

# MANIPULAÇÕES DIGITAIS EM PROCESSOS DE PROJETO: UM ENSAIO SOBRE AS MODIFICAÇÕES NA REPRESENTAÇÃO E SUAS IMPLICAÇÕES NO ESPAÇO CONSTRUÍDO

Fernando Tadeu de Araújo Lima<sup>(1)</sup>; Vinícius Rocha Rodrigues Morais<sup>(2)</sup>

(1) Universidade Federal de Juiz de Fora, e-mail: [fernando.tadeu@ufjf.edu.br](mailto:fernando.tadeu@ufjf.edu.br)

(2) Universidade Federal de Juiz de Fora, e-mail: [vrrmjf@yahoo.com.br](mailto:vrrmjf@yahoo.com.br)

## **Resumo**

*O presente artigo visa a promover a discussão sobre como os novos recursos de representação e entendimento do espaço podem interferir no processo projetual e, conseqüentemente, no resultado final do ambiente construído, analisando especificamente a implementação de sistemas digitais em processos de gerenciamento e de modelagem geométrica tridimensional, com suporte de novas tecnologias ao redor do mundo. Mais do que apresentar ou relatar características de softwares ou plataformas de desenho computacional, o objetivo deste é o de relatar resultados obtidos em pesquisa para obtenção de grau de mestre, onde se abordou a temática da fenomenologia do processo de projeto e, de maneira mais específica, a utilização de um modelo digital central representativo nos processos de concepção, desenvolvimento e construção.*

**Palavras-chave:** Manipulação digital, Projeto de Arquitetura, Gerenciamento de Projeto, Tecnologia Digital, Representação Gráfica.

## **Abstract**

*This article aims to promote the discussion about how the new features of representation and understanding of space can affect the design process and, therefore, the outcome of the built space, analyzing specifically the implementation of digital systems in management processes and geometric three-dimensional modeling, with support of new technologies around the world. More than presenting or reporting features of software or computer platform design, the objective of this paper is to report research results to obtain a Master's degree, which addressed the theme of the phenomenology of the design process and, more specifically the use of a central representative digital model in the design processes, development and construction.*

**Keywords:** Digital Manipulation, Architecture Design, Project Management, Digital Technology, Graphical Representation.

## **1. INTRODUÇÃO**

Os recursos de representação, o domínio do desenho como ciência e a arquitetura produzida sempre guardaram estrita ligação. Pode-se observar que o desenvolvimento das técnicas ou recursos de representação historicamente resulta em novas maneiras de se entender, conceber e, por consequência, produzir Arquitetura.

As regras básicas da trigonometria estão ilustradas nas pirâmides; o cálculo geométrico é a base do Panteão; a perda de uma habilidade geométrico-aritmética é evidente no interior variável e cavernoso de um igreja Romanesca; sem as linhas e regras da perspectiva não haveria Palácio Renascentista, e sem os círculos de um compasso, as curvas de San Carlino ou Saint'Ivo jamais tomariam forma. Finalmente, se nós "também" considerarmos a ferramenta, temos uma dica para entender como determinadas compreensões de espaço surgiram. (LINDSEY, 2001)

Para Mitchell (2008), as possibilidades formais a serem exploradas por um arquiteto se dá por meio dos instrumentos que delimitam seu “mundo projetual”. Este mundo projetual deve se adequar à tarefa a ser desenvolvida, introduzindo mídias apropriadas, como instrumentos de desenho técnico, ou ainda bancos de dados e procedimentos a ele aplicáveis em um sistema CAD, por exemplo. “Essas mídias auxiliam o arquiteto em seu processo de exploração de soluções” (Mitchell, 2008, p.69).

