

PESQUISA DE PADRÕES E SUAS APLICAÇÕES EM ARQUITETURA E URBANISMO: ênfase em Geometria Fractal

**Lorena P. Waihrich^a, Rosângela S. Santos^b, Acácio D. Rosalen^a, Bruna Z.
Comin^a, Paola K. Scheidmandel^a, Paulo R. Pasquetti^b, Taciana Dôro^b**

^a*Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo.
{waihrich@upf.br;99080; 99085; 83435}@upf.br*

^b*Universidade de Passo Fundo, Instituto de Ciências Exatas e Geociências
da Universidade de Passo Fundo. {salles@upf.br; 93912; 92840}@upf.br*

Keywords: Fractal Geometry. Patterns in Architecture. Education.

Abstract: Aiming to optimize the relationship between mathematics and architectural constructions we proposed this project moved by the will of new, aiming to open space for discussion, studies of fractal patterns applicable to architecture projects, able to be developed with associative and similar systems to create form and volumes from the mathematic and nature systems. This study is being developed at College of Engineering and Architecture - University of Passo Fundo, by teachers in the areas of Architecture and Mathematics, and has as a purpose to research and develop analytic instrumental for urban fractal patterns, to study propositional and analytical instruments, based on concepts of fractal geometry, including the use of software, in the field of architecture and urbanism. The methodological process involves bibliographical research about fractal patterns and its use in architectural structures; Developing of two-dimensional and spatial fractals; Study of analytical and propositional methodology turned to the accomplishment of urban plans that use, in its conception, the fractal logic; Work about the meaning and the joint of surfaces for the generation of form, structure, architectural composition and architectural syntax, the subdivision and addition of volumes and the dissemination of results obtained with the community following the production of scientific articles. The project seeks to think critical and aesthetically qualitative constructions, harmonic with architectural consistency of quality and that escapes from the technicality that found the simple emphasis on the building as mere products of real estate activity.

1 INTRODUÇÃO

Com o intuito de otimizar a relação da matemática com as construções arquitetônicas propomos este projeto, movido pela vontade do novo, pela busca de proporcionar espaço para debate, estudo de padrões fractais aplicáveis a projetos de arquitetura, passíveis de serem desenvolvidas por sistemas associativos e semelhantes de modo a criar formas e volumes derivados da matemática e dos sistemas da natureza. Este estudo está sendo desenvolvido na Faculdade de Engenharia e Arquitetura - Universidade de Passo Fundo, por professores das áreas de Arquitetura e Matemática e tem por objetivo pesquisar e desenvolver instrumental analítico para estudos de padrões urbanos fractais, estudar instrumentos propositivos e analíticos, baseados em conceitos de geometria fractal, inclusive por meio de softwares, no campo da arquitetura e urbanismo. O processo metodológico envolve pesquisa bibliográfica sobre padrões fractais e sua utilização em estruturas arquitetônicas; desenvolvimento de fractais bidimensionais e espaciais; estudo de metodologia analítica e propositiva voltada à realização de planos urbanísticos que utilizam, na sua concepção, a lógica fractal; trabalho sobre o significado e a articulação das superfícies na geração da forma, da estrutura, da composição arquitetônica ou urbana; Trabalho sobre a geometria no volume visando à criação de maquetes utilizando a sintaxe arquitetônica, a subdivisão e adição de volumes e a divulgação dos resultados obtidos junto à comunidade, com a consequente produção de artigos científicos, participação em eventos e divulgação impressa e eletrônica.

O projeto busca pensar crítica e esteticamente construções qualitativas, harmônicas com consistência arquitetônica de qualidade e que fujam do tecnicismo que fundamenta a simples ênfase na edificação como mero produto de atividade imobiliária.

A tecnologia tem sido altamente desenvolvida nas últimas décadas e é uma ferramenta que tem auxiliado muito no desenvolvimento de outras áreas do conhecimento, como a engenharia e a arquitetura. No atual contexto de desenvolvimento acelerado das tecnologias, várias áreas do conhecimento têm se valido desses recursos, assim como, têm auxiliado no desenvolvimento da própria tecnologia. Dentre esses destacamos o estudo e o desenvolvimento dos fractais, cuja descoberta revolucionou a transmissão e a criação de imagens. Em contrapartida, ferramentas computacionais possibilitaram, recentemente, a solução de um antigo problema matemático, a Conjectura de Poincaré, pelo professor russo Grigoriy Perelman, e também o desenvolvimento dos fractais gerados por iterações de equações de números complexos, os belíssimos fractais de Mandelbrot e Julia.

O homem moderno, assim como o antigo, imprime nas suas atividades uma busca constante pela harmonia, pela proporção, pela estética visando atingir o belo na sua produção. Essa busca pode ser percebida, especialmente nas edificações e nas construções arquitetônicas. Para atingir a proporção harmônica

os construtores valeram-se da proporção áurea, compreendida por muitos como o número áureo, que é, indiscutivelmente, o número da perfeição, da harmonia, da beleza.

A geometria como o cálculo, tem sido uma ferramenta fundamental para a engenharia, na medida em que sistematiza e otimiza os cálculos, e para a arquitetura, por contribuir para o ordenamento do todo, abrangendo a forma, a compositivo e a funcionalidade dos projetos. Por isso, profissionais dessas áreas dedicam inúmeras horas ao estudo dos padrões e à aplicabilidade das ferramentas matemáticas.

A questão da racionalidade na edificações arquitetônicas põe-se como um problema que precisa ser considerado, uma vez que todos somos responsáveis pela sustentabilidade do nosso meio e precisamos atuar visando à produção e ao uso racional e sustentável dos recursos do planeta sem a perda da qualidade arquitetônica.

