**PROPOSTA DE UM MODELO TEÓRICO PARA O ESTUDO DA DINÂMICA DE PARTÍCULAS BROWNIANAS COM TERMO DE ARRANQUE[1]**

Jean Carlo Bernardes[2], Cesar Manchein[3]

[1] Vinculado ao projeto “Sistemas Dinâmicos Não-Lineares: Propriedades Caóticas e Estatísticas”
[2]Acadêmico (a) do Curso de licenciatura em física – CCT – Bolsista CNPq
[3] Orientador, Departamento de licenciatura em física – CCT – cesar.manchein@udesc.br

Na natureza é muito comum encontrarmos movimentos oscilatórios não lineares, sendo que alguns desses sistemas são chamados de caóticos ou deterministicamente caóticos. Eles não apresentam movimentos propriamente ditos aleatórios, na realidade eles são extremamente previsíveis, pois sua dinâmica é descrita por equações determinísticas. A não linearidade não é o único fator que origina uma dinâmica caótica no sistema ele também deve ser muito sensível as suas condições iniciais. Na realidade um sistema pode ser descrito por uma equação oscilatória que pode ou não apresentar comportamentos caóticos, a depender das suas condições iniciais, ou seja, dependendo das suas condições iniciais o oscilador pode possuir um atrator periódico ou caótico. Podemos determinar se um sistema é caótico através dos expoentes de Lyapunov, mais precisamente através de uma matriz jacobiana podemos encontrar múltiplos valores para esses expoentes a depender do número de variáveis da equação trabalhada, no qual o maior expoente encontrado deve possuir um valor maior que zero para que haja caos no sistema.

Partículas muito pequenas estão sujeitas a vibração das moléculas ou átomos da substância na qual se encontram, resultando em um movimento pseudoaleatório chamado de movimento browniano. Esse movimento pode ser utilizado nos chamados motores brownianos que são muito importantes para a biologia. O movimento unidimensional de uma partícula carregada por um oscilador assimétrico tipo catraca ou “*ratchet*” dependente do tempo, é um exemplo comum de motor browniano a ser estudado. O nosso objetivo é analisar a sensibilidade do modelo as condições iniciais, para isso utilizamos o método de para eliminar a dependência do tempo na equação, criando um sistema de catraca com arranque (“hyperjerk ratchet”).

$$\dot{x} = y$$
$$\dot{y} = z$$
$$\dot{z} = aa*w$$
$$\dot{w} = -(om^2/aa)(z + bb*y - (1/4*\pi*tt)(2*\cos(2*\pi(x - xo)) + \cos(4*\pi(x - xo))))$$
$$- bb*w - (1/(aa*tt))(2*\pi*y^2\cos(2*\pi(x - xo)) + z*\mathrm{sen}(2*\pi(x - xo)) + 4*\pi*y^2\cos(4*\pi(x - xo)) + z*\mathrm{sen}(4*\pi(x - xo)))$$

Um sistema com arranque “*hyperjerky*” é descrito por um sistema de equações de ordem derivativa maior que 3, no nosso caso, como demonstrado acima utilizamos um sistema de ordem quatro, tendo assim um sistema dependente da posição, velocidade, aceleração, arranque, ou seja, ao eliminarmos a dependência temporal obtivemos um sistema não linear dependente de suas condições iniciais, o que demonstra muito potencial para o estudo de caos presente.

Com o sistema pronto podemos modificar um programa em “fortran” para fazer gráficos da função, para fazer isso, determinamos os parâmetros iniciais “aa” e “om” e “bb” e então podemos visualizar como a função evolui, durante nossa análise foi observado que a função diverge para valores muito baixos de “bb” e para valores muito altos de “om”.

