

Arquitetura e geometria

*Edison Eloy de Souza**

Architecture and Geometry

RESUMO: Este artigo tem como objetivo a abordagem das relações existentes entre as formas arquitetônicas e a suas correspondentes geometrias. Apresenta conceitos geométricos tradicionais da Geometria Euclidiana bem como das novas geometrias, como fractais, topologia, biônicas e analisa seus desdobramentos formais na Arquitetura, através de alguns exemplos construídos.

Palavras-chave: arquitetura, geometria, formas

ABSTRACT: This article aims at showing the relationship between the architectural forms and its geometrical correspondences. It presents traditional geometrical concepts from the Euclidian Geometry, as well as, fractals, topology, bionicals and analyses its formal unfolding in Architecture, through some examples.

* Edison Eloy de Souza é arquiteto e Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela USJT

Keywords: architecture, geometry, forms.

I. Introdução

A Arquitetura pode ser compreendida como o resultado construído, fruto da manipulação de sólidos geométricos, através da composição de volumes cheios e vazios, saliências e reentrâncias, num jogo de luz e sombra, com cuidados estéticos, preenchendo determinada finalidade e inserido num determinado ambiente urbano.

É só observar. Não há forma arquitetônica sem o concurso e a definição das suas formas geométricas. Seja um simples edifício prismático, comum em nossas cidades; sejam outros em forma piramidal, ou cônica, mais raros; ou ainda os recentes projetos contemporâneos, aparentemente caóticos e sem formas definidas, mas que são traçados através de novos conceitos geométricos, auxiliados pelas novas ferramentas de computação.

Arquitetura é obra construída. O processo de produção de uma obra construída deve passar, obrigatoriamente, pela elaboração e desenvolvimento de um projeto.

Projeto que, por sua vez, não é constituído somente de croquis e esboços reveladores da idéia ou da concepção inicial; para a definição final do objeto a ser construído, são necessários vários outros produtos que possam resultar na sua materialização.

Para a elaboração desses produtos, como desenhos ou modelos, são necessários dados objetivos, medidas, escalas, construções de figuras geométricas gráficas, corretas e precisas.

É nessa fase de desenvolvimento do projeto arquitetônico que a geometria se revela uma indispensável ferramenta e uma inseparável aliada na determinação e construção dos volumes e espaços concebidos, através da combinação das suas variadas figuras geométricas.

Foi através da Geometria Euclidiana, e até antes dela, que a humanidade pode construir suas casas, suas cidades e seus principais monumentos.

Na Idade Média, mesmo sem a formulação geométrica com caráter científico, e ainda com uma tosca tecnologia, à base de pedra, tivemos exemplos extraordinários como as cidades astecas, Machu-Pichu, as pirâmides do Egito e tantos outros.

A seguir, já com a consolidação dos conhecimentos científicos anteriores, Euclides (325-265 a.C.) ao formular seus postulados e

axiomas, criou as bases para um desenvolvimento geométrico que perdura há mais de 2.000 anos.

Assim, os gregos e romanos, povos de maiores preocupações estéticas e alto teor filosófico, utilizaram formas originadas de geometrias apuradas, baseadas na proporção áurea, sistema de relações que se tornou paradigma de beleza clássica. Esses mesmos padrões formais e de beleza também foram retomados durante o Renascimento.

Com a revolução industrial e o modernismo as formas arquitetônicas foram simplificadas para facilitar sua produção em escala e depuradas de seus complementos; Buscava-se sua essência geométrica, formas geométricas puras, ortogonais, numa expressão clara da geometria euclidiana, para traduzir um racionalismo de caráter universal.

Com a contemporaneidade as formas ficaram mais livres e complexas, talvez procurando refletir os novos paradigmas da sociedade atual, mas ainda sem deixar de lado a geometria; uma nova geometria, não euclidiana, que evoluiu para explicar fenômenos que não seriam conseguidos através da geometria vigente.

Novos conceitos de geometria como os fractais, a topologia e a biônica vieram revolucionar a matemática e propiciar formas completamente inusitadas.

Apresentar e discutir, de forma resumida, os desdobramentos desses novos conceitos, bem como analisar a ainda forte presença dos fundamentos da geometria euclidiana nos nossos objetos construídos, são os objetivos deste artigo, mais amplamente apresentados em nossa dissertação de mestrado em Arquitetura.

2. Conceitos

Para uma melhor acompanhamento e compreensão desta reflexão, é conveniente apresentar alguns pressupostos e bases conceituais para balizar nossa discussão.

