

## **A. A. P. Faria**

***“Da propagação de epidemias ao escoamento de materiais granulares confinados: como tratar sistemas complexos com a Física Estatística”***

Apresentaremos o estágio atual de desenvolvimento dos projetos de pesquisa em andamento do Grupo de Estudos em Sistemas Complexos do CEFET-MG. Basicamente, todos os projetos envolvem a aplicação de técnicas usuais da mecânica estatística a sistemas variados como a propagação de epidemias, econofísica e mecânica de materiais granulares. Mostraremos resultados recentes publicados no âmbito do INCT-SC tratando a modelagem computacional da propagação da Leishmaniose, um modelo de autômatos celulares para o estudo da psicologia dos investidores na dinâmica do mercado de ações e resultados recentes a respeito do tratamento numérico do escoamento de materiais granulares, verificando a transição de desengarramento nestes sistemas.

## **C. Tsallis**

***“Resultados Teóricos e experimentais recentes no quadro da q-estatística”***

Vários resultados recentes experimentais (e.g., associados a colisões entre partículas elementares e ions pesados no LHC/CERN e no RHIC/Brookhaven), observacionais (e.g., limiares de alto risco em finanças), computacionais (e.g., redes de mapas logísticos acoplados, e processamento de imagens medicas) e teóricos (e.g., q-transformada de Fourier, entropia do buraco negro, e elementos de uma teoria de grandes desvios na presença de fortes correlações) serão apresentados brevemente.

## **D. A. Stariolo**

***“Auto- organização em sistemas com interações competitivas”***

Interações competitivas em escalas diferentes são um ingrediente básico para a formação de padrões. Estes podem surgir pela quebra espontânea de uma simetria, quando um parâmetro é variado, ou pelo efeito de um campo externo. No primeiro caso o ordenamento procede via auto-organização dos graus de liberdade relevantes ao sistema. Exemplos vão desde sistemas magnéticos, polímeros de dibloco, suspensões coloidais em geometrias confinadas, sistemas eletrônicos quasi-bidimensionais, até processos de reação-difusão em sistemas biológicos. Todos eles possuem uma fenomenologia comum, originada na competição entre interações atrativas e repulsivas em escalas diferentes. Vou mostrar exemplos de sistemas que apresentam fases complexas, auto-organizadas, e descrever o mecanismo básico que leva à formação de diferentes tipos de padrões, em cada caso. Será apresentado um modelo capaz de descrever o diagrama de fases de sistemas quasi-bidimensionais que apresentam interações atrativas de curto alcance e repulsivas de longo alcance. Os diferentes tipos de fases (morfologias) e os métodos para determiná-las serão brevemente descritos.

## **F. D. Nobre**

***“Physical Properties in the Absence of Thermal Noise: Effective-Temperature In Nonextensive Statistical Mechanics”***

A system of interacting vortices under overdamped motion is considered at zero absolute temperature, i.e.,  $T = 0$ . Its connection with nonextensive statistical mechanics is discussed, and particularly, its description by means of a typical nonlinear Fokker-Planck equation. An effective temperature is introduced by means of a free-energy functional,  $F = U - S$ , for which the H-theorem  $[(dF/dt) \leq 0]$  can be proved making use of the corresponding Fokker-Planck equation. It is shown that is directly related to the density, as well as to the interactions among particles, and so, it can be

varied accordingly. Quantities like generalized entropy, internal energy, free energy, and heat capacity, are analyzed for varying  $\gamma$ , and it is verified that they present a behavior very similar to those found in standard thermodynamics as one changes the absolute temperature  $T$ . Moreover, important thermodynamic relations are preserved for the effective temperature  $\gamma$ .