**Figura 1. Atrator bidimensional.**

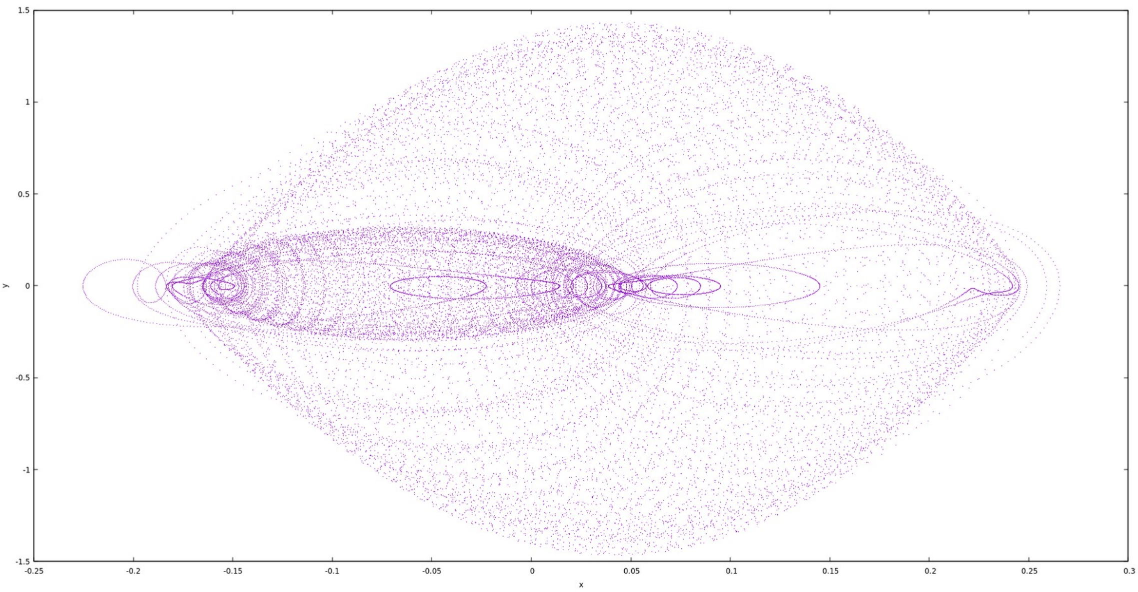
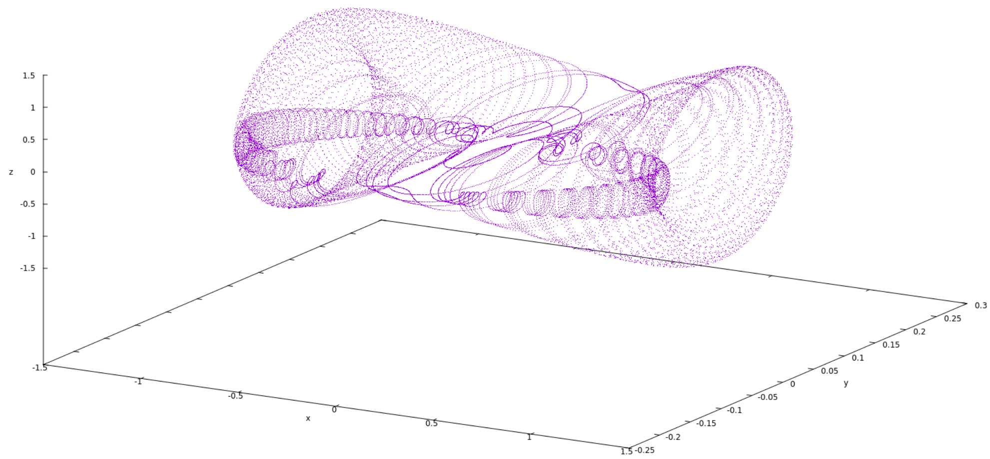



**Figura 2. Atrator tridimensional.**




Através da análise destes gráficos é que podemos determinar os tipos de atratores que o sistema possui variando suas condições iniciais, no exemplo acima notamos um atrator aparentemente periódico presente, porém ao terminar a analise de bifurcação do sistema poderemos determinar condições onde o caos está presente.