CONTROLE DE COAS EM REDES NEURAIS SOB VÁRIAS TOPOLOGIAS

Antonio Jorge Fontenele Neto (bolsista do PIBIC/CNPq),
Francisco Welington de Sousa Lima (Orientador, Depto de Física - UFPI)

Introdução

Este trabalho tem como objetivo estudar a dinâmica de Redes Neurais inscritas em topologias complexas. Motivação baseada na possível correlação entre a dinâmica observada no córtex cerebral, e a produzida nas redes complexas. A variedade nas topologias é justificável pelo fato de não conhecer-se ao certo a topologia que melhor descreve o córtex cerebral.

Por meio do método de Pequenas Perturbações Internas (PPI) [1] procurou-se estudar o controle do caos no domínio de várias topologias .

Metodologia

Nos experimentos realizados implemontou-se o modelo de neurônio proposto por McCulloch e Pitts [2] em quatro modelos de redes: Erdös e Rényi, Watts e Strogatz, Barabási e Albert [3], e Diluída [1]:

- O gráfo aleatório de Erdös e Rényi usa o que , possivelmente, é a maneira mais simples de se construir um gráfo complexo: a partir de um conjunto de *N vértices* , desconectados, adiciona-se arestas a cada par de vértices com probabilidade *p.*
- Para construir uma rede *small-world*, começa-se com uma rede regular de *N vértices* em que cada *vértice* está ligado a *k* vizinhos mais próximos. Em seguida cada extremidade é aleatoriamente religada com probabilidade *p*.
- Para a rede de Barabasi e Albert o processo inicia-se com um conjunto de m0 *vértices* e em cada etapa subsequente a rede cresce com a adição de um novo *vértice*. Para cada novo *vértice*, *m* novas *arestas* são criadas conectando estes aos já existentes. Os *vértices* que receberam as novas *arestas* são escolhidos de acordo com uma regra de conexão linear preferencial, isto é, a probabilidade de um novo *vértice i* se conectar a um já existente *vértice j* é proporcional ao grau de distribuição de *j.*
- A rede Diluída é formada por *N vértices* onde não há uma regra de conexão preferencial. Com relação às conexões a estas é feito uma restrição, o número máximo de conexões *k* de cada vértice possa ter é restrito a dez, o que evidencia o caráter diluído da rede.

Em ambas as topologias experimentadas a regra de evolução temporal se deu da seguinte maneira. A um passo de tempo *t* o estado do neurônio pode ser ativo *(1)* ou inativo *(0)* e é representado por um elemento de vetor binário $x_i(t)$. A evolução dinâmica do estado de um neurônio é dado por,

$$x_i(t+1) = \phi(h_i + L(t))$$

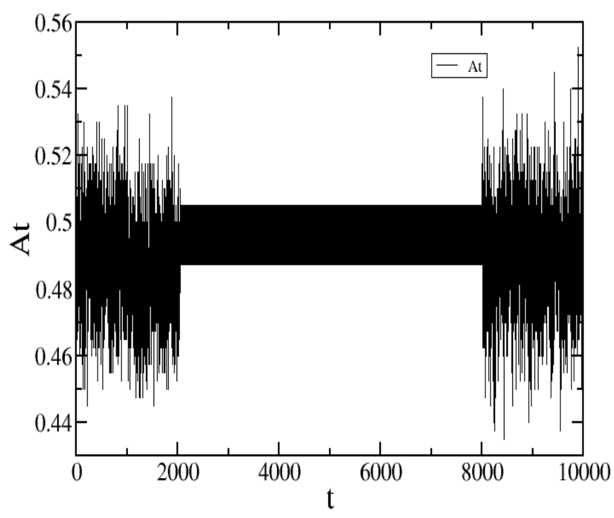
$$h_i = \sum_{j=1}^{N} \omega_{ij} x_j(t)$$

onde h_i , o potencial pós-sináptico, é a soma de todos os pesos sinápticos ω_{ij} dos canais chegando ao neurônio *i*, cada um multiplicado pelo correspondente estado $x_j(t)$ dos neurônios a ele conectado. Estes pesos podem ser positivos (excitatórios) ou negativos (inibitórios) e são uniformemente distribuídos com ω_{ij} ∈ [-1,1]. *L(t)* é a função limiar que estabelece o valor limite para a atualização do estado do neurônio *i* a um passo de tempo *t* e Φ é a função de *Heavisidade*, isto é, *Φ(z)=0* se *z<0* e *Φ(z)=1* se *z≥0*. A atualização do estado do neurônio se deu de forma sincrônica, ou seja, cada neurônio é processado simultaneamente a passos discretos de tempo n_p , onde n_p =1,2,..., pela dinâmica descrita na equação acima. Neste modelo, o limiar *L(t)* é o mesmo para todos os neurônios da rede e faz-se *L(t)*=*L*, ou seja, o limiar é constante.

