

Complexidade e o comportamento humano

Roberto Britto Sassi
Fernando dos Santos Fernandes
Renato Teodoro Ramos
José Roberto Castilho Piqueira

Como citar: SASSI, R. B.; FERNANDES, F. S.; RAMOS, R. T.; PIQUEIRA, J. R. C. Complexidade e o comportamento humano. *In:* GONZALEZ, M. E. Q.; DEL-MASSO, M. C. S.; PIQUEIRA, J. R. C. (org.). **Encontro com as Ciências Cognitivas - volume 3**. Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2001. p. 109-120.
DOI: <https://doi.org/10.36311/2001.85-86738-19-0.p109-120>



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Sin derivados 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

COMPLEXIDADE E O COMPORTAMENTO HUMANO

Roberto Britto SASSI¹
Fernando dos Santos FERNANDES²
Renato Teodoro RAMOS³
José Roberto Castilho PIQUEIRA⁴

A capacidade de prever o comportamento humano parece ser uma das mais complexas, ou até mesmo *per se* inatingíveis, tarefas enfrentadas pela ciência. A quantidade de fatores capazes de influenciar nossas ações e pensamentos é gigantesca, mas esses fatores poderiam ser divididos em dois grandes níveis: (1) um nível *externo* ao indivíduo, onde colocaríamos todas as questões vinculadas às interações sociais, familiares, culturais, e ambientais; e (2) um outro nível *interno*, que abrangeria cognição, humor, motivações, desejos, e também todas as particularidades biológicas do funcionamento cerebral (conexões sinápticas e interações moleculares e genéticas, entre outras). Obviamente essa divisão é simplista e não dá conta da complexa interface entre os níveis, pois como se sabe estímulos externos podem moldar o funcionamento cerebral assim como as ações e pensamentos humanos interferem no ambiente.

Diversas teorias falharam ao tentar explicar o comportamento humano apenas através da influência do meio social sobre o indivíduo, como se o ser humano fosse uma *tabula rasa* totalmente moldada pelo ambiente. Teorias psicológicas, como a psicanálise e suas derivadas, avançaram em explicações no aqui chamado nível interno, postulando mecanismos inconscientes de motivações e desejos para determinados padrões de comportamento. Nenhuma destas classes de teorias, entretanto, produziu modelos que possibilitassem antecipar ações humanas. Mesmo o comportamento supostamente mais facilmente descrito dos portadores de doenças mentais traz enormes dificuldades quanto à sua previsibilidade, e psiquiatras e psicólogos nem sempre acertam ao avaliar o risco potencial de um

¹ Médico Residente de Psiquiatria, 3º ano, do Departamento de Psiquiatria da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, E-mail: sassi72@hotmail.com.

² Aluno do 2º ano da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, fernandofernandes@hotmail.com.

³ Professor Doutor, Psicologia da Saúde, Universidade Metodista de São Paulo. Pesquisador, LIM-23, Instituto de Psiquiatria do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, rramost@iglnet.com.br.

⁴ Professor Titular, Departamento de Telecomunicação e Controle, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, piqueira@lac.usp.br.

paciente apresentar agressividade ou comportamento suicida. A psiquiatria clássica, auxiliada pela epidemiologia, é capaz de estimar a probabilidade de ocorrência de determinados comportamentos em grupos selecionados de pacientes com patologia mental, mas esses riscos relativos são de difícil aplicação no indivíduo.

Ainda no nível *interno*, nos últimos anos as neurociências avançaram de maneira espantosa no entendimento sistêmico, molecular e genético do cérebro. No entanto, mesmo esses novos paradigmas podem não ser capazes de fornecer explicações para a riqueza dos comportamentos humanos, assim como o nível sub-atômico frequentemente não é o nível de análise ótimo para a resolução de problemas biológicos. Não é possível estabelecer relações como *você agiu assim porque tem menos serotonina no cérebro*, ou *você pensou isso pois suas conexões fronto-estriatais são dessa forma*. A vivência consciente humana é muito mais ampla, e composta de uma enorme quantidade de variáveis em diferentes níveis (sócio-ambiental, psicológico, neuronal e genético, e suas interrelações), o que apenas confirma que estamos lidando com um problema de extrema complexidade. Este capítulo abordará alguns aspectos relativos às dificuldades em se obter uma teoria única para esse problema, e discutirá o uso de modelos matemáticos na compreensão dos fenômenos ligados ao comportamento humano.

