



Federação das Indústrias do Estado da Bahia

**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO BIM**

FERNANDA PRADO BRANDÃO

UM ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO USO DO BIM NAS OBRAS DE FRANK GEHRY

Salvador

2015

FERNANDA PRADO BRANDÃO

UM ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO USO DO BIM NAS OBRAS DE FRANK GEHRY

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Especialização em Gerenciamento BIM da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC como requisito final para a obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. MsC. Carla Simões

Salvador

2015

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

B817e Brandão, Fernanda Prado

Um estudo da influência do uso do BIM nas obras de Frank Gehry / Fernanda Prado Brandão. – Salvador, 2015.

45 f. : il. color.

Orientadora: Prof.^a MSc. Carla Carvalho Simões.

Monografia (Gerenciamento em BIM – Modelagem da Informação da Construção) – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2015.

Inclui referências.

1. BIM (Building Information Modeling). 2. AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção). 3. Frank Gehry – Construção civil. 4. Gehry technologies. I. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. II. Simões, Carla Carvalho. III. Título.

CDD 690.028

FERNANDA PRADO BRANDÃO

UM ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO USO DO BIM NAS OBRAS DE FRANK GEHRY

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Especialização em Gerenciamento BIM da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC como requisito final para a obtenção do título de Especialista.

Aprovado em 18 de setembro de 2015.

Banca Examinadora:

Carla Carvalho Simões – Orientadora _____
Mestre em Engenharia Ambiental Urbana pela Universidade Federal da Bahia,
Salvador, Bahia Brasil
Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Larissa Paes _____
Doutora em Energia e Ambiente pelo Centro Interdisciplinar em Energia e Ambiente
pela Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia Brasil
Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Carlos Bomfim _____
Mestre pela Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, Salvador,
Bahia Brasil
UNIFACS – Universidade Salvador

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes e amadas da minha vida: meu pai Paulo, minha mãe Ana, minha irmã Paula e minhas avós Annete e Yêda.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais e a minha irmã pelo apoio incondicional em toda a trajetória da minha vida e em particular na realização deste curso de Pós-Graduação e desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

À professora Carla Simões, pelo auxílio e orientação na elaboração deste trabalho.

À Faculdade SENAI – CIMATEC, pelo curso de Pós-Graduação de Especialização em Gerenciamento BIM, pela abordagem inovadora no mercado da Construção Civil.

Aos meus colegas e amigos que formei no curso de Pós-Graduação, os almoços nos sábados deixarão saudades.

Às minhas novas companheiras de jornada no Núcleo de Inovação BIM (NIB), oportunidade de negócios que surgiu com o curso de Pós-Graduação. Sou muito feliz em tê-las ao meu lado nesta nova etapa de vida.

A todos meus amigos, a JCA Engenharia e aos familiares que, de alguma forma, contribuíram para esta construção deste projeto final de curso.

A verdadeira criatividade em arquitetura reside em resolver seus problemas específicos por meio da síntese formal do programa, do lugar e da técnica, resultando em objetos dotados de identidade formal intensa, a qual deriva do emprego de critérios tais como a economia de meios, o rigor, a precisão, a universalidade e a sistematicidade (MAHFUZ,2013).

BRANDÃO, F. P. **Um estudo da influência do uso do BIM nas obras de Frank Gehry**. 2015. 45 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento BIM) - Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2015.

RESUMO

Building Information Modeling (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), vem fazendo com que os setores de arquitetura, engenharia e construção repensem o seu método tradicional de planejar, projetar e construir. Este processo tem gerado resultados satisfatórios frente a problemas de falhas de projetos, execução de obras, perdas de prazos dentre outros. Alguns escritórios de projetos, construtoras e outros setores da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) enxergaram, há alguns anos, o BIM como uma alternativa no processo de trabalho. Em especial o escritório do arquiteto Frank Gehry, considerado um dos maiores arquitetos contemporâneos e pioneiros no uso do BIM. O presente trabalho de conclusão de curso aponta as principais características da aplicação do BIM e traz os resultados adquiridos através da prática nas obras de Gehry. Contempla o despertar do escritório para novas ferramentas como o CATIA, *software* responsável por traduzir as suas formas complexas em realidade, a exemplo do Museu Guggenheim em Bilbao. O trabalho considera também a evolução do BIM e de tecnologias agregadas através da Gehry Technologies junto com a transformação ao longo dos anos nas obras do arquiteto. Gehry entende que o uso do BIM deve ser disseminado e através da Gehry Technologies presta estes serviços a este setor da AEC. As possibilidades com o uso do BIM são inúmeras. A tecnologia vem servindo de ferramenta de apoio na produção de obras mais eficientes e menos custosas, cabe, portanto, aos arquitetos e engenheiros utilizarem disto a seu favor.

Palavras-chave: BIM. AEC. Frank Gehry. Gehry Technologies.

BRANDÃO, F. P. **Um estudo da influência do uso do BIM nas obras de Frank Gehry**. 2015. 45 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento BIM) - Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2015.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is causing the sectors of architecture, engineering and construction rethink its traditional method to plan, design and build. This process has generated satisfactory results against project failure problems, execution of works, loss of periods among others. Some project offices, construction and other sectors of AEC (Architecture, Engineering and Construction) saw a few years ago, BIM as an alternative in the work process. In particular the architect Frank Gehry office, one of the greatest contemporary architects and pioneers in the use of BIM. This course conclusion works points out the main features of the application of BIM and brings the results acquired with the practice of Gehry's work. Contemplates the office awakening to new tools like CATIA, software responsible for translating their complex shapes in reality, such as the Guggenheim Museum in Bilbao. The research also considers the evolution of BIM and aggregated technologies by Gehry Technologies along with the transformation over the years in the works of the architect. Gehry believes that the use of BIM should be disseminated and Gehry Technologies provides these services to this sector of the AEC. The possibilities with the use of BIM are countless. Technology has served as a support tool in the production of more efficient and less costly works.

Keywords: BIM. AEC. Frank Gehry. Gehry Technologies.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CIMATEC	Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia
DP	<i>Digital Project</i>
GT	<i>Gehry Technologies</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
nD	Multidimensional
WWW	<i>World Wide Web</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 Geral	15
1.3.2 Específicos.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 BUILDING INFORMATION MODELING - BIM	16
2.2 FRANK GEHRY.....	25
2.3 DIGITAL PROJECT E GEHRY TECHNOLOGIES	33
3. METODOLOGIA.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5. CONCLUSÃO.....	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Erros de projetos, ajustes improvisados em obras, retrabalhos, perdas de prazo, compatibilização tardia, problemas com quantitativos, orçamentos defasados e desenhos inconsistentes resultam em custos imprevistos, atrasos na obra e até problemas judiciais. Isto tudo fez com que o setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) passasse a considerar a hipótese de um novo processo de trabalho nos últimos anos. Tal processo, chamado de Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling – BIM*), veio para modificar a maneira de projetar e de construir, trazendo benefícios para todos os setores da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção).

Não se deve pensar que o BIM é uma simples evolução do *Computer-Aided Design* (CAD). Enquanto este último visa o “processo de projeto” de um empreendimento, o primeiro visa todo o “ciclo de vida” da edificação. Assim, o BIM representa uma nova maneira de encarar a construção. Por isso é difícil sua implantação e ainda é tido como algo novo ou que demorará algum tempo para ser incorporado à prática da Construção Civil. Em contrapartida, os problemas decorrentes do processo tradicional prejudicam a qualidade do projeto e da obra. Projetos complexos, ditos criativos, correm ainda sérios riscos de suas soluções ficarem omissas ou não transmitidas na documentação, causando graves erros de execução.

O arquiteto contemporâneo Santiago Calatrava, conhecido por conceber projetos de alta complexidade, responde à processos por erros de execução em suas obras segundo Martí (2014). Não só Calatrava, mas também Niemeyer, que foi o maior arquiteto brasileiro de todos os tempos, divide esta rotulação de pôr a estética como diretriz dos seus trabalhos e como consequência lidou com erros de execução ou refez projetos ao longo de sua vida citado por Goldberg *apud* Lores (2013).

Assim como existem erros de execução, há também erros na concepção da edificação, cujas soluções poderiam ter sido ainda refeitas na fase de projeto se

fossem melhor formuladas. Algumas edificações ficaram famosas pelos erros significativos em seus projetos, como foi o caso da obra do Hotel e Spa Vdara em Las Vegas e de um prédio em Londres de 20 andares, conhecido como “wakie talkie” segundo Taylor-Foster (2013). Ambos por ter fachada curva e aplicação de vidro causaram transtornos, que demandaram soluções paliativas. No caso do Vdara, a fachada em curva concentrava a incidência dos raios solares na área da piscina, queimando cabelos humanos e derretendo plásticos, a solução foi aumentar a área de sombra. No edifício em Londres, a incidência do Sol refletia no vidro espelhado e atingia os carros nas ruas próximas estragando-os, a solução foi fechar as áreas de estacionamento próximas à edificação.

Outro erro comum em projetos, que resulta em improvisos na obra, é o problema de compatibilização entre as várias disciplinas. Os projetos de arquitetura habitualmente necessitam de uma visualização 3D, indo desde a forma de uma maquete física (modelo físico em escala reduzida) à modelos geométricos (representação tridimensional da forma dos objetos no computador), como usualmente hoje os arquitetos fazem para exibir seu produto. Porém, a parte interna da edificação e a compatibilização das instalações com a estrutura e arquitetura, sempre deixaram a desejar. Como as instalações não são representadas em 3D, demanda maior cuidado na verificação das interferências com segurança. Por mais que o arquiteto ponha a sua criatividade num projeto, é necessário muito cuidado para que o projeto não apresente falhas. Todos estes erros custam caro e cada vez mais é necessária a conclusão de obras complexas em velocidade cada vez maior e a custos reduzidos. Estes aspectos tornaram-se fatores decisivos para o aumento da competitividade no mercado da construção civil. Alguns escritórios de projetos, construtoras e outros setores da AEC enxergaram, há alguns anos, o BIM como solução para estes diversos problemas citados. Os resultados eficazes de sua aplicação vêm sendo também demonstrados conforme relatórios do *Smart Market Report* fornecidos pela McGraw Hill Construction (2014).

O presente trabalho de conclusão de Curso de Especialização em Gerenciamento BIM procura trazer os resultados obtidos através da análise nas obras de Frank Gehry, um dos maiores arquitetos contemporâneos e pioneiros no uso do BIM. Gehry não se intimidou quando alguns construtores disseram que seus projetos eram inexecutáveis. Buscou nos avanços tecnológicos, soluções para fazer

uma arquitetura diferenciada. E, assim o fez, e hoje Gehry é um dos arquitetos mais discutidos no mundo arquitetônico segundo (FERREIRA, 2011).