Este projeto busca possibilitar a ampliação do imaginário coletivo sobre a arquitetura, difundindo a ideia das aplicações práticas do estudo técnico da matemática e dos padrões fractais; pesquisar e desenvolver instrumental analítico para estudos de padrões urbanos fractais; estudar instrumentos propositivos e analíticos baseados em conceitos de geometria fractal, inclusive por meio de softwares, no campo da arquitetura e urbanismo. Visa também, além de investigar padrões fractais para o uso em estruturas arquitetônicas, agregar valor estético, propor a elaboração e a execução em forma de maquetes de projetos arquitetônicos contemplando a estrutura fractal; pesquisar e desenvolver instrumental analítico para estudos de padrões urbanos fractais; promover experiência interdisciplinar para os alunos envolvidos no reconhecimento das estruturas padronizadas, na busca de uma prática que envolva matemática, arquitetura e informática.

2 PADRÕES GEOMÉTRICOS NA ARQUITETURA

As edificações como mero produto de atividade imobiliária têm produzido construções que não podem ser classificadas como arquitetônicas, porque não usufruem uma estrutura racional cuidada a harmonia e a beleza, observando as características do meio e a identificação com o lugar.

A esse respeito Wisnik cita Rocha, que escreve: "Paulo Mendes da Rocha se recusa a subordinar a arquitetura ao imperativo funcionalista; entende-a, antes, como uma 'visão poética sobre a forma que ultrapassa na sua dimensão humana, a estrita necessidade'. Pois a arquitetura não deseja ser 'funcional' e sim, 'oportuna'" (2009, p. 188)". O autor expressa a importância de olhar além da necessidade física/humana de habitação, construindo e projetando a partir da essência da arquitetura, criando uma envolvente que reúne técnica e arte.

O belo, como expressão da harmonia, da perfeição, sempre foi objeto perseguido pelo homem antigo e continua sendo buscado pelo homem moderno.

Num conceito contemporâneo, o belo se funde com a estética, que não está limitada ao aspecto físico das coisas, mas se estende para uma concepção mais ampla, ou seja, o modo de significar o mundo, de ver, de ser, de estar e de atuar nele. A matemática, por sua vez, tem trabalhado desde o princípio da civilização com o intuito de auxiliar a expressão da harmonia e da estética nas várias produções humanas e nas várias áreas do conhecimento.

A questão do elemento estético da matemática nos parece inquestionável, assim como a sua importância para o desenvolvimento das ciências, pelo fato de a matemática ser um instrumental das várias áreas do conhecimento. A matemática, por todas as características já citadas, pode ser aplicada no planejamento, na estruturação, na organização das ações e da vida dos sujeitos, concorrendo para qualificar a existência dos seres imersos num mundo repleto de formas geométricas e estruturas arquitetônicas.

Para Barbosa, "o despertar e desenvolver do senso estético pode muito bem ser cuidado e aproveitado com o tema fractais, quer apreciando o belo irradiante, quer observando a regularidade harmoniosa nas suas próprias irregularidades". (2002, p. 13).

Para compreender um fractal numa linguagem matemática, é necessário destacar as principais peculiaridades que o caracterizam e o definem como conjuntos fractais. De acordo com Almeida et al. (2010, p. 2), essas características são:

- *Auto-similaridade*, que pode ser exata ou estatística, ou seja, mantém a mesma forma e estrutura sob uma transformação de escala (transformação que reduz ou amplia o objeto ou parte dele a qual se deseja trabalhar);
- *Complexidade infinita*, isto é, qualquer que seja o número de ampliações de um objeto fractal, nunca obteremos a "imagem final", uma vez que ela poderá continuar a ser infinitamente ampliada;
- *Irregularidade*, no sentido de rugosidade (não suavidade) ou fragmentação;
- Possuir, em geral, *dimensão não inteira*. A dimensão fractal quantifica, de certo modo, o grau de irregularidade ou fragmentação do conjunto considerado.

A autossimilaridade aproximada ou estatística não está presente em todos os fractais, pode ser observada, especialmente, em objetos da natureza que não são fractais exatos mas podem ser descritos por eles, como a estrutura do brócolis e da couve-flor. (Fig. 1).



Figura 1: auto-similaridade que pode ser observada no brócolis, na couve-flor, na samambaia.

Fonte: http://wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Fractal_Broccoli.jpg

Copyright © 2010 Asociación Argentina de Mecánica Computacional <http://www.amcaonline.org.ar>

A complexidade de um padrão fractal, de acordo com Assis et al. (2008, p. 2), refere-se ao fato de que o processo de geração de uma figura definida como sendo um fractal é recursivo e infinito, ou seja, ao executar um determinado procedimento, no decorrer dele encontra-se como resultado o próprio procedimento em uma escala diferente. Esse método no caso de uma construção iterativa de um fractal matematicamente definido, dispõe de um número infinito de iterações, gerando assim uma estrutura infinitamente complexa.

A geometria fractal, considerada por muitos como a geometria da natureza, apresenta-se como um complemento à geometria clássica e como um elemento rico além de belo, que pode fornecer ao arquiteto uma gama de possibilidades no estudo e exploração das formas arquitetônicas. (Fig. 2).



Figura 2: Gare do Oriente [Estação Ferroviária e Rodoviária do Oriente] -Lisboa - Portugal

Nesta estrutura o arquiteto fez uso de nervuras em forma de folhas de palmeira que saem de um arco principal, composta por um módulo fractal árvore presente nas nervuras. A respeito dessa estrutura, Charleson explica:

A cobertura da plataforma da estação se torna muito leve e delicada quando comparada com a pesada estrutura em arcos sobre a qual ela repousa e que abriga o salão principal e outros recursos. [...] a cobertura nervurada de aço lembra muito um bosque de palmeiras. [...] Exceto pelas bases quadradas dos pilares de aço fabricados sob encomenda, os demais elementos da marquise de cobertura são perfis. [...] As conexões curvas e arredondadas entre os arcos e as nervuras e o uso de perfis esbeltos e com pontas afiadas nos lembram características similares

das folhas de palmeiras e reforçam a analogia com a botânica, (2009, p. 184).

A composição do todo da Gare do Oriente, porém, não se desenvolve com um padrão fractal, porque se limita no próprio módulo repetido em todo o organismo, não possuindo a característica de dimensão fracionária na similaridade que apresenta.