Alguns fenômenos previsíveis e outros nem tanto...

Diversos acontecimentos na natureza apresentam comportamento altamente previsível : a posição dos astros e o surgimento de eclipses, o nível das marés, entre outros. Todavia, em diversos fenômenos naturais a capacidade de previsão torna-se mais reduzida ou até mesmo impossível, como por exemplo em terremotos, alterações climáticas ou mesmo ritmos fisiológicos animais. O que faz com que determinados fenômenos tenham comportamento menos previsível que outros ? Um fator importante é a presença de grande número de variáveis capazes de afetar o comportamento de um determinado sistema. Até há pouco tempo atrás acreditava-se que o único fator limitante para o entendimento completo e previsão desses fenômenos fosse a capacidade computacional. Ou seja, se houvesse um computador capaz de analisar todas as variáveis envolvidas nesses fenômenos seria possível prever o comportamento dos mesmos.

Porém, em meados dos anos 60 observou-se que muitos desses sistemas não apresentavam comportamento previsível, mesmo computando-se uma enorme quantidade de variáveis. De maneira geral esses fenômenos apresentavam dinâmicas não-lineares. Esse tipo de comportamento de determinados sistemas já havia sido descrito por Poincaré no final do

século passado, mas o maior avanço nessa área ocorreu nos últimos 30 anos. Edward Lorenz (1963), um meteorologista do Instituto de Tecnologia de Massachussets, percebeu esse tipo de dinâmica no início dos anos 60: ao testar modelos intrincados de previsão do clima, ele encontrou padrões complexos e quase-periódicos de ventos e temperaturas, que se repetiam frequentemente mas nunca da mesma maneira. Ou seja, o comportamento do sistema não era nem periódico / linear, mas também não era randômico ou aleatório. Pode-se descrever esse tipo de sistema de duas formas : através de seu *estado* (representado por todas as informações necessárias para descrever um sistema em um determinado momento) ou através de sua *dinâmica* (que são as regras que descrevem como o sistema muda no tempo). Ao se colocar esse modelo climático de Lorenz em uma representação gráfica de comportamento (chamada *espaço de estados*, onde as coordenadas são os componentes do *estado* do sistema) foram observados padrões geométricos específicos, chamados de *atratores*, que apesar de determinísticos não podiam ser descritos como um conjunto de osciladores periódicos. Além disso, esses sistemas apresentavam uma característica bastante especial, uma *sensibilidade extrema às condições iniciais*. Em outras palavras, pequenas alterações em algumas variáveis do sistema levavam a um comportamento totalmente diferente, cada vez mais distante de quaisquer previsões. Tal característica levou à descrição pitoresca, nos fenômenos meteorológicos, na qual uma borboleta batendo asas na China poderia levar a um furacão na Califórnia.

O que antes era ruído, virou sinal

Esse novo paradigma nas ciências exatas provocou uma série de mudanças na maneira de se abordar diversos fenômenos naturais. Por um lado, ficou evidente que mesmo a observação de todas as variáveis que compõe um determinado sistema não é garantia de previsão de seu comportamento. Por outro lado, inúmeros fenômenos que apresentavam comportamento aparentemente randômico, ou tão complexo que não se percebia qualquer padrão, poderiam agora ser abordados matematicamente.

