

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

**Física em Sistemas Sociais: Consenso e Dinâmica de
Opiniões**

Bolsista (Voluntária): Cleiceane Campos da Silva

COARI
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RALATÓRIO FINAL
PIB-E/052/2013

Física em Sistemas Sociais: Consenso e Dinâmica de Opiniões

Bolsista (Voluntária):
Orientador: Prof. Fabricio Luchesi Forgerini

COARI
2014

RESUMO

A área da Física da Mecânica Estatística vem desenvolvendo, nos últimos anos, grandes avanços nos estudos dos sistemas complexos. Dentre os estudos realizados nesta área, destaca-se o estudo de dinâmicas sociais, particularmente a dinâmica de opinião e a formação de consenso em um grupo de indivíduos. Neste trabalho procuramos encontrar, por meio das técnicas clássicas de Mecânica Estatística e de Teorias de Redes Complexas, mecanismos de formação de opiniões ou grupos de indivíduos com mesma opinião, de forma semelhante ao que se desenvolve nos estudos de sistemas magnéticos. Por meio de simulações computacionais, estudamos um modelo de opinião específico (Modelo de Sznajd) com os indivíduos inseridos em redes complexas, buscando torná-lo mais realista e possível de ser aplicado diretamente.

Sumário

1. Introdução.....	5
2. Revisão de Literatura.....	6
2.1 Redes complexas.....	6
2.2 Dinâmica de Opiniões	7
3. Materiais e Métodos.....	8
4. Resultados e Discussão.....	9
5. Conclusões.....	11
6. Referências.....	12
7. Cronograma de Atividades.....	13

1. Introdução

Nas últimas décadas a Física Estatística vem sendo utilizada, com sucesso, nas mais diversas aplicações de fenômenos complexos que, em geral, não são tradicionalmente áreas de atuação da Física. Pesquisadores têm sido motivados por estudos de problemas que estão localizados nas fronteiras do conhecimento com outras áreas das ciências, como a química (físico-química, ciências de materiais), biologia (biofísica, biologia sistêmica, redes metabólicas), medicina (física médica, física de radiações), sociologia (dinâmica de opiniões, evolução de linguagens), economia (econofísica), entre outros. A abordagem de Física Estatística aplicada à Dinâmica Social tem atraído muito interesse, como se pode verificar pela quantidade e o rápido crescimento de publicações no assunto (DOROGOVTSEV et al., 2008; CASTELLANO et al., 2009). Muito dos trabalhos atuais em sistemas sociais se utilizam das teorias de redes complexas para descrever os fenômenos estudados. Em uma rede podemos representar os indivíduos e as ligações que estes indivíduos possuem entre si. É através dos estudos das propriedades dinâmicas e topológicas das redes complexas que podemos medir, quantificar e caracterizar um sistema social e, assim, estudar a dinâmica de opiniões em uma comunidade e identificar os seus mecanismos.

Neste projeto de iniciação científica, estudamos a dinâmica de opiniões e a formação do consenso em um grupo de indivíduos. Modelos usados em Física que se utilizam do modelo de Ising (NEWMAN; BARKEMA, 1999) têm sido aplicados às mais diferentes áreas, tais como sociofísica, política, econofísica (MOSS DE OLIVEIRA et al., 2006; STAUFFER, 2001; SOUSA et al., 2000). Pretendemos estudar um modelo consolidado de dinâmica de opiniões, o Modelo de Sznajd (SZNAJD-WERON; SZNAJD, 2000; CROKIDAKIS; FORGERINI, 2010, 2012). Será feito um estudo computacional do modelo, simulando a dinâmica de opiniões nas redes descritas, pois acredita-se que o estudo do modelo de Sznajd nestas duas topologias de redes o tornará muito mais realístico e aplicável à problemas sociais reais, como por exemplo, aos resultados de processos eleitorais ou pesquisa de opiniões.

2. Revisão de Literatura

2.1 Redes complexas

Em uma breve definição, redes são conjuntos de elementos interconectados, como pode ser visto na figura 1. Trata-se de diversas relações que estão presente em inúmeros aspectos da natureza, desde a química e a física, passando pela biologia e pela tecnologia; as redes são onipresentes na nossa representação de mundo.