A geometria é um dos meios pelo qual a beleza da estrutura é expressa naturalmente. Desde a Antiguidade, o homem se deixou seduzir por padrões geométricos amplamente explorados pelos gregos, na forma de mosaicos, na decoração de suas mesquitas e palácios, e pelos romanos, na forma de mosaicos, pinturas e vitrôs, na decoração de suas igrejas e capelas e, especialmente, nas construções ao aplicar a proporção áurea.

Arquitetos e artistas de várias nacionalidades entre eles Leonardo da Vinci, sentiram que a razão de ouro e o retângulo de ouro potencializavam o valor estético das pinturas, dos monumentos e das esculturas; conheciam a razão de ouro, como construí-la, como obter aproximações e como usá-la para construir o retângulo de ouro. Quanto à arquitetura moderna, exemplos de edifícios projetados por Le Corbusier ou a sede das Nações Unidas contêm elementos arquitetônicos na forma de retângulos de ouro.

Ching cita Le Corbusier, que afirma:

Uma linha reguladora constitui uma garantia contra o capricho; é um meio de verificação que pode ratificar todo o trabalho criado com fervor (...) Confere ao trabalho a qualidade do ritmo. A linha reguladora introduz a forma tangível da matemática, que confere a percepção tranquilizadora de uma ordem. A escolha de uma linha reguladora estabelece a geometria fundamental do trabalho (...) É um meio para um fim, não uma receita. (1998, p. 290).

O trabalho conjunto da arquitetura e da matemática para a racionalidade na construção das estruturas arquitetônicas pode gerar uma considerável economia de meios e recursos. A racionalidade visa também à funcionalidade da obra, inspiração buscada na natureza pelo homem.

Segundo Vitti (1999), a casa das abelhas serviu de inspiração e modelo de projetos de edifícios funcionais para a engenharia. A autora cita o projeto realizado por três arquitetos da Oficina de Arquitetura de São Paulo, cujo desafio foi produzir o maior espaço construindo a menor quantidade possível de paredes, com base na lição da natureza. O projeto resultou na construção do novo templo da Igreja Presbiteriana Independente, Sorocaba, 1998, cujas linhas lembram colmeias. (Fig. 3).



Figura 3: Igreja Presbiteriana
Fonte: WWW.panoramio.com/photo/2120189

De acordo com Vitti (1999), é possível perceber, com base na história da matemática, que a geometria dos gregos é o produto da busca pela racionalidade, estética e beleza. Segundo a autora, "o estudo da geometria observando as formas da natureza levou os cientistas da época a crer, através de suas observações, que todas elas poderiam ser construídas com régua e compasso. [...] Dedicavam-se, então, a arrancar da natureza seus mistérios e caprichos e os resultados de suas pesquisas eram aplicados ou conferidos com os resultados observados na natureza".

O uso de padrões fractais nas estruturas arquitetônicas pode qualificar esteticamente uma edificação, seja na fachada, seja na estrutura, assim como a matemática instrumentaliza para uma análise quantitativa e qualitativa, possibilitando o uso racional dos recursos naturais e dos materiais construtivos a serem utilizados. As medidas fractais podem também contribuir para a análise de fenômenos particulares urbanos, como as favelas e a atual proliferação de condomínios fechados.

Segundo a história, os matemáticos sempre buscaram subsídios na geometria para resolver os problemas de matemática, Mesmo quando se privilegiou o método analítico, alguns matemáticos continuaram visualizando geometricamente os problemas sempre que possível.

Para Barbosa (2002), a geometria, entre outras áreas da matemática, dispõe de elementos estéticos que proporcionam prazer, assim como a harmonia, a proporção ou os contrastes existentes na natureza, na arte ou na arquitetura, os quais justificam serem objetos de estudo. Segundo o autor, a simetria é dotada de grande potencial estético, pois individualiza um objeto e fornece-lhe personalidade e expressão, assim como o estudo do segmento áureo, da divina proporção e de outros equivalentes nos polígonos regulares pentagonais e ou

decagonais faz aflorar o belo, permitindo relacioná-los com os padrões da escultura, pintura ou arquitetura. As emoções produzidas pela estética coincidem com o estado consciente do sujeito e a sua expressão territorial.

A matemática, ao longo da história da civilização humana, ocupou-se de imprimir harmonia e beleza não só na decoração, por meio dos seus padrões geométricos, como também da harmonia nas construções arquitetônicas. As construções antigas de castelos, igrejas, eram edificadas a partir da busca de compreender a unidade que permeia a vida. Para tanto, valiam-se do estudo das relações harmônicas existentes entre as proporções e as formas que compõem o micro e o macrocosmo, que os construtores denominavam de geometria sagrada (CARVALHO, 2004).

De acordo com Pennick (1980), Gaudí, em razão do seu interesse pela geometria sagrada, foi um dos primeiros arquitetos modernos a empregar o arco parabólico nas suas construções. (Fig 4, Fig. 5, Fig. 6 e Fig. 7).



Figura 4 e Figura 5: Parque Güell - Barcelona.
Fotos: Lorena Postal Waihrich/Rosângela Salles dos Santos – 2010

De acordo com Weigl,

Gaudí era seguidor dos princípios da geometria sagrada e adepto das formas arredondadas e orgânicas: para ele, a reta simboliza o homem e a curva é um reflexo de Deus. Nas fachadas podem ser vistos, por exemplo, o quadrado mágico (cujas somas em qualquer sentido resultam em 33, idade em que morreu Jesus Cristo) e o desenho que representa os quatro elementos da natureza, segundo a alquimia. Em uma das portas, há uma série de figuras que misturam ícones católicos (como o peixe, símbolo de Jesus para os primeiros cristãos), da alquimia e da maçonaria. (2010)



Figura 6: Parque Güell - Barcelona. e Figura 7: Igreja Sagrada Família Barcelona
Fotos: Lorena Postal Wairich/Rosângela Salles dos Santos– 2010

Mesmo para as pessoas que desconhecem a simbologia mística da obra do Gaudi, é inevitável a sensação de que sua arquitetura tem algo vivo, que a qualquer momento pode se deslocar e nos envolver, como aquelas plantas carnívoras dos filmes, o que se deve à característica orgânica de sua obra, que representa galhos que crescem, se enroscam, se avolumam. Essa mesma estrutura que se agiganta é suavizada por pequenos ramos, que parecem ninhos. FIG. 8 e FIG 9.



