



Oculum Ensaios

ISSN: 1519-7727

sbi.ne\_oculumensaios@puc-  
campinas.edu.br

Pontifícia Universidade Católica de  
Campinas  
Brasil

Sedrez, Maycon Ricardo  
A CONTRIBUIÇÃO DA ARQUITETURA FRACTAL PARA O ENSINO DE CAAD  
Oculum Ensaios, núm. 11-12, 2010, pp. 44-57  
Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=351732214004>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## A CONTRIBUIÇÃO DA ARQUITETURA FRACTAL PARA O ENSINO DE CAAD | Maycon Ricardo Sedrez

Mestre | Universidade Federal de Santa Catarina

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo | *Campus Trindade*

Caixa Postal 470, 88040-970, Florianópolis, SC, Brasil

*mayconsedrez@gmail.com*

## A CONTRIBUIÇÃO DA ARQUITETURA FRACTAL PARA O ENSINO DE CAAD

### INTRODUÇÃO

A pesquisa sobre fractais e CAAD visa, além de ensinar esses conteúdos, possibilitar ao aluno a criação de um vocabulário de formas a partir da manipulação dos elementos geométricos componentes da geometria fractal. Desse objetivo surgiu o hiperlivro *Forma Fractal* que agrupou esses conhecimentos ordenadamente com base nos preceitos da Taxionomia de Bloom, ideias que são explicadas a seguir.

### FRACTAIS

A geometria fractal foi elaborada no final da década de 1970 por Benoit Mandelbrot (1983) quando ele reuniu um apanhado de estudos e objetos, na época conhecidos como “monstros” pelos matemáticos. Ele explorou esse conhecimento com o intuito de representar as formas da natureza e com o auxílio de programas de computador pôde gerar o famoso conjunto de Mandelbrot.

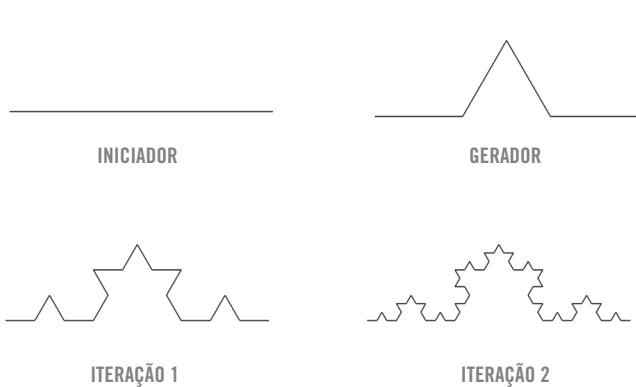
Um trecho do livro de Mandelbrot (1983) explica as razões da sua pesquisa: “Por que a geometria é chamada de fria e seca? Uma das razões encontra-se na sua incapacidade de descrever a forma de uma nuvem, uma montanha, um litoral ou uma árvore. Nuvens não são esferas, montanhas não são cones, litorais não são círculos, e cascas de árvores não são regulares e polidas, nem relâmpagos viajam em uma linha reta”. Ele pensou em maneiras de descrever formas orgânicas, já que não seria possível tal aproximação pela geometria

euclidiana. Formas da natureza como folhas, árvores, relevo, flores, minerais, padrões de ondas, células, todos apresentam progressão de formas similares, assim também os fractais.

As formas dos fractais são extremamente irregulares, do latim *fractus* significa quebrado, fragmentado. Essas formas estão ligadas à natureza, pois apresentam um padrão de formas similares (autossemelhantes) que se transformam a cada escala. Então, a geometria fractal pode ser representada também por objetos rugosos ou porosos.

A figura geométrica ou objeto natural que combinar as seguintes características pode ser chamado de fractal, de acordo com Mandelbrot (1983): as partes têm a mesma forma ou estrutura que o todo, estando, porém, em uma escala diferente e podendo estar um pouco deformadas; a sua forma é extremamente irregular, interrompida ou fragmentada, assim como todo o resto, qualquer que seja a escala de observação; contém elementos distintos cujas escalas são muito variadas. Resumidamente, os fractais são irregulares, de complexidade infinita, desenvolvidos através de iterações e são comuns na natureza.

Como se forma um fractal? Esses objetos geométricos são gerados por processos recursivos<sup>1</sup> em que um iniciador e um gerador são iterados<sup>2</sup> um número infinito de vezes (Figura 1). Por isso, uma parte de um fractal é igual, semelhante ou similar ao todo. Essa característica é possível, pois esses objetos são formados a partir da repetição do processo. Segundo Lorenz (2002, p.10, tradução nossa), uma estrutura autossimilar se transforma modificando a estrutura pelo mesmo fator de escala, “a nova forma pode ser menor, maior, rotacionada e/ou invertida, mas a forma mantém-se similar”.



**FIGURA 1 – Curva de Koch (Primeira Etapa).**  
Fonte: Sedrez, 2009.

É possível perceber que o único segmento do iniciador é substituído pelo gerador, em seguida cada segmento do gerador é substituído por ele mesmo em menor escala, e assim sucessivamente. A ideia por trás dos fractais é a iteração de expressões matemáticas simples com uma ordem rígida especificada na origem, onde se produz um comportamento tão complexo e irregular que parece aleatório (Espanés, 2001, p.144, tradução nossa).