Vejamos, por exemplo, os terremotos. As rachaduras e falhas na superfície da Terra interagem de forma complexa e imprevisível, algumas vezes levando a um efeito dominó de interações e gerando terremotos de grande energia. Após a ocorrência de um grande tremor, é possível analisar qual foi a história prévia deste evento, qual placa tectônica moveu-se para causar o abalo sísmico, etc. No entanto, não é possível prever o terremoto seguinte com grande antecedência, e acreditava-se que a frequência e intensidade dos abalos não seguisse nenhum padrão, mesmo em áreas mais afetadas por tremores. Porém, ao se coletar dados sobre os terremotos

em uma determinada área nos EUA, observou-se que estes seguiam uma proporção muito simples, onde por exemplo, para cada 1000 terremotos de magnitude 4 na escala Richter ocorriam 100 tremores de magnitude 5, 10 tremores de magnitude 6, etc. Ou seja, tremores mais intensos eram mais raros, enquanto tremores mais leves eram mais frequentes; e quando coloca-se esses dados em uma escala logarítmica, o resultado é uma reta.

Outros fenômenos semelhantes foram relatados em 1949 por George Kingsley Zipf, professor da Universidade de Harvard, mas em sistemas influenciados pelo comportamento humano. O número de habitantes em metrópoles no planeta seguia (nos anos 20) uma proporção semelhante à encontrada nos terremotos : havia duas cidades com mais de 8 milhões de habitantes, 10 com mais de 1 milhão, e 100 com mais de 200 mil, gerando uma reta num gráfico logarítmico. Zipf também encontrou que a frequência de uma determinada palavra na língua inglesa segue a mesma lei. Ao colocar todas as palavras de um determinado texto numa ordem de frequência, observou que a 1ª no ranking, *the*, é usada com uma frequência de 9%. A 10ª no ranking, *I*, aparece com uma frequência de 1%; a 100ª, *say*, é usada com uma frequência de 0,1%, e assim sucessivamente. Não importa se o texto é a Bíblia, Ulisses ou um *best-seller* qualquer : a distribuição das frequências segue uma mesma lei de potência, que nesse caso ficou conhecida como lei de Zipf.

Esse não é um fenômeno que ocorre somente com terremotos, concentração urbana ou frequência de palavras. Na verdade, parece estar relacionado com uma profusão de sistemas complexos, tais como a variação mensal dos preços de alguns produtos (grandes variações raras, pequenas variações frequentes), distribuição da extinção de espécies biológicas (extinções em massa raras, extinção de poucas espécies frequente), fluxos de tráfego nas grandes cidades, variações na intensidade da luz emitida por quasares, e diversos outros exemplos. Em todos eles, o que antes parecia ruído (ou seja, uma sequência de eventos sem conexão entre si) passou a surgir como um sinal particular, chamado sinal 1/f (onde a amplitude é inversamente proporcional à frequência do evento, e esses valores são lineares quando colocados em uma escala logarítmica, ou seja, uma lei de potência). Este achado é de extremo interesse, pois demonstra que esses sistemas não são nem perfeitamente organizados (onde encontraríamos um sinal periódico bem determinado) nem totalmente desorganizado (onde observaríamos um ruído branco, aleatório), mas apresentam um certo grau complexo de organização.

O que é *criticalidade auto-organizada*?

O que faz com que sistemas tão diferentes como o fluxo das águas no Nilo e a frequência de palavras num texto tenham comportamento semelhante? Tentando responder essa pergunta, o físico dinamarquês Per Bak abrigou esses fenômenos sob um mesmo conceito: a *criticalidade auto-organizada*.

Bak (1997, p.2) desenvolveu um modelo simples para explicar sua idéia. Imagine um monte de areia, onde constantemente é adicionado um novo grão de areia no seu topo. Ao observarmos esse monte de areia por algum tempo veremos pequenos deslizamentos de areia e algumas "avalanches", de maneira que o monte permanecerá sempre com sua forma típica, semelhante a um cone. Ao medirmos a frequência das avalanches em relação à sua amplitude encontraremos novamente uma lei de potência, onde pequenos deslizamentos de areia são frequentes, e grandes avalanches são raras.

O que podemos observar nesse modelo? Inicialmente, este não é um sistema fechado: grãos de areia entram ininterruptamente no monte, enquanto outros grãos saem do sistema após os deslizamentos. Também não é um sistema totalmente aberto, pois a grande maioria dos grãos de areia do monte interage muito mais com outros grãos de areia do que com elementos externos. Além disso, cada grão de areia é capaz de interagir com praticamente todos os outros grãos do monte (por exemplo, quando um grão colocado no topo provoca um pequeno deslizamento na base do monte). Conhecem-se as forças que atuam sobre um grão único (gravidade, atrito com outros grãos, etc.), mas isso não é suficiente para prever o comportamento do grão, pois todo o sistema exerce influência sobre este grão e vice-versa.