Recursos de manipulação e prototipagem virtual têm permitido uma nova prática de projeto. Experiências arquitetônicas diversas como as de Norman Foster e Frank Gehry, por exemplo, apesar de diferentes em suas proposições, sugerem um modelo de processo de projeto caracterizado por meio de um ambiente digital, que resulta de um modelo de concepção que enfatiza o desempenho para a geração da forma, ou a investigação digital como meio de produção. Neste sentido, o computador e todos os seus benefícios devem ser entendidos como uma ferramenta auxiliar ao processo de criação, que pode prever questões técnicas de projeto além de otimizar o processo de desenho rompendo com a barreira do virtual-real, adicionando a terceira e a quarta dimensões aos desenhos, prevendo assim o resultado final do espaço e proporcionando a visualização de aspectos que na representação e concepção tradicional poderiam passar despercebidos.

Embora grande parte dos escritórios de arquitetura use computador dentro ainda do paradigma mecânico, também chamado de paradigma perspectívico, - onde predomina o espaço cartesiano e as perspectivas com pontos de fuga - diversas práticas arquitetônicas em todo o mundo já incorporam de alguma maneira uma visão da tecnologia da informação além de ferramenta para representação. Esse novo paradigma computacional, fundado com a tecnologia da informação, não é apenas uma possível tendência futura, mas uma realidade presente. (HAZAN, 2002).

## **2. UM NOVO CONTEXTO**

Por diversos momentos na história da humanidade, revoluções de ordem tecnológica provocaram transformações em esferas econômicas, sociais e culturais, modificando profundamente a arquitetura e a maneira de se construir e entender as cidades ou até mesmo a distribuição espacial do homem e sua relação com a terra.

A revolução agrícola que ocorreu na era Neolítica foi a primeira a acontecer e trouxe consigo grandes modificações. A segunda grande mudança nos alicerces sociais se deflagrou com a Revolução Industrial. Ocorrida no século XIX, este processo foi bem mais rápido e dinâmico, começando na Inglaterra e em menos de duzentos anos já havia atingido todo o mundo.

A forma de se entender e produzir a Arquitetura se transformou radicalmente; novos materiais, como o aço, o vidro e o concreto armado, surgiram. As cidades ficaram ainda maiores e os desafios e a complexidade técnica na construção civil cresceram fantasticamente.

Estamos diante do que Mitchell (1991) chama de a terceira grande revolução da humanidade. A revolução computacional teve início na Inglaterra e nos Estados Unidos nos anos posteriores à Segunda Guerra Mundial. Esta revolução se espalhou por todo o mundo em apenas algumas décadas, resultando em grandes transformações nos ambientes virtuais de trabalho.

Assim como a revolução industrial substituiu a força física do Homem por máquinas movidas por combustível, a revolução computacional está substituindo a força intelectual do homem por máquinas processadoras de informação (MITCHELL, 1971).

Definitivamente, a sociedade contemporânea se encontra diante de um novo contexto. O fenômeno que pode ser chamado de revolução digital ou revolução tecnológica traz consigo uma série de conceitos, possibilidades e ferramentas que tem modificado significativamente a maneira de se entender e desenvolver o processo de produção de projetos de Arquitetura, estruturas e instalações.

A revolução tecnológica coincide com a revolução lingüística. O computador permite simular a realidade arquitetônica, não de uma maneira estática, como a perspectiva, mas em qualquer aspecto visual ou de comportamento. Podemos verificar os dados espaciais de uma casa, as suas dimensões, a luz, o calor, a fluência. O simulador gráfico desenha plantas, secções, elevações, faz-nos percorrer o edifício ou a cidade, torna possível uma infinidade de soluções alternativas. É óbvio que não garante que os arquitetos falem a linguagem moderna, mas oferece-lhes essa possibilidade, anquilosada até agora pelos mesmos instrumentos de desenho: a régua T, o esquadro, o compasso, a máquina de desenhar. Além disso, o computador converte a projeção num processo democrático: o cliente poderá controlar a qualquer momento a construção da sua casa, "vê-la-á", e ainda, "viverá" nela antes de estar acabada, poderá fazer opções e transformá-la. (ZEVI, 1984)