## **G. Weber**

### ***“Mineração de parâmetros físicos de DNA/RNA em bases dados biológicas”***

As novas técnicas de sequenciamento genômico tem produzido uma massa considerável de dados biológicos graças à redução do custo do sequenciamento em seis ordens de grandeza nos últimos 15 anos. Soterrado nesta avalanche de dados estão informações sobre a física do DNA e do RNA que poderiam dar informações valiosas sobre estes nucleotídeos, tais como a dinâmica da denaturação e a flexibilidade na ligação com proteínas. Mas como podemos desenterrar estas informações? A proposta que discutiremos é usar técnicas de mineração de dados aliados a modelos físicos simplificados de modo a obter os parâmetros que descrevem a física do DNA. Chamamos a isto de mineração de parâmetros em analogia à área de ciência da computação conhecida como mineração de dados (*data mining*). Um exemplo desta mineração de parâmetros é a obtenção de dados de flexibilidade a partir de medidas da denaturação que desenvolvemos recentemente para DNA.

## **J.R. Iglesias, M.F. Laguna and S. Gonçalves**

### ***“Adoption of New Technologies: Effect of Social Interactions”***

When the full stock of a new product is quickly sold in a few weeks one has the impression that new technologies develop and conquer the market in a very easy way. This may be true for some new technologies, like the cell phone, but not for others, the blue-ray for example. What are the factors that determine the adoption by the society of a new technology? The diffusion of technology is an old and classic problem. The usual approach is the one of Everett Rogers [1] and, according to him; people in a society are Gaussian distributed over the time they take to attach to the novelty. On the left side of the distribution are the innovators, the very first ones to adopt the new technology — even when it has not proven to be useful or reliable—, followed by the early adopters. At the rightmost part of the distribution are located the “laggards”, people who accept the innovation reluctantly only when all the rest has already changed to the innovation. But, what are the mechanisms behind this empirical description? What are the reasons that lead to adopt a new technology? In this paper we propose and simulate a simple model for the adoption of an innovation which depends mainly on three elements: the appeal of the novelty, the inertia or resistance to adopt it, and the interaction with other agents. Social interactions are taken into account in two ways: by imitation and by differentiation, i.e., some agents will be inclined to adopt an innovation if many people do the same, but others will act in the opposite direction, trying to differentiate from the “herd”. Thus, we describe an artificial society where the external factors in favor of the technological innovation (utility, advertising, price) are reduced to a single parameter that we assume as objective, i.e. the same for all the agents. This parameter is equivalent in physics to an external field. On the other hand, the resistance to change to a new paradigm, being because of stubbornness, price or familiarity with the old technology, is condensed in the idiosyncratic parameter,  $u_i$ , which is different for each member  $i$  of the society. Finally we introduce a social interaction term that may act reinforcing the change of technology, or going contrary to it, if the agent resists following the herd. We discuss the conditions for the new technology to be fully or partially adopted. On the other hand we look at the critical concentration of anti-herding agents that

may block the adoption of a new product. In a nutshell, the present model reproduces qualitatively the available data on adoption of innovation.

## **J. S. de Andrade Junior**

### ***“Where’s Wally? The statistical patterns of visual search for hidden objects”***

Since the pioneering work of Luis Emile Javal in 1879, the movement of the eyes has been the subject of intensive research as a way to elucidate inner mechanisms of cognitive processes that are closely related with vision. Among others, a cognitive task that is rather frequent in our daily life is the visual search for hidden objects. Here we investigate through eye-tracking experiments, the statistical properties associated with the search of target images embedded in a landscape of distractors. Our results show that the twofold process of eye movement, composed of sequences of small jumps (fixation) intercalated by fewer longer jumps (saccades), displays characteristic statistical signatures.

More precisely, while the saccadic jumps follow a lognormal distribution of distances, which is typical of multiplicative processes, the lengths  $r$  of the smaller steps in the fixation trajectories are consistent with a power-law distribution. Moreover, the present analysis reveals a clear transition between a directional reading-like to an isotropic random movement as the difficulty level of the searching task is increased. Our findings corroborate previous complex behavior attributes observed for visual searching as a cognitive task.