Um grão de areia, quando colocado no topo do monte, pode causar um pequeno deslizamento, uma grande avalanche, ou não provocar nada. O que se sabe é que sempre haverá muitos deslizamentos pequenos e algumas avalanches. No entanto é impossível prevê-las baseando-se nos comportamentos e trajetórias de cada grão de areia. São as interações entre os múltiplos elementos deste sistema que garantem esse comportamento. O todo é maior que a soma das partes.

De acordo com Per Bak (1997, p.29), a frequência $1/f$ das avalanches é considerada uma propriedade emergente deste sistema: não pode ser explicada pela somatória das trajetórias individuais dos grãos de areia, mas surge através da interação desses mesmos grãos entre si. Essa distribuição seguindo uma lei de potência $1/f$ poderia não ocorrer se mudássemos alguns parâmetros, como a velocidade de entrada de novos grãos de areia no sistema, ou se fossem alteradas as propriedades intrínsecas dos

elementos individuais do sistema (se estivéssemos usando bolas de gude ao invés de areia, por exemplo). Esse é considerado um “equilíbrio crítico” do sistema. Curiosamente, no entanto, o sistema evoluiu para este “ponto crítico” de forma auto-organizada, sem a ação de uma força externa especialmente designada para este fim.

A criticalidade auto-organizada é isso : a propriedade que alguns sistemas complexos (compostos por inúmeros elementos capazes de interagir com praticamente todos os outros elementos do mesmo sistema) têm de evoluir espontaneamente para um estado crítico, nem aleatório e nem totalmente ordenado, onde emergem algumas propriedades que não são explicadas pela somatória das ações individuais dos elementos deste sistema. Nem todos os fenômenos complexos, entretanto, evoluem para a criticalidade auto-organizada. Ainda há muita controvérsia sobre as exatas propriedades necessárias para levar um determinado sistema a esse *equilíbrio*, e sobre quais seriam as melhores formas de se descrever formal e matematicamente esse fenômeno.

A lei de Zipf em uma enfermaria psiquiátrica

Inspirados pelos novos paradigmas matemáticos desenvolvidos pelas ciências do caos e complexidade, resolvemos observar o comportamento de algumas variáveis humanas em uma enfermaria psiquiátrica. Nosso objetivo inicial era estudar as interações entre as pacientes e observar que tipo de dinâmica esse sistema apresentaria. Escolhemos uma enfermaria psiquiátrica por representar um ambiente onde os elementos do sistema têm ampla interação entre si, e apesar de ser relativamente fechado ainda recebe influências externas.

O estudo foi realizado em uma enfermaria psiquiátrica feminina, com 30 leitos, onde as internações são preferencialmente de casos agudos ou agudizações de quadros psiquiátricos crônicos. Observamos todas as pacientes internadas e consecutivamente admitidas por um período de 62 dias, totalizando 68 pacientes. A média de tempo de internação foi de 42,7 dias, e a permanência mais curta foi de 2 dias. De maneira geral, as pacientes eram internadas por agressividade, ideação ou tentativa de suicídio, ou outras alterações disruptivas de comportamento necessitando de auxílio médico. Os diagnósticos das pacientes observadas, seguindo a Classificação Internacional de Transtornos Mentais e Comportamento da Organização Mundial da Saúde (CID-10), encontram-se na tabela 1.

A enfermaria é composta de diversos quartos, alguns individuais e outros abrigando até 6 pacientes, e algumas áreas comuns, como o refeitório e a sala de recreação. Durante a permanência, todas as pacientes

têm atividades de grupo como terapia ocupacional, sessões de relaxamento e atividades esportivas (esta última em uma pequena área externa à enfermaria, mas de acesso apenas às pacientes). As visitas de familiares ocorrem diariamente, durante uma hora, e as pacientes tem entrevistas diárias com seus médicos e contato constante com a equipe de enfermagem. Durante os finais-de-semana, as pacientes com quadros mais leves recebem licença e são levadas por seus familiares para casa, retornando na segunda-feira. Ou seja, temos um sistema composto de diversos elementos que interagem entre si de forma bastante variada, e que apesar de não ser totalmente aberto recebe estímulos externos constantemente.