1.2 JUSTIFICATIVA

O BIM veio para transformar os setores da AEC porque ao contrário da forma tradicional de se trabalhar, onde o projeto resultava em representações gráficas bidimensionais, neste paradigma o projeto baseia-se num modelo geométrico (tridimensional), parametrizado onde suas informações de todas as disciplinas que compõem a edificação podem representadas neste “modelo único”. O BIM incorpora outras ferramentas para se trabalhar com outras dimensões ou nD. A partir do modelo único pode-se extrair as informações do modelo para planejar execução da edificação (BIM 4D), ainda elaborar orçamentos (BIM 5D), auxiliar na manutenção da edificação (BIM 6D) e viabilizar análises de eficiência energética e de sustentabilidade (BIM 7D). Com abordagem multidimensional (nD), amplia-se a possibilidade de se ter projetos mais eficientes e edificações que correspondam ao projeto, através de facilidades e recurso introduzidos na prática profissional.

Frank Gehry, vislumbrou anos atrás que o processo BIM poderia ser agregador para criação de diferentes formas na Arquitetura. Em 1989 após concluir o Museu Vitra na Alemanha, Gehry não se conformou que, sua solução projetual para a escada helicoidal, não representava de fato com o que ocorreu na obra.

Após sua frustração com problemas de execução em alguns projetos, recorreu a soluções que pudessem descrever melhor suas formas e não limitá-las. Apesar de Gehry pessoalmente não utilizar computador, introduziu a Informática em seu escritório. Fez do uso da tecnologia, uma forma de desenvolver os seus trabalhos sem as barreiras impostas pela área de construção civil. Apropriou-se do *software* CATIA, tecnologia utilizada no setor aeroespacial e automobilístico, para viabilizar a execução dos seus projetos.

Em 2005, em parceria com a empresa Dassault Systèmes que desenvolveu o CATIA, lançou uma ferramenta BIM específica, denominada Digital Project. Parte da equipe do escritório de Gehry, hoje trabalha na evolução, uso e comercialização deste *software* e outras ferramentas BIM. A Gehry Technologies, assim chamada, fornece serviços para os maiores escritórios de arquitetura e construtoras

internacionais, dá treinamentos e consultoria em BIM, integra aos seus serviços prestados num BIM Server, conectando o modelo tridimensional ao gerenciamento da obra.

Gehry foi o escolhido para nortear este trabalho, por ter sido um dos pioneiros a aplicar este sistema na prática. Dada a dificuldade de execução das edificações que projetou, observou que se modificasse a forma de concebê-las teria chances de construí-las e assim o fez. Não só como precursor destas tecnologias, Gehry também é reconhecido como grande incentivador na busca da inovação. E contribuiu com a sua arquitetura, para a formação de um panorama que incentiva o uso do BIM.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

Discutir o uso do BIM na obra de Frank Gehry.

1.3.2 Específicos

Elaborar revisão bibliográfica sobre o paradigma BIM.

Discutir as obras de Frank Gehry a partir da mudança do seu método de projetar.

Mostrar a evolução com o uso da tecnologia BIM no escritório de Frank Gehry nos dias de hoje.

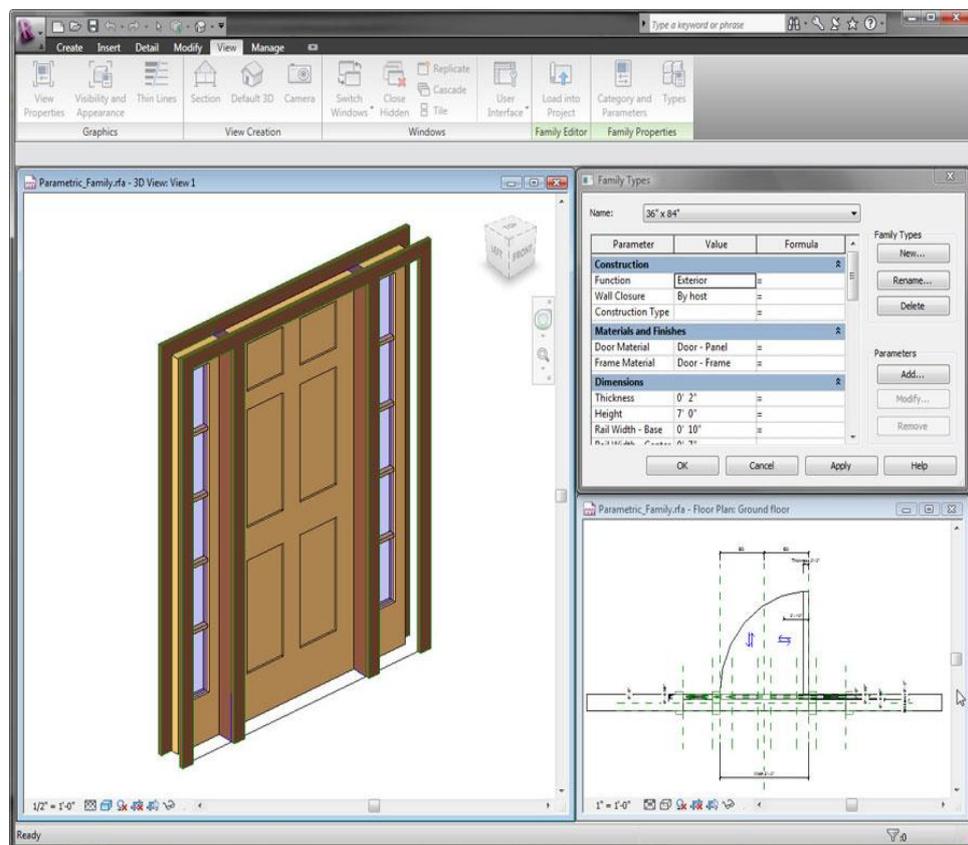
2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BUILDING INFORMATION MODELING - BIM

As ideias que levaram à formulação do conceito BIM têm início na década de 70, e o termo aproximadamente 25 anos segundo SANTOS (2012, p.26). Aplicações similares a este conceito já eram feitas na indústria aeroespacial e automobilística, pesquisadores se apropriaram da concepção para incorporar no setor da AEC. Chuck Eastman seria o precursor com o seu protótipo *Building Product Models* em 1975. Baseou-se em ideais de um modelo automatizado, onde os elementos construtivos, ao serem modificados eram atualizados em todas as visualizações. Eastman criticou o método tradicional de desenhos representado em várias escalas como também a deterioração dos desenhos impressos ao longo dos anos e a atualização deles em casos de reformas da edificação.

Com o passar dos anos mais estudiosos se envolveram com o tema. O BIM está associado hoje como um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção de acordo com EASTMAN, LISTON, SACKS, TEICHOLZ (2008, p. 13). Através da parametrização, uma das principais características do BIM, aos componentes da construção devem ser incluídos dados, que descrevem como eles se comportam. Também podem ser adicionadas informações sobre os materiais, dimensões, propriedades acústicas e de eficiência energética etc. Ainda, vincular restrições aos componentes como o exemplo que segue: o componente porta só pode estar inserido em um componente parede. Os parâmetros e as regras são atualizados de acordo com as mudanças efetuadas no projeto. Observa-se na Figura 1 o componente “porta” com suas configurações parametrizadas, onde são mostradas 3 formas de visualização: em 3D, em planta baixa e no “editor de tipo”, onde se preenche ou edita os dados da porta.

Figura 01: Exemplo de parametrização de um componente.

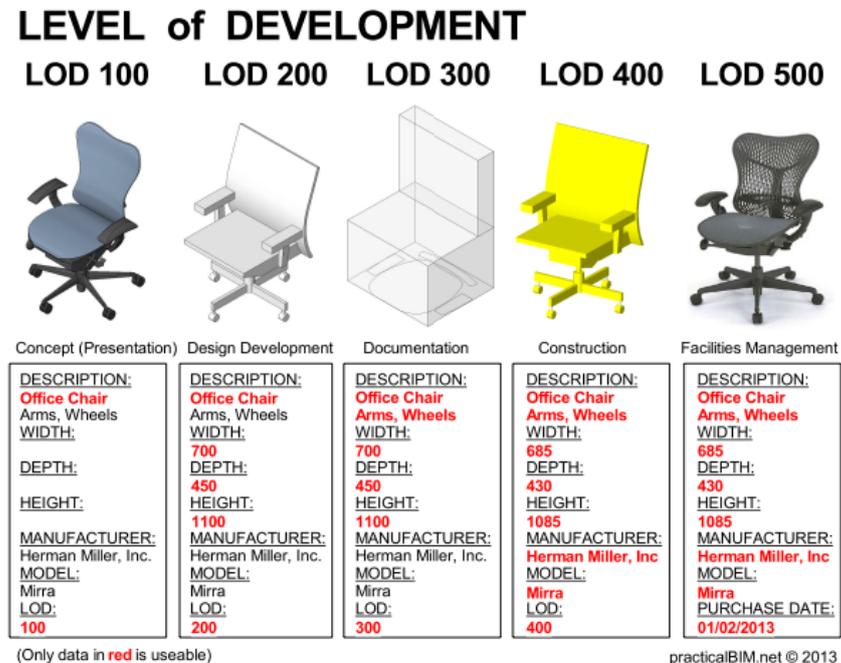


FONTE: www.mapdata.com.br/produtos/autodesk/revit-architecture

A abordagem BIM pode ser utilizada desde as primeiras concepções de projeto com estudos de massa¹. Na projeção é desejável criar modelos esquemáticos antes de fazer o detalhado. Posteriormente, os modelos vão evoluindo e agregando informações. Uma escala para o detalhamento do modelo BIM foi proposto pela *American Institute of Architects* (AIA), onde definiu-se níveis de desenvolvimento ou *Level of Development* (LOD). São 5 LOD e a cada nível o modelo é refinado e mais informação é agregada. O objetivo destas definições é padronizar os níveis de detalhamento de todas as disciplinas. Na Figura 2, os diferentes LOD são exemplificados através do componente “cadeira”.

¹ Os estudos de massa são utilizados na fase inicial de projeto para verificar a viabilidade do empreendimento. Com ele, pode-se fazer estudos de volumetria baseado em índices fornecidos pela Prefeitura como: ocupação do terreno, permeabilidade, coeficiente de aproveitamento, gabaritos e recuos.

Figura 2: Os diferentes LOD são exemplificados através do componente “cadeira”: à medida que vão evoluindo mais informações são agregadas



FONTE: www.draftechdevelopments.com.au/bim-level-of-development-drives-bim-roi

Portanto, os LOD para o componente “cadeira”:

LOD 100 = há uma cadeira

LOD 200 = existe uma cadeira que tem necessidade de espaço nominal de 700 x 450mm

LOD 300 = há uma cadeira com apoios de braço e rodas

LOD 400 = fabricante e o número do modelo.

LOD 500 = fabricante e o número do modelo, o fornecedor, data de compra.

