

## BIOGRAFIA (capa)

### Benoît Mandelbrot (\*)

Maria de Lourdes R. de A. Jeanrenaud

“ E também o mundo,  
Com tudo aquilo que contém,  
Com tudo aquilo que nele se desdobra  
E afinal é a mesma coisa variada em cópias iguais. “

Fernando Pessoa – Poesias de Álvaro de Campos

**Benoit Mandelbrot** nasceu na Polônia em 1924, tendo sua família emigrado para a França, devido à 2ª Guerra Mundial. Seu tio, Szolem Mandelbrot, que era professor de Matemática no *Collège de France*, foi o responsável pela sua educação. Estudou na *École Polytechnique* e na *Sorbonne* em Paris, graduando-se no *California Institute of Technology*, usualmente conhecido como *Caltech*. A sua carreira acadêmica dividiu-se principalmente entre a França e os Estados Unidos. Em 1958, criou uma associação com os laboratórios de investigação da IBM em Nova Iorque, tornando-se professor de Yale em 1987.



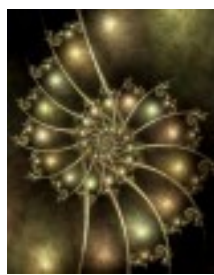
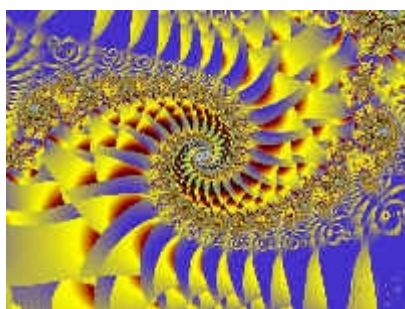
O principal trabalho de Mandelbrot foi a proposta de um novo conceito de geometria, que ficou conhecida como *Geometria Fractal*. O objetivo desse novo conjunto de objetos foi minimizar as lacunas deixadas pela Geometria Euclidiana no que diz respeito às formas existentes na natureza. Essas novas formas geométricas ficaram conhecidas como *FRACTAIS*.

Nos últimos anos, diferentes definições de *fractais* têm surgido. No entanto, a noção que serviu de fio condutor a todas as definições foi introduzida por Benoit Mandelbrot através do neologismo *fractal*, surgido do adjetivo latino *fractus*, do verbo *frangere*, que significa quebrar, fragmentar.

Os *fractais* são formas geométricas abstratas de uma beleza incrível, com padrões complexos que se repetem infinitamente, mesmo limitados a uma área finita.

Mandelbrot constatou ainda que todas estas formas e padrões possuíam algumas características comuns e que havia uma curiosa e interessante relação entre estes objetos e aqueles encontrados na natureza.

Com a introdução da coleção de figuras Mandelbrot, em 1980, ficou evidenciado que fenômenos tão complexos podiam ser criados e descritos por simples regras repetidas.



Os *fractais* foram popularizados por Mandelbrot em 1975 em seu livro “ *Les Objets Fractals: Forme, Hasard et Dimension* ”. Neste livro, Mandelbrot usou o termo *fractal* para descrever um número de fenômenos matemáticos que pareciam exibir comportamento caótico ou surpreendente. Todos estes fenômenos envolviam a definição de alguma curva ou algum conjunto através do uso de algumas funções ou algoritmos recursivos. O *conjunto de Mandelbrot* é um desses fenômenos e leva o nome de seu descobridor.

A pesquisa de Mandelbrot forneceu ainda teorias matemáticas para o fenômeno da Probabilidade Errática e métodos de auto-semelhanças em Probabilidades. Desenvolveu também importantes pesquisas sobre Processos Esporádicos, Termodinâmica, Linguagens Naturais, Astronomia, Geomorfologia, Gráficos e Arte com a ajuda do computador.

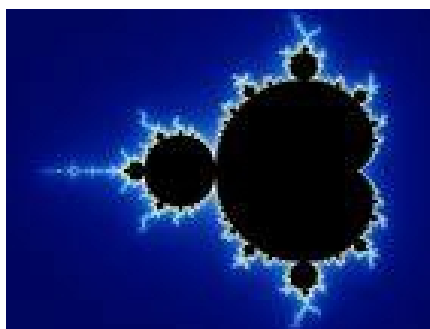
Mandelbrot orientou o estudo de uma completa geração de matemáticos, cientistas da computação e até artistas, no sentido de produzirem e estudarem as bonitas imagens que tinham sido criadas.