A partir dessa rápida visualização dos conceitos fractais percebe-se que existe um potencial de forma que pode ser explorado na arquitetura. Acredita-se que o estudo de fractais possa contribuir para a formação de estudantes de Arquitetura no que diz respeito ao conhecimento de morfologias e sistemas generativos. Uma característica dos fractais, recentemente utilizada, é dos sistemas generativos na elaboração de projetos, especialmente no contexto criativo. Celani (2003) explica que o *design* generativo é um processo de gerar formas a partir de regras, e cita a geometria dos fractais como um

exemplo de sistema generativo com atributos criativos. Espanés (2003, p.118, tradução nossa) acredita que o uso da geometria fractal como ordenadora “no processo criativo [,] contribui para a tradução da ideia essencial na forma arquitetônica”. Portanto, além da possibilidade de gerar formas que dão ao aluno a chance de criar um vocabulário, os fractais ainda aliam a criatividade.

A recente utilização da forma fractal em projetos arquitetônicos e seu estudo podem trazer diferentes abordagens. Por um processo fractal apresentar infinitas escalas, a aplicação da geometria fractal em arquitetura não poderá ser um processo simplesmente matemático, pois existe a limitação da escala na arquitetura. Yessios (1987, tradução nossa) esclarece que “um processo fractal, se ficar sem restrições, continua infinitamente. Além disso, se aplicado de uma maneira pura, irá criar uma forma interessante, mas jamais irá produzir um edifício”. O avanço das pesquisas sobre o tema, no entanto, demonstra que é possível essa relação geométrica com o projeto arquitetônico. Algumas experiências transportam as características fractais para a forma arquitetônica. A seguir estão descritos os principais projetos e modelos de arquitetura fractais.

## ARQUITETURA FRACTAL

A geometria fractal levou alguns anos para ser assimilada pelos arquitetos; o primeiro projeto foi desenvolvido por Peter Eisenman em 1985, chamado “*Moving Arrows, Eros and Other Eros*” (Eisenman, 1988). Nos anos 1990, diferentes concepções arquitetônicas surgiram; Jencks (2002, p.51) considera oito tendências pós-modernistas, ganhando um capítulo especial em seu livro a arquitetura fractal. Cada arquiteto tem sua maneira pessoal de incorporar a geometria fractal nos projetos. Os principais projetos pesquisados que usam de alguma maneira fractais estão elencados no Quadro 1.

Percebe-se que, até 1988, somente Peter Eisenman havia aplicado, de maneira teórica em seu projeto, conceitos dos fractais como as diferentes escalas autossimilares. A partir de 1998, esse conhecimento parece estar mais difundido entre os arquitetos. Somente em 2009 é que surge no Brasil um projeto de destaque nacional que utiliza a geometria fractal para a composição da fachada. Ainda há espaço para se usar criativamente fractais em projetos de maneira original, como o pavilhão temporário, obra do escritório HDD-Fun, na China.

A pesquisa de Sedrez (2009) agrupa em três os modelos de aplicação da geometria fractal na arquitetura: modelos conceituais, que usam a geometria fractal e seus conceitos como elemento norteador da teoria ou conceito do projeto; modelos geométrico-matemáticos, que usam o esquema de contagem de quadrados para calcular a dimensão fractal ou usam cálculos computacionais para simulação fractal; e modelos geométrico-intuitivos, que usam a geometria como inspiração criativa para formas. O modelo geométrico-intuitivo de Espanés (2003) possui características que o tornam aplicável em atividades de ensino de projeto arquitetônico assistido por computador.

QUADRO 1 – Panorama histórico dos fractais na arquitetura.

ARQUITETO	PROJETO	LOCAL	DATA DE INÍCIO E CONCLUSÃO
<b>1978</b>			
Peter Eisenman	Moving Arrows, Eros and Other Errors	Áustria	1985
<b>1988</b>			
Daniel Libeskind	Museu Judaico de Berlim	Alemanha	1989 a 1999
Enric Miralles	Eurhythmic	Espanha	1990 a 1991
Zvi Hecker	Escola Judaica Heinz-Galinski	Alemanha	1990 a 1995
Frank Ghery	Museu Guggenheim Bilbao	Espanha	1991 a 1997
Renzo Piano	Centro Jean-Marie Tjibaou	Nova Caledônia	1991 a 1998
Ashton Raggat McDougall	Storey Hall	Austrália	1992 a 1995
Kisho Kurokawa	Museu Fukui	Japão	1993 a 1996
Coop Himmelblau	Centro de Cinemas de Dresden	Alemanha	1993 a 1998
FOA	Terminal Portuário de Yokohama	Japão	1995 a 2002
Kisho Kurokawa	Museu Dinossauro	Japão	1996 a 2000
Daniel Libeskind	Extensão Museu Victoria e Albert	Inglaterra	1996
Lab Architecture Studio	Federation Square	Austrália	1997 a 2002
<b>1998</b>			
Ashton Raggat McDougall	Centro Cultural Marion	Estados Unidos	1999 a 2001
Renzo Piano	Centro Paul Klee	Suíça	1999 a 2005
Tom Mayne e Morphosis	Escola Diamond Ranch	Estados Unidos	1999 a 2000
Daniel Libeskind	Museu Denver	Estados Unidos	2000 a 2006
Miguel Chevalier	Nuvem Fractal	França	2000 a 2007
Coop Himmelblau	Museu das Confluências	França	2000 a 2010
Zvi Hecker	Escola e Jardim de Infância	Austrália	2000
Steven Holl	Centro de Visitantes Loisium	Áustria	2001 a 2003
Daniel Libeskind	Centro Mídia Criativa	China	2002 a 2011
PTW	Cubo d'água	China	2003 a 2008
dECOi	Bankside	Londres	2003 a 2004
Jean Nouvel	Torre Ponto Focal	Líbano	2004
Lab Architecture Studio	SOHO Shangdu	China	2004 a 2007
Rojkind	Proposta Absolute City Centre	Canadá	2005 a 2006
J. Mayer H.	Cafeteria e Galeria	Dinamarca	2005 a 2007
Plasma Studio	Hotel Puerta America	Espanha	2005
Giancarlo Mazzanti	Biblioteca Parque	Colômbia	2005
Mozas Aguirre	Central do Banco Vital	Espanha	2005 a 2007
A.A. School, Simon Whittle	Pavilhão Temporário	Inglaterra	2006
RUR	Torre 014	Emirados Árabes	2006 a 2008
Steven Holl	Vanke Center	China	2006 a 2009
Serie	Restaurante Tote	Índia	2006 a 2009
Marks Barfield	Proposta Pavilhão Britânico	China	2007
Nosigner	Mesa Arborism		2007
Thomas Heatherwick	Cafeteria East Beach	Inglaterra	2007
Rojkind	Museu Nestlé	México	2007
Zaha Hadid	Torre Inovação	China	2007 a 2011
MAPT	Indústrias Hus	Dinamarca	2007 a 2008
Pierluigi Piu	Restaurante Olivomare	Inglaterra	2007 a 2009
Serero	Auditório Saint Cyprien	França	2007 a ?
Pascal	Shopping Pedregal	México	2007 a ?