Já que inicialmente falamos de formas é preciso situar como as entendemos, pois sua conceituação é muito abrangente, dependente da área de abordagem.

Para um artista elas podem representar alguma coisa estética, para um médico elas estarão ligadas à anatomia do corpo humano, para um músico podem dizer respeito a uma melodia, a um ritmo.

Para a nossa discussão a forma em geral será entendida como a figura ou imagem visível do conteúdo de um objeto; ou ainda a aparência interna (das partes) ou externa (do todo) de alguma coisa, de um corpo ou objeto.

Assim a forma, paradoxalmente, não será encarada somente pelo seu aspecto exterior, o formato de um objeto ou corpo num campo ou contexto, mas também algo que pode emanar de seu interior, de seu conteúdo.

Os elementos básicos da composição e representação das formas são os seus principais elementos geométricos: o ponto, a reta e os planos.

Para Kandisnki (1866-1944) **“O ponto de partida para a teoria das formas é o ponto”**, como afirma no seu livro Ponto e Linha sobre Plano.

O Ponto é a unidade mais simples e mínima da forma; A reta, figura de uma dimensão, é uma sucessão de pontos, ou um ponto em movimento;

O Plano é uma sucessão de retas e possui duas dimensões.

As Formas possuem determinadas características e propriedades que as distinguem, podendo ainda lhes agregar qualidades e virtudes, que buscam atingir ou as afastar dos reconhecidos padrões de beleza.

São características como Simetria, Ritmo, Movimento, Harmonia, Equilíbrio, Contraste, Hierarquia, Coerência, Ordem, Simbologia, etc.

Sabemos também que as formas podem adquirir valores simbólicos em função de sua natureza, das condições locais ou culturais.

As formas são vistas e apreendidas através de um processo de leitura e compreensão, de visão e cognição, que passa pelos olhos e atinge o cérebro.

Essas formas só podem ser vistas sob a influencia da luz, com a contribuição da cor, fenômenos físicos de vital importância para sua assimilação.

“Os nossos olhos são feitos para ver as formas sob a luz” afirmava Le Corbusier, em suas Obras Completas.

Historicamente o estudo teórico sobre a Psicologia da forma, talvez o mais relevante, foi feito pela Gestalt, reunião de estudiosos alemães

como Kurt Koffka (1886-1941), Wolfgang Kohler (1887-1967) e Max Wertheimer (1880-1943) que formularam os seus princípios, também considerados como da Boa Forma.

Um dos conceitos fundamentais da Gestalt é que **“o todo é algo mais do que a soma das partes”**, conforme citado no livro “Gestalt do Objeto”, do Professor João Gomes Filho da USJT.

Outros conceitos importantes para o mundo das formas e de suas representações são as Medidas, Escalas e as Proporções.

O Homem sempre foi a razão de ser e a referência fundamental no seu relacionamento com os objetos construídos. Suas medidas e proporções serviram de base para inúmeros sistemas de medição e padronização para as construções ao longo do tempo.

Foram vários os sistemas que utilizaram as medidas humanas como referência: o palmo, o pé, a polegada, a légua, a proporção áurea, as ordens clássicas gregas, as teorias renascentistas, o Modulor de Le Corbusier, o Ken japonês e outros ergonômicos.

O único sistema que não se baseia nas medidas do Homem e que adquiriu anuência universal foi o sistema métrico, decimal, totalmente abstrato, criado a partir da revolução francesa de 1789.

Outros conceitos importantes ligados à representação dos objetos e obras são a escala e a proporção.

A **escala** é um sistema de relação das dimensões entre o desenho e o objeto real representado.

Proporção é uma conceituação matemática, inicialmente atribuída a Pitágoras (585-500 a.C.), que pode ser definida como “A relação das partes de uma determinada composição entre si e das partes com o conjunto” (Alberti 1404-1472).

Todos esses conceitos se traduzem e se rebatem na concepção das formas arquitetônicas, construídas através das figuras e das formas geométricas.

Ainda neste contexto teórico podemos dizer que:

- As Formas Arquitetônicas são aquelas ligadas às construções, à materialidade, traduzidas por sólidos geométricos, criando espaços e volumes com caráter estético.

- As Formas Geométricas são os conjuntos contínuos formados por um número infinito de elementos (pontos, retas, planos ou superfícies), nos quais se pode supor contida uma figura geométrica.