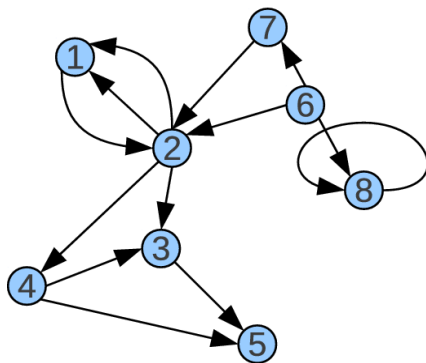


Figura 1: Uma simples rede com nodos rotulados.

As redes complexas possuem um caráter multidisciplinar e cobrem aplicações em diversas áreas do conhecimento, utilizando a computação como ferramenta para modelagem, tratamento e análise de dados. As redes podem ser como uma Rede Regular, que é o modelo mais antigo que possui suas conexões baseadas por uma probabilidade de conexão. A Redes de Mundo Pequeno são usadas em muitos trabalhos para modelagem de redes sociais e, finalmente, Redes Livres de Escala são, em geral, utilizadas para o estudo da dinâmica do crescimento das redes. As redes livres de escala crescem de acordo com o conceito de ligação preferencial a cada inserção de um novo nodo. A ligação preferencial é uma característica que rege a forma em que novas arestas são inseridas na rede. Mais especificamente, quando um novo nodo é adicionado, a probabilidade de esse nodo ligar-se com outro nodo de grau elevado é proporcionalmente maior do que ligar-se com um nodo de baixo grau. Esse tipo de rede tem despertado grande interesse de pesquisa pois possui a capacidade de modelar um grande número de fenômenos naturais que seguem uma lei de potencia.

2.2 Dinâmica de Opiniões

Tentar entender parte do processo de formação das opiniões em uma população e as dinâmicas elementares que levam ao consenso ou a difusão de novas ideias é o objetivo de uma modelagem desses sistemas. Utilizando dos conceitos da física, onde os indivíduos são representados como entidades simples, interagindo repetidamente uns com os outros, restritos por vizinhos regulares ou redes complexas representado as estruturas dos contatos sociais.

A linha de pesquisa de dinâmica de opiniões onde busca-se numa simulação realista de populações de indivíduos racionais elucidar, através de modelos simples, os comportamentos elementares, adotados coletivamente, dando origem a fenômenos complexos.

Uma das mais básicas questões, quando se tenta modelar a dinâmica de opinião, é que tipo de variável utilizar para representar a opinião de cada agente. Os primeiros modelos inicialmente propostos de dinâmica de opinião, eram discretos, e já apresentavam alguns tipos de heterogêneos de agentes que ainda são recorrentemente utilizados: os “instáveis” que mudam de opinião devido a flutuação aleatórias; os “inflexíveis” cuja opinião é fixa; os “contrários”, que adotam a opinião oposta á dos vizinhos ou a maioria. Neste trabalho, consideramos as opiniões discretas, sendo que, por simplicidade, cada agente tem apenas duas opiniões (contra ou favorável) um determinado assunto abordado.

3. Materiais e Métodos

Para se realizar as simulações computacionais desenvolvidas, foram estudadas as linguagens de programação e técnicas computacionais mais comuns, utilizando de livros e artigos científicos da área. Foi dado início ao desenvolvimento de programas computacionais (*software*) para simular o modelo que está sendo desenvolvido no projeto. Inicialmente desenvolvemos programas simples para aprender a linguagem de programação utilizada (C++), tais como resoluções numéricas de equações, simulações simples e geração e tratamento de grande volume de dados. A base sociológica por trás do modelo reside no fato de que as pessoas são mais facilmente persuadidas a fazerem algo ou tomarem uma certa opinião se um grande grupo de pessoas faz o mesmo. Como um exemplo, se um indivíduo estiver na rua parado, olhando para cima, pouca gente dará atenção ao fato. Agora, se várias pessoas estiverem na rua olhando para cima, possivelmente várias outras irão parar e olhar para cima também.

Os agentes no modelo são representados por setas (ou *spins*) para cima (*up*) ou para baixo (*down*) onde representam suas opiniões a favor ou contra. Quando um grupo de agentes, representado pelo quadrado tracejado na figura 2 a) abaixo não tem a mesma opinião (todas as setas na mesma direção), nada acontece. Já na figura 2 b), os agentes possuem todos a mesma opinião e, no próximo intervalo de tempo, fará com que os agentes ao redor troquem sua opinião e sigam a mesma orientação do grupo.