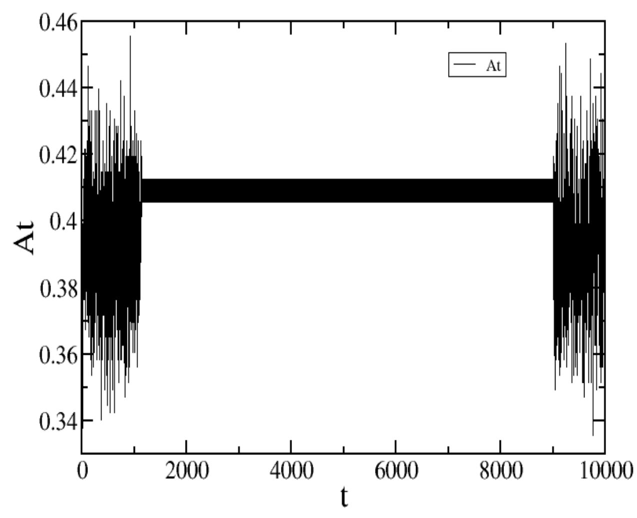
Para a realização do controle, inserimos uma pequena perturbação na *rede neural.* A perturbação consistiu em estacionar (*pinar*) o estado de um determinado neurônio, isso quer dizer, apartir de um determinado número de passos o estado de um neurônio era (1) ativo.

Resultados de discussão

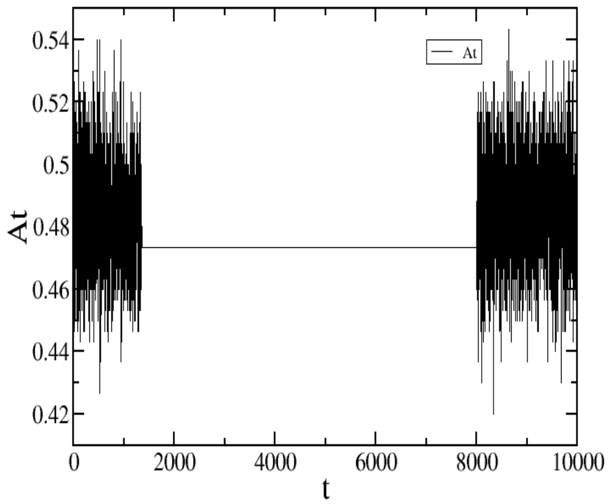
Pela Figura 1 pode-se observar os resultados produzidos pela aplicação do método de Pequenas Perturbações Internas. Nota-se que após um transiente o sistema apresenta um regime periódico, e após a retirada do controle o sistema retorna imediatamente ao regime caótico.



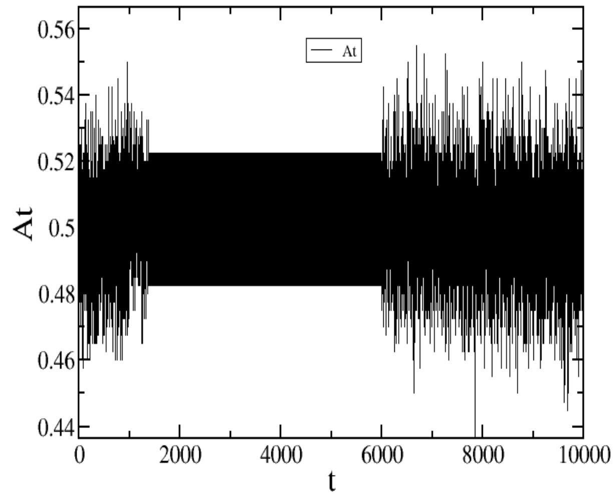
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1. Controle de caos: (a) Erdös-Rényi, (b) Small-World, (c) Diluída, (d) Barabasi-Albert.

Conclusão

Ao final observou-se que após um tansiente o controle do caos ocorre em todas as topologias estudadas. Algumas redes obtiveram um bom rendimento, no que tange ao número de neurônios controladores. A rede *small-world* controlou a dinâmica por intercepção de quatorze neurônios, as demais redes obtiveram rendimentos médio de quatro neurios controladores.

Oberserva-se portanto, que apenas aplicando uma pequena perturbação à rede (independentemente de sua morfologia) faz-se o sistema passear por vários estados dinâmicos insteressantes. Dentre os estados encontra-se o periódico, pedendo assim se dizer que através das simulações obtivemos o estado de coma presente em redes neurais naturais.

Apoio: CNPq e UFPI

Referências

[1] Moreira, J. E. ; F.W.S. Lima ; Andrade JR, J. S. Physical Review E - Statistical Physics, Plasmas, Fluids and Related Interdisciplinary Topics, v. 52, n.3, p. R2129-R2132, 1995.

[2] D. Amit. **Modeling Brain Function**: The world of attractor neural networks. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

[3] S. Boccaletti, V. Latora, Y. Moreno, M. Chaves, and D.-U. Hwang. Complex networks: structure and dynamics. Physics Reports, 424:175?308, 2006.

Palavras-chave: Neurônio, redes complexas, controle de caos.