3. Análises das formas geométricas nas obras de Arquitetura

Vamos apresentar, de maneira bastante resumida, alguns exemplos bem conhecidos, a título de ilustração, onde fica clara a ligação entre a Arquitetura e a Geometria, isto é, onde há essa interdependência entre as formas arquitetônicas e as figuras geométricas.

Foram selecionadas algumas obras, onde as soluções são derivadas do emprego direto da Geometria Euclidiana, com volumes sólidos simples, e também, outras com a aplicação das novas formas geométricas, como as superfícies topológicas.

Estação Ferroviária de Lion-Satolas Santiago Calatrava / 1994

Este terminal de passageiros é destinado a receber trens de alta velocidade que fazem a ligação com o Aeroporto de Lyon, distante 30 quilômetros.

“Acredito que a geometria seja fundamental para entender



Figura 1 - Vista geral Estação Lion

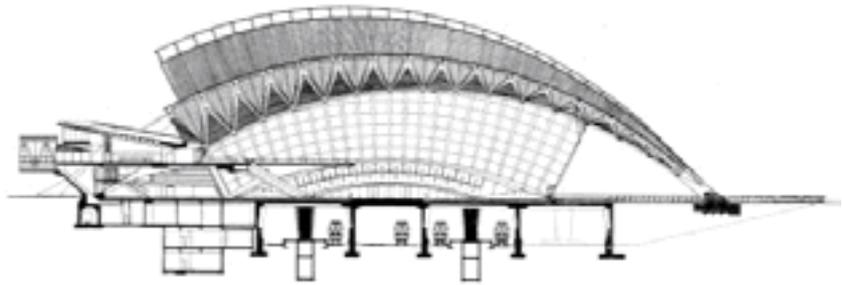


Figura 2 - Vista geral Estação Lion

arquitetura. Meu trabalho é feito por meio da geometria. No mundo da arquitetura, a linguagem geométrica é tão importante quanto a linguagem estrutural. As duas são importantes meios de inspiração para mim, junto com as propriedades dos materiais e o mundo da natureza”.

Santiago Calatrava – texto publicado na pág. 63 da Revista AU 103.

Este projeto faz parte de uma série de outros que se baseiam na observação e interpretação dos elementos da natureza para a definição das formas arquitetônicas.

Essa corrente se baseia em novos conhecimentos geométricos, trazidos pela Biônica, que é a ciência que pesquisa as estruturas e as formas dos elementos da natureza e as incorpora às formas construídas, por cópia, semelhança ou analogia. Tem sido muito usada na Medicina para recuperação de problemas ortopédicos.

Na arquitetura A. Gaudí, com sua arquitetura orgânica pode ser considerado o grande mestre na aplicação desses princípios, baseados na natureza.

Esses volumes orgânicos são o resultado da combinação das peças estruturais, com revestimentos transparentes que nos remetem às formas naturais, sejam animais ou vegetais.

Sua identificação formal é de um grande pássaro, construído com nervurado de aço, em forma de vértebras e apoiado, nas extremidades, sobre dois grandes pilares de concreto em forma de V. Na composição são usadas figuras geométricas curvas, triângulos arredondados, obtidas com o auxílio de programas de computador.

Pavilhão de Barcelona Mies van der Rohe / 1929

Este projeto foi feito para representar a Alemanha na feira internacional de Barcelona de 1929.