continua &gt;

&lt; conclusão

ARQUITETO	PROJETO	LOCAL	DATA DE INÍCIO E CONCLUSÃO
<b>2008</b>			
A.A. School, Alan Dempsey e Alvin Huang	Pavilhão Temporário	Inglaterra	2008 a 2008
Zaha Hadid	Museu Eli e Edythe	Estados Unidos	2008
Alison Brooks	Edifício Tribeca	Inglaterra	2008 a ?
Gage e Clemenceau	Lustre Flat		2008
Gage e Clemenceau	Biblioteca Nacional	Rep. Tcheca	2008
Gage e Clemenceau	Centro de Artes Performáticas	Coréia do Sul	2008
Plataform Wertel Oberfell	Mesa Fractal		2008
Takeshi Miyakawa	Cadeira Family		2008
Takeshi Miyakawa	Gaveteiro Fractal 23		2008
Jean Nouvell	Proposta Torre Signal	França	2008
Theis e Kahn	Reforma Igreja Lumen	Inglaterra	2008
I.M. Pei	Museu Arte Islâmica	Qatar	? a 2008
A.A. School, Renata P. T. Dantas, Anna Papachristoforou, Irene Guerra e Julia Cano	Proposta Braided Urbanism	China	2008
MAPT	Restaurante com Espaços Culturais	Noruega	2009
HwaSung Yoo	Mesa e Cadeira Frost		2009
CHN	Museu Exploratório de Ciências	Brasil	2009 a ?
Coop Himmelblau	Mini Ópera	Alemanha	2008 a 2010
HHD-Fun	Pavilhão Temporário	China	2010

O modelo de Espanés (2003, p.13, tradução nossa) surgiu da pesquisa para elaborar “pautas de desenho, geométricas e morfológicas para a aplicação da geometria fractal e determinar as relações criativas entre as ideias contidas entre essa nova ordem e as formas arquitetônicas”. A autora elabora os conceitos através de atividades compostivas: composição de estruturas fractais volumétricas, e atividades projetuais: onde essas estruturas passam a adquirir características arquitetônicas. As atividades compostivas e projetuais contextualizadas são produzidas manualmente por meio de técnicas de maquetaria utilizando materiais como madeira e papel, para demonstrar aspectos fractais que produzem volumes e arquitetura. O vocabulário formal dos fractais serve para criar volumetrias onde o arquiteto/observador/projetista decide os aspectos estéticos e morfológicos que deseja ressaltar.

Espanés analisa a morfologia fractal em objetos tridimensionais, mas sem aprofundar para as relações de função e escala nesses objetos. Portanto, a aproximação com o modelo de Baier & Sedrez (2007) se mostrou pertinente. Partindo da abordagem matemática na história da arquitetura, Baier & Sedrez avançam até o uso de softwares para desenho de formas geométricas. Permitem, então, uma alternativa para o ensino de matemática voltado para o CAAD<sup>3</sup> utilizando um software de construção de gráficos em três dimensões.

Segundo Baier & Sedrez (2007), “as formas belas e complexas dos gráficos inspiram a elaboração de esboços de projetos arquitetônicos, contribuindo para a formação do arquiteto”.

Trata-se de estudantes nas fases iniciais do curso onde o domínio da forma e espacialidade ainda está em desenvolvimento. E justamente na fase em que entram em contato com o conteúdo matemático, os graduandos em Arquitetura ainda têm pouco conhecimento sobre programa arquitetônico, tecnologias construtivas e outros aspectos da arquitetura. Por isso, ainda é possível e fundamental uma liberdade criativa sobre as formas, resultando em propostas baseadas na experiência de cada aluno.

