



## CAOS HIPERCAOS E REGULARIDADE EM SISTEMAS DINÂMICOS NÃO LINEARES

Lorena Rosa Cerutti<sup>1</sup>, Paulo César Rech<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico(a) do Curso de Licenciatura em Física - CCT - bolsista PIBIC/CNPq

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Física – UDESC/CCT – paulo.rech@udesc.br

**Palavras-chave:** Sistemas Dinâmicos. Acoplamento dos mapas de Ricker. Exponentes de Lyapunov. Atratores.

Durante o decorrer de meu trabalho como bolsista do projeto “Caos, Hipercaos e Regularidade em Sistemas Dinâmicos Não Lineares”, efetuei de modo introdutório ao assunto, a leitura de conteúdos ministrados em aulas de mestrado, pelo Prof. Paulo César Rech.

Durante este período foi possível aprender sobre a história da Dinâmica, que vai de Newton e o problema da órbita de três corpos celestes à Henry Poincaré e as órbitas caóticas/dinâmica caótica. Foram estudados termos como movimento periódico, quase periódico, estacionário e o complexo movimento caótico. Tal qual o que é um sistema dinâmico a tempo discreto (mapas) e a tempo contínuo (fluxo).

Entre os textos analisados também foram vistos temas como: a estabilidade e instabilidade de pontos fixos (pontos atrativos e repulsivos), atratores (caóticos e não caóticos) bem como diagramas de bifurcação. Em conjunto e como complemento a essa tarefa foi executada a leitura de textos dos livros “Sistemas Dinâmicos” e “Dinâmica Não-Linear e Caos”.

O estudo bibliográfico citado acima foi seguido da análise de um programa desenvolvido com o intuito de gerar dados para o diagrama de bifurcações do mapa logístico. Esta análise marcou o primeiro contato com o editor de texto GNU/Emacs e com o software para plotagem de gráficos XmGrace. Este primeiro contato com os comandos em linguagem C, bem como com a formatação básica de um gráfico e algumas funcionalidades do XmGrace, foi seguido de uma atividade prática que consistiu em reproduzir a imagem de um diagrama de bifurcação de um mapa de Ricker, contida no artigo “*Spatiotemporal synchronization of coupled Ricker maps over a complex network*”.

A continuação do projeto de pesquisa foi dado através do desenvolvimento, a partir de um programa base, do código para o acoplamento de dois mapas de Ricker. Os diagramas de bifurcação foram construídos com  $a$  variando de 0 à 4 e  $b$  recebendo valores constantes entre 0,1 e 1,0 (com intervalos de 0,1), tal qual com  $b$  variando de 0 à 1 e  $a$  recebendo valores constantes entre 0,4 e 2,0 (com intervalos de 0,4). Deste trabalho foram geradas 19 imagens de diagramas de bifurcação.

Após certos cuidados com a estética e apresentação dos diagramas, fez-se necessária a leitura do artigo científico “*Determining Lyapunov exponents from a time series*”, e consequente desenvolvimento de um programa que unisse os Exponentes de Lyapunov, ao até então trabalhado, acoplamento de dois mapas de Ricker. As imagens geradas com esse segundo programa, considerando as mesmas variações para  $a$  e  $b$  descritas acima, foram posteriormente comparadas com as imagens geradas pelo acoplamento de dois mapas, e através delas pode-se observar situações de caos e periodicidade.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

SWIFT J. B.; SWINNEY, H. L.; WOLF, A. (1984). Determining Lyapunov expoents from a time series, v.16, p.28 -317, 1985.

MAYURAKSHI, N.; MOHAMMAD, A. K.; SWARUP, P. Spatiotemporal synchronization of coupled Ricker maps over a complex network. *Physica Scripta*, v.88, n.1, 11 jun 2013.