Figura 8: Casa Milá – La Pedrera – Barcelona e Figura 9: Casa Milá -Natureza e obra se confundem

Fotos: Lorena P. Wairich/Rosângela S. Santos– 2010.

Na compreensão de Zerbest sobre a fachada da Casa Milá:

A fachada ondeada com grandes poros faz também lembrar o relevo das praias de areia fina formado pelas ondas em retirada. Perante estas sinuosidades que, como uma só linha, percorrem todo o edifício, poder-se-ia igualmente pensar na construção de uma colméia. Antes de se dedicar inteiramente à Sagrada Família, Gaudí concebeu, nesta última construção profana, um verdadeiro paradoxo: uma construção natural, que é um produto da arte, e simultaneamente, o resumo de todas as formas que entretanto, o tinham tornado célebre. No telhado encontra-se uma imitação do banco do Parque Güell, assim como as suas grotescas chaminés, cada vez mais imponentes.

A proporção harmônica nas edificações foi buscada pelos construtores a partir do estudo da proporção áurea, compreendida por muitos como o número áureo, que é, indiscutivelmente, o número da perfeição, da harmonia, da beleza.

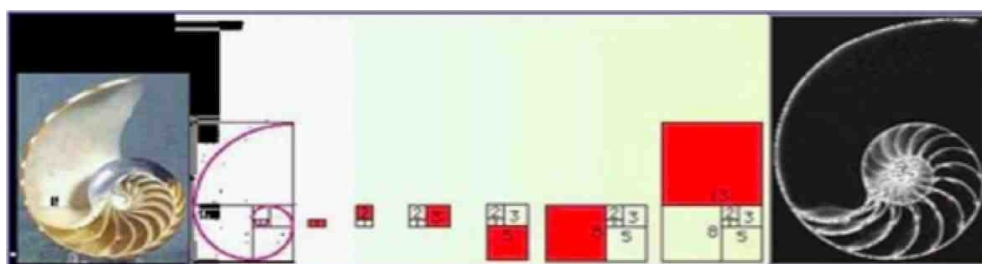


Figura 10: Retângulo de ouro - Moluscos náuticos vistos em seção.

Fonte: www.algarve-saibamais.blogspot.com

Pennick define a seção dourada ou proporção áurea como o número irracional denotado pela letra grega phi (ϕ), resultante da razão entre duas quantidades mensuráveis de qualquer espécie; o quociente entre os termos de uma razão equivale ao quociente entre a soma dos dois termos e o maior deles, dando origem ao número 1,618033969... (número áureo).

De acordo com Ching, "a Seção Áurea tem algumas propriedades geométricas e algébricas notáveis que explicam a sua existência na arquitetura, assim como nas estruturas de muitos organismos vivos. Qualquer progressão baseada na Seção Áurea é, ao mesmo tempo, aditiva e geométrica". (1998, p. 108).

É possível observar retângulos áureos presentes em várias obras de arquitetura, como no Parthenon (Fig. 11), em Atenas e nas obras do arquiteto Lê Corbusier, como a unidade habitacional de Marseilles (Fig. 12).

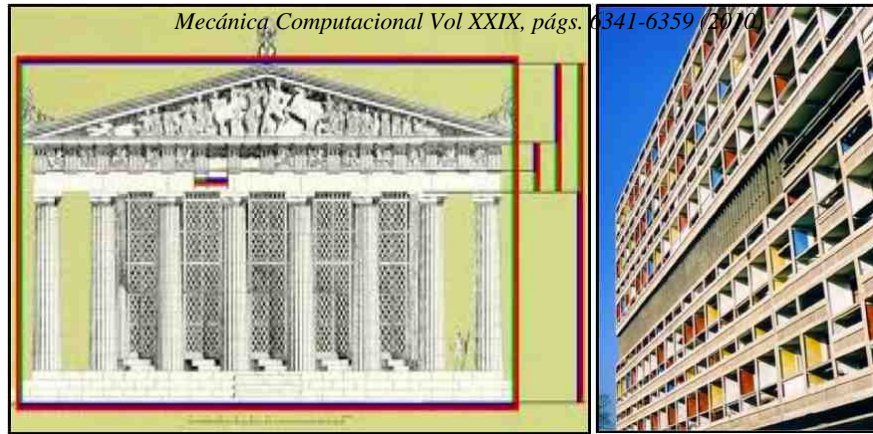


Figura 11 e Figura 12: Parthenon e Unidade de habitação, Marseilles, Fr. 1946, por Lê Corbusier.
Fonte: blogs.forumpcs.com.br

Le Corbusier, entre 1942 e 1948, desenvolveu um sistema de medição com base na razão de ouro, nos números de Fibonacci e nas dimensões médias humanas, conhecido por "Modulor". Le Corbusier usou essas proporções do modulor visando expressar harmonia nas suas composições arquitetônicas. O "Modulor" (Fig. 13), publicado em 1950, foi o precursor do "Modulor 2", publicado em 1955. (Fig. 14).

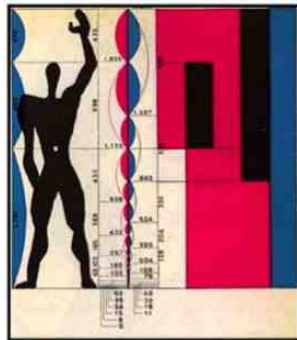


Figura 13: Modulor



Figura 14: Modulor 2

Sistemas de medidas proporcionais do corpo humano desenvolvido por Le Corbusier
Fonte: http://composicao1.blogspot.com/2008_11_01_archive.html

O termo geometria significa o estudo da medida da terra e das formas da natureza. Entretanto, durante muito tempo os geômetras ignoraram as formas da natureza, que não podiam ser reduzidas a formas geométricas simples, como quadrados, triângulos, prismas, cones. A esses e outros elementos da natureza, como o contorno das nuvens, o traçado de raios, os ruídos, os cientistas denominaram de "caos". E foi justamente o estudo do "caos" que originou a descoberta da geometria da natureza, ou seja, a geometria fractal.