Estas novas possibilidades devem levar os profissionais da área à uma reflexão sobre sua formação e atuação no contexto atual. A existência de uma linguagem computacional de projeto, seguramente eficiente e potencialmente útil, e seus novos modelos, obriga a uma revisão da metodologia tradicional de trabalho e a reformulação das atuais técnicas de ensino de projeto e de representação gráfica. Estas atividades deverão incorporar os benefícios propiciados pela tecnologia, em sua constante evolução. Cabe à Universidade, junto aos órgãos da classe, assumir o direcionamento do correto enfoque da aplicação dos sistemas disponíveis mediante a avaliação crítica dos mesmos, e garantir o repasse destes conhecimentos a uma ampla faixa da comunidade técnica, difundindo e qualificando o profissional.

### **3. UM OLHAR SOBRE O PROCESSO DE PROJETO**

Para Mahfuz (1995), antes de se iniciar um projeto é necessário se deter em uma fase preliminar na qual se busca a definição de um problema. Esta definição decorre da análise da informação relativa a quatro imperativos de projeto, que são: as necessidades pragmáticas, a herança cultural, as características climáticas e do sítio e, por último, os recursos materiais disponíveis.

Ainda segundo Mahfuz, esta fase analítica do processo de projeto lida com aspectos objetivos do problema, podendo inclusive ser realizada por um membro da equipe que não esteja diretamente envolvido no processo de composição. Esta fase não indica o rumo a ser tomado, tampouco determina o peso a ser atribuído a cada aspecto do problema. O processo de projeto realmente se inicia quando a informação obtida na fase preliminar é interpretada, organizada e hierarquizada segundo critérios definidos pelo arquiteto ou arquitetos envolvidos no processo projetual. A partir daí, a bagagem cultural e a personalidade do arquiteto passam a desempenhar um papel de grande importância, pois são estes aspectos que determinarão a importância e o enfoque dados a cada minúcia do problema. É neste momento do processo que as novas tecnologias de produção e desenvolvimento de projeto, como por exemplo o modelo digital representativo e ferramentas de simulação, podem potencializar ou até mesmo modificar completamente o resultado final de projeto. Novas tecnologias passaram a calcular e simular aspectos que antes não seriam contemplados. Arquitetos como Frank Gehry, Norman Foster, Zaha Hadid, entre outros, têm seu trabalho plenamente sustentado pelos

recursos computacionais, não meramente como instrumento de desenho e representação, mas como suporte de concepção, desenvolvimento e viabilização. Sendo assim, passa-se de uma atitude analítica e objetiva (a fase de definição do problema) para uma atitude de seletividade subjetiva (onde cabe ao arquiteto lançar mão dos recursos disponíveis) e se tem início o ato de projetar, na sua etimologia, do latim *projectare*, ou seja: lançar-se à frente.

A etapa subjetiva, onde a bagagem cultural e a personalidade do arquiteto são determinantes, passa a desempenhar um papel de grande importância, permitindo uma nova perspectiva ao desenvolvimento e concepção do projeto de arquitetura. Os novos programas passaram a proporcionar novas formas computadorizadas, cálculos estruturais complexos, entre outros, dando ao homem novas dialéticas formais, espaciais e técnicas.

A utilização dos softwares aplicados à arquitetura não pode e nem deve ser entendida apenas na aplicação das emergentes ferramentas eletrônicas de desenho técnico, mas pode ser inserida como simuladores de espaço, como plataforma de análise térmica, acústica, formal ou técnica, dinamizando o processo e potencializando e prevendo aspectos formais, funcionais e espaciais, antes mesmo de se iniciar a construção. A ênfase de trabalho é menos baseada na abstração e mais no simulacro, interferindo diretamente na obtenção do resultado final a que se propõe um projeto de arquitetura; um espaço edificado, preparado para abrigar o ser humano e poder ser vivenciado na plenitude dos recursos físicos, materiais e tecnológicos disponíveis.

