

Dividir para reinar

Teresa Vaz Martins¹ e Raúl Toral²
Universidade das Ilhas Baleares

Resumo:

O objectivo deste artigo é apresentar brevemente a Sociofísica, uma disciplina que, nas últimas décadas, se tem vindo a desenvolver na fronteira entre a Física e as ciências sociais. Como ilustração da sua abordagem, iremos rever alguns modelos de formação de opinião, incidindo nas condições em que uma sociedade é mais sensível à penetração de uma mensagem externa. Nomeadamente, iremos ver que é mais fácil uma mensagem ser consensualmente aceite numa sociedade caracterizada por conflitos – o que recorda a antiga máxima “dividir para reinar”. Concluiremos, sugerindo que a construção deste novo campo do saber requer uma colaboração entre sociólogos e físicos, que vá mais além de uma simples justaposição de conhecimentos.

Palavras-chave: Sociofísica; Opinião; Interdisciplinaridade.

1. Contexto

Sendo o estabelecimento de fronteiras entre as diferentes ciências uma questão social e não de princípios, a Sociologia sempre reconheceu os benefícios de ultrapassar as barreiras entre as diversas ciências sociais, como atesta a existência da Psicologia Social, da Antropologia Social, etc. No entanto, a cooperação entre as ciências naturais e as ciências sociais reveste-se de uma maior controvérsia e desconfiança mútua, e, apenas nas últimas décadas, temos assistido à consolidação de disciplinas como a Sociobiologia, a Econofísica ou a Sociofísica.

De facto, os compartimentos entre ciências naturais e ciências sociais nunca foram estanques. Aquando da institucionalização das ciências sociais enquanto disciplinas académicas, no século XIX, os primeiros estudos sistemáticos consistiram, em grande parte, em medidas estatísticas de vários fenómenos sociais. Por sua vez, a surpreendente descoberta de que alguma ordem colectiva poderia resultar de comportamentos individuais aleatórios foi uma fonte de inspiração para a Física Estatística³.

¹ Licenciada em Sociologia (1999), pela Faculdade de Letras da Universidade do Porto (FLUP) e em Física (2004), pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP) (Porto, Portugal). Doutorada em Física (2010), pelo Instituto de Física Interdisciplinar e Sistemas Complexos (IFISC, UIB-CSIC), Universidade das Ilhas Baleares (Palma de Maiorca, Espanha). *E-mail:* teresa@ifisc.uib-csic.es

² Professor Catedrático da Universidade das Ilhas Baleares. Departamento de Física e Instituto de Física Interdisciplinar e Sistemas Complexos (IFISC, UIB-CSIC), Campus UIB, E-07122 Palma de Mallorca (Palma de Maiorca, Espanha). *E-mail:* raul@ifisc.uib-csic.es

³ Como se pode ver em Ball (2002) e Stigler (1986).

Uma das primeiras tentativas de classificação das ciências pertenceu a Comte (Comte, 1982)⁴, que, salientando a especificidade do conhecimento científico face a outros modos de conhecimento, procurou clarificar as fronteiras e os métodos das diferentes ciências, distinguidas segundo os seus objectos de estudo. Comte advogava uma unidade hierárquica, no sentido de que cada ciência deveria abarcar os métodos da anterior, mas ir um passo mais além, num caminho cujo último destino seria o estabelecimento de uma Sociologia capaz de coordenar a totalidade do conhecimento e o utilizar para promover o progresso social. Entre as ciências, duas salientavam-se por assinalar a transição para um modo de conhecimento mais perfeito: a Astronomia, enquanto a primeira ciência livre de contaminações metafísicas, e a Biologia, enquanto preocupada com um todo orgânico, tal como a Sociologia deveria estar.

