redução de gastos ao longo do tempo, o que poderia complementar ainda mais as informações e permitir estimativas futuras. Outro aspecto que está ausente desta planilha é o controle de custo destes itens, que poderiam colaborar com a estimativa de gastos e até em quanto tempo tais equipamentos amortizariam os investimentos a partir de suas reduções de gastos.

Apesar da sua boa organização e das relevâncias dos dados extraídos pelo projeto de arquitetura, que garantem controle total e diminuem a incidência de erros e gastos extras, isso não acontece nos projetos complementares. Vejamos, por exemplo, o projeto da fachada, que destoa do conjunto de projetos de arquitetura.

Figura 58 - Tabela da pele de vidro das fachadas do B32

<Tabela do sistema cortina>

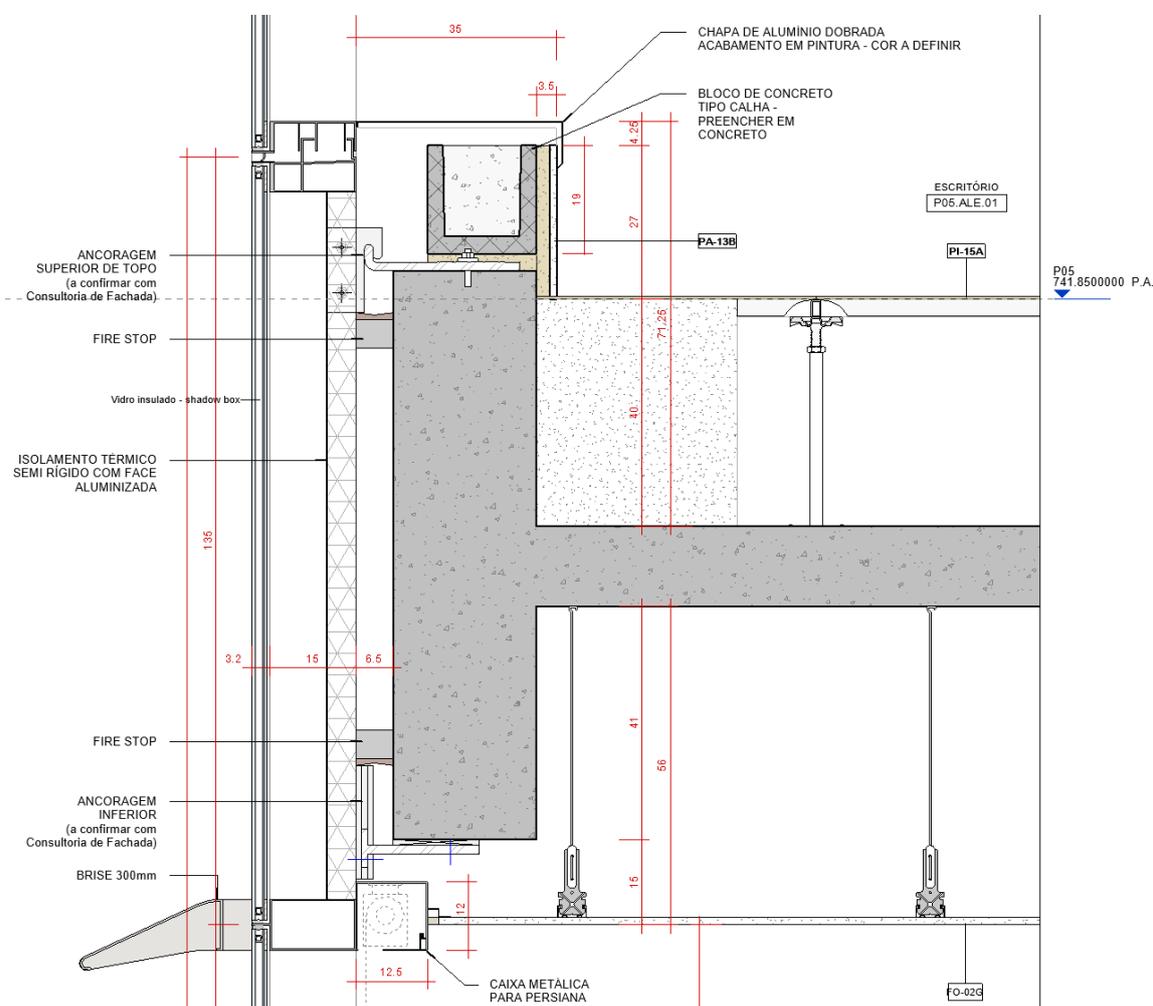
A	B	C	D
Comentários	Família e tipo	Marca de tipo	Descrição
	Curtain System: Fachada - Vidro Laminado Temperado		
Norte	Curtain System: Fachada - Vidro Laminado Temperado Invertido		
Sul	Curtain System: Fachada - Vidro Laminado Temperado		
Sul	Curtain System: Fachada - Vidro Laminado Temperado		
Leste	Curtain System: Fachada - Aço Inoxidável	FA-01A	Aço inoxidável
Nordeste	Curtain System: Fachada - Aço Inoxidável	FA-01A	Aço inoxidável
Norte	Curtain System: Fachada - Aço Inoxidável	FA-01A	Aço inoxidável
Noroeste	Curtain System: Fachada - Aço Inoxidável - Invertido	FA-01A	Aço inoxidável
Sudeste	Curtain System: Fachada - Aço Inoxidável - Invertido	FA-01A	Aço inoxidável
Sudoeste	Curtain System: Fachada - Aço Inoxidável	FA-01A	Aço inoxidável
Oeste	Curtain System: Fachada - Aço Inoxidável - Invertido	FA-01A	Aço inoxidável
Sul	Curtain System: Fachada - Aço Inoxidável - Invertido	FA-01A	Aço inoxidável
Norte	Curtain System: Fachada - Vidro Insulado	FA-02A	

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Nas planilhas relativas às peles de vidro, notamos a ausência de informações parametrizadas. São apresentados dados da composição do sistema que neste caso possui estrutura de aço inoxidável e com vidros temperados e laminados, conforme tabela (Figura 58).

É interessante notar que, nas folhas de projeto, o detalhamento da pele de vidro é minucioso, entretanto, também não possuem informações como espessura do vidro e RAL de acabamento dos perfis que compõem o sistema, vide detalhamento (Figura 59) a seguir:

Figura 59 - Detalhamento da pele de vidro do edifício B32



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Embora a fachada seja um dos principais componentes do projeto de arquitetura, há a necessidade de muitas outras informações, como a espessura e o tipo dos vidros, seus índices de redução térmica e lumínica, metragens e dimensões, bitola dos perfis, dados referentes a certificação LEED etc. As informações de redução térmica, acústica e lumínica deste vidro também poderiam complementar a análise, pois comprovariam sua escolha em relação a outras opções, além de garantir a diminuição do uso de ar-condicionado para controle de

temperatura interna. Nem mesmo o modelo da fachada possui tais informações, o que mostra que neste caso o BIM não foi utilizado de forma correta, em sua plenitude de modelagem parametrizada.

Por fim, podemos concluir que no projeto de arquitetura o conjunto de tecnologias e processos BIM foi utilizada de forma adequada e buscou explorar todas as características singulares do *software*. Porém, o modelo da pele de vidro possui inconsistências no que diz respeito à parametrização e na extração de dados. Alguns fatores devem ser levados em conta, como a existência de dois projetos da pele de vidro terem sido feitas: uma pela arquitetura e uma pela consultoria específica, ao qual não obtivemos acesso. Outra hipótese é que, neste caso, a arquitetura optou realmente por não explorar a parametrização, uma vez que nenhuma planilha relevante foi extraída deste modelo, o que acaba acarretando a subutilização do BIM.

• Climatização

O projeto de climatização é um dos mais importantes dentre as disciplinas complementares que um projeto abrange. É de responsabilidade deste projeto garantir o conforto térmico da edificação através de meios mecânicos de insuflamento de ar refrigerado. Ao mesmo tempo, é um dos principais obstáculos na busca por uma certificação LEED, uma vez que para se garantir este ambiente refrigerado são liberados gases poluentes e prejudiciais ao meio ambiente.

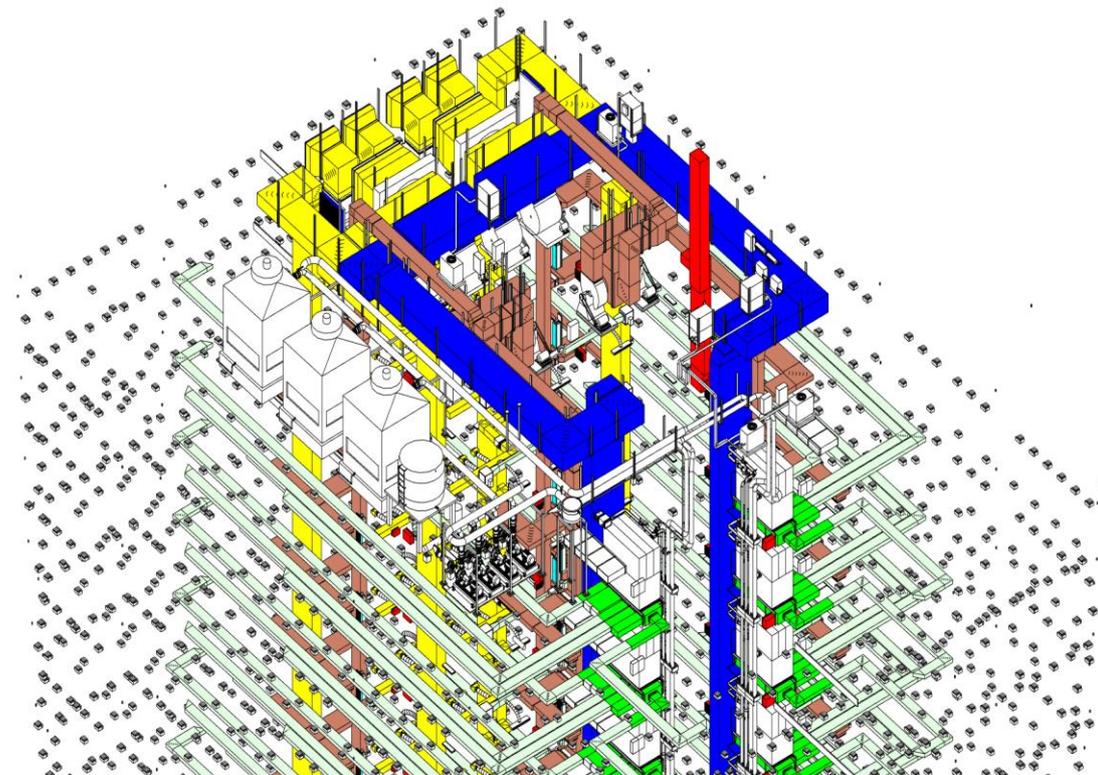
Apesar dos projetistas do edifício B32 terem optado por uma solução de redução térmica em seu interior por meio do uso de uma pele de vidro insulada e com tratamento térmico, ainda foi necessário o uso de ar-condicionado para a climatização dos ambientes.

Dessa forma, é fundamental entender quais são os elementos e componentes foram aplicados no B32, buscando minimizar a liberação de gases poluentes, provenientes das condensadoras, visando garantir uma certificação ambiental. Porém, ao observar a planilha de dados extraída pelo projeto complementar de climatização, ele não segue a linha de pensamento e execução do modelo feita pela

arquitetura, havendo assim uma defasagem de informações que seriam fundamentais e colaboraram com a praticidade e a busca pela certificação.

Ao observar a modelagem 3D, podemos notar que há uma grande qualidade de representação com elementos muito bem detalhados e implantados no edifício (Figura 60). Porém, isso não ocorre nos dados passíveis de serem extraídos em planilhas.