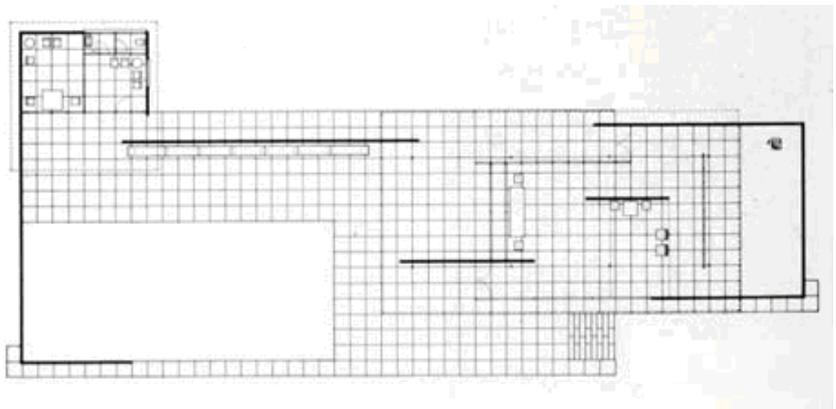


Figura 4 - Planta do Pavilhão de Barcelona

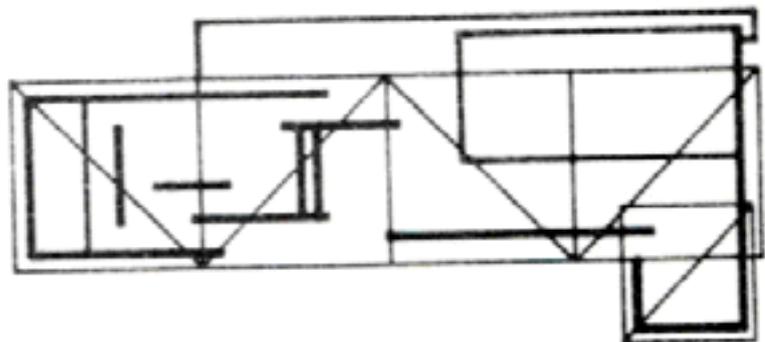


Figura 5 - Esquemas geométricos do Pavilhão de Barcelona

.Neste projeto, um dos mais emblemáticos da Arquitetura Moderna internacional, podemos apreciar o emprego de figuras geométricas, simples, puras, como quadrados, retângulos, planos ortogonais para a composição dos volumes e dos espaços arquitetônicos.

Pirâmide do Louvre, Paris I.M. Pei / 1989

Este projeto foi feito durante a reforma e ampliação do Museu do Louvre em Paris, constituindo-se na sua entrada principal.



Figura 6 - Vista Pirâmide do Louvre

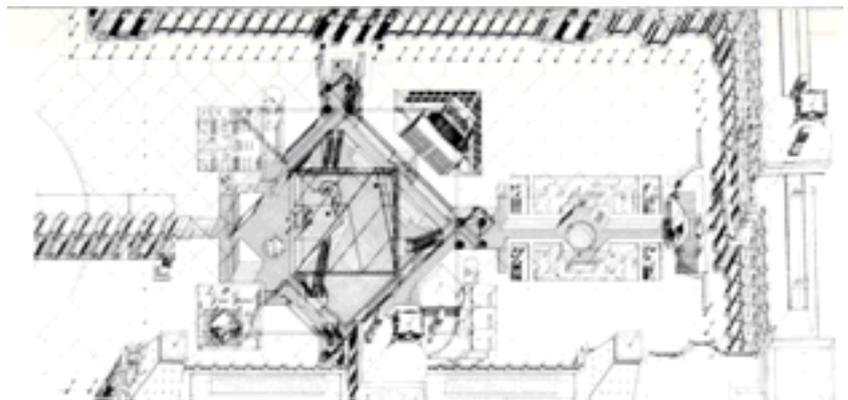


Fig. 7 / Implantação Pirâmide do Louvre

A forma arquitetônica desta obra é resultado direto da aplicação da figura geométrica de uma pirâmide pura e transparente, com base quadrada de 34 metros de lados e 22 metros de altura.

Nesse projeto, bem como em grande parte da obra de I.M. Pei observamos a aplicação constante de figuras geométricas simples

como triângulos, quadrados e círculos, que geram formas volumétricas simples, mas de grande força plástica.

Pavilhões Olímpicos de Tóquio **Kenzo Tange / 1964**

São construções de quadras e piscinas cobertas para os jogos olímpicos de 1964 realizados em Tóquio, no Japão.