De acordo com Barbosa (2002), Benoit Mandelbrot, a partir de estudos de Georg Cantor, que havia se aliado à IBM para solucionar justamente o ruído nas transmissões telefônicas para computadores, e levando em conta a ideia da dimensão que Euclides não havia considerado, acabou descobrindo uma nova geometria, denominada de "fractais", com base no termo *fractus*, que expressa a

ideia de fragmentos, de quebra. A descoberta dos fractais, em especial, revolucionou a geração, a produção e a transmissão de imagens.

A geometria dos fractais é conhecida como a geometria da natureza justamente por permitir o estudo dos fenômenos naturais. Seu objeto de estudo são estruturas de dimensão espacial fracionária, com a propriedade de autossimilaridade, e se vale de algoritmos e formas iterativas para se expressar graficamente.

Os fractais, além de produzir figuras belíssimas, apresentam-se como uma poderosa ferramenta para várias áreas do conhecimento, como a engenharia, as comunicações telefônicas, a química, a arte, com a produção de cenários virtuais mais reais, e até no estudo de doenças crônicas e noutros campos da medicina, auxiliando no estudo dos batimentos cardíacos e o diagnóstico do câncer.

Muitos engenheiros e arquitetos têm se deixado seduzir pela estrutura fractal e pelas possibilidades que oferece, as quais vão desde os padrões estéticos à otimização das estruturas e ao uso de recursos.

3 PADRÕES FRACTAIS NO URBANISMO

O Projeto Cidade Fractal, realizado pelo arquiteto Shiguelo Torigoi, propõe um complexo estrutural autossimilar, no qual a casa, o bairro e a cidade são repetições de um mesmo padrão fractal auto-organizado e autogestionado, configurando uma sociedade aberta. De acordo com o texto "Cidade fractal" (2010), a referida cidade é entrecortada por vias rápidas (Fig. 15), o que reduz a velocidade de acesso às cargas, aos núcleos de interesse social (escolas, teatros, cinemas, shopping centers, locais de trabalho, etc.), privilegiando o conceito de trânsito de percepção subliminar desta antiestrutura e incentivando a espontânea divergência, a diversidade criativa - que produziria novas formas de relações humanas e, por conseguinte, uma sociedade nova para uma cidade nova.



Figura 15: Cidade Fractal

Fonte: www.calazans.ppg.br/img/miolo02/projetos/ft003.jpg

No artigo "A geometria fractal e suas aplicações em arquitetura e urbanismo", de Martins e Librantz (2006), os autores chamam atenção para o fato de que as

significativas tendências do urbanismo e do planejamento urbano atuais, tais como valorização da escala humana, participação e variedade de escalas, podem encontrar uma explicação científica nos conceitos apresentados pela geometria fractal, considerando que esses estudos se valem de uma das mais importantes características do fractal: a autossimilaridade, propriedade que permite a simetria por meio de vários níveis escalares. Segundo os autores, este estudo foi proposto em razão da relevância que a geometria fractal está adquirindo no cenário científico em razão da sua aplicabilidade para elaboração de análises e proposições nas áreas de projeto urbano, desenho urbano e planejamento urbano regional.

4 PADRÕES FRACTAIS NAS FACHADAS

No blog *Arquitetura fractal* podemos visualizar inúmeros projetos que contemplam a geometria fractal nas fachadas ou nas estruturas arquitetônicas, os quais são composições singulares, muito bem postas esteticamente e no meio (Fig. 16). São propostas de arquitetos importantes e que dispensam apresentação, como Santiago Calatrava, Jean Nouvel (Prêmio Pritzker, 2009), Kisho Kurokawa, Zaha Hadid, Renzo Piano.



Figura 16: Edifício Zilverparkade - Crescimento fractal em concreto para fachada (modulação e repetição) Local: Lelystad - Holanda - Arquiteto: René Van Zuuk – Projeto 2002-2006
Fonte: <http://arquifractal.blogspot.com/2007/10/cidade-global-de-penang.html>

O edifício Zilverparkade, construído entre 2002 e 2006, com área edificada de 1867 m², possui na fachada uma estrutura fractal de árvore, simbolizando uma estrutura de ramificação semelhante, resultado de um estudo dos padrões de infinito. A fachada é feita em pré fabricado de concreto, que continua em torno dos cantos e proporciona a construção de uma identidade reconhecível distinta das propriedades adjacentes. A estrutura proporciona uma visão obscurecida vista de fora, mas, a partir do interior, permite a visualização do entorno.

5 PADRÕES FRACTAIS NO DESIGN DE MÓVEIS

A forma fractal imitando a natureza buscando o desenho e a escala da árvore, ou mesmo de uma estrutura geométrica espacial como a esponja de Menjer, utilizada no mobiliário residencial imprime no espaço de convívio a contradição da noção diferencial de escala em relação ao tamanho real dos elementos geométricos ou arbóreos presentes na mente dos usuários.

A Fractal Table (Fig. 17), dos designers belgas da Plaform Wertel Oberfell com Matthias Bar, 2008, simula o desenho da árvore/mesa. O projeto foi executado em resina epoxi branca como se estivesse crescendo na natureza nos seus mínimos detalhes.

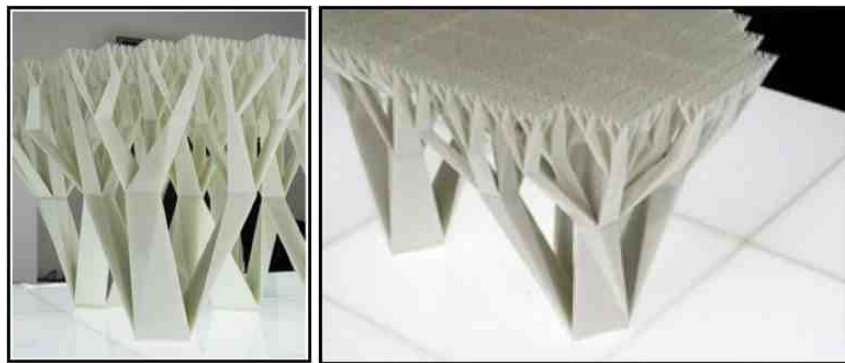


Figura 17: A FRACTAL TABLE (MATERIALISE. MGX/ Bélgica) - 2008
Fonte: WWW.platform-net.com/

A dimensão fracionária neste móvel está presente de forma clara com, no mínimo, três níveis de escalonamento do módulo fractal tipo árvore. É o elemento arboreo fazendo parte da mesa presente na mobília.