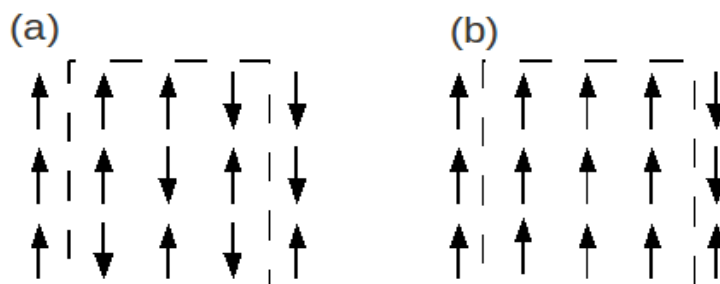


Figura 2: Em a) vemos que não há consenso no grupo; em b) há um grupo com mesma opinião, o que fará os agentes ao redor seguirem a opinião do grupo.

Como resultado, o sistema pode atingir um único estado e todos terem mesma opinião, como apresentados na próxima seção.

4. Resultados e Discussão

Nossas simulações mostram que, após a dinâmica inicial, a população chega a um consenso, onde todos os indivíduos possuem a mesma opinião. A opinião majoritária final depende das frações iniciais da população com mesma opinião. Neste caso, +1 representa uma opinião favorável, enquanto -1 representa uma opinião contrária a um determinado assunto específico. Mesmo sendo simples, essas variáveis podem representar uma grande variedade de decisões diárias que ficam resumidas a uma escolha entre duas opções e, por este motivo, têm apresentado um grande volume de interesse de estudos acadêmicos/teóricos.

Como pode ser observado na figura 3, a fração inicial de indivíduos com a mesma opinião, ρ_{ini} , pode determinar qual será a opinião final. No caso de valores iniciais muito baixos, como para $\rho_{ini} = 0.08$, o resultado final pode ser tanto seguindo a mesma opinião inicial da maioria da população ou não. Por outro lado, quando a população tem uma maior fração de indivíduos com mesma opinião, como nos casos de $\rho_{ini} = 0.33$ ou $\rho_{ini} = 0.40$, observa-se que, após a dinâmica do sistema, o valor final da população sempre segue a maioria da população inicial.

Ainda podemos observar que o tempo de simulação para atingir o estado estacionário e, por conseguinte ao consenso, é bem maior para os casos onde a fração inicial de indivíduos é pequena, em comparação com os casos onde ρ_{ini} é consideravelmente maior.