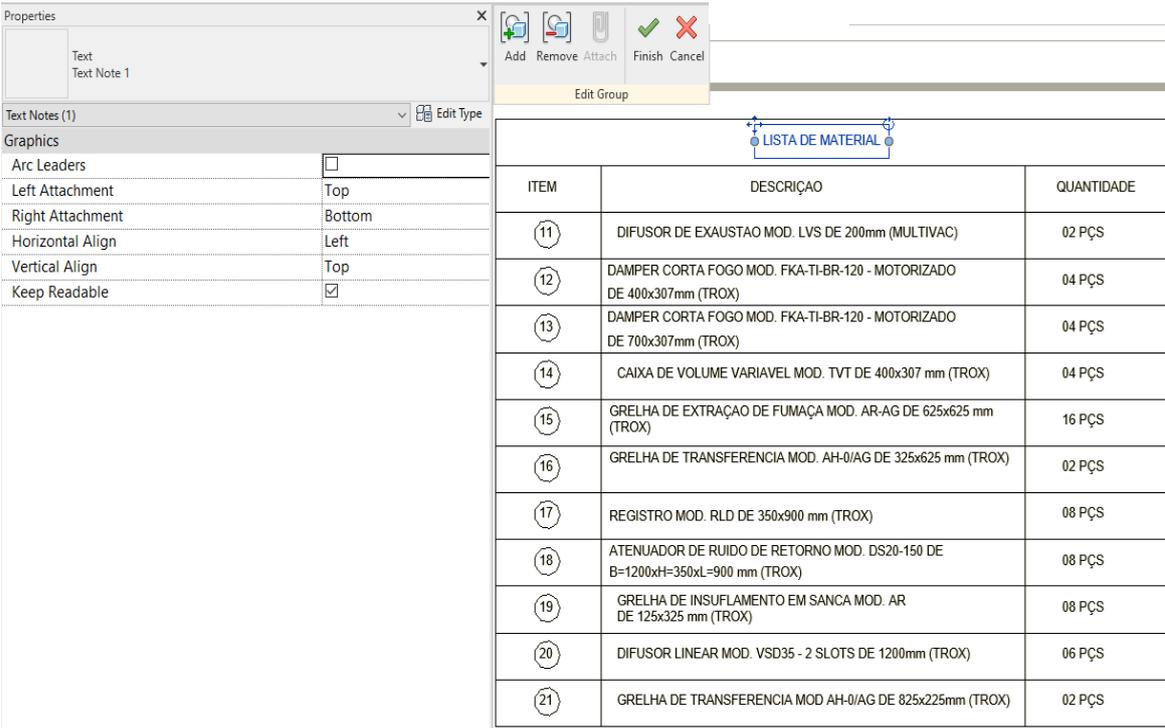
Figura 60 - Vista 3D da modelagem do projeto de climatização na cobertura do B32



Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Ao mesmo tempo em que temos uma modelagem com alto nível de representações, as planilhas de dados resultantes não possuem a mesma qualidade. Neste caso, os projetistas da disciplina de climatização optaram por não utilizar a ferramenta geradora de tabelas do BIM e realizaram o preenchimento de dados manualmente na folha de desenho conforme planilha (vide Figura 61).

Figura 61 - Planilha de especificações e quantidades do projeto de climatização do edifício B32 em uma das folhas de projeto



ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
11	DIFUSOR DE EXAUSTAO MOD. LVS DE 200mm (MULTIVAC)	02 PÇS
12	DAMPER CORTA FOGO MOD. FKA-TI-BR-120 - MOTORIZADO DE 400x307mm (TROX)	04 PÇS
13	DAMPER CORTA FOGO MOD. FKA-TI-BR-120 - MOTORIZADO DE 700x307mm (TROX)	04 PÇS
14	CAIXA DE VOLUME VARIÁVEL MOD. TVT DE 400x307 mm (TROX)	04 PÇS
15	GRELHA DE EXTRAÇÃO DE FUMAÇA MOD. AR-AG DE 625x625 mm (TROX)	16 PÇS
16	GRELHA DE TRANSFERENCIA MOD. AH-0/AG DE 325x625 mm (TROX)	02 PÇS
17	REGISTRO MOD. RLD DE 350x900 mm (TROX)	08 PÇS
18	ATENUADOR DE RUÍDO DE RETORNO MOD. DS20-150 DE B=1200xH=350xL=900 mm (TROX)	08 PÇS
19	GRELHA DE INSUFLAMENTO EM SANCA MOD. AR DE 125x325 mm (TROX)	08 PÇS
20	DIFUSOR LINEAR MOD. VSD35 - 2 SLOTS DE 1200mm (TROX)	06 PÇS
21	GRELHA DE TRANSFERENCIA MOD AH-0/AG DE 825x225mm (TROX)	02 PÇS

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Na Figura 46 podemos notar que todos os caracteres da planilha foram escritos usando a ferramenta de texto do *software*, conforme a aba de propriedades que o elemento revela. Este método pode gerar problemas, pois caso ocorra alguma revisão de projeto, as planilhas deverão ser preenchidas novamente, aumentando a probabilidade de resultar em erros, o que não ocorreria nos casos de atualização automática.

Podemos concluir que a climatização não fez uso do BIM de forma correta, uma vez que utilizou a tecnologia apenas para modelagem 3D e não para a elaboração de um projeto parametrizado. Este tipo de uso pode acarretar problemas em casos de atualização e revisão do projeto, além de não estarem em conformidade metodológica de modelagem do projeto arquitetônico.

• Luminotécnica

Outro projeto de grande importância para edifícios que buscam a sustentabilidade é o de luminotécnica. É fundamental a escolha de luminárias que reduzam o uso de energia elétrica e que tenham longa duração e, ao mesmo tempo, que garantem a incidência de luz adequada para cada ambiente. Especificar e quantificar estes elementos em um projeto de grande complexidade como o B32 é de grande dificuldade, uma vez que para atender a demanda de luminosidade são necessários milhares de pontos de luz.

Analisando o projeto de luminotécnica, o uso da tecnologia se aproxima mais do método da arquitetura, porém não apresenta a mesma quantidade de informações. Neste caso, as especificações e quantidades foram apresentadas de duas formas, totais e parciais divididas por pavimentos, conforme (Figuras 62 e 63) abaixo:

Figura 62 - tabela de quantidades e descrição de luminárias do projeto do B32

<LUMINÁRIAS TOTAL>			
A	B	C	D
wt	Type Mark	Count	Description
*EL	1	419	Verificar especificação Projeto Elétrica
*EL	2	35	Verificar especificação Projeto Elétrica
*EL	3	60	Verificar especificação Projeto Elétrica
*EL	4	182	Verificar especificação Projeto Elétrica
AF	03	11	Arandela Quadrada com fecho direcionado para baixo, com LED integrado a luminária.
AG	01	150	Arandela Quadrada com fecho direcionado para baixo, com lâmpada vapor metálico de bulbo cerâmico
AH	01	26	Arandela Quadrada com fecho direcionado para baixo, com lâmpada vapor metálico de bulbo cerâmico
EB	01	2886	
EB	03	1041	Luminária quadrada de embutir com Led integrado e difusor translúcido
EB	04	2140	Luminária de embutir quadrada com aletas duplo parabólicas com lâmpada fluorescente tubular
EC	02	156	Luminária quadrada de embutir com fecho aberto com lâmpada vapor metálico PAR30
EC	03	22	Luminária quadrada de embutir com fecho aberto com lâmpada vapor metálico PAR20
EJ	14	12	Luminária vedada retangular embutida com difusor em vidro com lâmpada fluorescente tubular T5 HO.
EJ	17	10	Luminária vedada retangular embutida com difusor em vidro com lâmpada fluorescente tubular T5.
EJ	19	283	Luminária quadrada de embutir com Led integrado e difusor translúcido
EJ	20	305	Luminária quadrada de embutir com Led integrado e difusor translúcido
EJ	21	25	Luminária quadrada de embutir com Led integrado e difusor translúcido
EJ	23	6	Luminária linear de embutir com LED e difusor translúcido

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Figura 63 - Trecho da tabela de luminária dividida por pavimentos do projeto B32

<LUMINÁRIAS POR PAVIMENTO>			
A	B	C	D
Count	Código da Luminária		Type
P32			
2	AF	03	LEDPLUS-Nimbus - LED integrado 6W - 3000K- 40° - IP65
2			
P32 - FORRO			
9	*EL	3	SKK - Luminária de Sobrepor Retangular Fluorescente Compacta 1x20W
9			
PLANTA DE FORRO 31º PAVIMENTO			
2	AF	03	LEDPLUS-Nimbus - LED integrado 6W - 3000K- 40° - IP65
2			
PLANTA DE LAYOUT 31º PAVIMENTO			
13	*EL	2	SKK - Luminária de Sobrepor Estanque
3	*EL	3	SKK - Luminária de Sobrepor Retangular Fluorescente Compacta 1x20W
15	*EL	4	SKK - Luminária de Sobrepor Retangular 2xT5 25W
5	GR	15	ITAIM - LPT24 - 2x FLUORESCENTE TUBULAR - 25W - 4000K - Filtro Rosco Vermelho
36			
PLANTA DE FORRO 30º PAVIMENTO			
9	*EL	3	SKK - Luminária de Sobrepor Retangular Fluorescente Compacta 1x20W
4	EJ	20	ITAIM - Sky-E MQ - Led - 23W - 3000K
4	GR	11	ITAIM - LPT24 - 2x FLUORESCENTE TUBULAR - 25W - 4000K - Filtro Rosco Azul
17			
PLANTA DE LAYOUT 30º PAVIMENTO			
2	*EL	1	SKK - Luminária de Sobrepor Retangular 2xT5 14W
22	*EL	2	SKK - Luminária de Sobrepor Estanque
6	*EL	3	SKK - Luminária de Sobrepor Retangular Fluorescente Compacta 1x20W
11	*EL	4	SKK - Luminária de Sobrepor Retangular 2xT5 25W
7	AF	03	LEDPLUS-Nimbus - LED integrado 6W - 3000K- 40° - IP65
1	EJ	20	ITAIM - Sky-E MQ - Led - 23W - 3000K
7	GR	15	ITAIM - LPT24 - 2x FLUORESCENTE TUBULAR - 25W - 4000K - Filtro Rosco Vermelho
120	LA	07	LEMCA - Projetor Linear - LED - 36W.10x65° - RGB
176			

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Porém, ao descrever os itens atribuídos aos projetos, poderia haver informações complementares que enriqueceriam o projeto, como os índices de luminância; os dados referentes a economia de energia para alcançar certificações ambientais e com isso estimar a economia a curto, médio e longo prazo; o custo por luminárias para estimativas orçamentárias; a estimativa de vida útil visando estabelecer a cada quanto tempo seria necessário a troca e permitindo um controle pós-obra.

Podemos concluir que apesar da ausência de algumas informações que foram levadas em conta no projeto de arquitetura, o projeto de luminotécnica diferente da

de climatização faz uso parcial do conjunto de tecnologias e processos BIM de forma adequada, porém com margem para um aprimoramento.

- **Sistemas estruturais**

O projeto de sistemas estruturais, conta com duas tipologias, a de concreto e a metálica. Ambas são de vital importância para o projeto pois sustentam o edifício. Apesar de ter menos importância no quesito sustentabilidade, tem muita relevância no quesito projeto inteligente. Neste caso, determinar o melhor sistema construtivo para um projeto é fundamental para determinar o melhor custo-benefício, praticidade de execução, e claro colaboração com meio ambiente.

Neste caso, diversas informações são de grande importância para o projeto, como dimensão dos elementos estruturais; volume de concreto; bitola dos vergalhões que compõem as vigas, pilares e lajes; custo por m³, traço do concreto para execução em loco; pavimento de localização; etc. Na análise dos dados extraídos pelo projeto, notamos que a tecnologia foi parcialmente utilizada, dentre todas as possibilidades possíveis. Foram extraídos dados básicos, como nome, quantidades e volumes, não explorando todas as possibilidades que o BIM permite, vide (Figura 64) abaixo:

Figura 64 - Planilha de vigas do edifício B32

<Tabela de Vigas - Links por pavimento>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Marca de tipo	Nome da Viga	Vínculo RVT: Nome	Contador	Altura	Largura	Volume	Nível de referência
	V86a	Núcleos Atípicos	1			0.00 m ³	
P00		Lajes Atípicas	6			1.07 m ³	P00
V			124			62.07 m ³	P01
P02			202			204.66 m ³	P02
V			197			178.13 m ³	P04
P05		Lajes Atípicas	50			73.25 m ³	P05
P06		Lajes Atípicas	50			73.33 m ³	P06
P07		Lajes Atípicas	53			74.31 m ³	P07
P08		Lajes Atípicas	48			71.50 m ³	P08
P09		Lajes Atípicas	48			71.08 m ³	P09
P10		Lajes Atípicas	48			71.36 m ³	P10
P11		Lajes Atípicas	48			70.73 m ³	P11
P12		Lajes Atípicas	48			70.50 m ³	P12

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

Figura 65 - Aba de propriedades de uma das vigas do projeto B32

Properties	
Viga de Borda - Concreto Moldado in-loco 25 x 100	
Structural Framing (Other) (1) Edit Type	
Constraints	
Reference Level	P09
Start Level Offset	0.00000000
End Level Offset	0.00000000
Cross-Section Rotation	0.00000000°
Geometric Position	
yz Justification	Uniform
y Justification	Origin
y Offset Value	0.00000000
z Justification	Top
z Offset Value	45.00000000
Structural	
Stick Symbol Location	Center of Geometry
Start Connection	None
End Connection	None
Cut Length	231.40774714
Structural Usage	Other
Enable Analytical Model	<input checked="" type="checkbox"/>
Rebar Cover - Top Face	Cobrimento do vergalhão 1 <25 mm>
Rebar Cover - Bottom Face	Cobrimento do vergalhão 1 <25 mm>
Rebar Cover - Other Faces	Cobrimento do vergalhão 1 <25 mm>
Dimensions	
Length	236.58541667
Volume	0.505 m ³
Elevation at Top	75830.00000000
Elevation at Bottom	75730.00000000
Identity Data	
Image	
Comments	
Mark	
Nome da Viga	85a
Data de Revisão	
Phasing	
Phase Created	Nova Construção
Phase Demolished	None

Fonte: Contier Arquitetura editado pelo autor

É interessante notar também que, na aba de propriedades do elemento, ao selecionar uma viga, algumas das possibilidades citadas para extração de informação estão preenchidas, porém não foram incorporadas no momento da criação da planilha. Assim como em outras disciplinas, muitos dados são preenchidos automaticamente, outros já estão presentes nas famílias prontas e, por fim, outras são atribuídas manualmente. Neste caso, alguns parâmetros foram inseridos de forma manual, porém não foram utilizadas no *planilhamento* conforme a tabela (Figura 65).