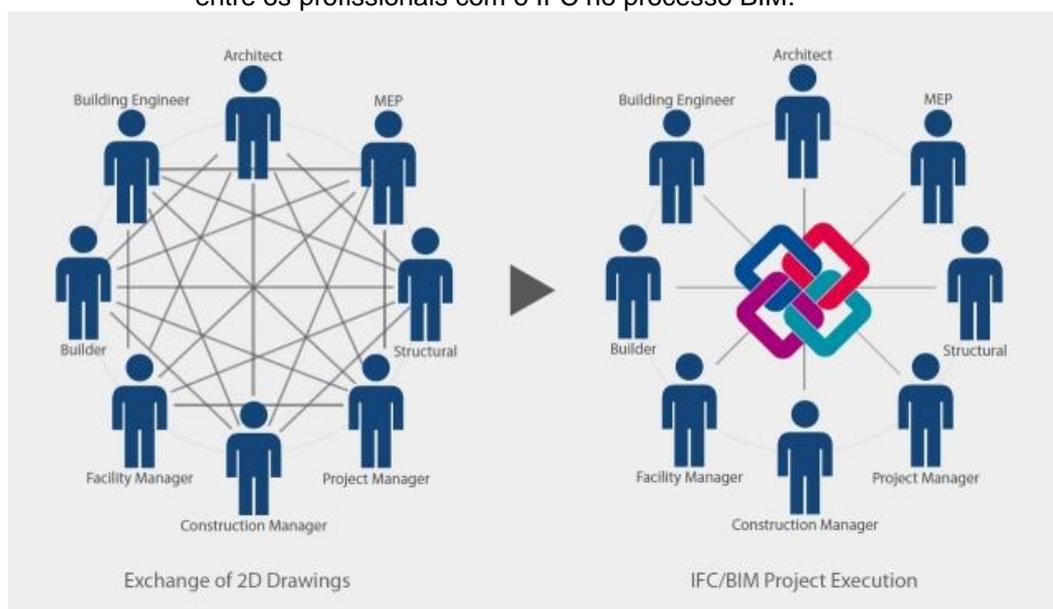
Outra característica importante da modelagem BIM é a visualização tridimensional facilitada. Ao ajustar algum elemento às modificações são realizadas automaticamente de acordo com o contexto e o controle do usuário, ao contrário do CAD 3D tradicional, onde cada elemento deve ser editado manualmente. Os *software* BIM geram automaticamente os desenhos (2D) precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto. Além de ser um facilitador no entendimento para o cliente e os parceiros de projeto, contribuindo para o alinhamento das reais necessidades.

Existem no mercado diversos tipos de ferramentas BIM para todas as áreas de projeto. Um dos benefícios é a interoperabilidade que estes programas podem ter

através do formato *Industry Foundation Classes* (IFC), padrão aberto, não proprietário, criado para assegurar a interoperabilidade no contexto. O IFC viabiliza o intercâmbio de dados, e com isso pode-se trabalhar as várias disciplinas ou atividades em programas diferentes, unindo-as num modelo único através da importação e exportação de arquivos segundo Figura 3.

O arquivo IFC não é editável, ele é utilizado para visualização e referência. Somente o profissional de cada disciplina específica pode realizar modificações, isto evita que outro profissional realize alterações no projeto como ocorre no processo tradicional. Os arquivos IFC das diversas disciplinas, quando agregados no modelo único, possibilitam uma melhor checagem de interferências, garantindo uma melhor compatibilização de projetos. Projetos compatibilizados garantem obras com menos erros e desperdícios de tempo e de dinheiro.

Figura 03: Troca de informações no método tradicional (CAD) em seguida o compartilhamento entre os profissionais com o IFC no processo BIM.

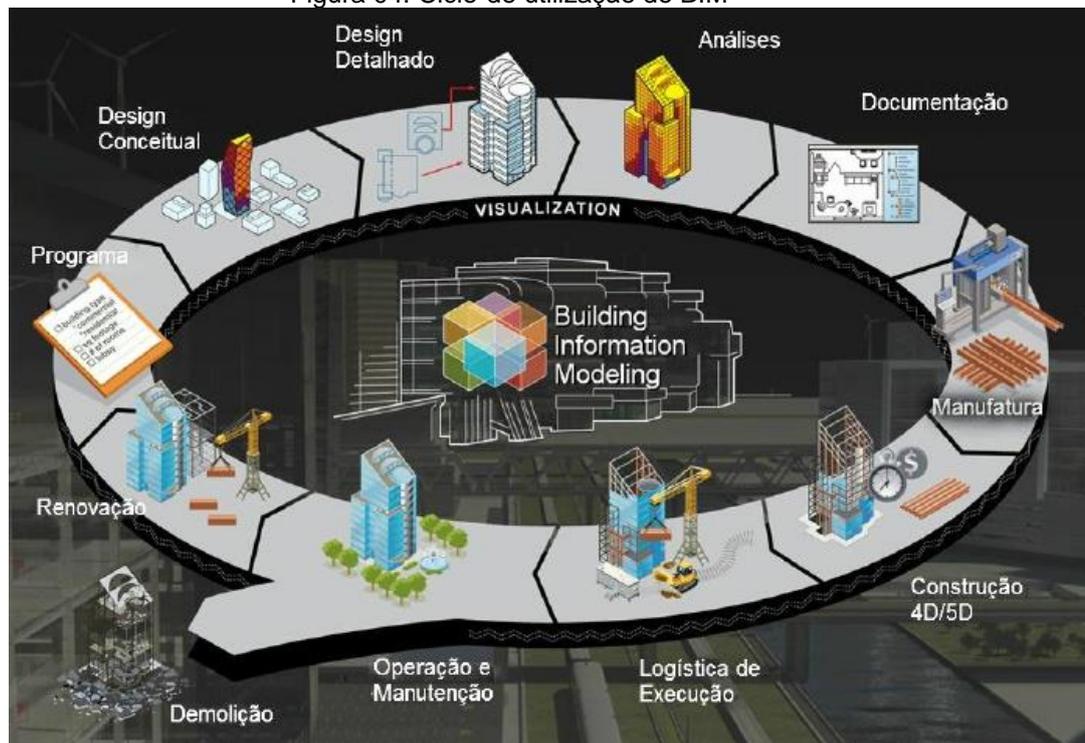


FONTE: www.bimforum.lv/what-is-bim/4585490676

Ao longo da modelagem podem-se determinar os custos, extraído os quantitativos do modelo durante a etapa do projeto. Como também realizar o planejamento da obra a partir deste modelo. À medida que existam alterações, os prazos podem ser reprogramados. Serão beneficiadas as empresas que integram o projeto e a construção desde a fase inicial de concepção. Isto é conceituado como engenharia simultânea, onde o intercâmbio de dados e a colaboração nos processos existem durante todo o ciclo de vida da edificação como mostra na Figura 4. As

reações serão mais rápidas aos problemas de projeto ou do canteiro de obras, minimizando o tempo de espera, retrabalho e problemas de qualidade da obra. Segundo SACKS *apud* ROCHA (2011) "A complexidade das construções só vem aumentando e isso cria um problema maior de coordenação, que pode ser resolvida com o conceito BIM".

Figura 04: Ciclo de utilização do BIM



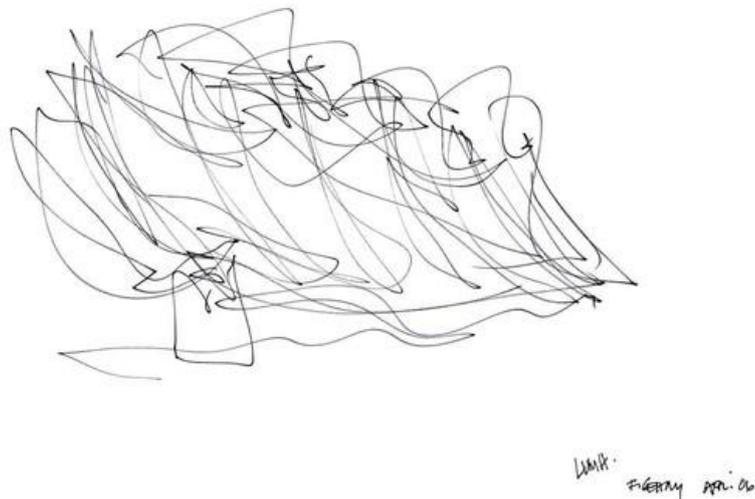
FONTE: rac.arq.br/2015/06/o-que-e-bim/

O BIM exige uma reorganização dos processos de projeto e de obra, implantando uma nova forma de trabalhar. A engenharia simultânea e a interoperabilidade são peças-chaves para o gerenciamento de projeto e execução da edificação. Outras possibilidades também surgem com o BIM ou mesmo se integram ao conceito como: Construção Enxuta, *KanBan*, Coordenação Modular, Simulações de Eficiência Energética, Operação e Manutenção de Edifícios (BIM 6D), entre outros.

"O BIM é uma resposta à complexidade, e se torna cada vez mais necessário à medida que a complexidade aumenta. BIM é uma tecnologia facilitadora. Ele fornece informações digitais aplicáveis ao produto que está sendo projetado. Assim, ele abre a porta para muitas outras inovações - robótica, novas formas de construção, análise integrada por todo o projeto, rastreamento da cadeia de fornecimento total com entrega e montagem "just in time". As oportunidades são infinitas." (EASTMAN *apud* TAMAKI, 2011)

Existem muitos exemplos de uso de BIM na prática e de escritórios que estão modificando sua forma de trabalhar. Como Frank Gehry é o norteador desta pesquisa, discute-se a seguir o seu processo de trabalho empregando o BIM na obra da Fundação Louis Vuitton em Paris inaugurado em 2014. Gehry geralmente parte de um croqui inicial, um esboço feito a mão de suas primeiras ideias para a edificação como mostra a Figura 5.

Figura 5: Esboço do partido da Fundação Louis Vuitton em Paris, projeto de Frank Gehry



FONTE: www.archdaily.com.br/br/756545/fundacao-louis-vuitton-de-gehry-em-paris-os-criticos-respondem

Após os primeiros desenhos, sua equipe elabora protótipos físicos para os estudos de volumetria. A Figura 6 mostra uma das maquetes para o projeto da Fundação Louis Vuitton.

Figura 6: Frank Gehry e a maquete física para estudo de volumetria do projeto.