As disciplinas CAAD e Criatividade foram oferecidas para alunos de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) por meio de um objeto virtual de aprendizagem produzido para o Ambiente Virtual de Aprendizagem para Arquitetura e Design (AVAAD) por intermédio de hipertexto<sup>4</sup>. Este ambiente é desenvolvido e mantido pelo Hiperlab da UFSC e utilizado pelos alunos que acompanham as disciplinas através dos capítulos de hiperlivros<sup>5</sup>.

O hipertexto foi escolhido como suporte, pois permite explorar o uso de imagens, animações, textos ou vídeos. Também foram utilizadas ferramentas síncronas e especialmente assíncronas de comunicação: correio eletrônico, *links* para *web sites*, fóruns, compartilhamento de documentos, banco de dados; todos esses recursos são disponibilizados pelo AVAAD de maneira simples e acessível. A ementa da disciplina prioriza o aspecto criativo no ensino do *software Sketchup*, e direciona as atividades para esse *freeware*<sup>6</sup>.

Na primeira parte da disciplina foram introduzidos aspectos históricos e criativos de CAAD e os comandos principais do *software* através de exercícios que exploram a criatividade. Essa introdução foi desenvolvida a partir da dissertação de mestrado de Bruno Ribeiro Fernandes (2006) juntamente com a professora Ph.D Alice T. Cybis Pereira e serve como base introdutória para o *Sketchup*. A segunda parte da disciplina, que é o foco deste texto, apresenta os aspectos históricos e matemáticos da geometria fractal, a evolução das aplicações dos fractais na arquitetura, principais projetos e métodos, a aplicação e modelagem de arquitetura fractal.

## HIPERLIVRO FORMA FRACTAL

Sendo o objetivo principal do hiperlivro ensinar a aplicação da geometria fractal na arquitetura e tendo optado pelo modelo de Espanés integrado com a experiência de Baier & Sedrez (2007), desenvolveram-se estratégias de aprendizagem que estimulem a criatividade. Através de técnicas de criação de formas os alunos compreendem as funções e comandos do *software*, compreendem as relações matemáticas do sistema gerativo da geometria fractal e conhecem o potencial criativo da arquitetura fractal.

Os alunos trabalham volumetrias geradas a partir de fractais e indicam usos e escala para essas formas, seguindo assim o princípio explorado por Baier & Sedrez (2007) da emergência da escala e função. Essas formas foram adaptadas a programas livres conforme a criatividade do aluno. Assim, com um volume final definido após uma série de decisões geométricas, estéticas e criativas, o aluno pode optar por qual dimensão intui para aquele objeto.

Eles acrescentam calungas<sup>7</sup> e propõem indicações de arquitetura através de aberturas, paisagismo, mobiliário e superfícies/revestimentos/cores.

O hiperlivro *Forma Fractal* foi dividido em quatro capítulos: 1. Geometria Fractal, 2. Criando um Fractal, 3. Arquitetura Fractal, e 4. Objeto Fractal. Como estratégia pedagógica para elaboração do conteúdo utilizou-se a *Taxionomia de objetivos educacionais* de Bloom (1972), que relaciona os processos de aprendizagem pelo qual o aluno usualmente passa para adquirir o conhecimento, organizando os objetivos da aprendizagem em níveis (Sedrez, 2009). De acordo com a Taxionomia de Bloom (1972), elaboraram-se os seguintes Objetivos da Aprendizagem para os capítulos 1 e 2 do hiperlivro:

**Nível Conhecimento** — escrever ou listar o que sabe sobre os fractais;

**Nível Compreensão** — resumir o que é geometria fractal e quais seus conceitos;

**Nível Aplicação** — construir alguns fractais exemplificados em duas dimensões;

**Nível Análise** — comparar o processo de desenho manual com o computadorizado;

**Nível Síntese** — criar fractais;

**Nível Avaliação** — julgar o trabalho.

Para que o aluno possa interagir com esse conteúdo, em um primeiro momento, estabelece-se a contextualização dos fractais dentro da Teoria da Complexidade, e a relação da geometria fractal com a natureza. Em seguida, são descritas as características matemáticas dos fractais, para somente, então, iniciarem as atividades com as características geométricas.

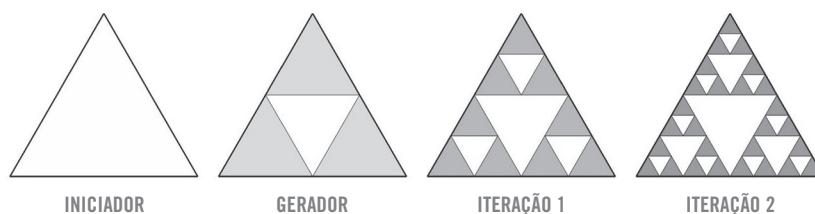


FIGURA 2 – Triângulo de Sierpinski.

Fonte: Sedrez, 2009.

No capítulo 1 do hiperlivro são demonstrados os passos para gerar formas fractais com um número finito de iterações, a partir do iniciador e gerador, direcionadas para arquitetura.

Os alunos trabalham com fractais lineares, que são objetos que possuem um processo iterativo linear em duas dimensões: por exemplo, triângulo e tapete de Sierpinski, curvas de Koch, curva de Peano (Figuras 2 a 5).