Podemos perceber, por exemplo, que informações como nível da localização da viga, nome da viga, e recobrimento dos vergalhões estão preenchidas nos parâmetros, porém não foram exploradas.

Podemos concluir que, com a exceção da disciplina de climatização que utilizou o BIM apenas para modelagem dos elementos, as demais utilizaram de forma parcial as possibilidades que o BIM disponibiliza. Entretanto, há de se ressaltar a disciplina de Arquitetura que, dentre todas, se destaca pela organização, maior exploração de dados do projeto e, principalmente, por estar incorporando dados referentes à certificação LEED que, para esta análise, é um grande diferencial.

Portanto, podemos perceber que todos os projetos que envolveram alguma engenharia ou complementares não exploraram com tanta intensidade o BIM como a Arquitetura. Entender a razão para essa defasagem é fundamental para que se possa corrigir e aperfeiçoar esta questão que aprofundaremos mais adiante.

5. Contribuições BIM para tornar o projeto sustentável

O BIM, por si só, não é definitivamente uma tecnologia que, ao ser utilizada, garante que um projeto será sustentável. Contudo, seus recursos disponíveis podem auxiliar na tomada de decisões e no controle do projeto, objetivando a elaboração de um projeto que contribua com as novas agendas ambientais.

Além das características já apresentadas no final do Capítulo 2 desta dissertação, podemos citar a capacidade de extração de dados e previsibilidade de gastos durante a vida útil da edificação. Nestes casos, conforme alguns exemplos citados neste estudo de caso, está a possibilidade de prever gastos energéticos, hídricos, ensaiar gastos com ar-condicionado, reuso de água etc. Este tipo de informações, quando comparadas e calculadas visando a sustentabilidade, permitem a comparação entre os componentes selecionados em relação aos demais.

Ademais, permitem prever, em uma escala de tempo, a reutilização e reaproveitamento de recursos ou mesmo na capacidade do edifício em diminuir seus consumos. Sendo assim, neste quesito, avaliamos se o conjunto de

tecnologias e processos BIM contribuiu para a pré-certificação LEED Platinum que o projeto B32 possui. Caso a análise leve a concluir que a tecnologia não contribuiu para este quesito, apresentaremos métodos e alternativas para que o BIM possa ser efetivo na criação de edifícios inteligentes e sustentáveis.

Segundo o Green Building Council (GBC), o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design – Liderança em Energia e Design Ambiental) é definido da seguinte forma:

O Leadership in Energy and Environmental Design ou LEED, é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações utilizado em mais de 160 países, e possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações (GREEN BUILDING COUNCIL, 2021).

Este sistema de certificação possui 4 tipologias que consideram diferentes necessidades para cada tipo de empreendimento (Figura 66).

Figura 66 - Tipologias de certificação LEED



Fonte: Green Building Council, editado pelo autor³⁶

³⁶ Mais informações sobre a certificação LEED no *link* a seguir. Disponível em: < <https://www.gbcbrasil.org.br/certificacao/certificacao-leed/> Acesso em: 26 mai. 2021.

O projeto B32 se enquadra na primeira classe de certificação que avalia novas construções e grandes reformas e será, portanto, nosso foco nesta análise. Esta categoria é explicada da seguinte forma pelo GBC:

O LEED para Novas Construções e Grandes Reformas (LEED BD+C) fornece parâmetros para a construção ou grande reforma de um edifício sustentável, avaliando o projeto e a obra, para enfrentar desafios ambientais enquanto responde às necessidades de um mercado competitivo. A certificação demonstra liderança, inovação, responsabilidade ambiental e responsabilidade social (GREEN BUILDING COUNCIL, 2021).

Cada uma destas tipologias analisa oito áreas diferentes que conformam o projeto e cada uma delas possui uma série de requisitos a serem atendidos e geram uma pontuação que classifica a certificação (Figura 67).

Figura 67 - Áreas de análise da certificação LEED



Fonte: Green Building Council, editado pelo autor³⁷

A partir destas áreas de análise, o GBC estabelece uma série de requisitos, obrigatórios e não obrigatórios, a serem atendidos pelo edifício e que resultam em créditos. Os créditos são ações que o LEED sugere sempre focadas em performance de desempenho. À medida que o empreendimento assume tal ação,

³⁷ Mais informações sobre a certificação LEED no *link* a seguir. Disponível em: < <https://www.gbcbrasil.org.br/certificacao/certificacao-leed/> > Acesso em: 26 mai. 2021

recebe uma pontuação. Existem também os pré-requisitos, que são ações obrigatórias em qualquer empreendimento que busca a certificação deve atender. Não cumprindo um dos diversos pré-requisitos, impossibilita o empreendimento receber a certificação.

Figura 68 - Critérios de avaliação estabelecidas pelo GBC

S		?		N			
0		0		0		Crédito Processo Integrado 1	
0		0		0		Localização e Transporte 16	
0		0		0		Materiais e Recursos 13	
0		0		0		Terrenos Sustentáveis 10	
0		0		0		Qualidade do Ambiente Interno 16	
0		0		0		Eficiência Hídrica 11	
0		0		0		Inovação 6	
0		0		0		Energia e Atmosfera 33	
0		0		0		Prioridade Regional 4	
0		0		0		TOTAIS Pontos Possíveis: 110	

LEED v4 para BD+C: Nova Construção e Grandes Reformas (LEED v4 for BD+C: New Construction and Major Renovation)

Lista de verificação do projeto Nome do projeto: Data:

Crédito Localização do LEED Neighborhood (Bairros) 16

Crédito Proteção de Áreas Sensíveis 1

Crédito Local de Alta Prioridade 2

Crédito Densidade do Entorno e Usos Diversos 5

Crédito Acesso a Transporte de Qualidade 5

Crédito Instalações para Bicicletas 1

Crédito Redução da Área de Projeção do Estacionamento 1

Crédito Veículos Verdes 1

Pré-req Armazenamento e Coleta de Recicláveis Obrigatório

Pré-req Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição Obrigatório

Crédito Redução do Impacto do Ciclo de Vida do Edifício 5

Crédito Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Declarações Ambientais de 2

Crédito Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Origem de Matérias-primas 2

Crédito Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Ingredientes do Material 2

Crédito Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição 2

Pré-req Prevenção da Poluição na Atividade de Construção Obrigatório

Crédito Avaliação do Terreno 1

Crédito Desenvolvimento do Terreno - Proteger ou Restaurar Habitat 2

Crédito Espaço Aberto 1

Crédito Gestão de Águas Pluviais 3

Crédito Redução de Ilhas de Calor 2

Crédito Redução da Poluição Luminosa 1

Pré-req Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior Obrigatório

Pré-req Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco Obrigatório

Crédito Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior 2

Crédito Materiais de Baixa Emissão 3

Crédito Plano de Gestão da Qualidade do Ar Interior 1

Crédito Avaliação da Qualidade do Ar Interior 2

Crédito Conforto Térmico 1

Crédito Iluminação Interna 2

Crédito Luz Natural 3

Crédito Vistas de Qualidade 1

Crédito Desempenho Acústico 1

Pré-req Redução do Uso de Água do Exterior Obrigatório

Pré-req Redução do Uso de Água do Interior Obrigatório

Pré-req Medição de Água do Edifício Obrigatório

Crédito Redução do Uso de Água do Exterior 2

Crédito Redução do Uso de Água do Interior 6

Crédito Uso de Água de Torre de Resfriamento 2

Crédito Medição de Água 1

Pré-req Comissionamento Fundamental e Verificação Obrigatório

Pré-req Desempenho Mínimo de Energia Obrigatório

Pré-req Medição de Energia do Edifício Obrigatório

Pré-req Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes Obrigatório

Crédito Comissionamento Avançado 6

Crédito Otimizar Desempenho Energético 18

Crédito Medição de Energia Avançada 1

Crédito Resposta à Demanda 2

Crédito Produção de Energia Renovável 3

Crédito Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes 1

Crédito Energia Verde e Compensação de Carbono 2

Crédito Prioridade Regional: Crédito Específico 1

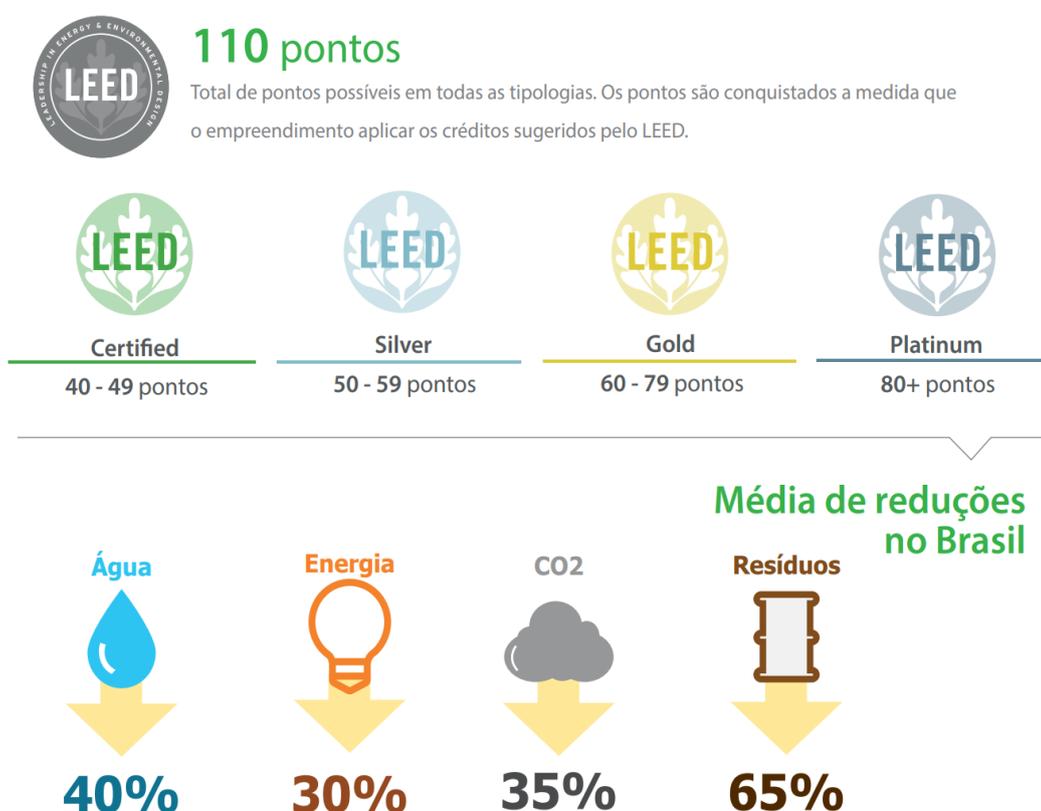
Certificado: 40 a 49 pontos, Silver: 50 a 59 pontos, Gold: 60 a 79 pontos, Platinum: 80 a 110

Fonte: Green Building Council, editado pelo autor³⁸

³⁸ Mais informações sobre a certificação LEED no [link](http://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/) a seguir. Disponível em: < <http://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>> Acesso em: 26 mai. 2021.

Ao serem avaliados, os projetos que buscam a certificação geram uma pontuação que pode chegar até a 110 pontos e, dependendo do índice, geram um tipo de certificação (Figura 68 e 69).

Figura 69 - Tipos de certificação LEED e as médias de redução no Brasil



Fonte: Green Building Council, editado pelo autor³⁹

O projeto B32 possui uma certificação LEED Platinum, ou seja, atingiu 80 pontos ou mais a partir dos créditos apresentados acima. Todavia, não obtivemos acesso ao número exato e nem a quais créditos foram atendidos. Nesta análise avaliamos, como a o conjunto de tecnologias e processos BIM contribuiu ou poderia contribuir para o atendimento a estes critérios de avaliação do GBC.

³⁹ Mais informações sobre a certificação LEED no *link* a seguir. Disponível em: < <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/> > Acesso em: 26 mai. 2021.

Dentre os critérios de avaliação estabelecidos pelo GBC, o BIM pode auxiliar na tomada de decisões ou mesmo colaborar para o atendimento a diversos subitens de avaliação estabelecidos, conforme tabela (Figura 70).