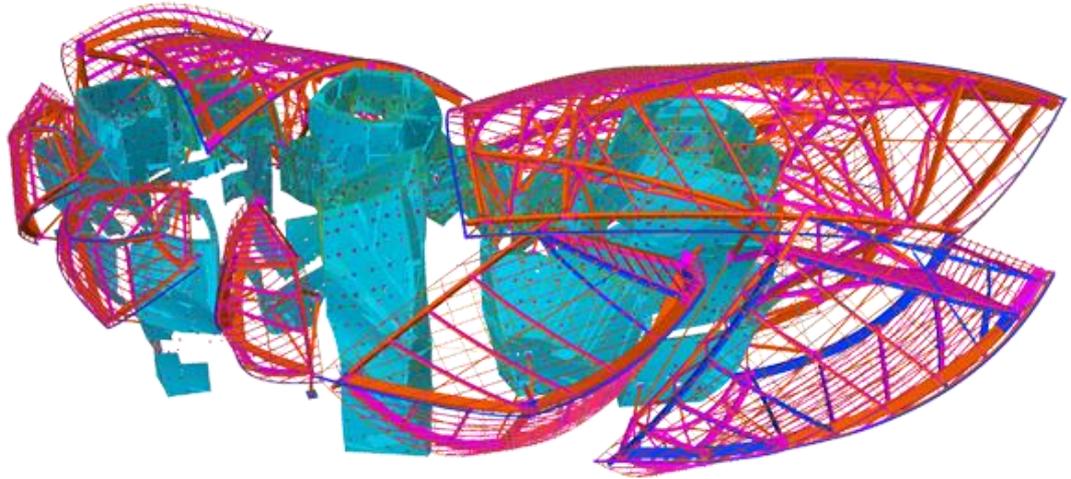


FONTE: www.casacombossa.com.br/projeto-fundacao-louis-vuitton-frank-gehry

Com isso, segue para a modelagem 3D utilizando o *software* desenvolvido por seu escritório, o Digital Project. Para as estruturas metálicas que sustentam as “velas” de vidro do projeto foi necessária a interoperabilidade com o *software* Tekla (ferramenta BIM específica para projetos de estrutura metálica). As peças de alumínio que revestem a fachada são diferentes em dimensões e formatos e foram detalhadas através das ferramentas Rhino e Grasshopper. O Grasshopper é uma interface gráfica (*plugin*) para o *software* Rhinoceros, que é um modelador geométrico de formas complexas, que permite programar e estabelecer parâmetros para controle das formas geradas (variações paramétricas).

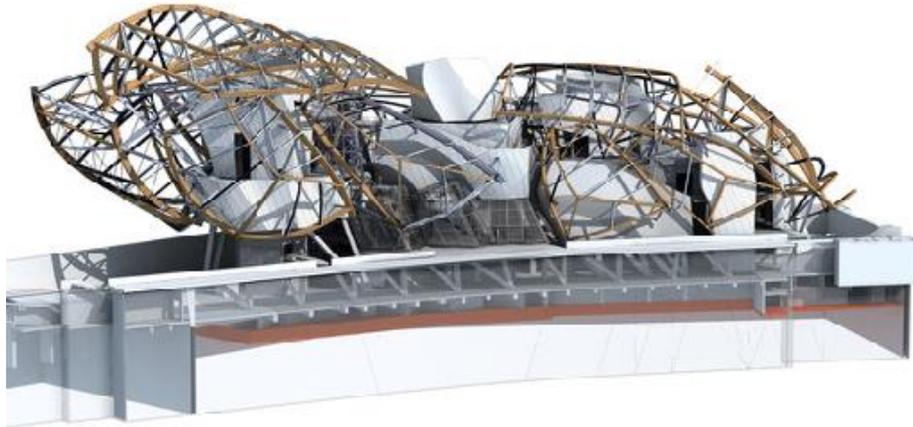
O IFC viabilizou a troca de informações entre as diversas ferramentas utilizadas no projeto. Ao longo deste processo, foi desenvolvido um sistema de compartilhamentos de dados, através de um “servidor na nuvem” que controlava as versões do projeto, assim como a distribuição de informações simultâneas a todos os envolvidos. A Figura 7 e a Figura 8 mostram respectivamente o modelo geométrico elaborado com o Tekla e o com Digital Project.

Figura 7: Imagem do *Software Tekla* e as estruturas metálicas detalhadas.



FONTE: www.tekla.com/references/fondation-louis-vuitton-dream-come-constructable

Figura 8: Modelo 3D do edifício elaborado no Digital Project.



FONTE: www.forbes.com/sites/yjeanmundelsalle/2014/10/07/the-long-awaited-fondation-louis-vuitton-will-open-its-doors-in-paris-on-october-27

Na fase de obra, a Gehry Technologies fez a gestão de projeto, ou seja, o controle das etapas da obra, e o acompanhamento mais apurado junto com os construtores e os fornecedores de materiais. A precisão da construção foi monitorada com equipamento a laser e este trazia informações de volta ao modelo. A Figura 9 mostra o canteiro de obras da Fundação.

Figura 9: Imagem do Canteiro de Obras.



FONTE: <http://www.gehrytechnologies.com/en/projects/4/>

Também foram feitas simulações no modelo como: circulação do fluxo de pessoas, análise de iluminação natural incidindo no modelo, modelagem da paisagem entorno da edificação e perspectivas de novos cenários no futuro, posição e otimização de câmeras de segurança e análises risco e combate a incêndios. Ademais, o modelo agrega informações sobre a manutenção de rotina e a durabilidade dos materiais e das instalações.

Observa-se que neste empreendimento houve a preocupação de que o modelo BIM contivesse informações para uso ao longo do ciclo de vida da edificação. Isso garantiu qualidade e otimização na construção, que foi reconhecido com os prêmios *Building Information Model Prize of Excellence* do *American Institute of Architects* e o *National Grand Prix of Engineering* do Governo francês antes mesmo de ser construído. A Figura 10 apresenta a imagem da obra concluída.

Figura 10: Obra concluída em 2014.



FONTE: www.archdaily.com.br/br/756545/fundacao-louis-vuitton-de-gehry-em-paris-os-criticos-respondem

2.2 FRANK GEHRY

Frank Gehry nasceu em Toronto no Canadá no ano de 1929 e se naturalizou americano. Estudou artes plásticas, e depois Arquitetura e Urbanismo pela Universidade do Sul da Califórnia e Planejamento Urbano pela Universidade de Harvard. Gehry deu início a sua carreira em Los Angeles, quando em 1962 fundou o escritório *Frank O. Gehry and Associates*. No ano de 1979, seu escritório passou a chamar *Gehry and Krueger Inc*. Em 2002, novamente mudou de nome e passou a se chamar *Gehry Partners*, abrindo sociedade com outros arquitetos que auxiliam atualmente no desenvolvimento dos projetos.

Gehry ao longo de seus projetos compôs suas obras no estilo desconstrutivista. O desconstrutivismo surgiu por volta dos anos 70 e tem como característica o trabalho com linhas e planos inclinados, sobretudo em posição aparentemente instável. Explorando as estruturas sólidas dos edifícios até o seu limite e representam a ideia de desafio da natureza, exibindo a instabilidade, a incompletude, a imperfeição e o desequilíbrio como cita COLIN (2009). Deste mesmo estilo seguem arquitetos consagrados também internacionalmente como Rem Koolhaas e Zaha Hadid. As edificações com referências desconstrutivistas são compostas de diferentes materiais e formas, passando do concreto maciço à utilização de madeira compensada e placas de aço.

No início da sua carreira, Gehry projetou uma série de móveis diferenciados feitos em papelão chamados de *Easy Edges* entre os anos de 1969 e 1973. Um exemplo destes móveis é mostrado na Figura 11.

Figura 11: Poltrona Wiggle Side da série Easy Edges, 1972.



FONTE: www.design-museum.de/en/collection/100-masterpieces/detailseiten/wiggle-side-chair-frank-o-gehry.html

Seu primeiro projeto arquitetônico que chamou atenção foi a reforma de sua casa em Santa Mônica, em 1978. Nesta obra, Gehry manteve a casa existente e introduziu uma série de elementos em madeira, vidro, alumínio e alambrados.

“Tive a ideia de construir a nova casa ao redor da antiga. Nos disseram que haviam fantasmas na casa... Eu decidi que eram fantasmas do Cubismo. As janelas... eu queria fazer como se elas estivessem rastejando para fora dessa coisa. À noite, por causa do vidro inclinado a luz é espelhada nele... Então, quando você está sentado nessa mesa, você vê todos esses carros passando, você vê a lua no lugar errado... a lua está ali, mas se reflete aqui... e você pensa que está lá em cima, e você não sabe onde diabos você está [...]” (GEHRY. *Apud* HOLANDA, 2012)

Figura 12: Residência de Gehry em Santa Mônica, 1978



FONTE: www.archdaily.com.br/br/01-75579/classicos-da-arquitetura-casa-gehry-frank-gehry/75579_75594

Após o projeto da sua própria residência, ficou bastante requisitado e chamado para elaborar projetos de diversas residências, museus, supermercados e *shopping centers*.

A Figura 13, mostra a obra concluída em 1984 para o Museu Aeroespacial da Califórnia. Na década de 80, Gehry passou a trabalhar com materiais cada vez mais distintos e com formas cada vez mais inusitadas. Sua arquitetura transcendia a sua função, seus projetos remetiam a colagens de diversos elementos geométricos, explorando a própria estrutura da edificação.

Figura 13: Uma das obras de Gehry na década de 80, o California Aerospace Museum, 1984



FONTE: Adaptado de www.pritzkerprize.com/1989/works

Enquanto Gehry desenvolvia a sua obra, nos anos 80, começaram a existir diversos “programas gráficos”, que acabaram modificando a maneira de se projetar em arquitetura. Em 1982, surgiu a Autodesk apresentando o AutoCad Release 1, programa criado para elaboração de projetos. Outros concorrentes aparecerem ao longo dos anos 80 e o primeiro *software* com características BIM, o ArchiCAD da empresa Graphisoft, surgiu no mercado em 1989 segundo Nardelli (2005).

No ano de 1989, após concluída a obra do Museu Vitra na Alemanha, primeiro projeto na Europa, Gehry não se conformou que sua solução projetual dada à escada helicoidal, não representava de fato o que ocorreu na obra como conta no documentário sobre a sua obra (POLLACK, 2005). Isso marca o início da sua frustração, e do questionamento a seus parceiros se não havia uma forma melhor de descrever aqueles elementos.

Figura 14: O Museu Vitra, de 1989 na Alemanha. Gehry se incomodou com o fato de que a forma executada na escada helicoidal não correspondia com as representações do projeto em 2D.



FONTE: www.archdaily.com/211010/ad-classics-vitra-design-museum-and-factory-frank-gehry

Em 1988, Gehry foi chamado para elaborar o projeto do Wall Disney Concert Hall, na cidade de Los Angeles. Criou um projeto muito complexo e foi considerado inexecutável pelas construtoras consultadas pela Disney, que suspendeu sua execução (ARANTES, 2008 p. 183). Entretanto, ele não desistiu do seu projeto e recorreu ao CATIA, um *software* utilizado pela indústria aeroespacial francesa. Este programa permitiu que fossem capturadas malhas tridimensionais através de suas

maquetes, definindo as coordenadas que permitiram detalhar a forma e todo seu sistema estrutural da edificação.