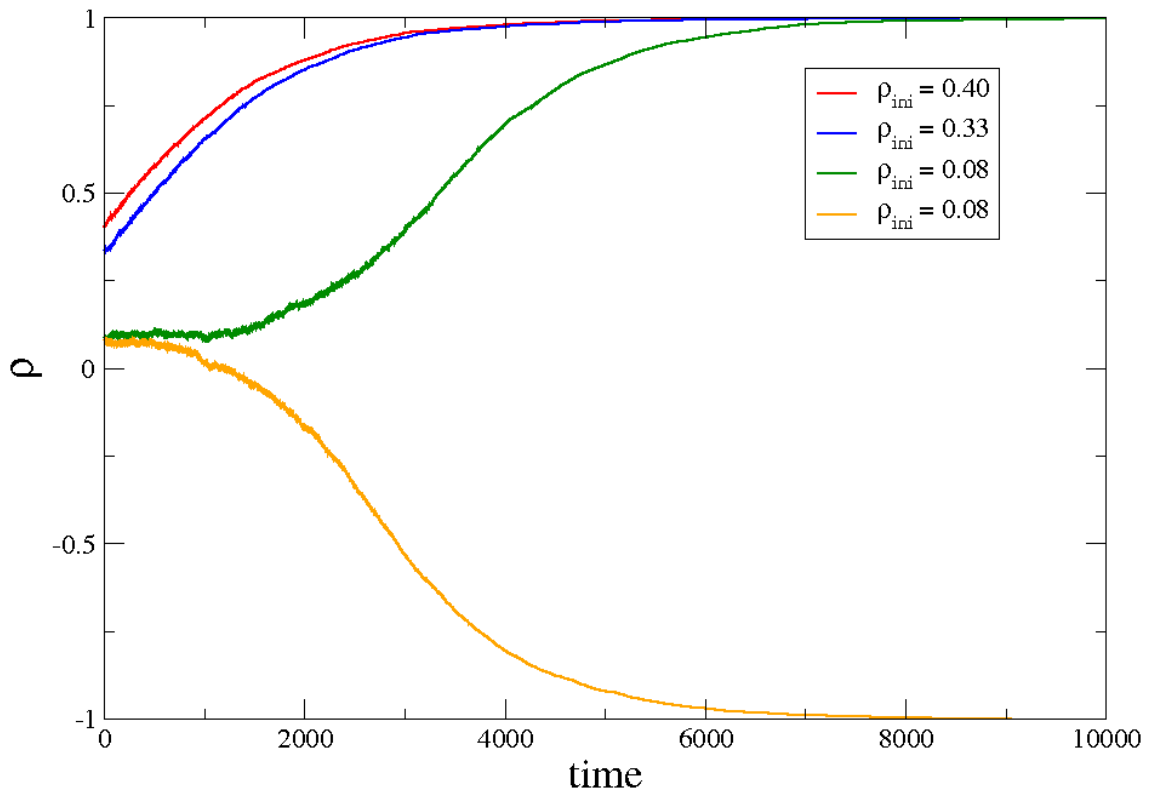


Figura 3: fração de indivíduos com mesma opinião em função do tempo, para diferentes valores de ρ_{ini} .

Na figura 4 podemos observar os resultados do modelo de Sznajd, onde os valores finais das frações dos indivíduos com mesma opinião, f , é mostrado em função da fração inicial do agentes com mesma opinião, d . Observa-se que, acima de um certo valor crítico da fração inicial dos agentes com mesma opinião, o sistema possui no estado estacionário todos os agentes com a mesma opinião. Nossos resultados mostram que o valor crítico da densidade inicial de opiniões dos indivíduos para o modelo de Sznajd estudado neste trabalho de iniciação científica é $d_c = 0.88$.

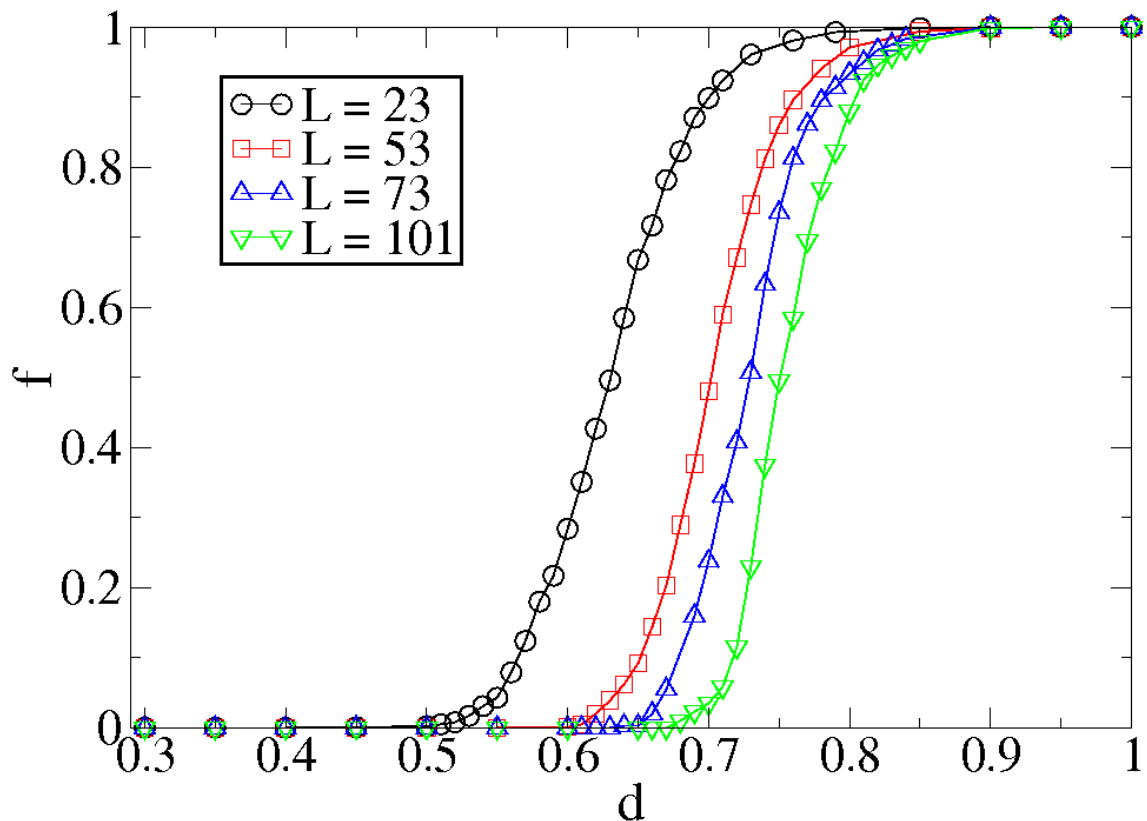


Figura 4: fração de indivíduos com mesma opinião final em função da opinião inicial dos indivíduos para o modelo de opiniões de Sznajd.