Figura 70 - Itens que o BIM pode contribuir para atendimento aos critérios da certificação LEED

Localização e Transporte			16		
Crédito	Localização do LEED Neighborhood (Bairros)	16			
Crédito	Proteção de Áreas Sensíveis	1			
Crédito	Local de Alta Prioridade	2			
Crédito	Densidade do Entorno e Usos Diversos	5			
Crédito	Acesso a Transporte de Qualidade	5			
Crédito	Instalações para Bicicletas	1			
Crédito	Redução da Área de Projeção do Estacionamento	1			
Crédito	Veículos Verdes	1			

Terrenos Sustentáveis			10		
Pré-req	Prevenção da Poluição na Atividade de Construção	Obrigatório			
Crédito	Avaliação do Terreno	1			
Crédito	Desenvolvimento do Terreno - Proteger ou Restaurar Habitat	2			
Crédito	Espaço Aberto	1			
Crédito	Gestão de Águas Pluviais	3			
Crédito	Redução de Ilhas de Calor	2			
Crédito	Redução da Poluição Luminosa	1			

Eficiência Hídrica			11		
Pré-req	Redução do Uso de Água do Exterior	Obrigatório			
Pré-req	Redução do Uso de Água do Interior	Obrigatório			
Pré-req	Medição de Água do Edifício	Obrigatório			
Crédito	Redução do Uso de Água do Exterior	2			
Crédito	Redução do Uso de Água do Interior	6			
Crédito	Uso de Água de Torre de Resfriamento	2			
Crédito	Medição de Água	1			

Energia e Atmosfera			33		
Pré-req	Comissionamento Fundamental e Verificação	Obrigatório			
Pré-req	Desempenho Mínimo de Energia	Obrigatório			
Pré-req	Medição de Energia do Edifício	Obrigatório			
Pré-req	Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes	Obrigatório			
Crédito	Comissionamento Avançado	6			
Crédito	Otimizar Desempenho Energético	18			
Crédito	Medição de Energia Avançada	1			
Crédito	Resposta à Demanda	2			
Crédito	Produção de Energia Renovável	3			
Crédito	Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes	1			
Crédito	Energia Verde e Compensação de Carbono	2			

Materiais e Recursos			13		
Pré-req	Armazenamento e Coleta de Recicláveis	Obrigatório			
Pré-req	Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	Obrigatório			
Crédito	Redução do Impacto do Ciclo de Vida do Edifício	5			
Crédito	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Declarações Ambientais de Produto	2			
Crédito	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Origem de Matérias-primas	2			
Crédito	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Ingredientes do Material	2			
Crédito	Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	2			

Qualidade do Ambiente Interno			16		
Pré-req	Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior	Obrigatório			
Pré-req	Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco	Obrigatório			
Crédito	Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior	2			
Crédito	Materiais de Baixa Emissão	3			
Crédito	Plano de Gestão da Qualidade do Ar Interior	1			
Crédito	Avaliação da Qualidade do Ar Interior	2			
Crédito	Conforto Térmico	1			
Crédito	Iluminação Interna	2			
Crédito	Luz Natural	3			
Crédito	Vistas de Qualidade	1			
Crédito	Desempenho Acústico	1			

Inovação			6		
Crédito	Inovação	5			
Crédito	Profissional Acreditado LEED	1			

Prioridade Regional			4		
Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1			
Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1			
Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1			
Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1			

TOTAIS		Pontos Possíveis:		110	
Certificado: 40 a 49 pontos, Silver: 50 a 59 pontos, Gold: 60 a 79 pontos, Platinum: 80 a 110					

<input type="checkbox"/>	BIM NÃO COLABORA
<input checked="" type="checkbox"/>	BIM PODE COLABORAR

Fonte: Green Building Council, editado pelo autor⁴⁰

⁴⁰ Mais informações sobre a certificação LEED no *link* a seguir. Disponível em: < <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/> Acesso em: 30 mai. 2021.

Analisando a Figura 70, podemos entender que o quesito de localização e transporte está completamente ligado a escolha do lote no qual será implantado o projeto e dos cuidados com o solo escolhido. Sendo assim, o BIM não tem como influenciar nessa tomada de decisão, uma vez que cabe ao proprietário do empreendimento esta decisão que antecede a fase de projeto.

Já no item de Terrenos Sustentáveis, podemos dizer que o BIM poderia colaborar com a gestão de águas pluviais. Isso é possível, através da parametrização, que permite ensaios e análise em um período do quanto de água poderia ser captada e reutilizada, de acordo com a região e os índices pluviométricos. Além disso, seria possível dimensionar os reservatórios e os componentes de captação, para que não haja a falta de água de reuso em todo o ciclo de vida da edificação.

Os critérios que não podem ter a colaboração do conjunto de tecnologias e processos BIM como a Inovação e a Prioridade Regional e possuem caráter específico de análise, e, portanto, não têm relação com a tomada de decisão projetual.

As demais áreas de análise (Eficiência Hídrica; Energia e Atmosfera; Materiais e recursos; Qualidade do Ambiente Interno) podem ter o auxílio do BIM em mais de um item de análise, tanto na tomada de decisões quanto na previsibilidade dos componentes escolhidos.

A partir desta análise inicial, partimos agora para entender quais destes critérios puderam ser atendidos pelo projeto B32 com a colaboração direta ou indireta do BIM.

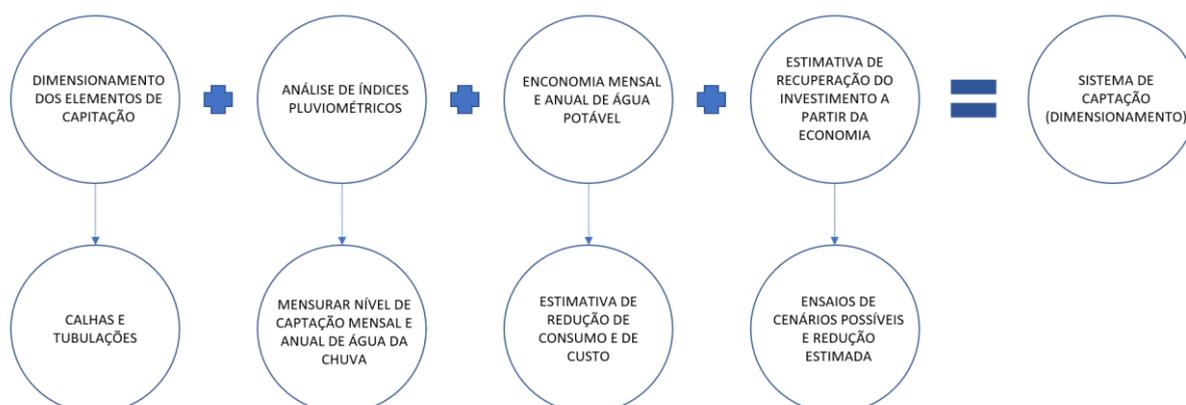
- **Terrenos Sustentáveis (Gestão de Águas Pluviais)**

Dentro da área de Terrenos Sustentáveis, o conjunto de tecnologias e processos BIM pode ser um grande aliado no item de gestão de águas pluviais, entretanto, os demais quesitos estão relacionados à tomada de decisão do arquiteto, o que limita a colaboração do BIM.

O reuso em edifícios é um dos maiores aliados para quem busca a redução do consumo de água potável. Este sistema permite que seja reutilizada a água proveniente da chuva em usos como limpeza de espaços comuns para cuidados com os jardins, com as descargas dos sanitários, com o resfriamento de máquinas e torres de ar-condicionado, espelhos d'água e fontes etc. Todos estes usos permitem uma grande economia de água potável, atendendo assim às demandas estabelecidas pelo GBC.

O conjunto de tecnologias e processos BIM pode ser um grande aliado no momento do desenvolvimento do sistema e na simulação de cenários que dizem respeito a economia monetária e de consumo. O BIM permite que o projetista insira dados e informações no sistema de projeto visando estabelecer os seguintes resultados: o dimensionamento de calhas através da análise dos índices pluviométricos; estabelecer a capacidade mensal e anual de captação de água; mensurar a porcentagem e economia de água e de custos; prever o prazo de amortização do investimento a partir da economia gerada pelo sistema; estabelecer os usos destinados a essa água captada (Figura 71).

Figura 71 - Diagrama de possibilidades que o BIM possibilita ao projetista na captação de água pluvial



Fonte: Elaborado pelo autor

Este tipo de recurso que o BIM disponibiliza através da parametrização e da coleta de dados a partir de fórmulas matemáticas permite uma série de possibilidades para a elaboração de um projeto que possua o máximo controle dos elementos. É fundamental que a parametrização seja correta e, uma vez alterada,

por exemplo, a dimensão (vazão) da calha: todos os outros dados são alterados automaticamente, permitindo a precisão e controle projetual.

Conforme apresentamos nos quesitos de exclusão não foi possível analisar o projeto de hidráulica, devido a um erro desconhecido no projeto. No entanto, podemos afirmar que o edifício possui o sistema de captação de água da chuva e um sistema de tratamento da água de esgoto gerada pelo edifício e que é reutilizada, conforme explica Rafael Birmann empresário e idealizador do projeto à Revista Buildings:

Nós tratamos todo o esgoto do prédio e com isso, além de captar a água da chuva, do poço, ela se transforma em água tratada de reuso. Tudo isso gera uma economia de 350 m de água. Mais ou menos 90% do prédio é atendido pelo próprio prédio (BIRMANN, 2020).

Devido à impossibilidade de avaliação do projeto de hidráulica do edifício B32, não podemos analisar como o BIM contribuiu para a elaboração destes sistemas de captação. Porém, podemos afirmar que a tecnologia oferece recursos e métodos para contribuir no desenvolvimento do projeto, conforme apresentamos neste item de análise.

- **Eficiência Hídrica**

Projetos que buscam a certificação LEED tem como grande desafio o controle e o gerenciamento da eficiência hídrica em seus edifícios. O GBC recomenda que a média de redução hídrica de uma edificação deve ser de pelo menos 40%, conforme (Figura 68). Dentre os quesitos aqui analisados, este é critério em que o BIM mais pode colaborar, seja na escolha de louças e metais que visam a diminuição do uso de água, seja mesmo em simulações e estimativas do consumo em todo o ciclo de vida do edifício.

Conforme apresentado na análise do quesito 03 e 04 deste estudo de caso, o projeto de arquitetura do edifício B32, apresenta diversas planilhas (vide anexo) que detalham os metais selecionados e seu consumo. Além disso, todos os itens

apresentam o campo “LEED” que exige a apresentação de laudos de sustentabilidade a respeito dos elementos selecionados para compor o projeto.

Entretanto, o conjunto de tecnologias e processos BIM permite a simulação de consumo de água de toda a edificação através da parametrização e planilhas de cálculo e, se inserirmos determinados dados, podemos estimar a redução e o consumo mensal da edificação. Este tipo de recurso permite, inclusive, no decorrer da vida útil da edificação, controlar e mitigar estes gastos. Um bom exemplo disso seria no decorrer do primeiro mês de uso da edificação, analisar os consumos de cada componente do projeto e preencher nos parâmetros correspondentes.

A partir disso, podemos estimar qual o gasto mensal e anual do edifício e estabelecer estratégias para a redução destes gastos. Após a aplicação das soluções estratégicas de mitigação do consumo de água, seria possível criar uma planilha de redução do consumo, capaz de estabelecer a redução em litros e até mesmo no custo mensal. Este tipo de recurso permite o controle da edificação e seus consumos em todo o ciclo de vida do edifício e contribui para a tomada de decisão sobre qual equipamento adquirir e de como reduzir os gastos.

Apesar do projeto do edifício B32 utilizar esses recursos ainda de forma superficial, há uma série de especificações dos metais escolhidos para compor o projeto, o que ajuda na tomada de decisão. Entretanto, é possível afirmar que há uma série de possibilidades que não foram exploradas pelo projeto arquitetônico e nem pelas disciplinas complementares, visando a redução e controle do consumo no ciclo de vida da edificação.

- **Energia e Atmosfera**

O quesito de energia e atmosfera tem como objetivo segundo o GBC (GREEN BUILDING COUNCIL, 2021) promover eficiência energética nas edificações por meio de estratégias simples e inovadoras. Um bom exemplo destas são, por exemplo: simulações energéticas, medições, comissionamento de sistemas e utilização de equipamentos e sistemas eficientes. Dentre os itens mais importantes na avaliação estão a otimização do desempenho energético, gerenciamento dos gases refrigerantes e a produção de energia renovável. Em todos estes campos a

o BIM pode auxiliar no gerenciamento e na tomada de decisão para o atendimento aos créditos.

No projeto B32, através da análise das disciplinas de luminotécnica e de climatização, podemos entender que o BIM teve um uso incipiente em ambos os projetos. Nenhuma das disciplinas, com exceção da Arquitetura, priorizou a parametrização dos elementos com informações voltadas a certificação, mas sim foram no caminho inverso, onde o projeto de climatização desconsiderou o uso de parâmetros no projeto (Figura 60 p. 127), utilizando assim o BIM apenas para modelagem. Já a disciplina de luminotécnica apresentou uma grande gama de informações e parâmetros nos elementos, porém não as extraiu para as planilhas de dados do projeto.

No que diz respeito ao atendimento do quesito gerenciamento dos gases refrigerantes, o melhor sistema para atendimento dos créditos é o VRF (Fluxo de Refrigerante Variável). Trata-se de uma tecnologia de múltiplas unidades internas, conectadas em um único sistema de unidades condensadoras. Com o crescimento constante do mercado de “Prédios Verdes” (Green Building) e com certificações LEED, a adesão ao VRF está cada dia mais comum. Ele funciona com uma unidade central conectada a múltiplas unidades internas para proporcionar climatização completa. Trata-se de um sistema de alta tecnologia que atende desde apartamentos, até ambientes de alta complexidade como UTIs.

No projeto B32 o sistema utilizado foi o sistema *fancoil*, que é um modelo evaporador que deve ser ligado a um sistema de água gelada e por isso dispensam o uso de fluidos refrigerantes. Com tudo, apesar de não ser o sistema de melhor desempenho ambiental, o *fancoil* é válido para quem busca a certificação, já que este modelo de resfriamento privilegia a sustentabilidade e a economia de energia.