O designer Takeshi Miyakawa, inspirado no fractal de esponja de Menger, (Fig. 18) criou o Gaveteiro fractal em madeira e pintura branca (Fig. 19).



Figura 18: Esponja de Menger e Figura 19: Gaveteiro fractal
Fonte: www.territorioscuola.com/software/index_pt.php?title=Ficheiro:Menger-Schwamm-farbig.
Fonte: tmiyakawadesign.com/fractal-2.html

O Gaveteiro Fractal de Miryawa possibilita, no mínimo, duas faces de uso do mobiliário, gerando alternativas de utilização e possibilidades funcionais. Seu aspecto fortemente geométrico impressiona pela presença de linhas retas, utilizadas inclusive nos puxadores. O espaço utilizado pelas gavetas em movimento expõe a fração fractal do espaço utilizado e do vazio, tornando a forma escultórica. O tampo do gaveteiro repete o padrão fractal somente na subtração de massa, o que também torna o objeto interessante, pois cria uma outra face, que prende a atenção no artefato.

6 ESTUDOS DE PADRÕES FRACTAIS DESENVOLVIDOS PELOS BOLSISTAS DO PROJETO

Os alunos fizeram uma pesquisa bibliográfica para compreender o conceito de geometria fractal e suas características e, com base nesse estudo, produziram fractais a fim de verificar os dados levantados na pesquisa.

6.1 Fractais de linha

Os fractais de linha foram desenvolvidos em malha de papel quadriculado e triangular (Fig. 20) e no *Software* PowerPoint (Fig. 21).

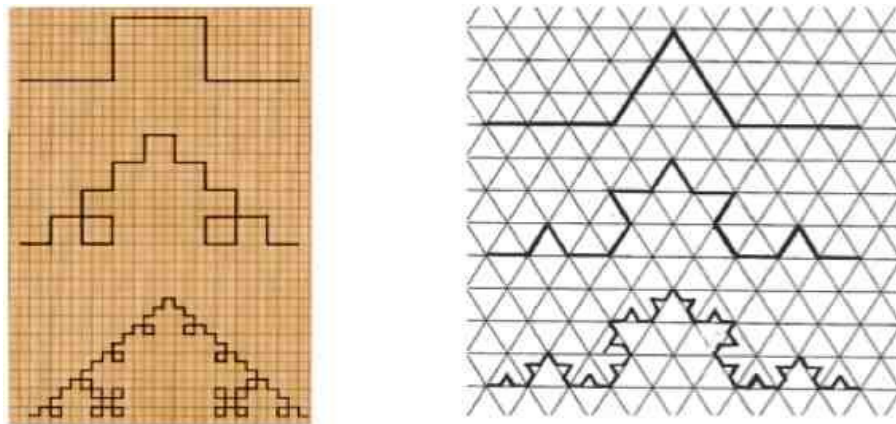


Figura 20: Fractais desenvolvidos em malhas

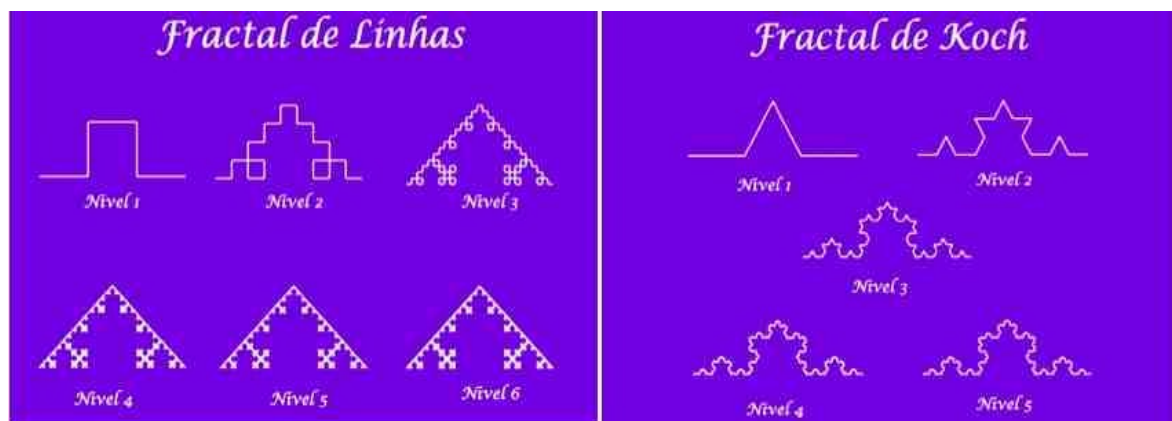


Figura 21: Fractais desenvolvidos no *software* PowerPoint

6.2 Fractais de figuras geométricas

Os fractais de figuras geométricas também foram desenvolvidos em malha de papel quadriculada e triangular (Fig. 22) e no *Software* PowerPoint (Fig. 23).