TABELA 1 - Diagnósticos

Número	Percentual	Diagnóstico
18	26,5 %	Transtorno Afetivo Bipolar
12	17,6 %	Transtorno Depressivo
10	14,7 %	Esquizofrenia
8	11,8 %	Dependência de álcool e / ou Drogas
4	5,9 %	Transtorno Mental Orgânico
2	2,9%	Transtorno de Personalidade
14	20,5 %	Outros

Todas as pacientes receberam uma nota diária em dois parâmetros : atividade psicomotora (X) e interação social (Y). Essas variáveis foram escolhidas por: (1) serem universais e estarem presentes em todas as pacientes, e (2) suas alterações não serem características de nenhuma patologia (como por exemplo variações intensas de humor ou sintomas psicóticos). As notas foram dadas diariamente por um único observador durante os 62 dias consecutivos, baseando-se nos relatos médicos e de enfermagem, produzindo assim uma nota que representasse a média das últimas 24 horas (ver tabelas 2 e 3).

TABELA 2 - Atividade psicomotora (X)

Nota	Descrição do Comportamento
1	Calma, adequada
2	Leve inquietação, percebida apenas quando questionada diretamente
3	Evidentemente inquieta, andando pelos corredores com frequência
4	Agitação importante, importunando as outras pacientes
5	Excitação extrema, necessitando de sedação e / ou restrição física

TABELA 3 - Interação Social (Y)

Nota	Descrição do Comportamento
1	Contato social ativo, interagindo com outras pacientes e equipe
2	Leve tendência ao isolamento social, percebida apenas quando questionado diretamente
3	Evidentemente isolada, mantendo contato social apenas com algumas pessoas
4	Inibição social importante, mantendo contato apenas se estimulada
5	Ausência de comunicação verbal e não-verbal, catatonia

Dessa forma obtivemos séries temporais de X e Y para cada paciente, assim como uma série temporal para a enfermaria como um todo (através das médias diárias de todas as pacientes internadas). Além disso, foi possível montar matrizes para analisar as frequências das notas de X e Y, assim como suas variações entre um dia e outro (DX e DY). Conduzimos o trabalho computacional através de uma das estratégias gerais da lei de Zipf. Maiores detalhes podem ser encontrados em Piqueira et al (1999a).

Em nossos estudos, a lei de Zipf mostrou ser um bom instrumento para explicar os dados encontrados : observamos que grandes momentos de agitação da enfermaria, onde várias pacientes apresentavam-se inquietas ou mesmo agressivas (ou seja, as *grandes avalanches* no nosso sistema) eram menos frequentes que as mudanças mais leves de estado mental (os *pequenos deslizamentos*). Essas frequências seguiam uma lei de potência, e quando representadas em escala logarítmica produziam uma reta .

O mesmo tipo de padrão foi observado ao separarmos os dados das pacientes de acordo com seu diagnóstico, ou seja, se considerarmos as depressivas, as esquizofrênicas ou as bipolares como grupos separados, obteremos os mesmos resultados. O coeficiente de variação é outro, ou seja, o tamanho das *avalanches* é diferente entre as diversas patologias, mas a relação $1/f$ é mantida.