## **L. R. da Silva**

### ***“Redes Complexas e Mecânica Estatística não Extensiva”***

In this work we analyze the implications of using vertices’ fitness (or quality) in the growth dynamics of a network studied by Bianconi and Barabasi (1). Including quality considerations in the usual preferential attachment model provides much more realistic complex networks. We elaborate and discuss a complex network model which presents connectivity scale free probability distribution (power-law degree distribution). To do this we modify the rule of the preferential attachment of the Bianconi-Barabasi model including a factor which represents the similarity of the sites. The term that corresponds to this similarity is called the affinity and is obtained by the modulus of the difference between the fitness of the sites. This variation in the preferential attachment generates very interesting results, for example the time average evolution of the connectivity follows a power-law distribution, i.e.,  $\langle k \rangle \sim (t/t_0)^\beta$  where  $\beta$  indicates the rate with which the site gain connections (2). Certainly this depends on the affinity with other sites. Moreover, the usual networks properties, such as the degree distribution, are investigated using the Tsallis nonextensive statistical mechanics (3). This theoretical framework provides a much more accurate description and understanding of our results, since the standard analysis of networks does not take into account the whole domain of the results, but only the asymptotic behavior instead.

## **P. M. C. de Oliveira**

### ***“Dynamic Ising Model: Reconstruction of Evolutionary Trees”***

An Ising-like dynamic model is presented, with continuous and unidimensional variables (spins) evolving under Newton's law. The dynamic evolution can be followed through molecular dynamics. It is used as a tool to re-construct evolutionary, historical trees. From the measured distances between pairs of currently alive individuals, the past ancestors bifurcations can be traced back.

## **R. dos S. Mendes**

### ***"Leis estatísticas governando flutuações no tamanho de plantas"***

Uma grande quantidade de sistemas físicos e biológicos exhibe comportamento complexo caracterizado por estrutura invariante de escala. No contexto de população de plantas, relações de escalas são tipicamente do tipo leis de potência. No nosso estudo, analisamos variações espaciais dos tamanhos de pés de milho crescendo em lavouras, achando evidências de invariância de escala na flutuação dessas alturas. Esses resultados indicam que a invariância de escala é consistente com um comportamento não-Gaussiano compatível com um processo de Lévy. Essa invariância nas flutuações foi observada para escalas espaciais por até três ordens de magnitude.

## **R. M. O. Galvão**

### ***Aplicações da Mecânica Estatística Não-Extensiva em Física de Plasmas***

A Mecânica Estatística Não - Extensiva atraiu o interesse da comunidade de Física de Plasmas poucos anos depois de seus primeiros conceitos terem sido formulados por Constantino Tsallis. De fato, Jacques Misguich, um colaborador próximo do famoso físico estatístico Radu Balescu, me informou que, no final da década de 1990, o Prof. Balescu lhe encomendou um estudo detalhado da "Estatística de Tsallis" e de suas possíveis aplicações em Física de Plasmas. O trabalho de Misguich resultou na "Note de Travail PHY/NTT-2000.003 (April 2000) CEA Cadarache", intitulada "An overview of the Tsallis's generalized Boltzmann entropy and power-law distributions : towards a statistical foundation for Levy flights and superdiffusion". Em seus comentários finais, Misguich menciona explicitamente que um ponto essencial do formalismo de Tsallis é aceitar, de partida, que sistemas com funções de distribuições com longas caudas devem ser não - extensivos. Embora apresente algumas ressalvas sobre as condições de vínculo sob as quais a entropia introduzida por Tsallis é extremizada por distribuições com lei de potências, ele diz explicitamente "We have to remember that the knowledge of the consequences of Boltzmann work has been long to be fully understood and clearly formalized, and that the Tsallis generalization is only in its first decade...".

De fato, plasmas, em particular os de alta temperatura e astrofísicos, são sistemas bastante fora do equilíbrio e a função de distribuição de energia de suas partículas, principalmente os elétrons, apresentam longas caudas não-exponenciais. Para modelar este comportamento em plasmas espaciais, Vasyliunas introduziu, no final da década de 1960 uma função de distribuição empírica, denominada "Kappa Distribution" [ V.M. Vasyliunas, J. Geophys. Res. 73, 2839 (1968)], que passou a ser largamente utilizada para plasmas astrofísicos, mas não de laboratório.

No entanto, trabalhos bem posteriores mostraram que a Distribuição Kappa resulta de forma natural do formalismo de Tsallis [G. Livadiotis and D. J. McComas; J. Geophys. Res. 114, A1110 (2009)]. Estes resultados acionaram uma intensa atividade teórica em Física de Plasmas, estendendo para aplicações em plasmas de laboratório; vários mecanismos relevantes, em particular os não - lineares, estão sendo revisitados com o objetivo de estudar o efeito não -extensivo em sua dinâmica.