Quase 200 anos passados desde a proposta de Comte, a distinção entre as ciências é, ainda, feita segundo os seus objectos de estudo, e as fronteiras encontram-se garantidas por currícula e graus oficiais, escolas e revistas especializadas. No entanto, estas fronteiras escondem uma diversidade interna. Nomeadamente, dentro de cada ciência coexistem diferentes correntes, que variam na importância relativa que conferem aos padrões globais ou às interações individuais que lhes dão origem. No caso da Sociologia, o problema das relações entre os níveis micro e macro – como é que uma estrutura macroscópica pode emergir através de interações individuais de pessoas com interesses, ideias e motivações diferentes? – continua a ocupar um lugar central no pensamento sociológico⁵, tocando em temas como o livre-arbítrio, a capacidade de os seres humanos construir as estruturas sociais em que se inserem e de incorporarem, na sua ação, as teorias que são construídas a seu próprio respeito.

Ainda que, em ciências naturais, os elementos individuais dos sistemas sejam em geral mais simples, o problema das relações entre os níveis micro e macro é transversal às diferentes ciências. Fenómenos como a construção de complexas colónias de formigas ou o cintilar sincronizado de pirilampos em florestas da Austrália (Strogatz, 2004) são exemplos de comportamentos colectivos que resultam, não-trivialmente, de regras simples, a um nível individual. A tentativa de abarcar, numa interpretação unificada, o comportamento destes sistemas ditos “complexos”⁶, despoletou o aparecimento de um conjunto de ideias oriundas de diversas disciplinas – cibernética, sinérgica, teoria de jogos, teoria de sistemas, ciências computacionais, sistemas dinâmicos não lineares, teoria do caos, entre outras.

Nos sistemas complexos, os padrões globais que surgem de interações elementares podem afectar essas interações, diluindo a distinção entre causas e efeitos, já que os efeitos realimentam as causas, o que sugere uma aplicação a sistemas sociais. Mas a diversidade de origens confere às ciências da complexidade um carácter vago, próprio de uma disciplina ainda em desenvolvimento, e um exemplo claro dessa heterogeneidade encontra-se na

⁴ Salientando a unidade do conhecimento científico e a sua aparição histórica a seguir ao estado metafísico, as diferentes ciências eram denominadas como variações da “Física”, entendida segundo o seu sentido etimológico: *Physis* = Natureza. Assim, o que hoje chamamos Física seria a Física da Terra, e o que chamamos Sociologia seria a Física Social. Este facto é, vulgarmente, salientado por sociofísicos para legitimar historicamente (e um pouco fora do contexto) o estudo de fenómenos sociais, por parte de físicos.

⁵ Contributos para a resolução desta questão podem-se encontrar em Bourdieu (1979), Giddens (2006) e Habermas (1984).

⁶ Para uma introdução aos temas da complexidade ver, por exemplo, Erdi (2008) e Mitchell (2009).

maneira como a complexidade surge nos estudos de fenómenos sociais⁷. Fazendo parte do vasto mosaico de ciências da complexidade, a Sociofísica⁸ – que será o objecto desta apresentação – pretende combinar teorias vindas das ciências sociais e das ciências naturais, em particular da Física. Pelo seu carácter concreto e pela sua inspiração em modelos da Física Estatística, a Sociofísica é um contraponto a abordagens mais gerais ou abstractas como a teoria de Luhmann (2002). Uma das áreas mais prolíficas da sociofísica, que abordaremos em seguida, consiste na formulação de modelos de opinião, ou modelos baseados em agentes.

2. Modelos de formação de opinião

Os modelos baseados em agentes recorrem a técnicas computacionais e analíticas para estudar a maneira como a opinião social evolui a partir das interações entre agentes⁹. A construção de um modelo de opinião requer a definição das características dos agentes, da sua rede de interações e do resultado de uma interação.

No caso mais simples, a única característica de um agente é a sua opinião, sendo comum agrupar os modelos em duas grandes famílias, conforme considerem que uma opinião pode tomar um conjunto restrito de valores, ou qualquer valor, dentro de um intervalo (Lorenz, 2007). Como exemplos de modelos contínuos, podemos citar os modelos de Deffuant *et al.* (2000) e de Hegselmann-Krause (2002), e como exemplo de modelos discretos, lembramos o modelo de Sznajd (2000) e diversas variações de modelos tipo Ising (1925)¹⁰, um modelo originalmente proposto em Física Estatística para explicar alguns aspectos do ferromagnetismo.