O que isso significou na observação diária das pacientes ? O que pudemos observar é que inúmeros fatores estão implicados no comportamento de uma determinada paciente : sua patologia, seus traços de personalidade, as medicações recebidas, a interação com outras pacientes mais próximas e com a equipe, a visita diária da família, a presença de outras pacientes agitadas ou agressivas na enfermaria, e diversos outros fatores de difícil avaliação. No entanto, apesar de tamanha complexidade, as pacientes quando tomadas em conjunto, como um sistema, apresentaram flutuações em dois parâmetros observáveis (atividade psicomotora e interação social) que seguiam uma determinada regra $1/f$. Deste sistema

emergiu uma propriedade, que não pode ser explicada pela somatória das análises individuais do comportamento. Além disso, o sistema evoluiu para esse estado crítico e auto-organizado de forma espontânea (obviamente nenhuma paciente é orientada a apresentar inquietação ou apatia de forma a estabelecer uma lei de potência para todo o grupo). Não era possível prever qual paciente levaria a enfermaria a uma grande agitação (a “avalanche”), ou em que momento isso aconteceria. Mas foi possível observar que as pequenas mudanças e as grandes alterações certamente aconteceriam, e que suas frequências seguiriam um modelo matemático simples.

O normal e o patológico

O estudo das dinâmicas não-lineares, em especial o caos, é uma ferramenta importante na análise de fenômenos biológicos. Na medicina o caos já havia sido usado para estudar o sincronismo de células cardíacas e o comportamento de populações de neurônios, entre outros. Nas neurociências, o caos serve como metáfora e modelo para fenômenos em diferentes níveis de observação. Mais recentemente, a psiquiatria tem fornecido dados bastante interessantes sobre a dinâmica do comportamento humano.

Dünki e Ambühl, por exemplo, observaram a flutuação diária de sintomas psicóticos em um grupo de esquizofrênicos por longos períodos de tempo (até 2 anos). Apesar de se acreditar que a esquizofrenia não apresentasse nenhum padrão temporal estabelecido (diferente dos paciente com transtornos afetivos), os autores não encontraram o “ruído branco” que seria esperado, e sim uma lei de potência. Ou seja, há um padrão na flutuação temporal de sintomas psicóticos na população estudada. É um padrão complexo e não-linear, mas é um padrão.

A flutuação de humor nos transtornos afetivos, por outro lado, esteve tradicionalmente vinculada a idéias de periodicidade e ritmos biológicos (circadiano, por exemplo). Gottschalk et al (1995), no entanto, encontraram variações caóticas ao pesquisarem alterações diárias do humor, através de escalas auto-aplicáveis, em pacientes bipolares por até 2,5 anos. Apesar de encontrarem espectro $1/f$ nas medidas tanto dos pacientes quanto dos controles normais, era possível diferenciar os dois grupos através da análise matemática das séries temporais : as estimativas convergentes de dimensão (ou seja, uma medida da estrutura determinística não-linear) puderam ser obtidas em 6 dos 7 pacientes, e em nenhum dos controles. Não foi encontrada periodicidade verdadeira, mas ficou evidente que as flutuações de humor nos paciente são mais *ordenadas* e estruturadas que nos normais.

Nem todos os aspectos da doença mental são mais organizados nos pacientes que na população em geral. O sono, por exemplo, sofre o processo contrário. O que é interessante notar é que diversos aspectos do comportamento humano, apesar das inúmeras e imprevisíveis influências, pode seguir determinados padrões não-lineares, que ficam ainda mais evidentes na patologia mental. Poderiam essas dinâmicas individuais caóticas (mas de forma alguma aleatória) estarem envolvida no surgimento de propriedades emergentes como as observadas na nossa enfermaria?

Não há, até onde foi possível descobrir, outros estudos do comportamento em grupos humanos sob a ótica dos sistemas não-lineares. Em animais, o comportamento de agregação é bastante conhecido, e há evidências de propriedades emergentes dos bandos animais, ou seja, verdadeiras *decisões coletivas*. Bandos de pássaros e cardumes de algumas espécies de peixes costumam apresentar algumas sincronias na busca por alimento e na fuga, enquanto em alguns agrupamentos de insetos e certas colônias de bactérias é possível evidenciar dinâmicas não-lineares. Os indivíduos de algumas dessas espécies parecem adaptar seu comportamento de forma a seguir o padrão do resto do grupo, mesmo que isso leve a prejuízo para esse mesmo indivíduo. Não se sabe se esse comportamento de agregação animal é capaz de levar a vantagem evolutiva ou é apenas um epifenômeno.