#### **4. O MODELO DIGITAL E SUAS IMPLICAÇÕES NO ESPAÇO CONSTRUÍDO**

Para Florio (2005), a cognição pressupõe manipulação de sistemas de representação do conhecimento ou processamento de informações. Neste sentido, pode-se afirmar que os meios de expressão e de representação afetam nossas capacidades cognitivas e interagem com o processo criativo de uma maneira geral.

A ciência cognitiva quer explicar a cognição como manipulação de sistemas de representação do conhecimento ou como processamento de informações. Essa ciência tem demonstrado que os meios de expressão e de representação afetam nossas capacidades cognitivas. Em arquitetura, os diferentes sistemas de representação tais como esboços, desenhos técnicos, maquetes físicas e modelos digitais podem servir a diferentes funções cognitivas em cada fase do processo de projeto. Portanto, se cada meio de representação pode contribuir ou impedir processos cognitivos, a estratégia de uso e sua alternância em cada etapa do projeto são fundamentais, pois um sistema de representação usado em momento inadequado (ou adequado), impedirá (ou contribuirá para) o sucesso do processo criativo. (FLORIO, 2005)

A tecnologia da informação representa um novo caminho para a representação do edifício virtual, onde objetos digitais são codificados para descrever e representar componentes do real ciclo de vida da construção. A ênfase de desenvolvimento do projeto deixa o produto exclusivamente e a morfologia abstrativa de representação, passando a focar em aspectos de simulação e no ambiente de trabalho colaborativo.

Neste contexto, pode-se controlar tanto as atividades que se sobrepõem durante a execução, quanto aspectos formais e espaciais do projeto final. O modelo virtual/digital pode ser utilizado para várias necessidades de visualização, como a simulação dos esforços estruturais (análise por elementos finitos - FEA), o movimento de ar dentro de um ambiente (CFD) ou a acústica e distribuição do som no interior de um espaço.

O processo de geração da forma arquitetônica tem se transformado significativamente nas últimas décadas, resultado da difusão de novos métodos de projeto digital, amparados por

técnicas e aplicativos computacionais. Para Oxman (2006), entre estes modelos de geração da forma, encontra-se o Modelo Baseado no Desempenho (Performance-Based Model), que propõe que a forma arquitetônica seja criada por meio de forças que podem ser de ordem estrutural, acústica, térmica ou programática. É um processo de formação baseado no modelo e impulsionado por técnicas analíticas que podem modificar diretamente a geometria do modelo (OXMAN, 2009).

Adotar a plataforma BIM na redefinição do fluxo da informação do modelo digital e na incorporação no processo de projeto, permite uma eficiente aplicação do Modelo Baseado no Desempenho. Dentre as vantagens da adoção dessa plataforma estão a possibilidade do trabalho colaborativo e multidisciplinar, o compartilhamento do processo projetual, desde sua fase de concepção, e a redução do tempo de compatibilização do projeto arquitetônico com os projetos complementares.

Deve-se destacar que o BIM alinha-se com as formas contemporâneas, de geometrias complexas e dinâmicas por permitir a lógica do “file to factory”, ou seja, o modelo digital origina a fabricação de elementos de um edifício, permitindo a precisão e fidelidade à forma gerada digitalmente, indispensável sob o ponto de vista da arquitetura das formas complexas.

Portanto, apesar da concepção destes modelos não se realizar por meio da lógica BIM, e sim pela aplicação de recursos que enfatizam o desempenho para a geração da forma, é por meio do modelo digital central representativo presuposto pelo BIM que se dará: (a) a compatibilização do projeto arquitetônico com os complementares, (b) seus possíveis estudos simulativos e especulativos e principalmente, (c) sua construção ou fabricação.

#### **4.1. Frank Gehry**

Um dos grandes expoentes da arquitetura da pós-modernidade, o arquiteto canadense naturalizado americano Frank O' Gehry, ganhador do Pritzker Prize de 1989, mantém grande relação entre suas obras arquitetônicas e as tecnologias atuais. Gehry reedita o conceito de “arquiteto-artista” e embora seja muito questionado quanto aos seus princípios arquitetônicos, seus projetos estão entre os mais badalados da contemporaneidade.