A opinião dos agentes evolui quando eles interagem entre si e, por isso, o segundo passo na construção do modelo consiste em definir uma rede de interações. Há também, aqui, duas opções básicas (e a sua combinação). A formação de uma interação significativa pode depender das opiniões em confronto, sendo muito comum em Sociofísica pressupor – baseado nalguma experiência da Psicologia Social ou do senso comum – que existe uma preferência para interagir com aqueles com quem nos assemelhamos. Uma outra alternativa é estudar a influência da rede de interações na evolução das opiniões, um tópico que, desde cedo, mereceu a atenção das ciências sociais, com os estudos de George Simmel ou de Sociometria (Moreno, 1951), bem como as experiências de Milgram (1967)¹¹. Em finais dos anos 90 (Dorogovtsev & Mendes, 2003; Newman, 2010), a Física renovou o campo

⁷ Para uma revisão ver Castellani & Hafferty (2009).

⁸ Não existindo uma ciência única da sociofísica, o termo abrange um conjunto de práticas, temas e conceitos, cujo significado e significância não é ainda consensual. Este artigo foca a área dos modelos de opinião, mas podemos referir, a título de exemplo, o estudo e explicação de distribuições estatísticas em que não existe uma média característica, prevalentes no mundo social. A sociofísica é um campo de actividade cuja história está ainda por fazer. Para uma revisão, pode-se ver, por exemplo, Stauffer, Oliveira, Oliveira e Martins (2006).

⁹ Podemos encontrar revisões de vários modelos em Castellano, Fortunato e Loreto (2009), Galam (2004) e Stauffer (2005).

¹⁰ O modelo de Ising é um dos modelos mais utilizados na Física Estatística.

¹¹ Uma das experiências de Milgram consistiu em averiguar o número de intermediários necessários para uma carta viajar entre dois desconhecidos vivendo em cidades afastadas dos Estados Unidos, sabendo que cada intermediário teria de ser conhecido do intermediário prévio. A sua conclusão de que, em média, bastavam 6 intermediários encontrou grande divulgação. Embora este resultado seja duvidoso, a ideia de que vivemos num pequeno mundo inspirou a procura de outros tipos de redes em que isso, de facto, se verifica.

do estudo das redes, dando-lhe uma dimensão dinâmica, ao preocupar-se pela formação e evolução temporal de diferentes tipos de redes. Por detrás da explosão do interesse neste campo está o aproveitamento especialmente bem sucedido de três formas de fazer ciência: a formalização matemática, a exploração das características das redes reais e as simulações computacionais. Recuperando ideias da teoria matemática de grafos e da Física Estatística, foram-se deduzindo os princípios gerais a que a estrutura e as propriedades das redes obedecem, independentemente de aplicações particulares. Por sua vez, a investigação de redes reais conduziu à descoberta de novas propriedades. Verificando-se que, em geral, a estrutura das redes reais não é, nem regular, nem puramente aleatória, a essas redes chamou-se redes complexas. Dois tipos de redes tiveram um papel importante no aumento exponencial do interesse nos estudos de redes (Watts & Strogatz, 1998; Barabási & Albert, 1999). O primeiro – as redes de pequeno mundo – explicaria os resultados de Milgram: se numa rede regular substituirmos algumas ligações por ligações aleatórias, a distância entre dois nodos diminui drasticamente: assim, é na rede de actores de Hollywood ou no sistema neuronal de *C. Elegans*, um verme. Já o segundo tipo de rede – livre de escala – pode-se formar por um mecanismo de ligação preferencial, conduzindo a uma distribuição assimétrica do número de ligações de cada agente. Estas últimas são redes especialmente resistentes a ataques acidentais, mas altamente vulneráveis a ataques dirigidos, capazes de provocar falhas em grande escala; saber isto é relevante, quer pensemos em mercados financeiros ou na Internet, quer pensemos em redes de proteínas, onde encontramos exemplos de redes livres de escala. Finalmente, as simulações computacionais formam a terceira via entre dedução e indução: aproximam-se da dedução quando não é possível obter resultados analíticos, ao propôr modelos gerais a partir de regras simples e universais; e, por outro lado, a simulação e teste de várias regras e parâmetros revela novos comportamentos, a partir dos quais se pode induzir as características chave do tipo de rede subjacente.