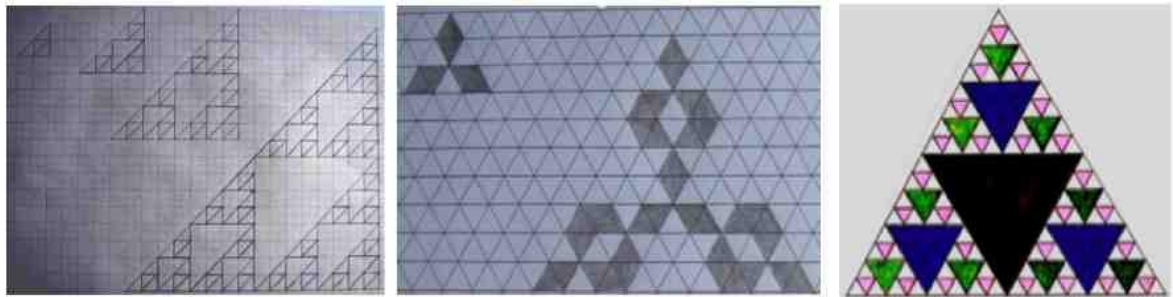


Figura 22: Fractais desenvolvidos em malhas

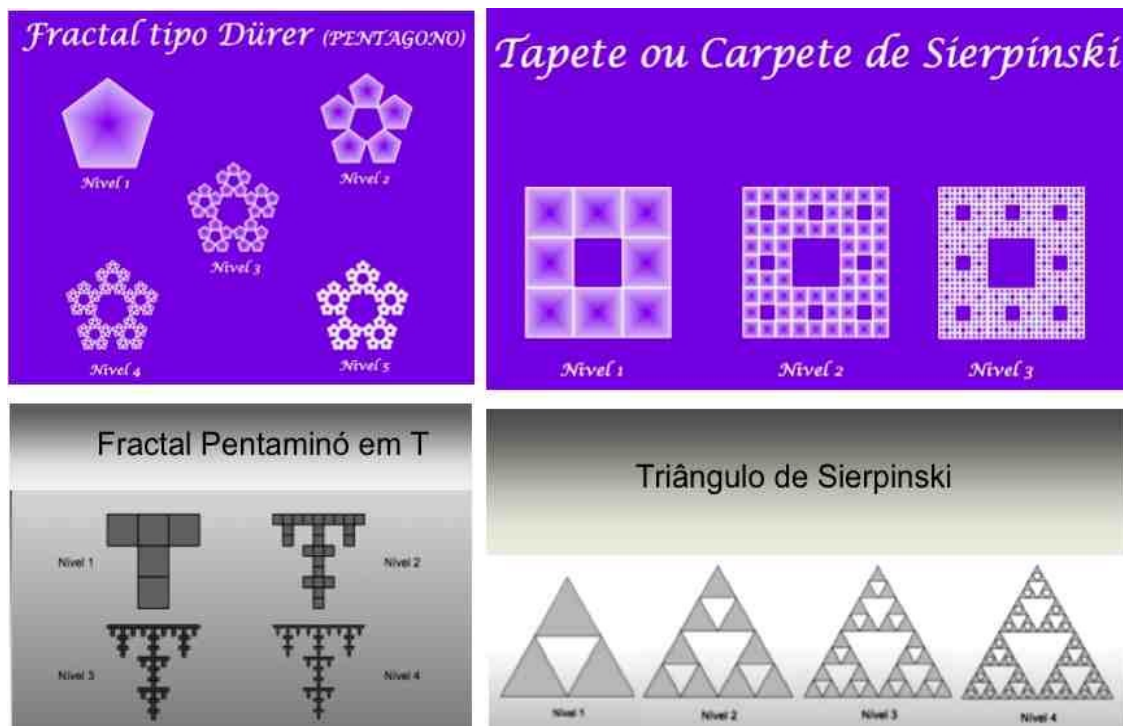
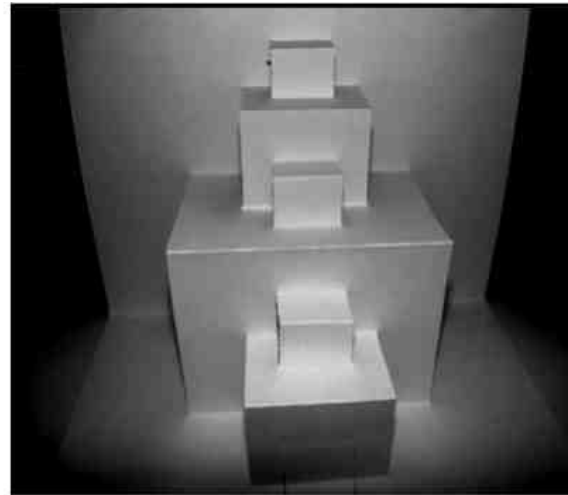
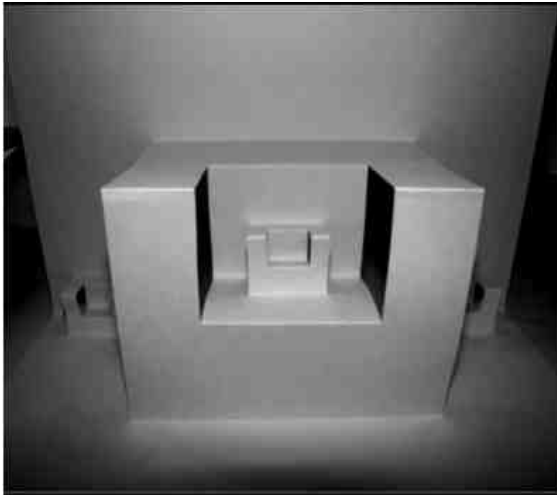