Dono de uma linguagem própria, os edifícios de Gehry confrontam as regras e dogmas da Arquitetura e desafiam as leis da física com suas formas inusitadas, numa espécie de simbiose entre beleza e tecnologia, que só existe graças ao computador e seus cálculos precisos.

Gehry praticamente inaugura a utilização de softwares BIM em projetos de grande escala ao implementar o software CATIA (Computer Aided Three Dimensional Interactive Application) no projeto para o museu Guggenheim de Bilbao. Este software pode ser definido como um software de multi-plataformas pois se aplica em Computer Aided Design (CAD), Computer Aided Manufacturing (CAM) e Computer Aided Engineering (CAE), facilitando e viabilizando sua projeção, prototipagem e construção. Mais tarde o software foi adaptado para o uso específico em Arquitetura recebendo o nome de Digital Project e sendo comercializado pela Gehry Technologies e implantado em projetos como o Walt Disney Concert Hall, em Los Angeles, o primeiro de alguns de seus edifícios de fácil identificação com o Guggenheim de Bilbao por suas formas desafiadoras, ou recentemente a sede da Fundação Louis Vuitton em Paris, projeto que acaba de receber o *BIM Excellence Award* por contribuições à Arquitetura conferido pelo American Institute of Architects.

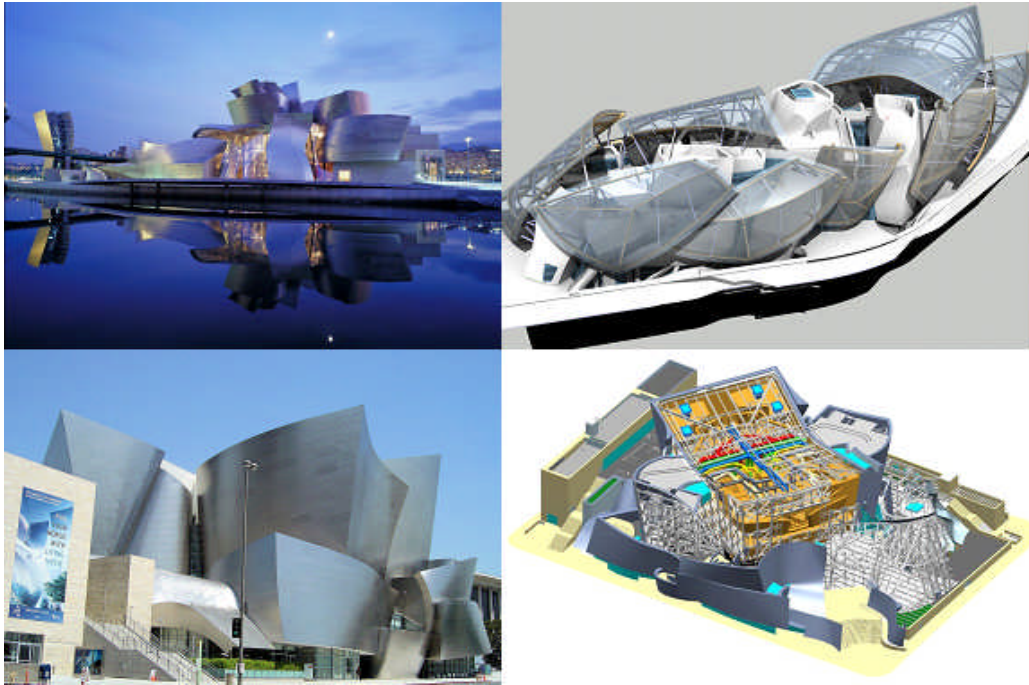


Figura 1 – O Guggenheim Bilbao (acima à esquerda) a Fundação Louis Vuitton (acima à direita) e o Walt Disney concert Hall em foto (abaixo à esquerda) e em seu modelo digital de projeto (abaixo à esquerda)