Conclusões

O desenvolvimento de modelos matemáticos simples, baseados em leis de potência, parece ser capaz de apresentar novas questões para o entendimento do comportamento humano. Há evidências de que algumas variáveis apresentam flutuação diferente em normais quando comparados com portadores de doenças mentais, e que certos fenômenos que antes pareciam ser aleatórios ou impossíveis de prever (devido a extrema complexidade dos fatores envolvidos) agora são passíveis de abordagens matemáticas e mostram padrões complexos e não-lineares, mais organizados na patologia que na normalidade, e diferentes da aleatoriedade.

No estudo realizado pelo nosso grupo, encontrou-se criticalidade auto-organizada numa enfermaria psiquiátrica durante o período observado. Várias hipóteses podem ser levantadas: se as pacientes fossem outras, seria possível observar o mesmo fenômeno? Que variáveis influenciariam a enfermaria a ponto de romper o equilíbrio crítico? Outras enfermarias psiquiátricas apresentam o mesmo fenômeno? Seria possível observar a criticalidade se estivéssemos medindo outro tipo de variável?

Atualmente, estamos ampliando nossos estudos em pessoas normais convivendo em grupo para tentar descobrir se a criticalidade auto-organizada está vinculada com a patologia mental (sendo dessa forma uma dinâmica patológica, individualmente ou em grupo) ou se é um fenômeno mais amplo no ser humano. Nosso grupo também está desenvolvendo um modelo de enfermaria psiquiátrica *virtual*, que possivelmente possibilitará um maior controle das variáveis envolvidas na gênese desse equilíbrio crítico e auto-organizado tão peculiar.

Referências

- BABLOYANTZ, A.; LOURENÇO, C. Computation with chaos: a paradigm for cortical activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, n. 91, p. 9027-9031, 1994.
- DÜNKI, R. M.; AMBÜHL, B. Scaling properties in temporal patterns of schizophrenia. *Physica A*, n. 230, p. 544-553, 1996.
- GERMINE, M. Information and psychopathology. *Journal of Nervous and Mental Diseases*, n. 181, p. 382-387, 1993.
- GILDEN, D.L.; THORNTON, T.; MALLON, M.W. 1/f noise in human cognition. *Science*, v. 267, p. 1837-1839, 1995.
- GOTTSCHALK, A.; BAUERR, M. S.; WHYBROW, P. C. Evidence of chaotic mood variation in bipolar disorder. *Archives of General Psychiatry*, n. 52, p. 947-959, 1995.
- KANDEL, E. A new intellectual framework for psychiatry. *American Journal of Psychiatry*, n. 155, p. 457-469, 1998.
- JENSEN, H. J. *Self-organized criticality*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- LORENZ, E. N. Deterministic nonperiodic flow. *Journal of Atmospheric Science*, v. 20, p. 130-141, 1963.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *CID-10: classificação dos transtornos mentais e do comportamento*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.
- PARRISH, J. K.; EDELSTEIN-KESHET, L. Complexity, pattern, and evolutionary trade-offs in animal aggregation. *Science*, v. 284, p. 99-101, 1999.
- PER BAK. *How nature works*. Oxford: Oxford University Press, 1997.
- PIQUEIRA, J. R. C. Measuring behavior variables on a psychiatric ward. In: MEETING OF THE INTERNATIONAL BRAIN RESEARCH ORGANIZATION, 4;1999b, Jerusalem.
- _____. et. al. Zipf's law organizes a psychiatric ward. *Journal of Theoretical Biology*, v. 198, n. 3, p. 439-443, 1999a.
- PIQUEIRA, J. R. C.; SASSI, R. B.; RAMOS, R.T. Modeling pathological behavior in psychiatric patients. MEETING OF SOCIETY FOR MATHEMATICAL PSYCHOLOGY, 31., 1998. Vanderbilt University, Nashville.
- SCHMID, G. B. Chaos theory and schizophrenia: elementary aspects. *Psychopathology*, n. 24, p. 185-198, 1991.
- ZIPF, G.K. *Human behavior and the principle of least effort*. Cambridge: Addison-Wesley, 1949.