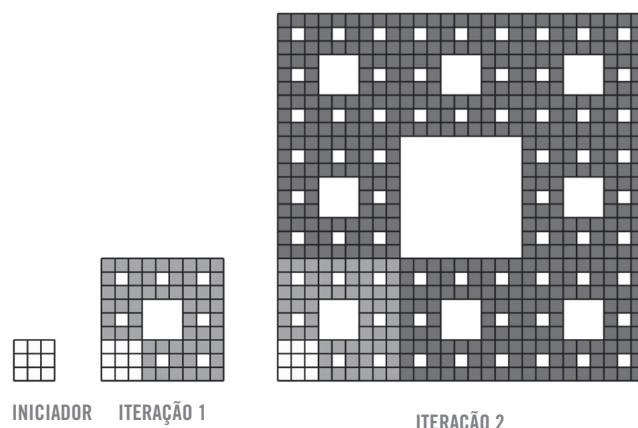


FIGURA 3 – Tapete de Sierpinski.

Fonte: Sedrez, 2009.

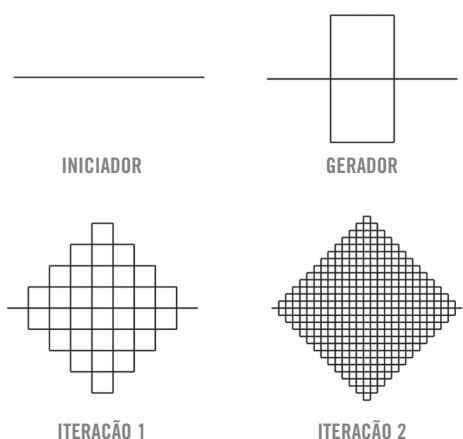


**FIGURA 4 – Floco de neve de Koch.**  
Fonte: Sedrez, 2009.

Esses objetos servirão como base física ou molde para as atividades projetuais conforme avança a disciplina. Para formar os fractais lineares sugerem-se atividades de adição de elementos construídas através dos comandos básicos do *Sketchup*: *move/copy, rotate, orbit, pan, zoom, tape mesure, paint bucket, eraser, line, rectangle, midpoint, endpoint* e atalhos,

teclas *control* e *shift* do teclado. Os fractais não lineares são explorados através de animações em flash (Tarbell, 2008), de árvores fractais do *freeware TreeGenerator* (Bonneel, 2008) e da renderização de atratores estranhos do *freeware Chaoscope* (Desprez, 2007). O processo gerativo dos fractais não lineares já está automatizado pelos *softwares* que os exemplificam, e funcionam como apoio visual para o entendimento dos conceitos.

Nos capítulos 3 e 4 do hiperlivro, os Objetivos da Aprendizagem elaborados com base na Taxionomia de Bloom (1972) são:



**FIGURA 5 –**  
**Curva de Peano.**  
Fonte: Sedrez, 2009.

**Nível Conhecimento** — escrever ou listar o que sabe sobre arquitetura fractal;

**Nível Compreensão** — resumir o que é arquitetura fractal. Elementos que podem ser utilizados: fachada, volume, revestimento;

**Nível Aplicação** — a partir do fractal 2D elaborar uma volumetria, selecionar a escala;

**Nível Análise** — comparar com a arquitetura fractal apresentada;

**Nível Síntese** — criar propostas com a linha, planos e volumes a partir de fractais. Desenvolver uma atitude crítica e criativa;

**Nível Avaliação** — julgar o trabalho tomando como base a arquitetura apresentada.

Nessa etapa o hiperlivro apresenta um panorama da arquitetura fractal; conhecendo os principais projetos os alunos fazem a seleção e análise de um dos projetos. Em seguida são exemplificadas as atividades compostivas de objetos fractais em três dimensões, como o triângulo de Sierpinski aleatório com extrusão da planta e definição de escala (Figura 6). O comando *make group* e as linhas guias do *tape measure* podem ser usados criativamente quando se percebe a simetria dos objetos fractais.

As atividades iniciais são de subtração de elementos com os atalhos de seleção de objetos: clique único, duplo clique e triplo clique do mouse, clique com *shift* e com *control*. Também é demonstrado o uso da ferramenta *protractor* que cria linhas guias em todos os ângulos, muito útil na geração de formas complexas. Como conclusão da disciplina são propostas as atividades projetuais de arquitetura fractal que se originaram nos exemplos tratados por Espanés (2003) e sofreram adaptações para o ensino *on-line* de CAAD. Cada atividade é explicada e detalhada para o aluno através de imagens e texto, apresentando um passo a passo. Nessa fase o aluno já está completamente familiarizado com o *software*, permitindo que sua rotina de desenho possa ser explorada.

**Traçado regulador:** a partir do fractal “L” cria-se uma composição de elementos verticais e horizontais cuja disposição será regulada pela planta baixa. O aluno comprehende a importante função do comando pontos médio, e se deve agrupar (*make group*) elementos ou criar componentes (*make component*), aplicar cores/texturas e sombras. Por fim, seleciona a escala e indica a função. O traçado regulador gera formas cuja composição é livre e os resultados gerados são estruturas temporárias (Figura 7).

**Seção perfilada da planta baixa:** foi exemplificada a atividade com um fractal a ser seguido, mas os alunos poderiam utilizar qualquer objeto já desenhado anteriormente. O aluno Luiz (Figura 8) preferiu utilizar o triângulo de Sierpinski para a construção de um edifício de escritórios com dezesseis andares. Nessa atividade foi solicitado trabalhar o aspecto estético através de cores, elementos e estilos do *Sketchup*, o aluno comprehende como trabalhar com ângulos e com a ferramenta *offset*. A seção perfilada da planta baixa é o primeiro passo para a compreensão de como definir volumes partindo de fractais nas atividades propostas.