Eu comecei a fazer formas que eram difíceis de desenhar. Isso levou-nos para o computador e para o *software* CATIA que me fez perceber as possibilidades, o nível e o grau de precisão que poderia criar em seus documentos e suas relações por causa do *software*. (GEHRY *apud* ARCSPACE.COM, 2007)

O CATIA não foi suficiente para convencer a Disney a executar o seu projeto. Somente após a conclusão da obra do Museu Guggenheim em Bilbao na Espanha em 1997, foi autorizada a construção do Wall Disney Concert Hall. Há quem diga que o Museu foi um divisor de águas na história da arquitetura. Não só pelo conjunto de tecnologias associadas na concepção e na construção desta edificação, mas também pelo elemento escultórico e cultural introduzido naquela cidade.

Entre os destaques feitos para a obra do Guggenheim de Bilbao está o de que a aplicação CATIA proporcionou economia de tempo e uso eficaz dos materiais, bem como precisão na documentação para execução; o que, de um lado, proporcionou economia de recursos financeiros e, de outro, possibilitou a geração de formas arquitetônicas sem ela dificilmente viabilizáveis. Associa-se a isso o fato de Gehry defender a ideia de que o computador, ao contrário do que acreditam alguns, pode aproximar o arquiteto tanto do processo de construção quanto dos clientes, além de ajudar a “manter o ímpeto e a variedade formal”. (GHIZZY, 2003)

Figura 15: Museu Guggenheim em Bilbao na Espanha de 1997, obra considerada um divisor de águas na arquitetura contemporânea



FONTE: arktetonix.com.br/2011/07/ark-inspiration-143-%E2%80%93-museu-guggenheim-bilbao

A obra do Wall Disney Concert Hall foi finalizada em 2003, quase 16 anos após sua concepção. Para a sua viabilização econômica, foi feita a pré-fabricação

de uma maior variedade de peças para as fachadas da edificação com a ajuda do CATIA. Para a obra se tornar viável financeiramente, as peças foram padronizadas para serem pré-fabricadas como também não correr o risco delas não se ajustarem quando instaladas. Esta obra, foi uma das primeiras a se utilizarem do modelo 3D unido ao planejamento da construção (BIM 4D).

Figura 16: Wall Disney Concert Hall em Los Angeles de 2003. Após o sucesso do Guggenheim em Bilbao, a Disney autorizou a construção do edifício



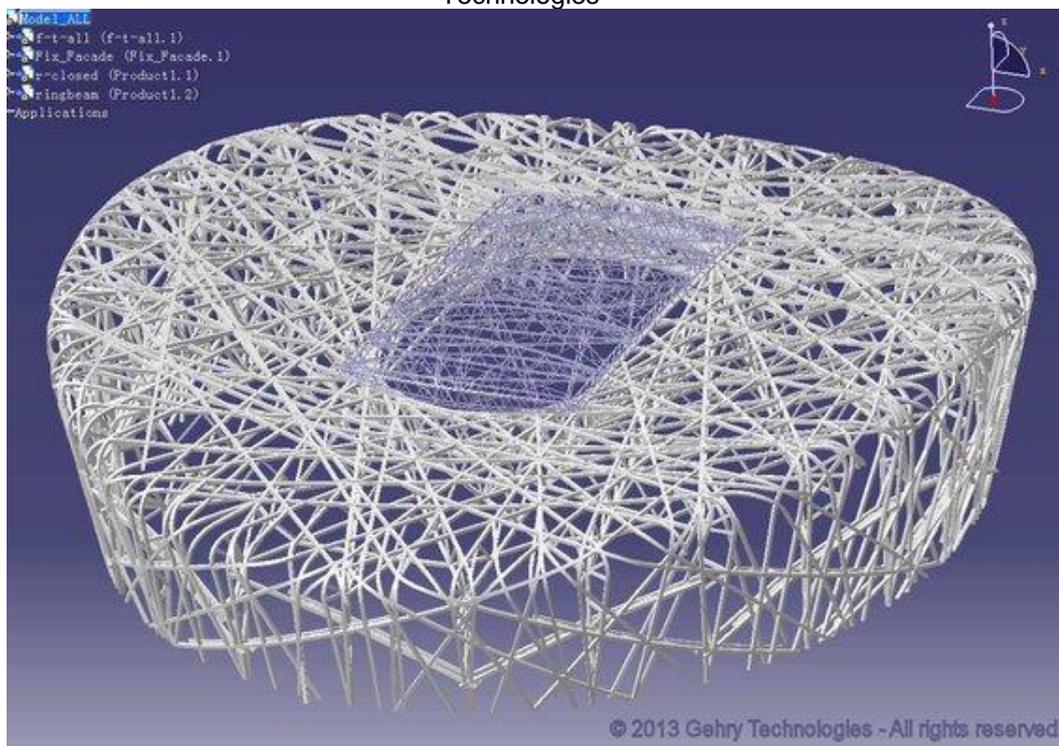
FONTE: Adaptado de ppmechanical.com/portfolio/disneyconcerthall

Após muitos projetos e muitos estudos com o CATIA, em 2002 Gehry desmembrou parte de sua equipe para fundar a Gehry Technologies. Ele visualizou o fornecimento das suas tecnologias aplicadas a AEC aos seus concorrentes, ao dizer “Eu estou treinando a competição” (GEHRY *apud* CHANG, 2015). Inicialmente a GT revendia o CATIA e oferecia o treinamento e a configuração do *software* para arquitetos. Ao longo do tempo, a GT percebeu que era preciso que o *software* tivesse recursos próprios para a arquitetura, logo firmaram parceria com a Dassault Systèmes e desenvolveram um *software* específico para arquitetos em 2005, o Digital Project.

A GT passou a gerenciar projetos de outros escritórios de arquitetura como o fez para o estádio dos Jogos Olímpicos em Pequim na China, o Ninho de Pássaros, construído em 2008 com autoria dos arquitetos Herzog & de Meuron, visto na Figura

17. Com isso a GT ganhou uma visão sobre como outras empresas operam e onde a tecnologia podia gerar mais impacto, a partir disso foram desenvolvidas novas tecnologias para integração e comunicação entre as várias ferramentas.

Figura 17: Projeto do Estádio em Pequim na China, mais conhecido como “Ninho de Pássaros”, obra de 2008 do escritório de Herzog & de Meuron feita com o uso do BIM com a assessoria da Gehry Technologies



FONTE: priceonomics.com/the-software-behind-frank-gehrys-geometrically/

Frank sempre achou que nos primeiros anos de seu trabalho, sua habilidade de explorar arquitetura e questões criativas eram sempre limitados pela forma como a indústria da construção é configurada. Assim, o foco do escritório é tentar libertar a si mesmo e tomar o controle da situação, e ser capaz de se fortalecer para explorar todas essas questões. Isso tem a ver com o processo de projeto, a maneira como o escritório é organizado, e muito tem a ver com o uso de tecnologia, como tecnologia aeroespacial e CATIA, que o libertou do tipo de amarras que a indústria da construção impõe, para explorar o tipo de estética e conceitos formais que o interessam. Portanto, o projeto de seu escritório é uma parte importante de seu legado, que é diferente de um escritório tradicional. (CHAN *apud* ANSARI, 2013)

Muitas das obras de Gehry impulsionaram este setor do seu escritório a elaborar novas soluções e estratégias para seus projetos tornarem viáveis, como consequência captar novos clientes. No caso do projeto do *Beekman Tower*, localizado na cidade de Nova York, um edifício de 78 andares inaugurado em 2011, foi necessário um exato controle de custos frente à crise que passavam os Estados Unidos em 2008. Gehry não abriu mão de uma fachada bem elaborada em contrapartida era o que causava maior impacto financeiramente na obra. Segundo

Webb, sócio de Gehry, *apud* Grunow (2012) através dos programas de modelagem digital e gerenciamento BIM, o escritório de arquitetura realizou simulações nas fachadas para se enquadrar no orçamento do cliente e estabeleceu diálogo com o fabricante das peças metálicas e com o empreendedor. Isto garantiu a integridade da textura do desenho de Gehry, compondo-se a fachada com 10% de painéis de curvatura acentuada, 40% de curvatura suave e os demais planos.

Figura 18: Imagem do arranha-céu projetado por Gehry, o Beekman Tower. Sua fachada é composta por painéis com curvaturas, que sofreu simulações no *software* BIM para se enquadrar no orçamento do cliente.



FONTE: arcoweb.com.br/projetodesign/arquitetura/frank-gehry-asymptote-arquitetura-digital-28-03-2012

Um dos seus últimos notórios projetos, a Fundação Louis Vuitton (Figura 19), localizado em Paris, foi inaugurado em 2014. O cliente neste projeto apoiou o uso generalizado de BIM, com o uso de *softwares* específicos, além de planejamentos da construção e orçamentos (BIM 4D e 5D) como também incentivou o uso na comunicação interna de colaboradores, curadoria, operações e planejamento de manutenção (BIM 6D). Neste projeto, o escritório de Gehry desenvolveu um sistema de colaboração BIM com gestão da distribuição, controle de versão, acesso e segurança do modelo ao longo do seu desenvolvimento por equipes distribuídas em todo o mundo. A estrutura precisa para a organização dos dados permitiu uma equipe de mais de 200 profissionais da construção para colaborar de uma forma estruturada em um modelo único de projeto.

Figura 19: Imagem da Fundação Louis Vuitton, localizado em Paris. Neste projeto a GT desenvolveu um sistema de colaboração BIM na nuvem.



FONTE: au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/edificios/como-uma-nuvem-de-vidro-frank-gehry-assina-o-projeto-326538-1.aspx

2.3 DIGITAL PROJECT E GEHRY TECHNOLOGIES

O Digital Project (DP) foi desenvolvido baseado no CATIA, fabricado pela Dassault Systèmes 3D. O CATIA foi utilizado por Frank Gehry para viabilizar a construção de seus projetos na década de 90, absorvendo o processo inicialmente criado para a indústria aeroespacial. O DP é um *software* mais simples que o CATIA, capaz de interagir com outras ferramentas BIM. Foi desenvolvido pela Gehry Technologies em parceria com a Dassault Systèmes 3D para difundir os métodos de concepção de projetos e construção de obras para o resto do mundo.