O modelo eletrônico nesta compreensão se transforma em uma ferramenta para estudar, testar, simular e construir. Não se trata de garantia de sucesso, mas para a tarefa de se projetar é o avanço mais importante desde a descoberta da perspectiva. (LINDSEY,2001)

A Arquitetura de Gehry, e sua formulação de espaços inovadores e espetaculares, não se delinearía tal qual a conhecemos, sem o auxílio das ferramentas digitais aplicadas ao ato de projetar. Apesar do CATIA ter sido pensado inicialmente para a indústria aeronáutica, ele pode ser considerado como pioneiro neste novo paradigma de produção em arquitetura. O software elevou o processo de criação e o próprio arquiteto a um novo patamar, ao mesmo tempo que se tornou mundialmente famoso por contribuir para a viabilização de formas tão arrojadas como as que vemos em Bilbao, Paris ou Los Angeles. Não se pretende aqui creditar à máquina os méritos pela criação arquitetônica que é de origem e essência humana, no entanto, é importante entendermos como este novo paradigma de processo pode alavancar a produção arquitetônica rumo aos desafios de uma sociedade cada vez mais integrada ao novo.

#### 4.2. Norman Foster

Sir Norman Foster nasceu em Manchester, na Inglaterra, em 1935. Estudou Arquitetura na Faculdade de Arquitetura e Planejamento Urbano de Manchester, onde se formou em 1961. Ao longo de sua carreira recebeu inúmeros prêmios e títulos e a escolha para análise da utilização de recursos TI em sua metodologia de projeto se dá pela influência digital em aspectos que transcendem a forma e atuam diretamente na tomada de decisões, no processo compartilhado e consequentemente no resultado final do espaço construído que sofre interferências diretas do modelo digital.

No projeto para a London City Hall, por exemplo, pode-se perceber a influência direta dos recursos de manipulação digital no processo de projeto de Foster. O modelo virtual do

edifício permitiu estudos de ordem acústica, simulando as condições ambiente a ser construído, apresentando os resultados da emissão de ondas sonoras no recinto e reprovando, assim, a morfologia desenhada, devido a grande quantidade de reverberação. A solução alcançada foi a introdução de rampas que envolveriam o espaço com material de alto coeficiente de absorção sonora em suas partes inferiores. Feitas estas modificações, o plenário passou novamente pelo software que aprovou a configuração espacial proposta.

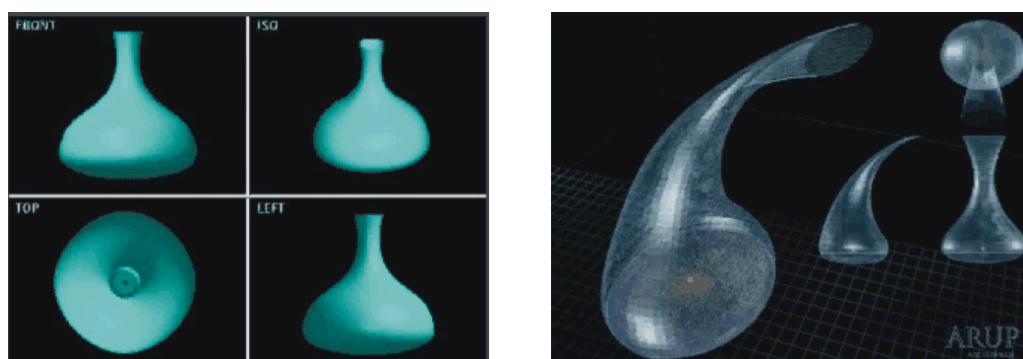


Figura 2 – O modelo paramétrico da “bolha” acústica (à esquerda) e a interface do software de simulação acústica que reprovou a morfologia inicial da membrana (à direita)



Figura 3 – Novo teste, agora com a rampa (à esquerda) e a mesma já construída (à direita). Sua implantação surgiu como solução de projeto após simulações acústicas .