Por último, a construção de um modelo requer uma decisão acerca do resultado da interação: será que as opiniões divergem ou convergem como resultado da interação? Em que medida ou situações?

Seguidamente, iremos ilustrar a abordagem da Sociofísica através de dois exemplos concretos, que vamos denominar de modelo discreto e contínuo. No primeiro, consideramos uma população de indivíduos que podem apenas ter uma de duas opiniões (acordo/desacordo com um determinado tema), enquanto, no segundo, se permitem vários graus de acordo. No primeiro modelo, os agentes mudam de opinião para adoptar a posição maioritária desde que a maioria seja suficientemente grande, enquanto no segundo, os agentes apenas interagem entre si desde que as suas opiniões sejam suficientemente próximas. Quer num modelo quer noutra, vamos considerar o poder de influência de uma mensagem externa na população. Os resultados que iremos ver foram obtidos com recurso a ferramentas amplamente utilizadas em Sociofísica: simulações computacionais e equações derivadas de Física Estatística.

3. Modelo discreto

Um modelo minimalista de formação de opinião (Kuperman & Zanette, 2002), inspirado em modelos de sistemas magnéticos, admite, apenas, duas opiniões possíveis:

os indivíduos estão ou não de acordo com um determinado tema. As opiniões iniciais evoluem como resultado da interação: um indivíduo muda de opinião desde que a maior parte dos seus vizinhos tenha a opinião contrária. No caso de todos os membros da sociedade interagirem entre si, o único resultado possível destas regras é um consenso absoluto, cujo valor (acordo/não acordo) depende das condições iniciais aleatórias.

No entanto, as pessoas não obedecem a um mecanismo de pressão social tão estrito e os autores permitem que os agentes possam mudar aleatoriamente de opinião, segundo uma determinada probabilidade. Com isto, pretende-se ter em conta emoções inconstantes, livre arbítrio ou algum outro fator desconhecido. Ou seja, introduzir “ruído” no modelo, já que, em Física, se chama ruído (Bachelier, 1900; Pearson, 1905; Einstein, 1905)¹² à presença de variações aleatórias que, sendo demasiado rápidas, complicadas ou de origem desconhecida, apenas podem ser formuladas em termos probabilísticos.

O ruído era, tradicionalmente, considerado como uma limitação ao conhecimento ou ao funcionamento dos dispositivos, mas esta percepção negativa mudou em 1981, com a descoberta do fenómeno de ressonância estocástica (Benzi, Sutura & Vulpiani, 1981; Nicolis & Nicolis, 1981)¹³. De acordo com este efeito, a resposta coerente de um sistema a um estímulo externo pode ser otimizada pela presença de um nível intermédio de ruído. Tendo sido proposta num contexto de climatologia, não é de estranhar que o seu âmbito de aplicação se tenha generalizado às mais variadas áreas, dada a ubiquidade do ruído e a generalidade do problema de optimização de uma resposta. Assim, e voltando ao modelo de formação de opinião, os autores não só introduziram ruído no modelo, como decidiram investigar a sua influência na adopção de uma mensagem externa, considerada como uma “opinião” ou propaganda que influencia toda a gente ao mesmo tempo. Descobriram que, também neste modelo social, se verifica o fenómeno da ressonância estocástica: uma sociedade que era incapaz de adoptar, consensualmente, uma mensagem externa transmitida pela propaganda é, no entanto, capaz de o fazer quando existe uma probabilidade de mudar aleatoriamente de opinião. E a resposta é máxima para um valor determinado dessa probabilidade.