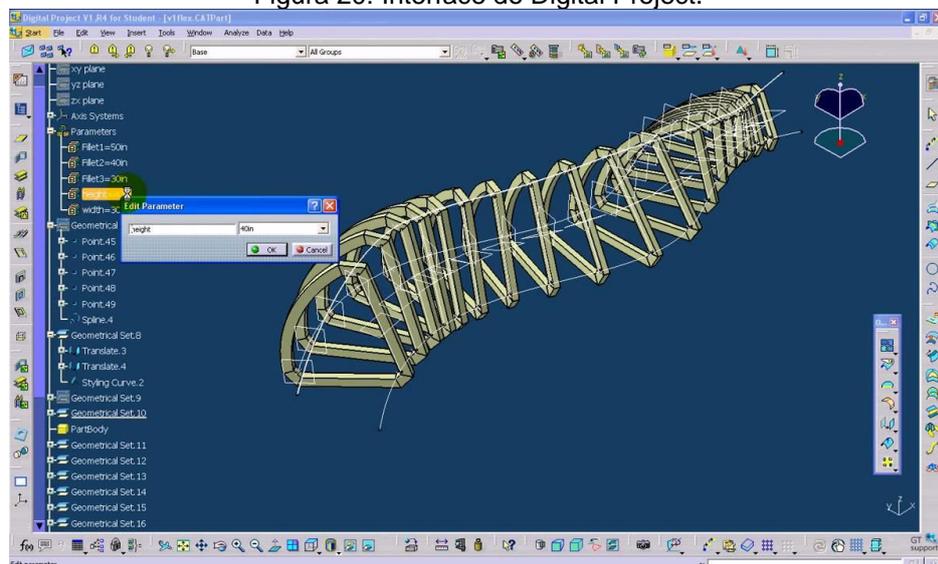
O DP, como outros *software* BIM, permite que as equipes de projeto possam criar e gerenciar a construção de modelos de informação de construção. Ao contrário dos sistemas CAD, onde a abordagem convencional de um projeto é armazenada em múltiplos arquivos de desenhos e documentos de especificação.

O DP também introduziu o conceito de parâmetros e restrições para atribuir informações não geométricas nos modelos 3D. Ao modelo são integradas as diferentes disciplinas (Arquitetura, Engenharia Estrutural, Instalações) com possibilidades de executar o choque e a detecção de interferências automatizadas, permitindo que estes conflitos espaciais sejam automaticamente detectados e notificados.

O modelo BIM é gerenciado através de uma árvore de desenhos, como ocorre também em outras ferramentas BIM. O DP possui interoperabilidade com os outros sistemas BIM através do IFC. O *software* ainda fornece um conjunto de

padrões para elaboração de sistemas de classificação de biblioteca de componentes, onde pode-se filtrar por tipo. As empresas podem criar seus próprios padrões personalizados para atender às suas necessidades, por exemplo uma construtora pode ter seus próprios códigos de custo para a estimativa e rastreamento de valor agregado em um projeto. Isso facilita o uso avançado do BIM, onde o modelo pode estar ligado ao planejamento da obra através de *software* específicos e ao BIM 5D extraíndo dele orçamentos. Para o uso correto de integração entre os programas, é necessário que o modelo tenha os mesmos códigos gerados pela planilha de orçamento e cronograma da obra. A comercialização do Digital Project era feita pela Gehry Technologies até o ano de 2014.

Figura 20: Interface do Digital Project.



FONTE: Adaptado de www.youtube.com

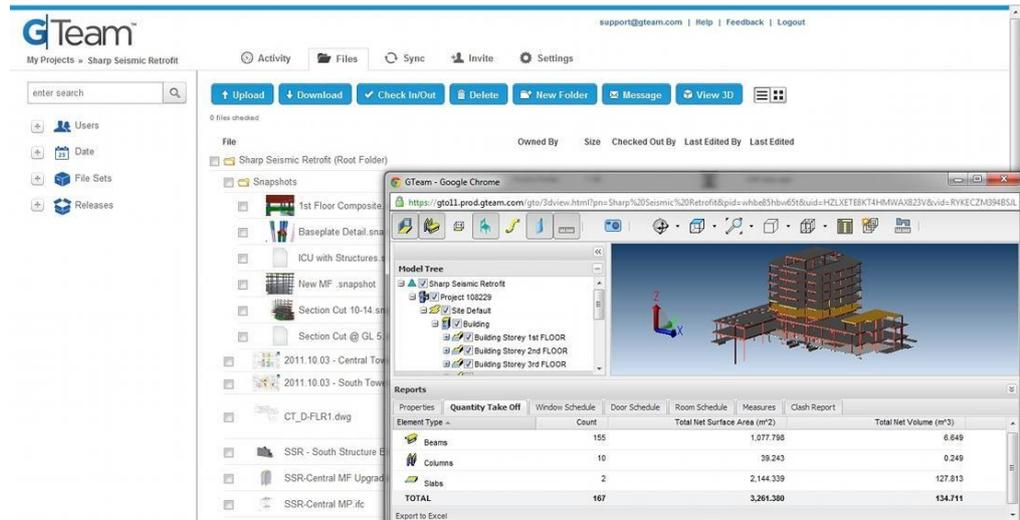
Impulsionado por Frank Gehry em agregar melhorias de processo na arquitetura e construção e alcançar obras ambiciosas com confiança e precisão, a GT conquistou vários clientes da área da AEC. A GT é um grupo composto por diversos arquitetos, engenheiros, construtores, cientistas da computação e consultores de gestão. Para permitir que se obtenha uma melhor gestão de complexidade técnica e organizacional, a GT trabalha com os clientes, equipes do projeto e construtores desenvolvendo sistemas de entrega de projetos personalizados que simplificam o fluxo de informação desde a concepção até a execução e operação.

Ao ser contratada, a GT faz uma avaliação sobre os objetivos do cliente, do projeto e de que forma é feito este gerenciamento. A partir daí faz implementações de sistemas de gerenciamento do projeto e da construção. De forma que é feita uma orientação estratégica para a utilização de especificações e contratos para a gestão de resultados da modelagem paramétrica e o uso de BIM para a fabricação, montagem e operação.

A GT também oferece o desenvolvimento de planejamento BIM 4D através de simulações e de otimização logística, que gera precisão, exatidão e visibilidade para a execução da obra. A equipe de Gehry não trabalha apenas com o Digital Project, eles dão suporte a todos os programas BIM e os que fazem a interoperabilidade com o sistema de planejamento como o MS Project, Primavera, entre outros.

Em 2009, na fase de projeto da Fundação Louis Vuitton em Paris, o escritório começou a desenvolver uma plataforma de colaboração, que ficou sendo chamada de GTeam (Figura 21). O GTeam permite que o usuário visualize o projeto através do seu navegador de internet, controlando quem pode visualizar e baixar os arquivos do projeto. Este sistema é muito semelhante aos dos *websites* de gerenciamento de projetos *online*, mas com a possibilidade de os usuários se comunicarem entre si através de um “bate-papo” com tecnologia Skype. Os colaboradores podem ainda editar simultaneamente os modelos respectivos dentro do projeto similarmente ao que ocorre com o Google Docs. Muitos arquitetos reconhecidos internacionalmente e muitos de seus projetos tiveram parcerias com a GT e utilizam esta plataforma como: Zaha Hadid, Asymptote, Hersog& de Meuron entre outros.

Figura 21: Interface da Gteam, plataforma de gerenciamento, compartilhamento e visualização de arquivos desenvolvida pela Gehry Technologies.



FONTE: priceonomics.com/the-software-behind-frank-gehrys-geometrically/

Em setembro de 2014, a Trimble adquiriu a GT como uma aliança estratégica com Frank Gehry para integrar o fluxo de trabalho entre as indústrias da AEC. A Trimble, que já era dona da Tekla (*software* BIM de engenharia estrutural) e do SketchUp (*software* de modelagem geométrica), visou ampliar sua plataforma de *software* com a gestão de projetos em nuvem e a plataforma de colaboração da GT. O Digital Project ficou fora desta aliança e se tornou uma empresa independente.

Esta fusão é um sonho para mim. Na Trimble, encontramos um parceiro que possui ambições e objetivos afins para criar eficiências no setor de AEC, permitindo que a criatividade da profissão de arquitetura floresça, e oferecendo soluções criativas de valor agregado dentro da realidade da nossa conjuntura econômica. Estou muito animado em ampliar a nossa missão com um excelente novo parceiro. (GEHRY *apud* RAWN, 2014).

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa tem caráter exploratória, através do processo bibliográfico sobre o BIM e sobre o arquiteto Frank Gehry como também analisar exemplos que estimulem a compreensão do uso do BIM por dentro do método de projetar do arquiteto. O trabalho primeiramente visa elaborar um entendimento sobre o processo BIM através da literatura principal o Manual de BIM, cujos autores são destaques e principais teóricos sobre o assunto. Ademais, outros pesquisadores brasileiros do BIM contribuíram para o referencial teórico como Santos (2012), Florio (2007) e Scheer (2009). Como o BIM vem tomando destaque cada vez mais no cenário da construção civil, foi ainda necessário buscar informações atualizadas em revistas e *websites* da AEC.

Em seguida, este trabalho traz a análise de exemplos BIM na prática através das obras do arquiteto Frank Gehry. Para isso foi importante debruçar sobre sua biografia e entender sua relação com o uso do BIM. Ainda saber a evolução deste processo e quais contribuições o BIM resultou em sua arquitetura.

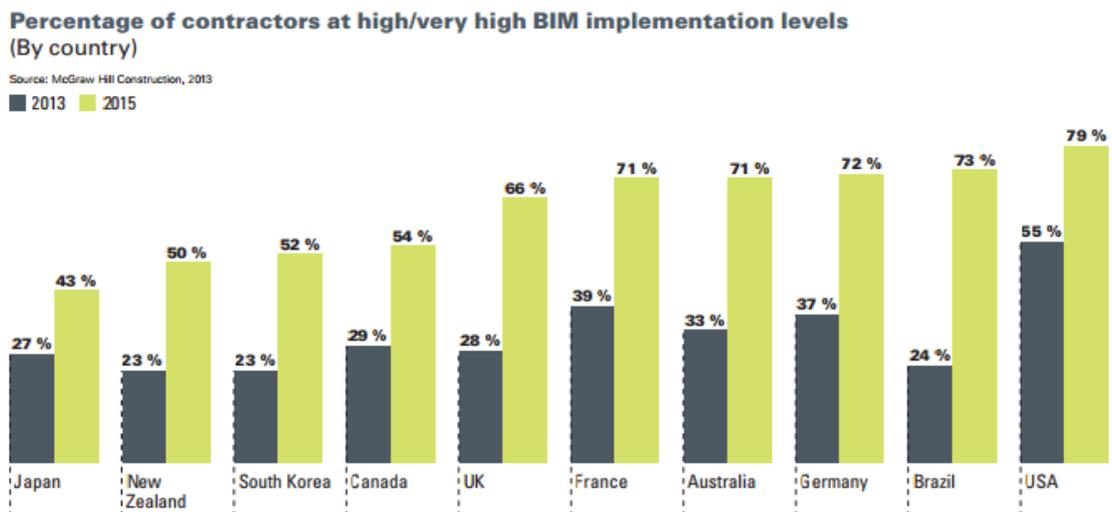
Por Gehry ser um dos pioneiros do uso do BIM é muito acessível informações sobre este tema seja nas revistas, livros e internet. Em 2005, expôs seu método projetual, seu escritório, seus parceiros e suas obras em um documentário dirigido por Sydney Pollack, chamado Sketches of Frank Gehry (Esboços de Frank Gehry). Sobre o Digital Project e a Gehry Technologies foram trazidas referências dos seus próprios *websites*.