Neste caso as soluções formais de cobertura são bastante complexas,

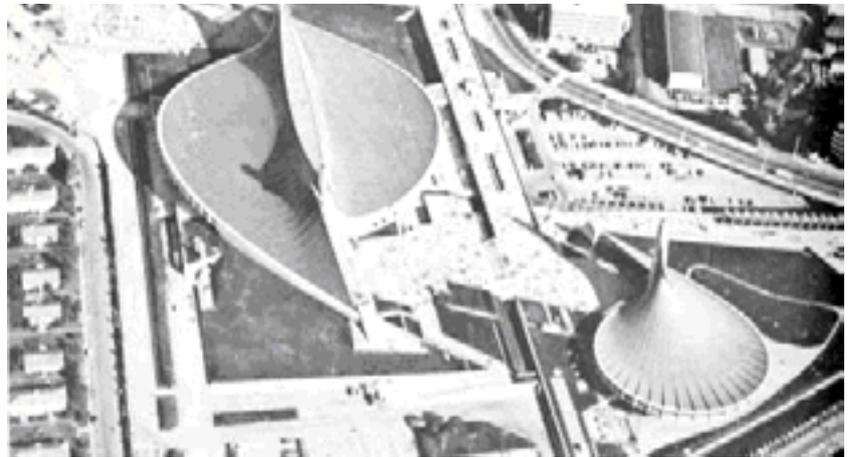


Figura 8 - Vista aérea Pavilhões Olímpicos de Tóquio

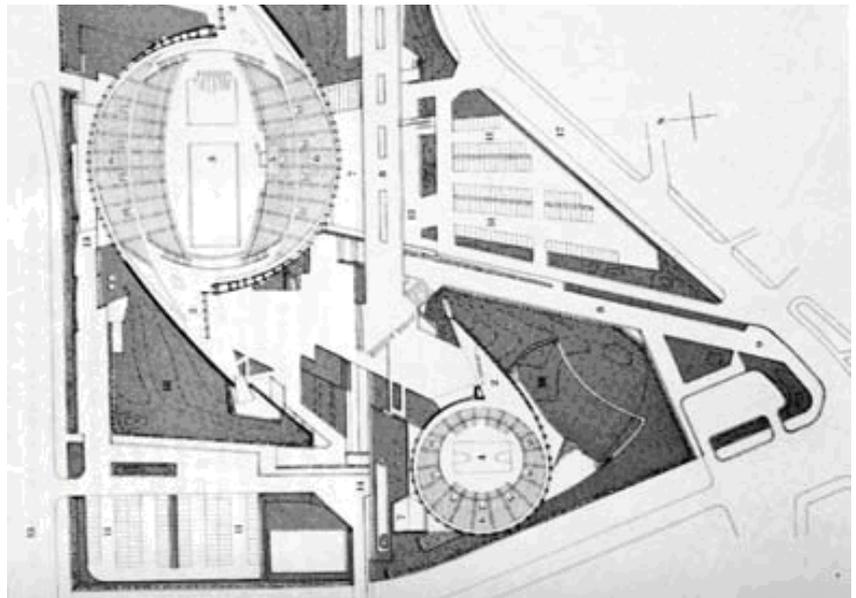


Figura 9 - Implantação Pavilhões Tóquio

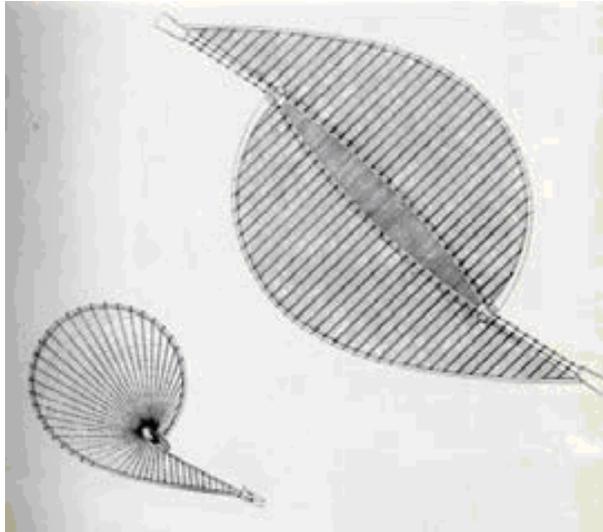


Figura 10 - Esquemas geométricos Pavilhões Tóquio

fruto da aplicação de figuras geométricas cônicas, os parabolóides hiperbólicos, sobre plantas circulares.

Ainda resolvidas através da Geometria Euclidiana, estas sofisticadas soluções arquitetônicas, que se inspiram nas velas dos barcos japoneses, são muito arrojadas e de grande elegância e beleza.

Museu Guggenheim, Bilbao **Frank Gehry / 1997**



Figura 11 - Vista Museu Guggenheim

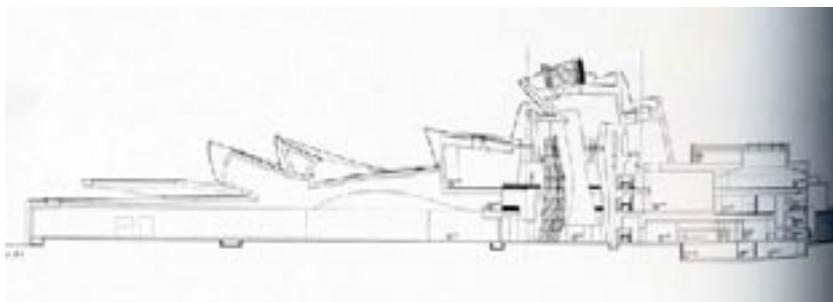


Figura - 12 - Corte Museu Guggenheim



Figura 13 - Croqui Museu Guggenheim

Este projeto reflete o uso das novas geometrias e ferramentas da computação para a definição das formas arquitetônicas. No caso, o arquiteto utiliza os conceitos geométricos da Topologia e o concurso do programa Catia de computador, utilizado na área aeroespacial.