5. Conclusões

Neste trabalho apresentamos os resultados dos estudos do projeto de iniciação científica “Física em Sistemas Sociais: Consenso e Dinâmica de Opiniões”. Foram estudadas linguagens de programação (C++) e diversos livros e artigos relacionados ao tema. Foram escritos programas para simular os resultados encontrados na literatura e aplicar a dinâmica de opiniões do Modelo de Sznajd para o estudo da formação de opiniões em um grupo de indivíduos por meio da influência da maioria sobre opiniões individuais.

Nossos resultados mostram que, após certo tempo, a população atinge um estado estacionário com majoritariamente a mesma opinião. Essa opinião final depende da quantidade de indivíduos com a mesma orientação no início da dinâmica. Verificamos que, acima de um certo valor crítico da densidade inicial da população, $d_c = 0.88$, no estado estacionário é sempre obtido o consenso completo, com toda a população com mesma orientação. Para

valores inferiores, o consenso é obtido, mas nesse caso, com menor porcentagem da população com mesma orientação.

6. Referências

BETTS, J. **Practical methods for optimal control using nonlinear programming**, SIAM: Advances in Design and Control, 2001.

CASTELLANO, C.; FORTUNATO, S.; LORETO, V. Statistical physics of social dynamics, **Rev. Mod. Phys.** n. 81, p. 591, 2009.

CROKIDAKIS, N.; FORGERINI, F. L. Consequence of reputation in the Sznajd consensus model, **Phys. Lett. A** n. 374, p. 3380, 2010.

CROKIDAKIS, N.; FORGERINI, F. L. Competition Among Reputations in the 2D Sznajd Model: Spontaneous Emergence of Democratic States, **BRAZ. J. PHYS.** N. 42, P. 125, 2012.

DOROGOVTSEV, S. N.; GOLTSEV, A. V.; MENDES, J. F. F. Critical phenomena in complex networks. **Rev. Mod. Phys.**, n. 80, p. 1275, 2008.

ERDŐS, P.; RÉNYI, A. [On Random Graphs](#), **Pub Mathematicae** v.6, 290, 1959.

HARBISON, S. P.; STEELE, G. L. **C: A Reference Manual**, 3ª edição. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1991.

JAMSA, K.; KLANDER, L. **Programando em C/C++**, 1ª edição, São Paulo: Makron Books, 1999.

MOSS DE OLIVEIRA, S.; DE OLIVEIRA, P. M. C.; STAUFFER, D.; SÁ MARTINS, J. S. **Biology, Sociology, Geology by Computational Physicists**. Amsterdam: Elsevier, 2006.

NEWMAN, M. E. J.; BARKEMA, G. T. **Monte Carlo Methods in Statistical Physics**, Oxford: Clarendon Press, 1999.

STAUFFER, D. Monte carlo simulations of sznajd models. **J. Artif. Soc. Soc. Simul.**, n.5, p.1, 2001.

SOLOMONOFF, R.; RAPOPORT, A. Connectivity of Random Nets, **Bul. of Mathematical Biophysics**, v. 13, p. 107, 1951.

SOUSA, A. O.; STAUFFER, D.; MOSS DE OLIVEIRA, S. Generalization to square lattice of sznajd sociophysics model. **Int. J. Mod. Phys. C**, n. 11, vol. 6, p.1239, 2000.

SZNAJD-WERON, K.; SZNAJD, J.. Opinion evolution in closed community. **Int. J. Mod. Phys. C**, n. 11, vol.6, p.1157, 2000.

7. Cronograma de Atividades

Nº	Descrição	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
		2013					2014						
1	Estudos iniciais das linguagens de programação e técnicas computacionais	X	X	X	X								
2	Estudos da dinâmica de opiniões em um sistema social			X	X	X	X						
3	Leitura de artigos científicos e livros técnicos da área				X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Organização de dados reais disponíveis						X	X	X				
5	Análise dos dados obtidos							X	X	X			
6	Elaboração inicial de um modelo de dinâmica de opiniões								X	X	X		
7	Ajuste dos parâmetros do modelo para reproduzir dados conhecidos									X	X	X	
8	Elaboração do Resumo e Relatório Final											X	
9	Preparação da Apresentação Final para o Congresso												X