Dos dados sobre o BIM, foi feito um apanhado sobre os primeiros conceitos, suas principais características e seus desdobramentos na atualidade. Como sequência uma breve biografia sobre Frank Gehry e o estilo como o definiu como um dos principais arquitetos contemporâneos. Com a cronologia de suas obras, foi se mostrando o ponto de partida para o uso do *software* de modelagem 3D que mais à frente progrediu para a evolução do uso do BIM.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No panorama mundial o uso do BIM vem crescendo acelerado nos países desenvolvidos. Desde 2007, a McGraw Hill Construction vem acompanhando de perto os impactos do BIM, através de relatórios do *Smart Market Report*, de como a construção civil vem se transformando pela nova concepção e pelo novo processo no mundo. Três quartos de donos de construtoras, arquitetos e engenheiros questionados na pesquisa da *Dodge Data & Analytics* para a *Smart Market Report* relataram um retorno positivo de seus investimentos com o uso do BIM. Foram apresentadas informações de redução de erros, omissões nos projetos e retrabalho, além de menores custos de construção. Contratantes em todos os mercados analisados na Figura 22 estão planejando investimentos significativos para expandir o uso do BIM, incluindo o foco nos processos internos e nos procedimentos de colaboração.

Figura 22: Gráfico que mostra o Percentual de Construtoras na implantação no nível elevado/muito elevado do Bim por país no ano de 2013 e projeção para 2015, incluindo o Brasil nesta pesquisa.



FONTE: cpstec-public.sharepoint.com/SiteAssets/SmartMarket_Brasil.pdf

Alguns países analisados na pesquisa mostrada na Figura 22, que já adotaram o BIM e que estão em estágios mais avançados tiveram incentivos do governo. No Reino Unido por exemplo, em 2011 foi publicado pelo Gabinete de Governo um relatório, na qual todos os projetos federais a partir de 2016 só serão aceitos em BIM no nível 2 (modelagem e interoperabilidade). O Governo do Reino Unido iniciou esta medida para modernizar este setor da Construção Civil com o objetivo principal de reduzir: o custo nas construções, as emissões de gases de

efeito estufa, como o CO₂ e o custo de operação e manutenção das edificações. Para a concretização destes objetivos, houve a adoção do BIM como processo colaborativo e expectativas de novas formas mais eficientes de trabalhar em todas as fases do ciclo de vida do empreendimento.

De acordo com Suzuki (2015), os Estados Unidos avaliaram em 2002 as perdas estimadas na Construção Civil de 15 bilhões de dólares. Além da General Services Administration (GSA) ter decretado em 2006 que os novos edifícios públicos a serem projetados e construídos deveriam utilizar o BIM, o mercado americano disparou com a ajuda dos fabricantes de *software*.

No Brasil não existe levantamento das perdas estimadas neste setor, porém o uso e incentivo de BIM vem acontecendo mesmo que de forma menos acelerada que o apresentado na pesquisa do McGraw Hill Construction. Em 2014, foi lançada a 3ª parte da Norma ABNT 15965: 2014 – (Sistema de classificação da informação da construção - Parte 3: Processos da construção), que apresenta a estrutura de classificação que define os processos da construção na aplicação de BIM. Também no Brasil as licitações estão demandando a aplicação de BIM, o Governo de Santa Catarina e o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT) são pioneiros nisso segundo SANTOS (2014). Outro exemplo onde vem ocorrendo o uso do BIM é o Metrô em São Paulo, no qual foi criado um Grupo de Trabalho BIM, que elaborou Manuais de Diretório BIM para as empresas contratadas segundo (MAINARDI, 2015).

É notório que a aplicação de BIM se inicia nos projetos de arquitetura, e depois se difunde para as outras disciplinas. Pois deve-se partir de uma modelagem e é necessário o planejamento para esta transição nas diferentes esferas da AEC como: empresas de projetos, construtoras, governo e fornecedores de materiais e equipamentos.

Talvez Frank Gehry não imaginasse que caminhos o levariam àquela decisão de modificar sua forma de conceber os projetos. Logo, os resultados conduziram a obra do Museu Guggenheim a ser um marco de transição deste processo.

As experiências de Frank Gehry, as ações governamentais e os relatórios apresentados comprovam que o uso de BIM não é um modismo e sim um modelo de negócio. Com o BIM, Gehry espera que isto possa levar ao aumento de eficiência e a um modo menos custoso de se produzir as edificações. Atualmente, as trocas de

informações entre arquitetos, equipes de construção e autoridades são feitas por meio de papel, mas as experiências bem-sucedidas de Gehry em eliminar o papel deste processo é um passo na direção certa.

Na utilização dos sistemas CAD 2D, os edifícios são elaborados a partir de desenhos, isto envolve ainda um somatório grande de documentos em papel na obra. Com o uso do BIM, as informações digitais 3D são projetadas e documentadas em um modelo único transformando numa construção virtual 100% digital e integrada.

Com o auxílio de plataformas móveis, a exemplo de: celular, *tablet* e *notebook*, tanto os projetistas, que trabalham em escritórios, até os encarregados no canteiro de obras têm as informações em tempo real. Estes dispositivos estão sendo cada vez mais utilizados para dúvidas e discussões antes da execução das etapas na obra, facilitando o entendimento de todos.

No caso específico de Gehry, o BIM serviu para viabilizar as propostas de edificações complexas. Sem o *software* CATIA e sua experiência com o Museu Guggenheim, o Wall Disney Concert Hall não teria sido construído. Talvez, se não tivesse optado por tecnologia, Gehry teria mudado sua concepção para tentar algo mais fácil de executar. As dificuldades que ele mesmo criava com seus projetos se tornaram um desafio para sua equipe. Tanto que em 2002 parte do seu escritório passou a estudar e pesquisar a evolução do BIM.

Nota-se nas obras de Frank Gehry uma transformação, dos anos 80 até os dias de hoje, em sua arquitetura no estilo desconstrutivista. Ao passo que, cada vez mais sua arquitetura tem esta identidade se compararmos com projetos da sua fase inicial. Não só pelas formas mais também com a utilização de materiais cada vez mais diversificados. Com toda esta desconstrução há uma evolução da tecnologia associada. Desde um simples modelo 3D utilizado no Guggenheim em Bilbao, passando pelo modelo 4D na obra do Wall Disney Concert Hall até chegar nas dimensões 5D e 6D na Fundação Louis Vuitton.

O BIM se tornou uma ferramenta indispensável para os projetos de Gehry e sua equipe. Desenvolvendo um trabalho que se fosse feito apenas em 2D não chegaria a completa exatidão como no sistema BIM. Com a revolução da arquitetura na era digital, seus projetos passaram a ser cartão de visitas e a Gehry Technologies começou a prestar serviços para outros escritórios de arquitetura. Isto foi um ponto chave para desenvolver e espalhar as experiências do BIM em obras

de outros arquitetos pelo mundo. Como também libertar os arquitetos das formas quadradas e simples, permitindo a criação de projetos mais complexos com o auxílio de ferramentas, que possibilitam isso.

Com o auxílio do BIM, o arquiteto se torna livre para pôr toda sua criatividade em suas obras. Com o uso correto das tecnologias, os projetistas conseguem resolver todos os problemas que possam surgir, resultando em obras cada vez correspondentes ao modelo virtual com rigor e precisão.

5. CONCLUSÃO

Não há dúvidas, os resultados do uso de BIM comprovam que a evolução deste processo influenciou na qualidade das obras de Frank Gehry com o passar dos anos. Como também os avanços da Gehry Technologies vêm modificando não só as obras de Gehry como também a de diversos arquitetos espelhados pelo mundo. A associação com a Trimble comprova o sucesso e o reconhecimento desta empresa que só tende a crescer. Pois, como disse Eastman, O BIM pode nos levar a dimensões e oportunidades infinitas e Gehry vem demonstrando isto em suas obras. Como pode-se observar neste trabalho apresentado, Eastman está para as teorias do BIM assim como Gehry está para as práticas, demonstrando exemplos de como o sistema pode funcionar.

De acordo com o BIM, arquitetos e demais projetistas ganham tempo em resolver problemas antecipadamente, agregando qualidade final nas edificações. No entanto, as tecnologias por si só, não transformam um simples projeto em algo extraordinário. Deve-se utilizar estes novos recursos tecnológicos para viabilizar economicamente concepções de projetos de maneira eficiente e que atendam às demandas da sociedade contemporânea.

O BIM já é uma realidade e muitos países já exigem o uso para projetos de edifícios públicos. As pesquisas e os resultados demonstrados neste trabalho apontam um crescimento deste uso. Frank Gehry foi o tema inspirador deste trabalho de fim de curso, com o intuito de contribuir para disseminar o uso deste processo, que permite possibilidades infinitas para quem quiser investir e pesquisar.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSARI, Iman. Sobre Arte, Urbanismo, e Gehry em LA: Uma conversa com Edwin Chan (On Art, Urbanism, and Gehry in LA: A Conversation with Edwin Chan).

ArchDaily Brasil, 21 out. 2013, Trad. Naiane Marcon. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/147658/sobre-arte-urbanismo-e-gehry-em-la-uma-conversa-com-edwin-chan>>.

Acesso em: 23 jul. 2015.

ARANTES, Pedro. O grau zero da arquitetura na era financeira. **Novos estudos CEBRAP**, n° 80, São Paulo, mar. 2008, p. 175-195. Disponível em: <

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-33002008000100012&script=sci_arttext>.

Acesso em: 23 jul. 2015.

DIGITAL PROJECT Frank Gehry's Vision. **Arcspace.com**, 12 mar. 2007. Disponível em: <<http://www.arcspace.com/exhibitions/unsorted/digital-project/>>.

Acesso em: 10 jan. 2015.

PRITZKER 1989 - Frank O. Gehry. **Arqbacana**, 27 out. 2011. Disponível em:

<<http://www.arqbacana.com.br/internal/news/read/844/pritzker-1989---frank-o%20-gehry>>.

Acesso em: 13 maio 2015.

BARATTO, Romullo. O software de Frank Gehry entra na nuvem e promove a construção sem papel. **ArchDaily Brasil**, 01 maio 2013. Disponível em:

<<http://www.archdaily.com.br/111517/o-software-de-frank-gehry-entra-na-nuvem-e-promove-a-construcao-sem-papel>>.

Acesso em: 25 jul. 2015.