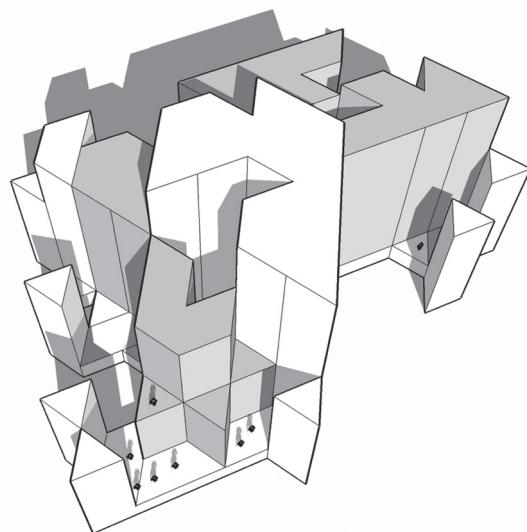


FIGURA 6 – Triângulo de Sierpinski em 3D.  
Fonte: Sedrez, 2009.

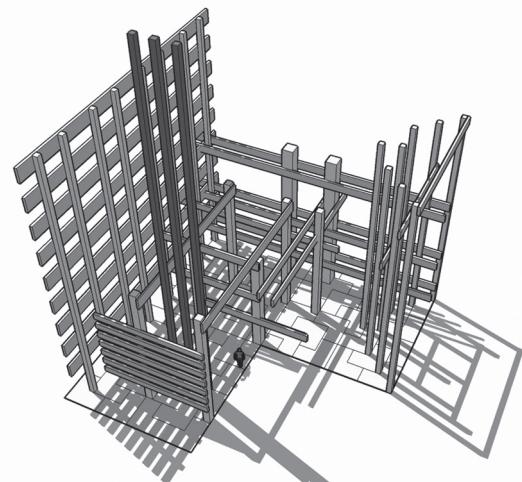


FIGURA 7 – Traçado regulador.  
Fonte: Sedrez, 2009.

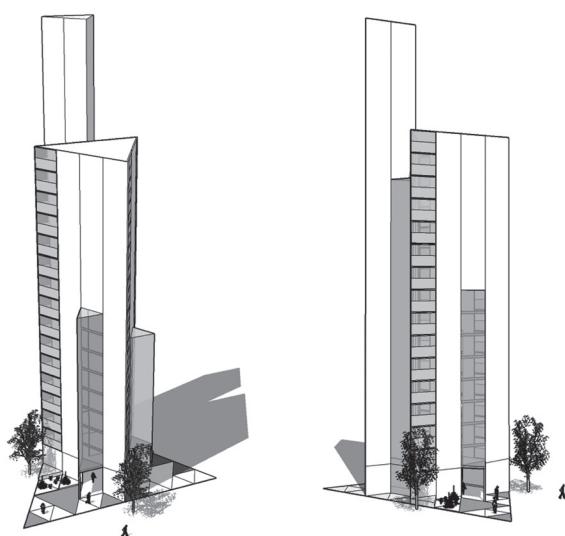
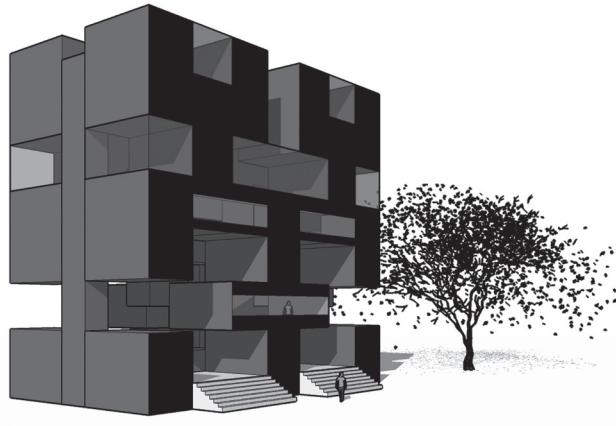


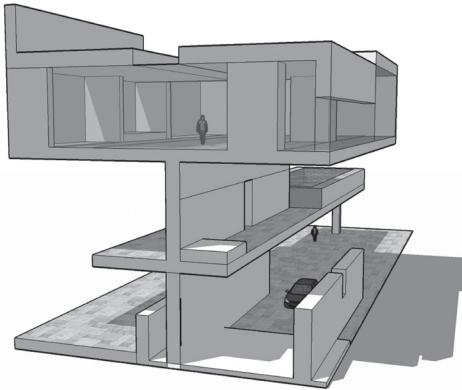
FIGURA 8 – Seção perfilada da planta baixa.  
Fonte: Sedrez, 2009.

**Módulos fractais bidimensionais:** a curva de Hilbert, exemplo já desenhado anteriormente, pode ser utilizada em dois sentidos e ainda pode ser girada, invertida, possibilitando mais configurações, o aluno aprende o comando *rotate* nos três eixos. Algumas indicações de arquitetura são solicitadas, além da definição da escala através de calungas, escadas, esquadrias, paisagismo. Nessa atividade a junção de diferentes estruturas geradas de uma mesma forma fractal desafia o aluno a criar uma composição harmônica. A árvore da Figura 9 foi gerada pelo *TreeGenerator* e importada no *Sketchup*, exemplo da interação entre os diversos softwares de CAAD.