Um dos edifícios de maior expressão formal do centro financeiro de Londres, o edifício sede da Swiss Re (uma das maiores companhias de seguros do mundo) foi o primeiro arranha-céu ecológico da capital britânica. O edifício de aproximadamente 180 metros de altura foi desenvolvido pelo escritório Foster and Partners e teve em seu processo de desenvolvimento inúmeras ferramentas de simulação digital. Uma delas, a análise CFD (Computational Fluids Dynamics) permite mensurar a velocidade do vento que incide no edifício, a pressão atmosférica em suas superfícies, bem como os efeitos ambientais que este causará no entorno. Este tipo de análise foi utilizada, também, para quantificar a temperatura e a perda de energia térmica em determinados pontos da edificação no decorrer do dia. Estes estudos foram determinantes na concepção da forma do edifício (que responde a questões aerodinâmicas).

A morfologia do edifício foi determinada por critérios ambientais e urbanísticos, uma vez que a forma arredondada do complexo permite maior fluidez visual do que um edifício prismático de mesmo volume. (FOSTER, 2002)

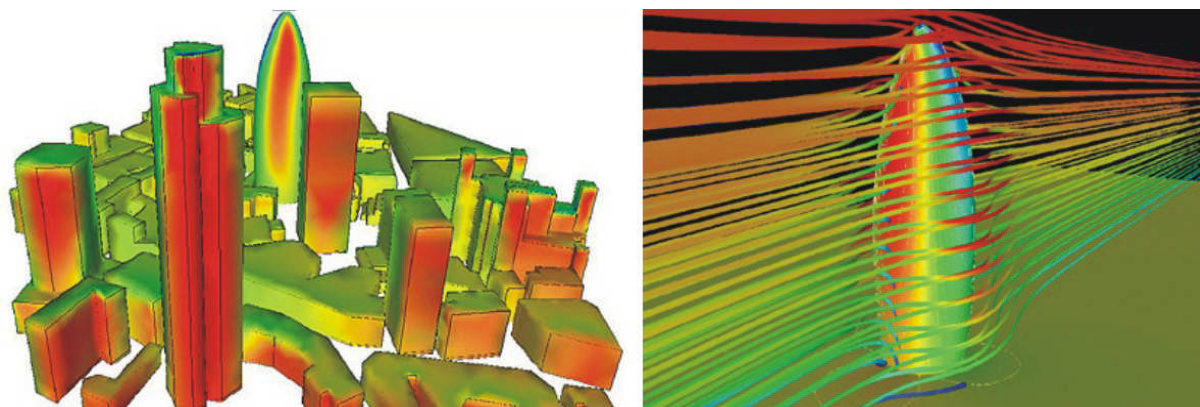


Figura 4 – Uma imagem da análise CFD do entorno e a relação aerodinâmica do edifício

O edifício foi totalmente construído usando softwares paramétricos, o que permitiu total liberdade na configuração das formas e na relação entre as mesmas e os espaços criados e os materiais necessários. Desta maneira, o cálculo digital foi utilizado para se definir uma estrutura metálica curva e diagonal, um “diagrid” como definido por Foster. Este diagrid, serviu de base para a paginação dos perfis da estrutura e serviu ainda como base para simulações geológicas e de resistência aos ventos incidentes na edificação.

#### 4.3. Análise de resultados

Foram estudados quatro exemplos quanto à implantação, abrangência e influência das ferramentas de estudo e manipulação digital no processo de projeto. London City Hall e Swiss Re do arquiteto Norman Foster, e Guggenheim de Bilbao e Walt Disney Concert Hall, de Frank Gehry. Apesar das metodologias do processo criativo destes arquitetos serem distintas, percebe-se que todos os exemplos investigados lançaram mão de recursos digitais para a manipulação projetual. A figura a seguir organiza a análise das aplicações das ferramentas digitais da seguinte forma:

	ênfase do processo	suporte digital na concepção?	recursos paramétricos?	simulações térmicas/ acústicas ?	fabricação (file to factory)?	contribuição determinante no resultado?
London City Hall	investigação espacial - forma como resultado	<b>SIM</b>	<b>SIM</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>
Swiss Re. Headquarters	investigação espacial - forma como resultado	<b>SIM</b>	<b>SIM</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>
Guggenheim Bilbao	Geração da forma	<b>SIM</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>	<b>SIM</b>
Walt Disney Concert Hall	Geração da forma	<b>SIM</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>	<b>SIM</b>

Figura 5 – Quadro de análise das ferramentas digitais empregadas no processo de projeto

A modelagem e recursos paramétricos estiveram presentes em todos os casos, bem como a incorporação de recursos digitais (independentemente de seu uso), sendo determinantes nos resultados obtidos. Nota-se nos projetos de Foster uma interessante contribuição das ferramentas de simulação no sentido de investigação e viabilização das propostas iniciais. A ênfase de seu processo se dá na verificação de aspectos do ambiente a ser construído e para isso as ferramentas de simulação se mostram fundamentais. No caso de Gehry, os recursos



digitais se apresentam como elementos primordiais. A ênfase de seu processo se dá em função do resultado formal em sua espetacularidade e na geração da forma, o que necessariamente demanda uma plataforma paramétrica de trabalho e ferramentas digitais de fabricação. São estes recursos que auxiliam a proposição e viabilizam a fabricação das formas propostas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conceituação e aplicação de ferramentas de manipulação digital fazem parte de um campo controverso, em crescente atualização e reflexão. Entender que as ferramentas e os recursos digitais a que se tem acesso podem ser determinantes no processo cognitivo de projeto significa entender que a aplicação de um modelo central digital de representação/simulação (quando adequadamente utilizado) afeta não somente o processo de projeto, otimizando e qualificando as etapas de trabalho, mas possibilita a produção de espaços diferenciados, muitas vezes inovadores, permitindo aos arquitetos novas possibilidades técnicas, formais e espaciais. O impacto que a manipulação digital têm sobre a produção arquitetônica, sugere que práticas convencionais não continuem sendo empregadas nas rotinas de projeto. Conhecer as inovações de representação e expressão ligadas ao projeto, implica em conhecer o mecanismo que permeia as grandes transformações da arquitetura contemporânea.

## REFERÊNCIAS

- CORONA MARTÍNEZ, Alfonso. **Notas sobre el problema de la expresión en arquitectura**. Buenos Aires: EUDESA, 1969.
- FLÓRIO, Wilson. **O uso de ferramentas de modelagem vetorial na concepção de arquitetura de formas complexas**. 2005. 477p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo – FAU/USP.
- FOSTER. **CD-ROM interativo - portfólio**> Acessado em Agosto de 2002.
- HAZAN, Vera Magiano. **Os Reflexos do Mundo Virtual na Cidade Real**. Disponível na Web.
- LINDSEY, Bruce. **Digital Gehry – Material Resistance, Digital Construction**. Birkhäuser, 2001.
- MAHFUZ, Edson da Cunha. **Ensaio sobre a razão Compositiva**. Belo Horizonte: AP cultural, 1995
- MITCHELL, William J. **Computer-Aided Architectural Design**. Van Nostrand Reinhold, 1977
- MITCHELL, William J & McCULLOUGH, Malcolm. **Digital Design Media**. Van Nostrand Reinhold, 1991
- MITCHELL, William J. **“A lógica da arquitetura”**. MIT Press, Massachusetts, 1990; tradução: Gabriela Celani. Editora da UNICAMP, Campinas, 2008.
- OXMAN, R. **Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium**. Design Studies (ELSEVIER), [S.I.], v. 29, p. 99-120, 2008. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/destud](http://www.elsevier.com/locate/destud)>. Acesso em: 10 jan. 2009.
- OXMAN, R. **Theory and Design in the First Age**. Design Studies, [S.I.], v. 27, n. 3, p. 229-265, 2006.
- ZEVI, Bruno. **Saber Ver Arquitetura**. São Paulo : Martins Fontes, 1996.
- ZEVI, Bruno. **A Linguagem Moderna da Arquitectura**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1984.