Dentro da gama de recursos e ferramentas oferecidas pelo conjunto de tecnologias e processos BIM, podemos dizer que seria possível o desenvolvimento de diversos estudos referentes ao desempenho energético e ao gerenciamento de gases poluentes gerados pelo edifício. Neste caso, poderiam ser adicionados parâmetros de consumo energético em cada elemento que compõe o edifício, uma vez que através de cálculos matemáticos poderiam ser feitas estimativas de

consumo em todo o projeto, buscando, assim, métodos de mitigação deste consumo.

No quesito de produção de energia renovável, o B32 terá a produção de energia a gás, sendo um sistema flexível que permite a compra e venda de energia no mercado. Segundo Birmann (2020), o sistema aplicado no edifício permite comprar e vender a energia empresas geradoras de energia como a Enel, ou mesmo no mercado livre. Ainda segundo ele, é possível suprir 100% da necessidade do prédio através da energia gerada a gás. Outro ponto positivo é a utilização de lâmpadas led em todos os pavimentos, diminuindo a necessidade de 9 W/m² para 4W/m² de potência das lâmpadas para iluminar os ambientes do edifício.

Sendo assim, conforme apresentado na análise da luminotécnica nos quesitos de parametrização e de extração de dados do projeto, a disciplina possuía diversos parâmetros referentes ao tipo de iluminação empregada no projeto. Infelizmente, estes dados não foram extraídos nas planilhas descritivas, mas estavam aplicadas no projeto, o que mostra que o conjunto de tecnologias e processos BIM, apesar do uso incipiente, colaborou e poderia ter colaborado ainda mais com o atendimento destes créditos.

• **Materiais e Recursos**

Neste quesito de avaliação do GBC para certificação LEED, o projeto deve apresentar o controle de projeto e dos resíduos produzidos pela obra e demolição. Deve também prever o gerenciamento dos componentes da obra e suas origens, através de laudos e declarações ambientais dos produtos e matérias-primas. O projeto deve proporcionar a coleta e a reciclagem do lixo produzido, além de estabelecer o reaproveitamento ou o descarte adequado dos resíduos produzidos pela obra. Por fim, mas não menos importante, deve mitigar o impacto causado pelo edifício em todo seu ciclo de vida.

No projeto do edifício B32, conforme apresentamos no quesito 03 (Figura 44) de análise deste estudo de caso, a Arquitetura utiliza o recurso de parâmetros para atribuir quais elementos que compõem o projeto possuem laudos e declarações

ambientais a serem apresentados ao comitê de análise. Sendo assim, o critério de Materiais e Recursos pode ser completamente atendido a partir da colaboração do BIM para a resolução de cada item de análise.

Além disso, o BIM poderia contribuir também para o Gerenciamento da Construção e Resíduos da Demolição. Não se sabe ao certo se no local da implantação do edifício existia alguma outra construção, entretanto, é possível afirmar que em caso afirmativo, o conjunto de tecnologias e processos BIM permite o faseamento da obra o que inclui a demolição.

O faseamento permite que a demolição e todas as demais etapas sejam programadas e parametrizadas, a fim de estabelecer seus métodos e destino dos resíduos ou mesmo seu reaproveitamento. Neste caso, por se tratar de um item obrigatório, o BIM poderia auxiliar na tomada de decisão e no controle do reaproveitamento de resíduos ou através de inserção de dados referente ao descarte destes materiais. Isso permite a todos os envolvidos no projeto, o gerenciamento e controle das fases de projeto, que vão da demolição até o acabamento, passando inclusive pelo canteiro de obras.

• **Qualidade do Ambiente Interno**

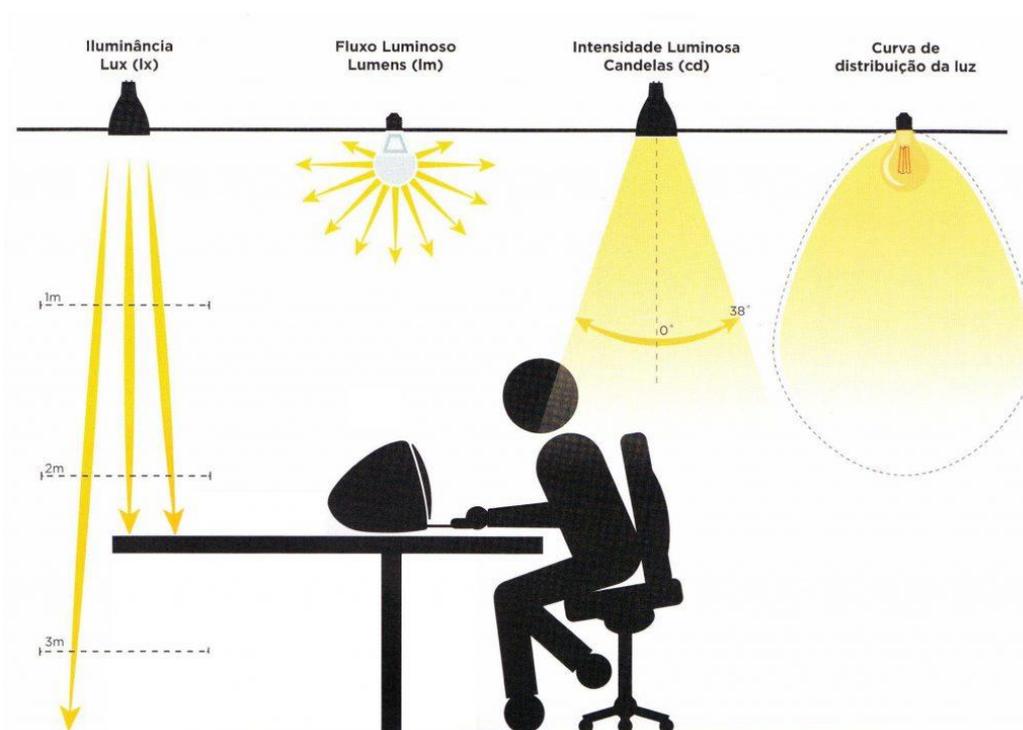
Segundo o GBC (2021), a Qualidade do Ambiente Interno, ou QAI, refere-se à qualidade do ambiente de um edifício em relação à saúde e bem-estar das pessoas no espaço. Iluminação, qualidade do ar, conforto térmico, acústica e materiais são alguns dos fatores que influenciam a QAI e, portanto, nossa saúde. Além disso, a categoria de crédito de QAI ajuda equipes de projeto avaliarem o desempenho de um edifício para seus ocupantes.

Os itens de iluminação, acústica e conforto térmico são elementos que podem ser gerenciados e previstos ainda em fase de projeto e com o auxílio do BIM podem prever situações e soluções para possíveis percalços. Um bom exemplo disso seria referente a acústica do projeto. No entanto, do projeto B32 não obtivemos o projeto de consultoria de caixilhos e esquadrias, que poderiam conter informações referentes à pele de vidro que envolve todo o edifício e, portanto, é responsável por esta redução.

No projeto B32 foi usado um sistema de fachada de aço com vidros insulados e transparentes, que geram ao projeto uma alta transmissão luminosa com baixa emissão de calor, garantindo assim, uma ótima eficiência térmica com economia de energia ao empreendimento. No caso do projeto feito em BIM poderia haver parâmetros de especificações na pele de vidro, por exemplo: Espessura do vidro e sua especificação, acabamento, transmissão luminosa, índice de bloqueio de raios UV, redução acústica, nível de redução com ar-condicionado etc. Todos estes parâmetros dariam ao projeto o controle e o gerenciamento necessário para o atendimento aos créditos do GBC. Estes dados não estavam presentes no projeto de arquitetura, mas podem ter sido previstos no projeto específico da disciplina de consultoria de esquadrias.

No quesito de iluminação, tanto a iluminação natural quanto a mecânica podem ter a colaboração do BIM no momento do projeto. Além dos parâmetros apresentados anteriormente, podemos citar na iluminação mecânica itens como intensidade das lâmpadas, potência, fluxo luminoso (lúmen), nível de luminância (LUX), curva de distribuição luminosa etc. (Figura 72). Alguns destes itens foram incorporados ao projeto de luminotécnica. No entanto, poderiam conter outras informações que iriam colaborar no controle da qualidade de iluminação dos pavimentos do edifício B32.

Figura 72 - Conceitos luminotécnicos: lux, lumens, candelas e curva de distribuição



Fonte: Viva Decora⁴¹

Podemos concluir que, no quesito de qualidade do ambiente interno, o conjunto de tecnologias e processos BIM pode auxiliar no controle, gerenciamento e na contabilização dos créditos para a aquisição dos créditos deste item. Além disso, prever este tipo de informação no projeto, pode garantir a qualidade e principalmente a administração e manutenção do edifício pós-obra.

3.3 Considerações do projeto B32

O projeto do edifício B32 é um dos pioneiros na utilização do conjunto de tecnologias e processos BIM e apresentou os primeiros passos desse uso para a elaboração de projetos de grande porte e complexidade.

Em relação ao processo de análise foram encontradas algumas dificuldades que impactaram em uma visão mais precisa do uso do BIM no projeto B32. Dentre as dificuldades estão a ausência da PEB (Plano de execução BIM) que determina

⁴¹ Mais informações sobre os conceitos luminotécnicos no *link* a seguir. Disponível em: <<https://www.vivadecora.com.br/pro/iluminacao/conceitos-luminotecnicos/>> Acesso em: 12 mai. 2020.

os níveis LOD e LOI que cada disciplina deverá atender e que seria fundamental para efeito comparativo do objetivo inicial e do resultado projetual de cada disciplina. Além disso também houve problemas na análise de disciplinas como a hidráulica, por exemplo, que teve os arquivos corrompidos devido a um erro no servidor do escritório Contier Arquitetura. A análise do projeto de hidráulica seria fundamental para entender os sistemas de captação e reuso de águas pluviais no empreendimento e que são fundamentais para o atendimento aos créditos LEED.

Do ponto de vista do uso da tecnologia, a disciplina de Arquitetura apresentou uma boa qualidade de parametrização e, principalmente, da extração de dados relevantes ao projeto. Entretanto, a disciplina de Arquitetura poderia ter se aprofundado, caso necessário, no uso dos recursos disponibilizados pela tecnologia, buscando ensaios e estudos com relação ao projeto e sua eficiência visando a sustentabilidade. Ainda assim, a Arquitetura atendeu bem às necessidades e explorou o que o BIM oferece de melhor, tornando-se um exemplo para as demais disciplinas.

Em relação às disciplinas complementares, o uso da tecnologia se mostrou primário, pois não manteve o nível de parametrização e extração de dados da arquitetura. Em projetos de grande complexidade como o B32 é fundamental que todos os projetos trabalhem na mesma linguagem e, principalmente, atendam aos mesmos critérios para que a precisão e o controle sejam contemplados. Ficou claro, principalmente pela disciplina de climatização, que os níveis de projeto estavam distintos e, caso fosse necessária uma revisão, muitas alterações teriam de ser feitas manualmente, aumentando assim, o risco de erros projetuais.

Da perspectiva da Agenda 2030 e do Desenvolvimento Sustentável, o B32, embora possua a pré-certificação LEED Platinum, somente a disciplina de Arquitetura apresentou dados referentes à busca pela certificação. Portanto, conclui-se que o uso do BIM não garantiu ao projeto a sustentabilidade; no entanto, ofereceu recursos para os projetistas para que se possa chegar a soluções sustentáveis e garantir o controle e precisão do projeto, diminuindo, assim, gastos e retrabalhos provenientes de erros.

Além dos quesitos de análise estabelecidos é importante entender como conjunto de tecnologias e processos BIM colaborou em todo o ciclo de vida do

edifício. Como por exemplo entender se foram feitas análises de *clash detection*, se foram feitos ensaios de desempenho do edifício e principalmente se o modelo final do projeto está sendo utilizado para operação e manutenção pós-obra. O professor Luiz Contier⁴², arquiteto responsável pelo projeto, afirmou que o projeto passou por análises de *clash detection* para evidenciar e solucionar conflitos entre as disciplinas. Já no quesito de ensaios de eficiência do edifício, ele afirma que foram feitos, porém, o conjunto de tecnologias e processos BIM não foi utilizado para esta análise. Além disso, o professor também aponta que o BIM está sendo utilizado no pós-obra para operação e manutenção da edificação. (Figura 73)

Figura 73 - Sala de controle do edifício B32 - Ao fundo telas que mostram o desempenho do edifício a partir do modelo BIM



Fonte: Contier Arquitetura

Estas informações mostram que apesar do uso incipiente das disciplinas complementares no projeto B32, a maior parte dos processos e análises foram feitos a partir do conjunto de tecnologias e processos BIM. Estas informações corroboram e evidenciam a importância do BIM para o controle não apenas durante o projeto como também na manutenção e operação do edifício pós-obra.