Inspirada nos estudos sobre a influência do ruído, a ideia de que a presença de “desordem” pode melhorar a transmissão da propaganda foi confirmada através de estudos onde se investigou a influência da diversidade (Tessone & Toral, 2009), assumindo que uma sociedade se pode caracterizar por diversos graus de dispersão dos valores da resistência individual à mudança. Do mesmo modo que, no caso da ressonância estocástica, aqui a transmissão ótima coincide com um grau intermédio de diversidade. Analogamente, às transições de fase observadas em sistemas magnéticos, este valor intermédio assinala uma transição entre dois tipos de sociedade: uma em que a diversidade é tão pequena que se atinge um consenso global na ausência de qualquer propaganda, e outra em que, na ausência de propaganda, existem, em média, tantas opiniões contrárias, como a favor do tema em apreço. Na região intermédia

¹² Quando surgiu no discurso científico, em princípios do século XX, o conceito de ruído unificou as flutuações de preços na Bolsa francesa, os movimentos de partículas microscópicas na água e o vagar sem rumo de mosquitos em florestas, numa mesma descrição.

¹³ A periodicidade regular do aparecimento das idades de gelo seria causada por oscilações na órbita terrestre, cujos ténues efeitos seriam amplificados por vários factores aleatórios, como trovoadas, etc.

de diversidade existe um consenso somente parcial, e é apenas nessa região que um consenso global em redor da propaganda pode ser atingido.

Cabe perguntar se isto é válido para qualquer tipo de desordem, em particular no caso de a quebra de consenso resultar da possibilidade de as opiniões divergirem após uma interação. De facto, o pressuposto de que, quando os indivíduos interagem, as suas opiniões tendem, obrigatoriamente, a convergir, nem tem muito apoio nas teorias sociológicas clássicas (Bourdieu, 1979)¹⁴, nem é universalmente adoptado em Sociofísica. As opiniões podem divergir quando indivíduos com opiniões bastante distintas interagem¹⁵, por intermédio de um fenómeno de dissonância cognitiva (Huet, Deffuant & Jager, 2008), como resultado de uma discussão racional ou do desejo de definição de um estatuto diferenciado dentro de uma hierarquia social, entre várias outras razões. Para exprimir o facto de que a possibilidade de divergir como resultado da interação pode ter diversas origens, as quais não nos interessam, considera-se uma probabilidade aleatória isso acontecer.

Podemos, então, modificar o modelo inicial dizendo que a interação de cada agente com os seus vizinhos pode resultar, quer numa aproximação, quer num afastamento das suas opiniões, segundo uma determinada probabilidade. Verificamos que há um máximo da amplificação da resposta global da sociedade, para um valor intermédio dessa probabilidade, que corresponde ao valor para o qual, na ausência de mensagem externa, a sociedade atinge um consenso apenas parcial, um resultado semelhante ao que encontramos quando o consenso era quebrado pela diversidade (Vaz Martins, Toral e Santos, 2009).

Adicionalmente, observa-se que esta probabilidade depende de factores como o número de indivíduos ou a topologia da rede de interação (Albert & Barabási, 2002; Jackson, 2008)¹⁶, que define quem são os vizinhos a ter em conta, independentemente das opiniões. Uma outra opção é que o próprio estabelecimento de uma ligação dependa das opiniões em confronto, tal como acontece no modelo que vamos ver em seguida.

4. Modelo contínuo

No modelo de Deffuant *et al.* (2000)¹⁷, as opiniões podem exprimir diversos graus de acordo ou de rejeição relativamente a um tema, tomando qualquer valor dentro de um determinado intervalo. Num dado momento, dois indivíduos são escolhidos ao acaso e interagem, desde que a sua diferença inicial de opiniões não seja maior que um determinado valor, a que os autores chamam o “limite de confiança”. Este parâmetro¹⁸ exprime a compatibilidade recíproca entre opiniões ou o grau de confiança que uma pessoa tem na sua própria opinião. A um nível mais geral, podemos supor que o seu

¹⁴ Pensando, por exemplo, no desejo de distinção ou na reflexividade.

¹⁵ Por exemplo, em Salzarulo (2006), Jager & Amblard (2004) e Radillo-Díaz, Pérez & Castillo-Mussot (2009).

¹⁶ Uma área que tem beneficiado, desde o início, da cooperação entre as ciências naturais e as sociais são os estudos de redes complexas.