Seu último livro, intitulado *Fractals and Scaling in Finance*, foi posto recentemente à venda ao público e aborda as suas contribuições mais relevantes no estudo da Estatística e da Economia.

## O Conjunto de Mandelbrot

O conjunto de Mandelbrot foi definido pela primeira vez em 1905 por Pierre Fatou, um matemático francês que trabalhou no campo da dinâmica analítica complexa. Fatou estudou processos recursivos como

$$z \rightarrow z^2 + c$$



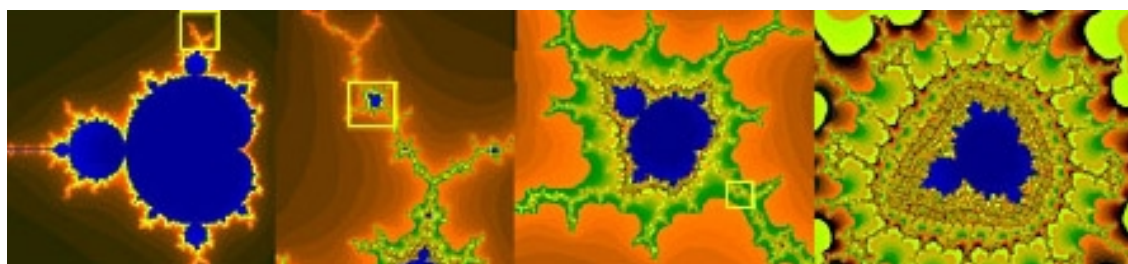
Começando com um ponto qualquer  $z_0$  no plano complexo, podem-se gerar pontos sucessivos aplicando-se repetidamente esta fórmula. A sequência de pontos obtida é chamada órbita de  $z_0$  sob a transformação  $z \rightarrow z^2 + c$ .

Fatou percebeu que a órbita de  $z_0 = 0$  sob esta transformação forneceria alguma introspecção sobre o comportamento de tais sistemas. Existe um número infinito de tais funções - uma para cada valor de  $c$ . Fatou não teve acesso a um computador capaz de plotar as órbitas de todas essas funções, mas ele tentou fazer isso à mão. Ele provou que, uma vez que um ponto atinge uma distância da origem maior que 2, a órbita explode para o infinito.

O conjunto de Mandelbrot, em sua representação gráfica, pode ser dividido em um conjunto infinito de figuras pretas, sendo a maior delas um cardióide localizado ao centro do plano complexo.

Existe uma infinidade (contável) de quase-círculos (o maior deles é a única figura que, de fato, é um círculo exato e localiza-se à esquerda do cardióide) que tangenciam o cardióide e variam de tamanho com raio tendendo assintoticamente a zero.

Cada um desses círculos tem seu próprio conjunto infinito (contável) de pequenos círculos cujos raios também tendem assintoticamente a zero. Esse processo se repete infinitamente, gerando uma figura fractal.



Quando se explora o Conjunto de Mandelbrot com mais resolução encontram-se sempre réplicas e mais réplicas do conjunto original. É uma característica dos objetos fractais. Só a limitada precisão das computações possíveis faz com que, a partir de certa altura, isso deixe de acontecer.

Fatou nunca viu uma imagem, como estamos acostumados a ver, do que hoje chamamos de conjunto de Mandelbrot pois a quantidade de cálculos necessária para se gerarem tais imagens está além da capacidade de um ser humano executar à mão. Benoît Mandelbrot foi a primeira pessoa a utilizar um computador para plotar o conjunto.

#### **(\*) Pesquisa feita na WEB através dos sites:**

- <http://www.eciencia.usp.br/exposicao/caos/mandelbrot.html>
- [http://www.santarita.g12.br/maticos/gm3/benoit\\_mandelbrot.htm](http://www.santarita.g12.br/maticos/gm3/benoit_mandelbrot.htm)
- [http://pt.wikipedia.org/wiki/Conjunto\\_de\\_Mandelbrot](http://pt.wikipedia.org/wiki/Conjunto_de_Mandelbrot)
- <http://www.ddewey.net/mandelbrot/>
- <http://www.cs.mu.oz.au/~aharwood/nppc-projects/03/e/>

#### **PARA SABER MAIS**

[1] - Mandelbrot, Benoit B. *The Fractal Geometry of Nature*. New York: W. H. Freeman and Company, 1983.