Figura 23: Fractais desenvolvidos no *software* PowerPoint

6.3 Fractais em 3D

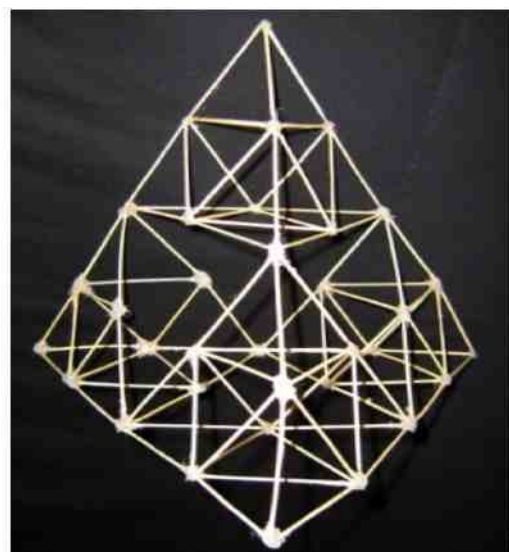
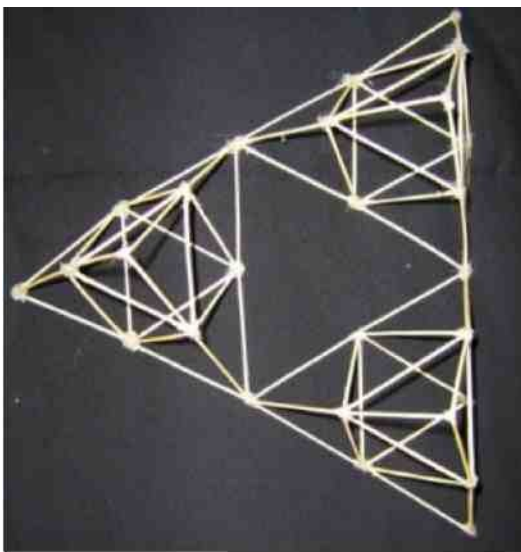
A partir de dobraduras e recortes foram construídos os fractais 3D em papel (Fig. 24) e com palitos (Fig. 25). O grupo está coletando materiais alternativos, como latas e garrafas, para montar estruturas geométricas com padrão fractal, como o material produzido na disciplina Tópicos de Matemática, do oitavo nível do curso de Matemática.



Fractal Cubo invertido

Fractal Cuartil Central

Figura 24: Fractais desenvolvidos a partir de dobradura, em papel.



Pirâmide de Sierpinski incompleta – Vista Superior completa

Pirâmide de Sierpinski

Figura 25: Fractais desenvolvidos com palito

7 CONSIDERAÇÕES

A aplicação dos fractais na arquitetura encontra-se num estágio inicial e na intenção de alguns arquitetos mais arrojados e inovadores. Isso, provavelmente, se deve ao fato de ser um conhecimento que vem sendo estudado como ciência há pouco mais de trinta anos.

A forma fractal pode trazer para o projeto arquitetônico a possibilidade de criar sistemas sustentáveis por meio de ventilação cruzada, iluminação natural, ligação de espaços internos x externos, economia de meios com a consequente redução do número de paredes internas. O padrão fracionário e a autossimilaridade podem atribuir grande valor ao projeto arquitetônico, como a assimetria, o detalhamento e a unidade da composição no todo da arquitetura.

A utilização da dimensão fracionária pode agregar diferentes dimensões de espaços, possibilitando maior criatividade na definição da funcionalidade. A grande vantagem da utilização do padrão fractal na questão urbana é a possibilidade da utilização da autossimilaridade, criando células de tamanhos diferentes e mesma função, o que possibilita a identificação da parte com o todo. Essa estrutura permite o desenvolvimento de escalas diferentes (humana, carro, cidade), com fluxos adequados à demanda, como avenidas, ruas coletoras, ruas de passeio.

Nas atividades práticas propostas para os bolsistas sobre os padrões fractais foram alcançados quatro e até seis níveis de subdivisão das linhas planos e volumes, o que possibilitou a percepção dos potenciais formais e a expressão da similaridade própria do fractal. Foi possível a visualização dos detalhes criados e seus fatores de saturação, o que em arquitetura pode ser um recurso relacionado ao detalhamento e definição de formatos.

Os materiais variados e o modo como foram utilizados na execução das atividades dos bolsistas permitiu a visualização da forma estética e seus atributos, como sombreamento, espaços cheios e vazios na geração de volumes e a repetição dos elementos, criando a noção de família, o que em arquitetura traz a unidade para a composição.

8 REFERÊNCIAS

ASSIS, Thiago Albuquerque de et al. *Geometria fractal: propriedades e características de fractais ideais*. [artigo científico]. 2008. Disponível em: <<http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/302304.pdf>>. acesso em: 29 ago. 2010.

BARBOSA, Ruy Madsen. *Descobrendo a geometria fractal para a sala de aula*. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

CARVALHO, José de Ribamar. *Geometria sagrada*. Disponível em: <http://www.jornal-express.com.br/noticias/detalhes.php?id_jornal=7004&id_noticia=733>. Acesso em: 16 fev.2004.

CHARLESON, Andrew W. *Estrutura aparente: um elemento de composição em arquitetura* / Andrew W. Charleson; Tradução Alexandre Salvaterra. – Porto Alegre: Bookman, 2009.

CHING, Francis D. K. *Arquitetura, forma, espaço e ordem*. Trad. Alvamar Helena Lamparelli. - São Paulo: Martins Fontes. 1998.

CALAZANS, Flávio. *Cidade fractal*. Disponível em: http://www.calazans.ppg.br/c_pr03.htm. Acesso em: abr. 2010.

MARTINS, A. M. S. M.; LIBRANTZ, A. F. H. A geometria fractal e suas aplicações em arquitetura e urbanismo. *Exacta*, São Paulo, v. 4, n. especial, p. 91-93, 25 nov. 2006

PENNICK, Nigel. *Geometria sagrada: simbolismo e intenção nas estruturas religiosas*. São Paulo: Pensamento, 1980.

VITTI, Catarina Maria. *Matemática com prazer: a partir da história e da geometria*. 2º ed. Piracicaba. Editora UNIMEP. 1999.

WHITTLE, Simon. Disponível em: <http://arquifracal.blogspot.com/search/label/Simon%20Whittle> Simon Whittle/ na Inglaterra.

WEIGL, Wilson F. D. A arquitetura também é uma forma de expressar devoção. Nas catedrais góticas, construídas na Idade Média, as formas perfeitas e os vitrais coloridos guardam segredos e símbolos de fé e beleza. *Bons Fluidos*. Disponível em: origin.bonsfluidos.abril.com.br/livre/edicoes/0069/espirtual02.shtml. Acesso em: 20 Ago. 2010.

WISNIK, Guilherme. *Estado Crítico: À deriva nas cidades*. Guilherme Wisnik.- São Paulo: Publifolha, 2009.