Por fim, a pesquisa também apontou que o projeto do B32, embora não tenha utilizado plenamente os recursos do BIM, sinaliza um caminho que a arquitetura

⁴² Informação pessoal de Luis Augusto Contier ao autor em 08/03/2022

contemporânea paulista está tomando ao se inserir na discussão internacional da utilização da tecnologia. Além disso, mostra que o projeto arquitetônico foi sensível em relação às questões da sustentabilidade, o que denota uma visão e uma perspectiva para os futuros projetos.

4. Considerações Finais

Desde o surgimento da Era Digital, marcada pelo lançamento do primeiro objeto ao espaço, o satélite Sputnik, em 1957, os programas computacionais evoluíram e contribuíram no campo da arquitetura e urbanismo e, com a disseminação dessa tecnologia, a arquitetura deixou de ser produzida de forma analógica e deu lugar ao desenvolvimento digital assistido por computador.

A partir do surgimento do conjunto de tecnologias e processos BIM no final dos anos 1970 e início dos anos 1980, a arquitetura abriu um novo horizonte para que arquitetos e utilizadores da tecnologia pudessem projetar de forma inovadora e mais precisa. Os projetos que até então eram desenvolvidos de forma manual passaram a ser produzidos de forma parametrizada e automatizada.

O conjunto de tecnologias e processos BIM, conforme foi apresentado, possui uma série de vantagens e recursos que vão a favor do projetista no momento da concepção de um edifício. Tais recursos como a parametrização, a automatização de correções, a extração de dados e a diminuição de erros por parte de retrabalho ou redesenho são elementos que transformam o BIM em uma ferramenta projetual mais avançada e eficiente do que uma ferramenta analógica.

Além do BIM, paralelamente no mesmo período, desenvolvem-se os conceitos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável. Após a agenda 2030, o BIM pode colaborar com o desenvolvimento e gerenciamento dos novos edifícios que buscam as certificações ambientais para atingir as metas estabelecidas pelas agendas ambientais. Além disso, essa tecnologia permite a análise e ensaios que colaboram com o atendimento dos requisitos ambientais, como a análise de incidência solar, a simulação termo energética, a análise de desempenho acústico, o *clash detection* etc.

Apesar de todos esses atributos do BIM, a arquitetura brasileira contemporânea ainda possui um déficit de quase vinte anos em sua implantação

em relação a países da Europa e América do Norte. Entretanto, é possível afirmar que o futuro da arquitetura brasileira e paulista está com os olhos voltados para esta tecnologia, uma vez que para o desenvolvimento de projetos de caráter público o uso do BIM passou a ser obrigatório a partir do Decreto nº 9.983 de 2019. Desde então, essa obrigatoriedade fundamenta e justifica a importância do estudo a respeito desta tecnologia e de sua implantação no contexto da arquitetura paulista.

A partir da pesquisa realizada, foi possível constatar que ainda existe a necessidade da ampliação da implantação do conjunto de tecnologias e processos BIM na arquitetura paulista, que se deve, por alguns fatores, dentre eles, o atraso da importação desta tecnologia para o território nacional, a carência do ensino destes *softwares* nas universidades e a implantação incipiente desta tecnologia por parte do corpo técnico – arquitetos, engenheiros e construtores.

Na arquitetura contemporânea paulista, os primeiros escritórios a implementarem o uso do BIM no desenvolvimento de seus projetos foram respectivamente o escritório Contier Arquitetos e Aflalo e Gasperini em meados dos anos 2000. Para entendermos melhor a implantação do BIM no cenário paulista, realizamos o estudo de caso do projeto Birmann 32 desenvolvido por um dos precursores do uso desta tecnologia em solo nacional, Contier Arquitetos.

A pesquisa realizada demonstrou que o projeto B32, principalmente as disciplinas complementares, não utilizou plenamente o BIM. É possível afirmar que a tecnologia poderia ter sido explorada de forma mais abrangente a fim de colaborar não apenas com o gerenciamento do projeto e a diminuição de erros, mas também com a conquista de créditos da certificação LEED.

Podemos concluir que o uso desta tecnologia ainda se mostrou incipiente, principalmente em relação a análise dos projetos das disciplinas complementares.

Cabe salientar que apenas o uso do BIM não garantiria o desenvolvimento de um projeto sustentável, mas o BIM pode colaborar com a tomada de decisões de projetistas que buscam as certificações para o desenvolvimento sustentável. A tecnologia também pode ser explorada em questões que vão além do projeto como por exemplo o gerenciamento e a manutenção deste edifício pós-obra em todo o seu ciclo de vida.

A pesquisa realizada no exemplar B32 demonstrou que, embora o projeto tenha sido realizado por um dos pioneiros da implantação do conjunto de tecnologias e processos BIM na arquitetura paulista, o resultado foi insuficiente em relação as disciplinas complementares, pois o BIM não foi explorado em toda sua potencialidade. Entretanto, por se tratar de um projeto desenvolvido no ano de 2009, podemos supor que os escritórios de arquitetura e complementares amadureceram seus conhecimentos através de mais de uma década de experiência no uso da tecnologia.

É importante ressaltar que apesar do uso incipiente das disciplinas complementares é preciso fazer um contraponto a respeito do uso do BIM no projeto do B32. A partir das informações trazidas pelo professor Contier a respeito do uso do BIM em ensaios e na operação do edifício pós-obra, podemos dizer que o conjunto de tecnologias e processos BIM foi utilizado de forma a aprimorar o controle no momento do projeto e no pós-obra para controle e gerenciamento.

Ademais, a partir do Decreto nº 9.983, para que se possa atingir o nível adequado de utilização do BIM pelos escritórios de arquitetura, o corpo técnico em geral bem como as Instituições de Ensino Superior necessitará se adequarem à nova demanda do setor da construção civil. Esse setor também deverá se adequar às metas estabelecidas pela COP26, ocorrida Glasgow na Escócia, de reduzir em 1,5°C a temperatura média do planeta e o BIM sustentável poderá contribuir com esse objetivo.

A pesquisa se mostrou importante para constatar o estado da arte na utilização da tecnologia em um exemplar produzido por um escritório paulista especializado. Constataram-se as deficiências na utilização da tecnologia e discutiram-se alguns pontos relevantes para o aprimoramento do uso do BIM. Dessa forma, pode-se concluir que, apesar do uso da tecnologia ainda ser incipiente, a arquitetura paulista tem um caminho irreversível rumo a plena implantação do BIM para que se possa atender ao Decreto e as novas demandas da sustentabilidade.

A plena utilização do BIM voltada para a produção de edifício mais inteligentes e sustentáveis é, portanto, um caminho irreversível para a arquitetura contribuir com o Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.

Referências

A REVISTA PROJETO (São Paulo). **Edifício corporativo em SP é totalmente criado com tecnologia BIM**: o escritório Contier arquitetura assina o projeto executivo do edifício corporativo b32, que está sendo construído na capital paulista. O escritório Contier Arquitetura assina o projeto executivo do edifício corporativo B32, que está sendo construído na capital paulista. 2015. Disponível em: <https://revistaprojeto.com.br/noticias/edificio-corporativo-sp-primeiro-totalmente-criado-tecnologia-bim/>. Acesso em: 05 maio 2020.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ed.). **AVANÇA A NORMALIZAÇÃO SOBRE BIM**. 17. ed. São Paulo: ASBEA, 2020. 32 p. Disponível em: http://www.abnt.org.br/images/boletim/2020/JulAgo/Boletim_ABNT_244_jul_ago_2020.pdf. Acesso em: 01 ago. 2020.

ADDOR, Miriam Roux A.; ALMEIDA CASTANHO, Miriam Dardes de; CAMBIAGHI, Henrique; DELATORRE, Joyce Paula Martin; NARDELLI, Eduardo Sampaio; OLIVEIRA, André Lompreta de. **Colocando o “I” no BIM**, Revista eletrônica de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, n.4, 2010. Disponível em: <http://www.usjt.br/arq.urb/numero_04/arqurb4_06_miriam.pdf>. Acesso em: 19 Out. 2020.

ANDIA, A. Towards algorithmic BIM networks: the integration of bim databases with generative design. **Cadernos de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo, v. 1, p. 13-30, 2008. Disponível em: . Acesso em: 20 set. 2011.

ASBEA. **Guia sustentabilidade na arquitetura**: diretrizes de escopo para projetistas e contratantes. São Paulo: Prata Design, 2012.

AUTODESK. **Análise de desempenho de edifícios**. 2020. Disponível em: <https://gbs.autodesk.com/GBS/>. Acesso em: 20 ago. 2020.

AZEVEDO, O. J. M. D. **Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras**. 2009. 114p. (Mestrado). Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção, Universidade do Minho.

BARISON, Maria Bernardete; SANTOS, Eduardo Toledo. **ATUAL CENÁRIO DA IMPLEMENTAÇÃO DE BIM NO MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL DA CIDADE DE SÃO PAULO E DEMANDA POR ESPECIALISTAS**. 2011. Estudo apresentado ao TIC 2011 - V encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção e publicado pela Universidade Federal de Londrina. Disponível em: http://www.uel.br/pessoal/barison/Artigos_Tese/TIC2011a.pdf. Acesso em: 28 abr. 2020.

BIM Dictionary (2019). **Clash Detection, versão 1**. Disponível em: <https://bimdictionary.com/en/clash-detection/1>. Acesso em 21 de maio de 2021.

BIRMANN, Rafael. **Entrevista com Rafael Birmann sobre o Birmann 32**. Entrevista concedida a Fernando Didziakas. Revista Building, São Paulo, agosto, 2020.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é - o que não é**. Rio de Janeiro: Vozes, 2017. 208 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agenda 21 Global**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>. Acesso em: 20 maio 2020.

BRASIL. Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling.

BRUNDTLAND, G. H. **Nosso Futuro Comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

BUILDING SMART. Building Smart. **Classes de Fundamentos da Indústria (IFC)**. 2018. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>. Acesso em: 25 fev. 2022.

CARRANZA, Edite Galote Rodrigues. **Arquitetura Alternativa: 1956-1979**. São Paulo, SP: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade de São Paulo – FAUUSP. Tese Doutorado, Universidade de São Paulo, 2013.

CASTELO, Ana Maria; BEZERRA, Itaguara. **A construção digital**. 2018. Disponível em: https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-digital#_ftnref1. Acesso em: 12 maio 2020.

CHECCUCCI, Érica de Sousa; PEREIRA, Ana Paula Carvalho; AMORIM, Arivaldo Leão de. Modelagem da Informação da Construção (BIM) no Ensino de Arquitetura. **Proceedings Of The Xvii Conference Of The Iberoamerican Society Of Digital Graphics - Sigradi: Knowledge-based Design**, [s.l.], p. 307-311, jan. 2013. Editora Edgard Blücher. <http://dx.doi.org/10.5151/despro-sigradi2013-0058>.

COELHO, Sérgio Salles. **Modelagem de informações para construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**, 2008. Disponível em: http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf. Acessado em 17 Out. 2019

COSTA, G.c.l.r.; FIGUEIREDO, S.h.; RIBEIRO, S.e.c.. **Estudo Comparativo da Tecnologia CAD com a Tecnologia BIM**. Revista de Ensino de Engenharia, [s.l.], v. 34, n. 2, p. 11-18, 3 dez. 2015. Revista de Ensino de Engenharia. <http://dx.doi.org/10.15552/2236-0158/abenge.v34n2p11-18>.

DE MASI, Domênico. **A sociedade pós-industrial**. (org). 3ª; Ed. São Paulo: Editora Senac, 2000.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.** São Paulo: Bookman, 2014

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.** 1. ed. [S.l.]: Wiley, 2008.

FAJNZYLBER, Pablo. **A capacitação tecnológica na indústria brasileira de computadores e periféricos: do suporte governamental a dinâmica do mercado.** 1993. 269f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, [SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/286491>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

FIGUEROLA, V. **BIM na prática.** AU – Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, v. 208, p. 58-60, jul. 2011.

FLÓRIO, Wilson. **Raciocínio Analógico Paramétrico: uma experiência criativa em arquitetura.** In: XV Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, SIGRADI 2011. Disponível em: <http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2011_086.content.pdf>. Acesso em 05 Mai 2020.

FRAGOSO, Ricardo. **O futuro pede BIM.** boletim ABNT, São Paulo, v. 17, n.244, jul. ago, 2020. Disponível em: Disponível em: http://www.abnt.org.br/images/boletim/2020/JulAgo/Boletim_ABNT_244_jul_ago_2020.pdf. Acesso em: 01 ago. 2020.

FREIRE, Márcia Rebouças; AMORIM, Arivaldo Leão de. **A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído.** 2011. Estudo apresentado ao TIC 2011 - V encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção e publicado pela Universidade Federal de Londrina. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Arivaldo_Amorim/publication/279704444_A_a_bordagem_BIM_como_contribuicao_para_a_eficiencia_energetica_no_ambiente_construido/links/55c90ffc08aeb975674774d9.pdf Acesso em: 25 mai. 2020.

GREEN BUILDING COUNCIL (GBC). **Compreenda o LEED**. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Compreenda-o-LEED-1.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2021.

GTBIM. **Guia ASBEA: Boas práticas em BIM**. São Paulo: Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura, 2013. (Fascículo I). Disponível em: http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/asbea_bim_fasciculo_1.pdf. Acesso em: 20 maio 2021.