Nesta palestra farei uma revisão resumida dos trabalhos que considero mais relevantes neste tema, apresentando alguns resultados obtidos em colaboração com a Dra. Luciana Rios.

## **R. F. S. Andrade**

### ***"Switching points in economic series: Asymmetric tendencies and long range correlations"***

The concept of *switching points* (SP) has been introduced to characterize events in time series in which the trend for persistent rise or fall changes in an abrupt and almost discontinuous way. In the

specific case of financial markets, switching events creating upward trends (“bubbles”) and downward trends (“financial collapse”) have been fairly common in the last three decades. We address two specific features in SP events that have been detected by the analysis of economic series [1, 2]: asymmetric tendencies and long range correlations, the later of which can be interpreted in terms of non-extensive statistical concepts.

Asymmetric Detrended Fluctuation Analysis (A-DFA) is used to characterize trend switching with the help of two new local roughness exponents,  $H^+$  and  $H^-$ , which differ from the usual  $H$  by separately taking into account contributions to the fluctuations according to whether the local trend is, respectively, upward or downward. Long range correlations have been analyzed by smoothing of the original data with a Gaussian kernel. The events are identified by the magnitude of the difference of the extreme prices, by the time lag between the corresponding events (waiting time), and by the time interval between events with a minimal magnitude (return time).  $q$ -Gaussian functions with power law tails are found to provide a very accurate description of a class of measures obtained from the series statistics.

## **S. H. V. Mattos**

### ***“Complexidade dos padrões espaciais e espectrais de fitofisionomias de Cerrado no estado de São Paulo”***

O Cerrado se constitui em um mosaico de fitofisionomias que se distinguem entre si pelos padrões espaciais que apresentam. Apesar das características e dinâmica do Cerrado apontarem que ele deve ser compreendido como um sistema complexo, o paradigma da complexidade e os métodos dele derivados ainda são pouco aproveitados no estudo do Cerrado. O objetivo geral da presente pesquisa foi avaliar a complexidade dos padrões espaciais (texturais) e espectrais de fitofisionomias de Cerrado a fim de verificar quais propriedades relativas à organização e dinâmica do Cerrado tais padrões podem revelar. Para tanto, foram usadas imagens do sensor multi-espectral Aster relativas a unidades de conservação do estado de São Paulo situadas nos municípios de Assis, Itirapina e Luiz Antônio. Medidas de complexidade baseadas na entropia informacional e de dimensão fractal foram aplicadas às imagens e respectivas respostas espectrais de fisionomias de Cerrado presentes nas localidades estudadas. Os resultados obtidos para as análises textural e espectral de imagens do sensor mostram que cada fisionomia apresenta valores estatisticamente iguais nas diferentes extensões avaliadas, revelando a auto-similaridade dos padrões em várias escalas. Houve também uma forte tendência de cada fisionomia obter os mesmos valores em diferentes localidades, o que permite estabelecer intervalos de valores típicos para cada uma, independente da área estudada. Por outro lado, nenhuma medida foi totalmente eficiente em distinguir as fisionomias de Cerrado de uma mesma localidade, principalmente aquelas com padrões mais semelhantes. Pelos resultados alcançados na presente pesquisa, confirma-se que o Cerrado é um sistema dinâmico complexo e que, portanto, o entendimento de sua organização e dinâmica deve-se pautar nos conceitos, modelos e métodos próprios do paradigma da complexidade. Uma característica marcante aqui revelada é a invariância escalar dos padrões, a qual é indicativa de que o Cerrado apresentaria criticalidade auto-organizada, sendo algumas de suas fisionomias representativas de estados próximos a pontos críticos. Conforme apontam os resultados, fisionomias intermediárias, como cerrado denso, cerrado ss e campo cerrado, apresentariam esse tipo de organização, enquanto fisionomias situadas próximas aos extremos do gradiente vegetacional do Cerrado (como campo sujo e cerradão) representariam estados mais estáveis do sistema.