CABRAL FILHO, J. S. .Tecnologia Computacional – desaparecimento ou renascimento da Arquitetura. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo (PUCMG)**, Belo Horizonte -MG, v. 8, n. 8, p. 117-127, 2001. Disponível em:<

<http://www.mom.arq.ufmg.br/lagear/textos/a-interacao-da-arquitetura-com-a-informatica-o-fim-da-arquitetura/>>

Acesso em: 25 jul. 2015.

CAMPOS, Claudia. O copo está meio: Os progressos do BIM no Brasil e no mundo. **Idgnow**, 24 jun. 2015. Disponível em:< <http://idgnow.com.br/ti-corporativa/2015/06/24/o-copo-esta-meio-cheio-os-progressos-do-bim-no-brasil-e-no-mundo/>>

<<http://idgnow.com.br/ti-corporativa/2015/06/24/o-copo-esta-meio-cheio-os-progressos-do-bim-no-brasil-e-no-mundo/>>

Acesso em: 27 jul. 2015.

CHANG, Lian. The Software Behind Frank Gehry's Geometrically Complex Architecture. **Priceonomics**, 12 maio 2015. Disponível

em:<<http://priceonomics.com/the-software-behind-frank-gehrys-geometrically/>>

Acesso em: 15 jul. 2015.

COLIN, Sílvio. As Estruturas. Estruturalismo, pós-estruturalismo e arquitetura. Para entender o desconstrutivismo. **Revista AU**, abr. 2009. Disponível em:

<<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/181/artigo132442-3.aspx>>

Acesso em: 10 fev. 2015.

DIGITAL PROJECT. Disponível em: <<http://www.digitalproject3d.com/>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p. Revisão técnica: Eduardo Toledo Santos. Tradução de: Cervantes Gonçalves Ayres Filho *et al.*

FARAH, Suraia; MACEDO, Wesley. Vitra: Museu e vitrine. P&D Design 2012. 10º **Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**, São Luís (MA). Disponível em: <<https://eventmaster.com.br/event/pddesign/file/embed/268972399399495484241055302231479952039>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

FERREIRA, Bruna. FRANK OWEN GEHRY, Arquiteto, Expressionista Pós Moderno e Desconstrutivista. **Portal Arquitetônico**, 7 maio 2011. Disponível em: <<http://portalarquitetonico.com.br/frank-owen-gehry/>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

FIGUEROLA, Valentina. Cofundador da Gehry Technologies e membro do Zaha Hadid Architects, Cristiano Ceccato afirma que o BIM será obrigatório. **Revista AU**, Entrevista a Cristiano Ceccato, jul. 2011. Disponível em: <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/bim-na-pratica-224332-1.aspx>> Acesso em: 15 jul. 2015.

FLORIO, Wilson. Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. In: TIC 2007: Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, 3, 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007.

GEHRY PARTNERS, LLP. Disponível em: <<https://www.foga.com/>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

GEHRY TECHNOLOGIES. Disponível em: <<http://www.gehrytechnologies.com/>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

GIPE, Andrew. Em foco: Frank Gehry (Happy Birthday Frank Gehry). **ArchDaily Brasil**, 28 Fev. 2015, Trad. Romullo Baratto. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/179571/feliz-aniversario-frank-gehry>>. Acesso em: 23 jul. 2015.

GONÇALVES FILHO, Antônio. Por uma ética de arquitetura. **O Estado de S. Paulo**, 03 jul. 2013. Disponível em: <<http://cultura.estadao.com.br/noticias/geral,por-uma-etica-da-arquitetura-imp-,1049660>> Acesso em: 10 jul. 2015.

GRUNOW, Evelise. Frank Gehry e Asymptote: Arquitetura digital. Arquitetos trocam desenho pela nuvem. **Arcoweb**, 28 mar. 2012, publicada originalmente em Projeto Design na Edição 383. Disponível em:

<<http://arcoweb.com.br/projetodesign/arquitetura/frank-gehry-asymptote-arquitetura-digital-28-03-2012>>.

Acesso em: 26 mar. 2015.

GHIZZI, Eluiza Bortolotto. Cenários da arquitetura na 'revolução digital'. **Vitruvius**, 02 out. 2003. Disponível em:

<<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/resenhasonline/02.022/3204>>.

Acesso em: 10 jul. 2015.

HOLANDA, Marina de. Clássicos da Arquitetura: Casa Gehry / Frank Gehry.

ArchDaily Brasil, 13 out. 2012. Disponível em:

<<http://www.archdaily.com.br/75579/classicos-da-arquitetura-casa-gehry-frank-gehry>>.

Acesso em: 23 jul. 2015.

LORES, Raul. "Brasil precisa olhar além de Niemeyer", diz crítico de arquitetura.

Folha de São Paulo, 13 jan. 2013. Disponível em:

<<http://www1.folha.uol.com.br/ilustrada/1213415-brasil-precisa-olhar-alem-de-niemeyer-diz-critico-de-arquitetura.shtml>>.

Acesso em: 25 mar. 2015.

MAINARDI, Ivo. **BIM no metrô de São Paulo: O processo e seus primeiros resultados**. Palestra apresentada na Autodesk University em São Paulo em 03 set. 2015.

MAHFUZ, Edson. O Mito da Criatividade em Arquitetura. **ArchDaily Brasil**, 03 out. 2013. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/143733/o-mito-da-criatividade-em-arquitetura-edson-mahfuz>>.

Acesso em: 26 mar. 2015.

MARTÍ, Silas. Falhas em obras provocam derrocada do arquiteto Santiago Calatrava. **Folha de São Paulo**, 15 jan. 2014. Disponível em:

<<http://www1.folha.uol.com.br/ilustrada/2014/01/1397508-falhas-provocam-derrocada-de-calatrava.shtml>>.

Acesso em: 10 mar. 2015.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **Smart Market Report**, The business value of BIM for construction in major global markets. How contractors around the world are driving innovation with building information modelling em 2014.

MINNER, Kelly. Gehry Technologies to Transform the Building Industry through Technology. **ArchDaily**, 19 out. 2011. Disponível em:

<<http://www.archdaily.com/177424/gehry-technologies-to-transform-the-building-industry-through-technology/>>.

Acesso em: 09 jun. 2015.

NARDELLI, Eduardo. Os computadores fazem diferença? Saiba como os incríveis recursos da informática se desenvolveram. **Revista AU**, edição 140, nov. 2005.

Disponível em: <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/140/os-computadores-fazem-diferenca-22258-1.aspx>>.

Acesso em: 01 ago. 2015.

NEWTON, Randall. Trimble acquires Gehry Technologies. **Graphic Speak**, 8 set. 2014. Disponível em: <<http://gfxspeak.com/2014/09/08/trimble-acquires-technologies/>>.

Acesso em: 30 jul. 2015.

POLLACK, Sydney. **Sketches of Frank Gehry**. EUA; Germany: Sony Pictures, 2005, 88 min. (Documentário)

QUIRK, Vanessa. A Brief History of BIM. **ArchDaily**, 07 dez. 2012. Disponível em: <<http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim/>>.

Acesso em: 10 maio 2015.

RAWN, Evan. Soluções Geoespaciais Empresa Trimble adquire Gehry Technologies. **ArchDaily**, 09 set. 2014. Disponível em: <<http://www.archdaily.com/546306/trimble-acquires-gehry-technologies/>>.

Acesso em: 26 jul. 2015.

ROCHA, Ana Paula. Especialistas estrangeiros debateram o uso do BIM durante workshop em São Paulo. **PINIWEB**, 26 jul. 2011. Disponível em:

<<http://piniweb.pini.com.br/construcao/tecnologia-materiais/especialistas-estrangeiros-debateram-o-uso-do-bim-durante-workshop-em-225369-1.aspx>>

Acesso em: 10 jul. 2015.

ROCHA, Bruno. **Movimento Desconstrutivista**. Disponível em:

<http://www.territorios.org/teoria/H_C_deconstrutivismo.html>

Acesso em: 25 mar. 2015.

SANTOS, Altair. Até o fim da década, BIM estará em todos os projetos. **Revista Itambé**, 16 abr. 2014. Disponível em:

<<http://www.cimentoitambe.com.br/ate-o-fim-da-decada-bim-estara-em-todos-os-projetos/>>.

Acesso em: 30 jul. 2015.

SANTOS, Eduardo Toledo. **BIM – Building Information Modeling: um salto para a modernidade na Tecnologia da Informação aplicada à Construção Civil**. In: PRATINI, E. F.; SILVA JUNIOR, E. E. A. (Org.). Criação, representação e visualização digitais: tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto. Brasília: Faculdade de Tecnologia da UNB, 2012. p. 25-62.

SCHEER, Sergio; AYRES FILHO, Cervantes Gonçalves. Abordando a BIM em níveis de modelagem. In: Workshop Brasileiro Gestão Do Processo De Projeto Na Construção De Edifícios, 9, São Carlos. **Anais...** São Paulo: USP, 2009.

SUZUKI, Rogério. A palestra BIM - Mercado & Implantação, com o consultor Rogério Suzuki, foi apresentada em 7 maio 2015, em Porto Alegre (RS), em uma promoção conjunta da FNA, SAERGS e CAU/RS. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=HuchCsWmfio>>.

Acesso em: 22 jun. 2015.

SVEIVEN, Megan. AD Classics: Vitra Design Museum and Factory / Frank Gehry. **ArchDaily**, 24 fev. 2012. Disponível em: <<http://www.archdaily.com/211010/ad-classics-vitra-design-museum-and-factory-frank-gehry/>>. Acesso em: 23 jul. 2015.

TAMAKI, Luciana. BIM 2.0. **Téchne**, Entrevista a Eastman e Sacks, set. 2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/174/artigo287872-2.aspx>>. Acesso em: 22 jun. 2015.

Taylor-Foster, James. Sete deslizes arquitetônicos ao redor do mundo (Seven Architectural Sins Committed Around the World). **ArchDaily Brasil**, 21 Out. 2013, Trad. Romullo Baratto. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/147396/sete-deslizes-arquiteticos-ao-redor-do-mundo>>. Acesso em: 10 Out 2015.

TAYLOR-FOSTER, James. Fundação Louis Vuitton de Gehry em Paris: a resposta da crítica (Gehry's Fondation Louis Vuitton in Paris: The Critics Respond). **ArchDaily Brasil**, 04 nov. 2014, Trad. Arthur Stofella. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/756545/fundacao-louis-vuitton-de-gehry-em-paris-os-criticos-respondem>>. Acesso em: 01 ago. 2015.

TEKLA. **Fondation Louis Vuitton: A dream come constructable**. Disponível em: <<http://www.tekla.com/references/fondation-louis-vuitton-dream-come-constructable>> Acesso em: 23 mar. 2015.

TRIMBLE. **Trimble and Frank Gehry Announce Strategic Alliance to Transform the Way the Construction Industry Works**, 8 set. 2014. Disponível em: <<https://www.trimble.com/news/release.aspx?id=090814a>> Acesso em: 15 jul. 2015.