A Topologia é um ramo da Geometria que estuda as transformações contínuas e elásticas, onde comprimentos, ângulos e formas podem ser alterados por transformações contínuas e reversíveis, sem perder suas características.

Esse conceito, juntamente com novos programas de computação, veio revolucionar o mundo das formas, permitindo trabalhá-las de maneira mais livre, fluida e líquida.

4. Conclusões

A sociedade contemporânea avança celeremente para novas formas de viver e fruir seus espaços; novos paradigmas estão postos para a sua convivência. Questões como a globalização, a comunicação instantânea, a preservação do meio ambiente, o rompimento de padrões, valores e formas tradicionais, novos conhecimentos científicos estão na pauta das nossas preocupações.

Essas inquietações podem desaguar em novas formas dos nossos espaços construídos, que vão ainda conviver por muito tempo com formas tradicionais, face as grandes disparidades sociais e econômicas da humanidade.

Assim, a par das novas e complexas experimentações formais, vão coexistir soluções volumétricas mais singelas; isto é, ao lado das obras excepcionais topológicas da vanguarda arquitetônica internacional vão estar presentes outras de soluções tradicionais, euclidianas.

Assim, procuramos mostrar, através dos poucos exemplos e análises apresentadas, como as formas arquitetônicas são dependentes das figuras geométricas.

Vimos que a Geometria Euclidiana ainda está presente num grande número de edificações correntes, ao lado de novas experimentações formais, baseadas em novas geometrias.

Entender os preceitos euclidianos tradicionais, suas figuras básicas, suas construções, bem como os novos conceitos geométricos, como fractais, biônicos e topológicos podem contribuir decisivamente para a criação e desenvolvimento das formas arquitetônicas.

Entendemos que a Geometria não é um elemento limitador ou castrador da atividade criativa e sim um poderoso aliado, desde que conhecido e dominado.

Finalizando esta pequena exposição, resumidamente podemos concluir que:

- Há uma estreita e importante relação entre as formas arquitetônicas e as formas geométricas.
- A aplicação da Geometria Euclidiana permanece presente na formulação e definição das atuais formas arquitetônicas.
- Novos conceitos da Geometria não Euclidiana, como os dos Fractais, da Biônica ou da Topologia vêm contribuindo para a transformação das formas arquitetônicas.
- Os novos programas e ferramentas da computação têm permitido a experimentação e realização de novas formas arquitetônicas.

Referência bibliográfica

BARTHEL, Rainer. *Architecture et Bionique constructions naturelles*. Paris: Editions Delta & Spes, 1985.

CALATRAVA, Santiago. *Conversa com Estudantes*. Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

CERVER, Francisco Asensio. *The Architecture of Stations and Terminals*. New York: Hearst, 1997.

GAUDI, Antoni. *A Procura da Forma*. São Paulo: Instituto Tomie Otake, 2004.

GOMES FILHO, João. *Gestalt do Objeto: sistema de leitura visual da forma*. S.Paulo: Escrituras, 2004.

JENCKS, Charles. *Arquitetura Internacional / Últimas Tendências*. Espanha: Gustavo Gili, 1988.

JOEDICKE, Jurgen. *Arquitetura contemporânea – evolucion y tendências*. Barcelona: Gustavo Gili, 1969.

KANDINSKI, Vassili. *Linha e Ponto sobre o Plano*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

MOISSET, Inés. *Fractales y formas arquetónicas*. Córdoba, Argentina: i+p, 2003.

MONTANER, Josep Maria. *Después Del Movimiento Moderno*. Barcelona: Gustavo Gili, 1993.

RICIERI, Aginaldo Brandini. *Fractais e Caos. A matemática de hoje*. São Paulo, 2001

SOLÁ-MORALES, Ignasi de. *El Pabellon de Barcelona*. Gustavo Gili, 2002.

VENTURI, Robert. *Complexidade e Contradição em Arquitetura*. Tradução Álvaro Cabral. São Paulo: Martins Fontes 1995.