**Seção perfilada do corte:** novamente o aluno pode usar a curva de Hilbert ou outro objeto desenhado; ele deve fazer a extrusão do objeto em três partes diferentes representando cortes. Aprofunda-se o comando *rotate*, o comando *make group* e a aplicação de cores. A definição da escala deve ser aprimorada, aproximando-se cada vez mais de uma maquete de um projeto arquitetônico. Essa atividade reúne os conceitos aprendidos nas atividades anteriores, sendo um pouco mais complexa e elaborada, exigindo do aluno um maior controle sobre os conhecimentos até então adquiridos.

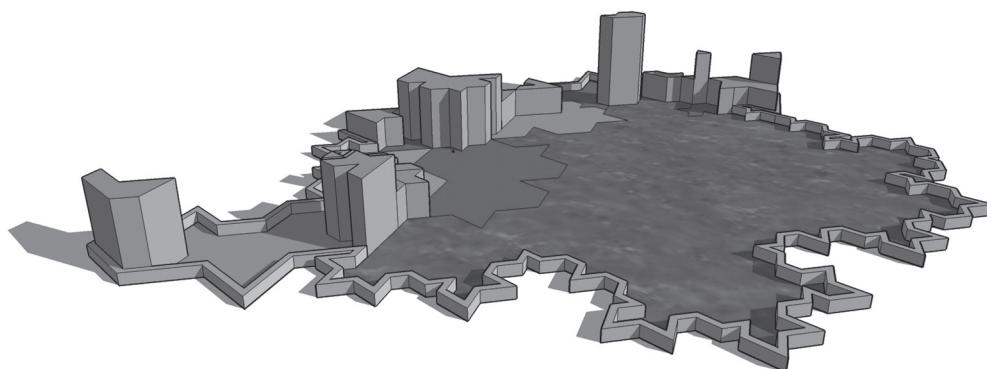


**FIGURA 9 – Módulos fractais bidimensionais.**  
Fonte: Sedrez, 2009.



**FIGURA 10 – Seção perfilada do corte.**  
Fonte: Sedrez, 2009.

**Sobreposição de escalas:** são exemplificados, para essa atividade projetual, o princípio da curva de Koch e o triângulo de Sierpinski. O aluno deve triplicar o objeto que decidir trabalhar em três escalas diferentes, sobrepondo-os. Na interseção dos planos são selecionadas regiões para formar volumes, praças e um território. Essa atividade pretende ser o exercício onde todos os conhecimentos adquiridos possam ser explorados e trabalhar em uma escala mais abrangente. Fernando (Figura 11) fez um complexo de edifícios à margem de um lago ou represa; nessa atividade a maioria dos trabalhos apresentou intenções volumétricas. A sobreposição de escalas permite observar uma maneira de criar



**FIGURA 11 – Sobreposição de escalas.**

Fonte: Sedrez, 2009.

objetos que se incorporam ao seu entorno naturalmente. Esta última atividade projetual finaliza o hiperlivro *Forma Fractal*, que habilita os alunos a utilizarem o *Sketchup* em um nível intermediário. Eles possuem habilidade de reconhecer arquitetura fractal e quais as suas propriedades que são importantes para o projeto.

## CONCLUSÃO

Destaca-se nesta pesquisa a importância do ensino de diferentes abordagens matemáticas nas fases iniciais de projeto arquitetônico e CAAD. Explorou-se a questão da forma sem ser superficial, procurando um sentido matemático para superfícies do projeto que não seja somente atender à função. A aprendizagem do *Sketchup* ocorreu de maneira gradativa, conforme a complexidade dos objetos/atividades aumentava. Ao mesmo tempo, essa aprendizagem se deu paralela aos conhecimentos de fractais, tornando a disciplina prazerosa e com objetivos claros.

Os alunos desenvolveram seus conhecimentos sobre os comandos do *software* e formas complexas, aprimorando sua técnica de representação. As decisões sobre o uso para as formas e as escalas também foram intuitivas, ou seja, foram abordagens pessoais de cada aluno. As propostas apresentaram harmonia e simetria características dos fractais. Os alunos comentaram sobre a experiência com formas complexas atribuindo uma possibilidade estética para a morfologia fractal. Um aluno chamou a atenção para o fato de que nunca havia definido uma volumetria para depois definir as funções, seu método projetual sempre partiu da funcionalidade.

As atividades propostas podem incluir outros objetos fractais e principalmente aprimorar a utilização de fractais não lineares. Para tanto será necessário avançar a pesquisa sobre os softwares de CAAD disponíveis que façam uma leitura de objetos fractais com um número alto de iterações. A continuação desta pesquisa será criar um conjunto de atividades de composição da forma para alunos de Arquitetura desenvolveram antes de entrarem nos aspectos técnicos do projeto de arquitetura. Este trabalho se torna um referencial inicial para os que têm interesse em Arquitetura Fractal. Por fim agradecemos aos alunos participantes desta disciplina e a todos que contribuíram para o trabalho.