JACOBI, Pedro. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**. 1999. Elaborada por Pedro Jacobi - professor da Faculdade de Educação da USP e presidente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da USP. Disponível em: <http://franciscoqueiroz.com.br/portal/phocadownload/desenvolvimento%20sustentavel.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2020.

JERNIGAN, F. **BIG BIM - Little bim**. [S.l.]: ISBN:0979569923, v. 2, 2008.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (Brasil). **Certificação LEED**. 2020. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>. Acesso em: 18 maio 2021.

KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. D. **BIM – Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. Brasília, 2015. Disponível em: <http://sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/bim.pdf> . Acesso em: 10 abr. 2020.

MAHER, Neil M. **Apollo in the Age of Aquarius**. Massachusetts: London: Harvard University Press, 2017.

MARCOS, M. **Método de obtenção de dados de impactos ambientais, durante o processo de desenvolvimento de projeto, através do uso da ferramenta BIM.** 2015. 150f. Tese de doutorado – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

MENEZES, Gilda Lúcia Bakker Batista de. Breve histórico de implantação da plataforma BIM - DOI: 10.5752/p.2316-1752.2011v18n22p152. : 10.5752/P.2316-1752.2011v18n22p152. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, [s.l.], v. 18, n. 22, p. 153-171, 16 maio 2012. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. <http://dx.doi.org/10.5752/p.2316-1752.2011v18n22p152>.

Mitchell W. J. **Construindo Complexidade.** In: Martens B., Brown A. (eds) *Computer Aided Architectural Design Futures* 2005. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-3698-1_3

NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012. FAP - UNIFESP (SciELO). Acesso pelo *link*: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142012000100005>.

NIBS – National Institute of Building Sciences. **United States National Building Information Modeling Standard™, version 1, part 1:** (Overview, Principles, and Methodologies – Transforming the Building Supply Chain through Open and Interoperable Information Exchanges). National BIM Standard, 2007. Disponível em <<http://www.wbdg.org/bim/nbims.php>>. Acesso em 18/10/2020.

ONU. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 12 jul. 2020.

PAULA, Nathália de; UECHI, Mônica Emiko; MELHADO, Silvio Burrattino. Novas demandas para as empresas de projeto de edifícios. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 13, n. 3, p. 137-159, set. 2013. FAP – UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212013000300009>.

PEREIRA, Adriana Camargo; SILVA, Gibson Zucca da; CARBONARI, Maria Elisa Ehrhardt. **Sustentabilidade, responsabilidade social e meio ambiente**. São Paulo: Saraiva, 2012. 216 p.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. São Paulo: Vértice, 1986.

SANTOS, Luís Guilherme Resende; et. al. **Simulação computacional termoenergética na arquitetura**. Avaliação do desempenho térmico de uma edificação de ensino localizada em Brasília DF. *Arquitextos*, São Paulo, ano 17, n. 203.04, Vitruvius, abr. 2017 <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/17.203/6525>>.

SANTOS, Luis André dos. **Building Information Modeling no ensino de Arquitetura e Urbanismo: percepção e disseminação do BIM nas Instituições de Ensino Superior do Estado de São Paulo**. 2017. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2017.

SOLUTIONS, Mb. **Resources and Information for professional designers. Cad History**. 2003. Disponível em: <http://mbinfo.mbdesign.net/CAD1960.htm>. Acesso em: 22 abr. 2020.

TENEDINI, Edeyn Michele. **Plataforma Bim e a perspectiva de uma Arquitetura Sustentável: o caso do Edifício do Banco Interamericano de Desenvolvimento (Bid) em Manaus**. 2019. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2019.

Anexos

1. Planilhas de dados de arquitetura – Torre

Tabela de pisos acabados de arquitetura

<2.A.1 - TORRE - TOTAL - PISO ACABADO>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Marca de tipo	Descrição	ACABAMENTO	COR	DIMENSÃO	LEED	Fabricante	Área
PI-02A	Piso de borracha de alta resistência com superfície tipo martelado e design granuloso aplicado sobre piso regularizado e nivelado	Emborrachado Liso	Escolha a critério da FLPP	610x610x35mm	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Padrão Nora - Norament Grano/1911	785.158 m²
PI-02B	Piso de borracha de alta resistência com superfície tipo martelado e design granuloso aplicado sobre piso elevado em placas de Emborrachado Liso	Emborrachado Liso	Escolha a critério da FLPP	610x610x35mm	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Padrão Nora - Norament Grano/1911	838.2 m²
PI-03A	Carpete em placas aplicado sobre enchimento com superfície regularizada com desempenho acústico NNIC-51	Escolha a critério da FLPP	Escolha a critério da FLPP	Escolha a critério da FLPP	Solicitar declaração ambiental do produto	Interface, Milliken ou similar	12.036 m²
PI-03B	Carpete em placas aplicado sobre piso elevado em placas de 60x60cm com desempenho acústico NNIC-51	Escolha a critério da FLPP	Escolha a critério da FLPP	Escolha a critério da FLPP	Solicitar declaração ambiental do produto	Interface, Milliken ou similar	194.079 m²
PI-03C	Carpete em placas aplicado sobre estrutura de concreto com superfície regularizada com desempenho acústico NNIC-51	Escolha a critério da FLPP	Escolha a critério da FLPP	Escolha a critério da FLPP	Solicitar declaração ambiental do produto	Interface, Milliken ou similar	0.991 m²
PI-04A	Porcelanato linha Minimum cimento NA	Natural	Cimento	600x600x9,5mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Eliane	1295.2 m²
PI-04C	Placa extrudada linha Kitchen Keraflor, IND 8030, assentamento reto com argamassa Kitchen para área de cozimento a vapor e r	-	Cinza claro - 1015	300x300x8,4mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Gail	13.574 m²
PI-04D	Placa extrudada linha Kitchen Keraflor, IND 8030, assentamento reto com argamassa Kitchen para área convencional e rejunte e r	-	Cinza claro - 1015	300x300x8,4mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Gail	108.04 m²
PI-05C	Concreto desempenado	Liso	Natural	Conforme projeto	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Obra	1028.783 m²
PI-06A	Contrapiso para receber acabamento de inquilinos	-	-	-	-	Obra	6479.522 m²
PI-06B	Acabamento a receber de inquilinos	-	-	-	-	Inquilino	3440.083 m²
PI-07A	Deck elevado de madeira em tábuas ranhuradas de Ipê, apoiado em vigotas e pontaletes de madeira Itaúba 110x50mm.	Ranhurado	Natural	Conforme projeto	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade e apresentar certificado COC-FSC	Obra	341.591 m²
PI-07B	Tampa em Deck elevado de madeira em tábuas ranhuradas de Ipê, apoiado em vigotas e pontaletes de madeira Itaúba 110x50mm	Ranhurado	Natural	Conforme projeto	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade e apresentar certificado COC-FSC	Obra	3.84 m²
PI-08A	Placa pré-moldada de concreto com seixos de granito nº 2	Lavado	Concreto	500x500x60mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	834.471 m²
PI-08B	Tampa em placa pré-moldada de concreto com seixos de granito nº 2	Lavado	Concreto	800x750x50mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	4.2 m²
PI-08C	Tampa em placa pré-moldada de concreto com seixos de granito nº 2	Lavado	Concreto	300x300x50mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	2.07 m²
PI-08D	Tampa em placa pré-moldada de concreto com seixos de granito nº 2	Lavado	Concreto	1500x520x50mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	4.68 m²
PI-09A	Futuro mezanino metálico - conforme orientação do projetista de estrutura metálica	conforme projeto específico	conforme projeto específico	conforme projeto específico	conforme projeto específico	conforme projeto específico	642.407 m²
PI-09B	Grade de segurança Heliporto	conforme projeto específico	conforme projeto específico	conforme projeto específico	conforme projeto específico	conforme projeto específico	98.55 m²
PI-10A	Granito branco Ceará Cotton	Fiameado	Branco	590x1000x30mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	113.188 m²
PI-10B	Granito branco Ceará Cotton	Fiameado	Branco	400x400x100mm, 400x1150x100mm ou 400x150	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	38.48 m²
PI-10C	Granito branco Ceará Cotton	Fiameado	Branco	Conforme projeto. Espessura 12cm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	71.424 m²
PI-10D	Granito mix de branco Ceará Cotton, branco Quartzto e cinza Imperial na proporção 1/3 cada	Fiameado	Misto	600x100x30mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	78.009 m²
PI-10E	Granito mix de branco Ceará Cotton, branco Quartzto e cinza Imperial na proporção 1/3 cada	Fiameado	Misto	400x1500x30mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	546.791 m²
PI-10F	Granito mix de branco Ceará Cotton, branco Quartzto e cinza Imperial na proporção 1/3 cada	Fiameado	Misto	400x1500x60mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	1310.465 m²
PI-10G	Granito mix de branco Ceará Cotton, branco Quartzto e cinza Imperial na proporção 1/3 cada	Fiameado	Misto	100x200x40mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	54.874 m²
PI-10H	Granito cinza Imperial	Fiameado	Cinza	100x200x40mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	774.72 m²
PI-10I	Granito branco Itaúnas	Polido	Branco Itaúnas	502x502x30mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	41.546 m²
PI-10K	Tampa em granito mix de branco Ceará Cotton, branco Quartzto e cinza Imperial na proporção 1/3 cada	Fiameado	Misto	750x800x30mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	0.6 m²
PI-10N	Tampa de caixa de passagem em granito mix de branco Ceará Cotton, branco Quartzto e cinza Imperial na proporção 1/3 cada	Fiameado	Misto	300x300x30mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	0.26 m²
PI-10O	Tampa em granito cinza Imperial	Fiameado	Cinza	100x200x40mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	0.16 m²
PI-10P	Tampa em granito cinza Imperial	Fiameado	Cinza	100x200x40mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	1.44 m²
PI-10Q	Grelha em granito cinza Imperial	Fiameado	Cinza	320x400x60mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	23.55 m²
PI-11A	Laje osso	Natural	Concreto natural	Conforme projeto	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Obra	21.247 m²
PI-12A	Laminado dissipativo de alta resistência aplicado sobre piso regularizado e nivelado	Texturizado antiderrapante	F603 computer floor	600x600mm	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Formpiso ou similar	24.98 m²
PI-12B	Laminado dissipativo de alta resistência aplicado sobre piso elevado em placas metálicas 60x60	Texturizado antiderrapante	F603 computer floor	600x600mm	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Formpiso ou similar	300.529 m²
PI-13B	Mármore marrom Imperador	Polido. Uso de hidro óleo repelente no acabamento final	Marrom	Paginado conforme projeto. Espessura 3cm	-	Origem Espanha	865.523 m²
PI-13C	Mármore Travertino Romano - tipo Navona - Paglierino	Polido e estucado com resina epoxídica na cor do material (bege) ou polido e estucado com resina epoxídica sem cor (transparente)	Bege ou transparente	884x884x30mm - assentado 45°	-	Origem Itália	1022.916 m²
PI-13D	Mármore Travertino Romano - tipo Navona - Paglierino	Polido e estucado com resina epoxídica na cor do material (bege) ou polido e estucado com resina epoxídica sem cor (transparente)	Bege ou transparente	502x502x30mm - assentado 45°	O material deverá seguir as especificações do consultor de LEED	Origem Itália	1012.158 m²
PI-13E	Mármore Travertino Romano - tipo Navona - Paglierino	Polido e estucado com resina epoxídica na cor do material (bege) ou polido e estucado com resina epoxídica sem cor (transparente)	Bege ou transparente	Paginado conforme projeto. Espessura 3cm	-	Origem Itália	10.811 m²
PI-14A	Pintura sob grelha falsa	Semi-brilho	Preto fosco	Conforme projeto	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Sherwin-Williams ou Novacor Piso Ultra	16.029 m²
PI-14B	UV Baucryl UV Branco (necessário laudo comprovando SRI - especificação de impermeabilização)	conforme projeto específico	conforme projeto específico	conforme projeto específico	conforme projeto específico	conforme projeto específico	1931.765 m²
PI-14C	Pintura à base de resina acrílica	Semi-brilho	Escolha a critério da FLPP	Conforme projeto	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Sherwin-Williams ou Novacor Piso Ultra	357.898 m²
PI-14D	Pintura à base de resina epóxi de alto desempenho - antiderrapante	Antiderrapante	Escolha a critério da FLPP	250µm	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Consultar lista de fornecedores Racional	24.636 m²
PI-14E	Pintura à base de resina epóxi de alto desempenho - liso	Liso	Escolha a critério da FLPP	250µm	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Consultar lista de fornecedores Racional	1498.604 m²
PI-14F	Pintura à base de resina acrílica estreada à base de solvente para sinalização horizontal sobre concreto estruturado com impe	Fosco	Escolha a critério da FLPP	conforme projeto	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Induti - Supercril	536.211 m²
PI-15A	Piso elevado em placas [60x60cm] com desempenho acústico NNIC-51 para receber acabamento do inquilino	Conforme inquilino	Conforme inquilino	Conforme inquilino	Conforme inquilino	Conforme inquilino	34671.59 m²
PI-16B	Capacho de aço inoxidável 304, espessura 5/8"	Natural	Natural	Conforme projeto, ver ARQ-DE8100.00	Solicitar declaração ambiental do produto	CIS Pedisystems GRIDLINE G6 5/8" with hid	14.8 m²
PI-24A	Piso tátil de alerta em borracha sintética flexível em placas, aplicado com cola de contato sobre piso acabado, ref. Brasil	-	Escolha a critério da FLPP	250x250x5mm (3 relevo+2 base)	-	Brasil - Total Acessibilidade	83.25 m²
PI-24B	Piso tátil de alerta em polietileno revestido com aço inox 430, aplicado com auxílio de gabarito com cola de chumbador químico s	-	Natural inox	250x250x3mm (3 relevo)	-	Brasil - Total Acessibilidade	0.123 m²
PI-25A	Piso tátil de alerta em ladrilho hidráulico	Natural	Escolha a critério da FLPP	250x250x20mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo de regionalidade	Brasil - Total Acessibilidade	0.904 m²
PI-26A	Mosaico em pastilhas de vidro artesanal de superfícies e formatos irregulares, conforme desenho fornecido	Textura irregular	Variada	30x30mm, assentadas em mosaico conforme pro	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Vidrotli	671.783 m²

Fonte: Fornecido pelo escritório Contier Arquitetura, 2020.

