DINÂMICA NÃO LINEAR E CAOS TRANSIENTE EM UM PÊNDULO DISSIPATIVO

Gabriel Felipe Wilchak Queiroz (PIBIC/CNPq), Conrado Ferreira Bittencourt, José Danilo Szezech Junior (Orientador), e-mail:jdsjunior@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa / Departamento de Matemática e Estatística

Física, Física Geral

Palavras-Chave: *Pêndulo dissipativo, caos transiente, bacia fractal*

Resumo

Analisamos neste projeto como alterações nas condições iniciais e parâmetros alteram significativamente a dinâmica do sistema. Além disso, analisamos o tempo em que a dinâmica persiste dadas certas condições iniciais. Por fim, foi calculada as bacias de atração que caracterizam o sistema.

Introdução

O caos transiente é descrito por uma dinâmica caótica finita e por consequência um tempo definido em que ela existe, chamada de tempo transiente. O modelo do projeto é de um pêndulo magnético, em que três ímãs estão dispostos nos vértices de um triângulo equilátero em um plano descrito por uma dinâmica de caos transiente [1,2],

$$\ddot{x} = -\omega_0^2 x - \alpha\dot{x} + \sum_{i=1}^{3} \frac{\tilde{x}_i - x}{D_i(\tilde{x}_i, \tilde{y}_i)^3},$$

$$\ddot{y} = -\omega_0^2 y - \alpha\dot{y} + \sum_{i=1}^{3} \frac{\tilde{y}_i - y}{D_i(\tilde{x}_i, \tilde{y}_i)^3},$$

onde $(\tilde{x}_i, \tilde{y}_i)$ são as posições de cada um dos três ímãs, ω_0 é a frequência natural e α é o coeficiente de amortecimento. As distâncias $D_i(\tilde{x}_i, \tilde{y}_i) = \sqrt{(\tilde{x}_i - x)^2 + (\tilde{y}_i - y)^2 + \tilde{d}^2}$ e d são entre a ponta do pêndulo e o imã e o plano com os ímãs, respectivamente.

Materiais e Métodos

Foram simulados em linguagem computacional *python* as equações diferenciais ordinárias do pêndulo, destaca-se o uso das bibliotecas *matplotlib* e *scipy* para a plotagem dos gráficos e integração numérica, respectivamente. Usou-se o integrador numérico de passo fixo Runge-Kutta de quarta ordem.

Resultados e Discussão

Um dos resultados mais expressivos é o gráfico das bacias fractais representado na Figura 1. Este resultado descreve como a dinâmica em algumas regiões da fronteira são suaves e outras são complexas, de acordo com o resultado obtido na ref. [1]. A cor representa o estado assintótico de cada um dos três ímãs (amarelo, azul e verde).

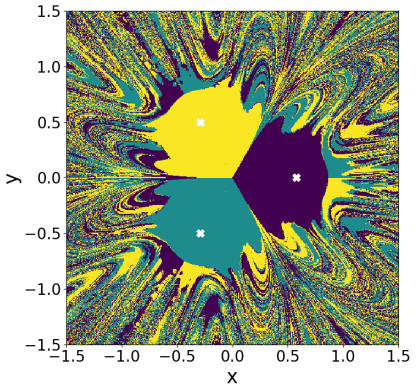


Figura 1. Bacia fractal em certas regiões afastadas dos atratores devido a dinâmica transiente.

Foi alterado os parâmetros e evidenciado a mudança da dinâmica com essas alterações. Também observou-se a relação do tempo até a trajetória convergir aos atratores.

Conclusão ou Conclusões

Pela análise da alteração dos parâmetros e condições iniciais próximas, assim como a representação do gráfico das bacias fractais, observou-se uma dinâmica com a presença de caos transiente. Para a análise do tempo em que a dinâmica persiste o tempo muda de forma sutil, relacionada ao tempo transiente.

Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pelo financiamento, a UEPG e ao meu orientador Prof. Dr. José Danilo Szezech Junior pelo apoio e orientação durante o projeto.

[1] MOTTER, Adilson et al. Doubly Transient Chaos: Generic Form of Chaos in Autonomous Dissipative Systems. ***Physical Review Letters***, [S.l.], v. 111, n. 19, p. 194101–194105, nov. 2013.

[2] Tamás Tél, Márton Gruiz. **Chaotic Dynamics An Introduction Based on Classical Mechanics** Cambridge University Press. 2006.