## NOTAS

1. Recursividade: são os procedimentos para gerar um fractal, é a aplicação sucessiva de uma mesma rotina.
2. Iteração: cada vez que um fractal é realimentado com uma forma autossimilar por um processo de recursividade ele sofre uma iteração.
3. CAAD: Computer-Aided Architectural Design: Projeto Arquitetônico Assistido por Computador.
4. Hipertexto, segundo a definição de Filatro (2004): conjunto de nós ligados por conexões, os nós podem ser palavras, imagens, gráficos, sons, documentos.
5. Hiperlivro é o agrupamento do hipertexto em unidades (ou subunidades) que permite a navegação linear ou aleatória.
6. *Freeware* — software/programa de distribuição gratuita.
7. Calunga (“brasileirismo): boneco pequeno; desenho sumário, representação da figura humana, que os arquitetos fazem para dar idéia de escala ou dimensão da obra que projetam” (Ferreira, 1999).

## REFERÊNCIAS

- BAIER, T.; SEDREZ, M.R. Geometria Fractal e Arquitetura Contemporânea — Kisho Kurokawa. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13, 2001, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: UFRGS, 2001.
- BAIER, T.; SEDREZ, M.R. Uso de gráficos de funções matemáticas, construídos com recurso computacional, na elaboração de projetos arquitetônicos: uma proposta pedagógica. In: CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 30, 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: SBMAC, 2007.
- BLOOM, B.S. *Taxionomia de objetivos educacionais*. Porto Alegre: Globo, 1972. v.1 (Domínio Cognitivo).
- BONNEEL, N. *Tree Generator*. 2008. Available from: <<http://www.treegenerator.com/>>. Cited: 10 May 2008.
- CELANI, M.G. *CAD criativo*: exercícios para desenvolver a criatividade de arquitetos na era digital. São Paulo: Campus, 2003.
- DESPREZ, N. *Chaoscope*. 2007. Available from: <<http://www.chaoscope.org>>. Cited: 10 Jan. 2008.
- EISENMAN, P. Eisenmanesie. *Architecture + Urbanism*. [S.l.]: Extra, 1988. p.70.
- ESPAÑÉS, I.M. El desafío de los fractales. *Summa+*. Buenos Aires: Domn S.A., 2001, n.51, 2001, p.144.
- ESPAÑÉS, I.M. *Fractales y formas arquitectónicas*. Córdoba: I+P División Editorial, 2003.
- FERNANDES, B.R. *Estratégias pedagógicas de uso de técnicas de computação gráfica como instrumento de apoio ao processo criativo de projeto de arquitetura*. 2006. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- FERREIRA, A.B.H. *Novo Aurélio Século XXI*: o dicionário da língua portuguesa. 3.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.
- FILATRO, A. *Design instrucional contextualizado*: educação e tecnologia. São Paulo: Senac, 2004.
- JENCKS, C. *The new paradigm in architecture: the language of post-modernism*. New Haven: Yale Press University, 2002.
- LORENZ, W. E. *Fractals and fractal architecture*. 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Tecnologia de Viena, Viena, 2002.
- MANDELBROT, B.B. *The fractal geometry of nature*. New York: W. H. Freeman, 1983.
- MANDELBROT, B.B. *Objetos fractais*: forma, acaso e dimensão seguido de panorama da linguagem fractal. 2.ed. Lisboa: Gradiva, 1998.
- PEREIRA, A.C. *Ambientes virtuais de aprendizagem em diferentes contextos*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007.
- SEDREZ, M.R. *Forma fractal no ensino de projeto arquitetônico assistido por computador*. 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- TARBEL, J. *Complexification*. 2008. Available from: <<http://www.complexification.net/gallery/>>. Cited: 17 Dec. 2008.
- YESSION, C.I. *A fractal studio*. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTER AIDED DESIGN IN ARCHITECTURE — ACADIA, 87. Carolina do Norte – EUA, p. 169-182, 1987. *Proceedings...* Available from: <<http://cumin-cad.scix.net/cgi-bin/works>Show?0cb8>>. Cited: 10 Oct. 2008.

## RESUMO

A geometria fractal é uma área da matemática que estuda objetos complexos. Os fractais são objetos que surgiram com o intuito de descrever formas naturais. Logo após a criação dos conceitos de fractais, alguns arquitetos começaram a utilizar esses parâmetros no desenvolvimento de formas. Em uma experiência única sobre o tema, procurou-se abordar o elo entre arquitetura e fractais buscando a criação de formas. O desafio de ensinar projeto arquitetônico assistido por computador abordando a geometria fractal foi ainda ampliado ao se criar um conteúdo completamente novo para um ambiente virtual de aprendizagem. Este texto trata dessas questões agindo como difusor dos conceitos de fractais para arquitetos e do potencial do ensino a distância para arquitetura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arquitetura fractal. Projeto arquitetônico assistido por computador. Objeto virtual de aprendizagem.

## ***FRACTAL ARCHITECTURE CONTRIBUTION TO CAAD TEACHING***

### ***ABSTRACT***

*An area of mathematics that studies complex objects is the fractal geometry. Fractals are objects created in order to describe natural forms. After the creation of the fractal concepts some architects started to use these parameters to develop forms. We bring a unique experience on that subject managing the link between architecture and fractal and looking for shape creation. The challenge of teach computer-aided architectural design addressing fractal geometry has been further stimulated by creating a completely new content for a virtual learning environment. This paper deals with these issues by diffusing fractal concepts to young architects and the distance learning for architecture students.*

**KEYWORDS:** Fractal architecture. Creativity computer-aided architectural design. Virtual learning object.