Tabela de revestimentos de parede de arquitetura

<2.B.1 - TORRE - TOTAL - REVESTIMENTO PAREDE>							
A	B	C	D	E	F	G	H
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	ACABAMENTO	COR	DIMENSÃO	LEED	FABRICANTE	ÁREA
	panel de inox gravado no perímetro						43.807 m²
PA-01A	Granito branco polar	Bruto	Branco polar	dimensões e asse	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização de regionalidade		233.807 m²
PA-02A	Cerâmica linha Linear Cream com rejunte juntaplus Gold Total cor marfim	Acetinado	Bege	100x300x7mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Eliane	3165.005 m²
PA-02C	Cerâmica Revest Neutra	Acetinado	Branco	307x604x9,3mm	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Gail	304.722 m²
PA-03B	Concreto aparente sem estucagem	Natural	Natural	Conforme projeto	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Obra	4954.588 m²
PA-04B	Laminado melamínico padrão, junta seca, cantoneiras e protetores de parede	Texturizado	Escolha a critério d	Vertical, ver projet	Isento de resinas compostas por ureia fomaldeído. Solicitar declaração ambiental do produto e apresentar certificado COC-FSC	Formica	28.356 m²
PA-05A	Mármore Travertino Romano, tipo Navona, Paglierino, fixação com argamassa	Levigado sem estucamento	Bege	Paginado conforme	O material deverá seguir as especificações do consultor de LEED	Origem Itália	1660.634 m²
PA-05B	Mármore Travertino Romano, tipo Navona, Paglierino, fixação com inserto metálico	Levigado sem estucamento	Bege	Paginado conforme	O material deverá seguir as especificações do consultor de LEED	Origem Itália	763.119 m²
PA-05C	Mármore marrom Imperador, fixação com inserto metálico	Polido	Marrom	Paginado conforme	O material deverá seguir as especificações do consultor de LEED	Origem Espanha	3.203 m²
PA-06A	Panel de MDF com selo FSC.	Aplicação de duas demãos de verniz retardante de chama poliuretano brilho 10	Ambas as faces re	2430x160x15mm, f	Isento de resinas compostas por ureia fomaldeído. Solicitar declaração ambiental do produto e apresentar certificado COC-FSC	Dodge Veneers Inc.	317.435 m²
PA-06B	Panel de MDF com selo FSC.	Aplicação de duas demãos de verniz retardante de chama poliuretano brilho 10	Ambas as faces re	1200x600x15mm, f	Isento de resinas compostas por ureia fomaldeído. Solicitar declaração ambiental do produto e apresentar certificado COC-FSC	Dodge Veneers Inc.	82.718 m²
PA-07A	Panel acústico instalado sobre massa única, bloco de concreto aparente ou drywall, verificar projeto - Lã de vidro aglom	Proteção por tela de aço expandido	Preto ou branco, es	1200x600x50mm,	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Consultar lista de fornecedores Racional	2124.055 m²
PA-13A	Pintura látex acrílico sobre bloco de concreto ou estrutura de concreto - caixa corrida elevadores	Fosco	Branco	Conforme projeto	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Consultar lista de fornecedores Racional	12164.55 m²
PA-13B	Pintura látex acrílico sobre placa de gesso acartonado standard	Acetinado	Escolha a critério d	Conforme projeto	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Consultar lista de fornecedores Racional	8596.075 m²
PA-13C	Pintura látex acrílica sobre massa única [1,5cm] e massa corrida	Acetinado	Escolha a critério d	Conforme projeto	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Consultar lista de fornecedores Racional	1913.971 m²
PA-13D	Pintura látex acrílica sobre massa única [1,5cm]	Acetinado	Escolha a critério d	Conforme projeto	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Consultar lista de fornecedores Racional	7258.368 m²
PA-13G	Pintura látex acrílico sobre alvenaria de blocos de concreto com juntas frisadas	Acetinado	Escolha a critério d	Conforme projeto	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Consultar lista de fornecedores Racional	5342.613 m²
PA-13H	Pintura látex acrílico sobre placa dupla de gesso acartonado resistente ao fogo	Acetinado	Escolha a critério d	Conforme projeto	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Consultar lista de fornecedores Racional	2966.966 m²
PA-13J	Pintura látex acrílico sobre placa de gesso acartonado resistente à umidade	Acetinado	Escolha a critério d	Conforme projeto	Baixo índice de emissão de compostos orgânicos voláteis - VOC's	Consultar lista de fornecedores Racional	1403.055 m²
PA-16A	Placa de rocha industrializada a base de quartzo, resina de poliéster e pigmentos, acentada sobre placa de gesso acarto	Polido	Trigris Sand	Paginado conforme	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Silestone Cosentino	0.562 m²
PA-17A	Revestimento em painel de aço inox com subestrutura de aço pintada com fundo epóxi.	Polido	Natural		Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade		443.903 m²
PA-18A	Chapa metálica de aço corten esp.=2mm	Bruto	Natural	Conforme projeto	Solicitar declaração ambiental do produto para contabilização do conteúdo reciclado e regionalidade	Obra	215.46 m²

Fonte: Fornecido pelo escritório Contier Arquitetura, 2020.

Tabela de louças e metais de arquitetura

<2.F.1- TORRE - TOTAL - LOUÇA E METAL>								
A	B	C	D	E	F	G	H	
Marca de tipo	Descrição	ACABAMENTO	COR	DIMENSÃO	LEED	Fabricante	Contador	
ACZ								
ACZ	Ver projeto específico ACZ							10
BA-01A								
BA-01A	Barra de apoio linear horizontal em aço inox, diâm. [32mm], esp. da chapa [1.5mm], ref. 2310.1.080.POL	Polido	Natural	805mm		Deca		108
BA-01B								
BA-01B	Barra de apoio em U para lavatório em aço inox, diâm. [32mm], esp. da chapa [1.5mm], ref. 2392.1.POL	Polido	Natural	631x431mm		Deca		54
BS-01A								
BS-01A	Bacia sanitária com caixa acoplada com sistema de ciclo à vácuo STEALTH 0.8 GPF toilet – round, model # n7716 bowl - n7714 tank com adaptador de rosca para padrão brasileiro e assento		Branco		Sistema de ciclo à vácuo STEALTH	Niagara		206
BS-02B								
BS-02B	Bacia sanitária convencional linha conforto sem abertura frontal, ref. P.510.17, com caixa de descarga de embutir com acionamento duplo [3 e 6 litros], caixa de comando de acionamento em ABS cor branco - r		Branco			Deca Montana		54
BT-07A								
BT-07A	Acabamento em anel de aço inox para furo de diâmetro Ø13,5cm em bancada,ref. EBS602E	Acetinado		diâm. 15cm, h=12c		Franke		106
CI-01A								
CI-01A	Cuba redonda de embutir em aço inox AISI 304, espessura da chapa 0.7 mm, ref. CR-38 Luxo	Luxo		diâm. 38mm, prof.1		Mekal		1
CI-ACZ								
CI-ACZ	Cuba retangular simples de embutir em aço inox AISI 304, espessura da chapa 0.8 mm, CS-50 Luxo	Luxo		500x400x200 mm		Mekal		2
DV-01A								
DV-01A	Divisória interna em laminado estrutural TS-12mm, fixada na parede, à altura de h=15cm do piso acabado, com recorte de l=6.75 x h=75cm em sua base junto à fixação	Texturizado	Gelo L106	156.75x195cm		Global		90
DV-01B								
DV-01B	Divisória interna em laminado estrutural TS-12mm, fixada na parede, à altura de h=15cm do piso acabado	Texturizado	Gelo L106	150x195cm		Global		60
DV-01C								
DV-01C	Divisória lateral externa em laminado estrutural TS-12mm, fixada na parede e apoiada no piso acabado, com recorte de l=6.75 x h=90cm em sua base junto à fixação	Texturizado	Gelo L106	156.75x210cm		Global		15
DV-01D								
DV-01D	Divisória lateral externa em laminado estrutural TS-12mm, fixada na parede e apoiada no piso acabado	Texturizado	Gelo L106	150x210cm		Global		10
DV-01E								
DV-01E	Divisória de mictório em laminado estrutural TS-12mm, fixada na parede, à altura de h=15cm do piso acabado, com recorte de l=6.75 x h=105cm em sua base junto à fixação	Texturizado	Gelo L106	135x50.75cm		Global		15
DV-01F								
DV-01F	Divisória de mictório em laminado estrutural TS-12mm, fixada na parede, à altura de h=15cm do piso acabado	Texturizado	Gelo L106	135x44cm		Global		10
DV-01G								
DV-01G	Divisória frontal em laminado estrutural TS-12mm, apoiada no piso, com travamento nas divisórias internas e laterais	Texturizado	Gelo L106	h=210cm, comprim		Global		250
DV-02A								
DV-02A	Porta em laminado estrutural TS-12mm	Texturizado	Gelo L106	60x195cm		Global		200
DV-04A								
DV-04A	Divisória sanitária em painel de Mármore Travertino Romano Polido engastada na parede e no piso	Polido		h=195cm, esp.: 3c		Consultar lista de f		1
LA-02A								
LA-02A	Lavatório com coluna suspensa - ref. L.510.17 C.510.17		Branco	44.5x35.5cm		Deca		54
LO-01A								
LO-01A	Cuba de embutir universal oval, ref.L.37.17		Branco	44x33x16cm		Deca		250
LO-01D								
LO-01D	Cuba de semi-encaixe quadrada, ref. L.800.17, com válvula 1602.C		Branco	42x42cm		Deca		6
MI-01A								
MI-01A	Mictório com sifão integrado, ref. M.713 G17, com válvula para mictório horizontal de fechamento automático, ref. 2572.C, conjunto para instalação, ref. FM.713.01, conexão de entrada de água, ref. BS.5.01 e sa		Branco			Deca		50
RA-ACZ								
RA-ACZ	Ver projeto específico ACZ							68
RG-01A								
RG-01A	Acabamento para registro					Deca		154
SF-01A								
SF-01A	Sifão para lavatório 1.1/2" ref. 1680.C.100.112	Cromado				Deca		258
SF-02A								
SF-02A	Sifão flexível em cobre para tanque. Tubo de 1.1/4"	Cromado						26
SF-03A								
SF-03A	Sifão para cozinha, ref. 1680.C.112	Cromado				Deca		51
SF-ACZ								
SF-ACZ	Sifão para cozinha - ver projeto específico ACZ							16
TO-01A								
TO-01A	Torneira para lavatório de mesa, com acionamento manual e fechamento automático, com vazão de 8 litros/minuto, tempo de ciclo de 6 segundos, Ref. 1173.C. Equipada de regulador de vazão constante ref. 42	Cromado			Vazão de 8 litros/minuto, tempo de ciclo de 6 segundos, equipada de regulador de vazão constante	Deca		250
TO-01B								
TO-01B	Torneira para lavatório de mesa, com alavanca, acionamento manual e fechamento automático, com vazão de 8 litros/minuto, tempo de ciclo de 6 segundos, Ref. 1173.C CONF. Equipada de regulador de vazão c	Cromado			Vazão de 8 litros/minuto, tempo de ciclo de 6 segundos, equipada de regulador de vazão constante	Deca		54
TO-02A								
TO-02A	Torneira para lavatório de parede fechamento automático, ref. Decamatic Eco 1172.C	Cromado				Deca		6
TO-03B								
TO-03B	Torneira de uso restrito para tanque com rosca para mangueira, ref. 1130.BC	Cromado				Deca		75
TO-06A								
TO-06A	Torneira para cozinha de mesa bica alta móvel, ref. 1167.C.LNK	Cromado				Deca		1
TO-ACZ								
TO-ACZ	Ver projeto específico ACZ							14
TQ-01B								
TQ-01B	Tanque para esfregão em aço inox AISI 304, chapa #16 (espessura 1,59mm) assentado sobre estrutura de cantoneira inox em "L", sustentado por pernas tubulares de inox, ref. Tanque Mop	Polido	Natural	57x47x55cm		Ppienk		26

Fonte: Fornecido pelo escritório Contier Arquitetura, 2020