¹⁷ Este modelo foi introduzido no contexto de uma proposta sobre como melhorar políticas agro-ambientais na União Europeia.

¹⁸ Presente em Axelrod (1997) e McPherson (2001).

valor distingue uma sociedade de mentalidade fechada de uma sociedade de mentalidade aberta. Como resultado da interação, os agentes convergem a uma opinião comum.

O resultado principal do modelo é que existe um determinado valor para o limite de confiança que separa uma sociedade que pode atingir um estado de consenso global de uma outra – que aparece quando o limite de confiança é baixo –, em que se assiste a uma fragmentação em vários grupos com opiniões distintas. Nesta situação, os vários grupos estão, não só fora do alcance de interação mútua, como também fora do alcance de uma mensagem exterior (Carletti, Fanelli, Grolli & Guarino, 2006), que, assim, não consegue propagar-se à sociedade inteira.

É nesta sociedade fechada que experimentámos (Vaz Martins, Pineda e Toral, 2010), também, introduzir uma probabilidade de as opiniões divergirem como resultado da interação, e observamos que, tal como no caso do modelo discreto, existe uma probabilidade intermédia que conduz a uma propagação óptima da mensagem externa. No entanto, aqui, o desejo de discordar da opinião do vizinho não serve para quebrar um estado de consenso asfíxiante, mas sim para desbloquear a possibilidade de interação entre grupos distantes com opiniões distintas: se uma pessoa repara que pertence a um grupo que inclui pessoas com quem não gosta de ter uma opinião em comum, afasta-se desse grupo, aproximando-se da zona de influência de outros grupos e, em particular, da propaganda.

Deste modo, quando a vontade de consenso resulta em divergência e a vontade de divergir resulta em consenso, pode-se chegar a uma aceitação generalizada de mensagens que, à partida, não teriam capacidade de propagação. Este resultado permite compreender, por exemplo, como a adopção de determinadas políticas laterais pode ser o resultado de disputas entre políticos de diferentes denominações que não se interessam pelo assunto em questão, e sim por marcar uma posição distinta. Mais especulativamente, alerta-nos para o que pode acontecer se sociólogos e sociofísicos mantiverem posições antagónicas na defesa das fronteiras disciplinares, deixando o espaço público livre para que agentes exteriores construam ou inventem discursos científicos à volta dos fenómenos sociais.

Recorda a ideia comum de que uma sociedade conflituosa é susceptível a influências externas, ou mesmo a ficar sob a influência de ditaduras. Esta é uma ideia antiga e tem um nome antigo – Dividir para reinar. Mas, no nosso caso, não falamos de um estado de conflito generalizado que aumenta a vulnerabilidade a influências externas; é, sim, um determinado estado intermédio – em que ainda é desejável que os indivíduos prefiram estabelecer relações positivas com a maior parte dos seus vizinhos – e o interesse da Sociofísica está em analisar qual o valor óptimo desse equilíbrio e de que parâmetros do sistema depende.

5. Futuro?

Para finalizar, devemos notar que a Sociofísica ainda não deu provas suficientes em termos de verificação empírica (Sobkowicz, 2009), e que o seu desenvolvimento deverá passar pela colaboração com sociólogos.

Actualmente, a área da formulação de modelos de opinião mantém um carácter exploratório, em que a previsão ou confronto com dados empíricos raras vezes tem sido

o objectivo da investigação, prevalecendo modelos dificilmente testáveis, baseados em vagas analogias com fenómenos sociais. No pior dos casos, a suposta relevância social do modelo assenta numa descrição de factos sociais, baseada em preconceitos do senso comum ou em experiências da Psicologia Social descontextualizadas ou desactualizadas. Estes problemas decorrem, fundamentalmente, de uma falta de colaboração entre físicos e cientistas sociais, quer a nível de elaboração de modelos, quer a nível da sua avaliação e publicação¹⁹.

Mas há dois grandes motivos para que os sociólogos devam estar atentos à Sociofísica, um “negativo” e um positivo.

O primeiro motivo relaciona-se com a responsabilidade dos sociólogos, enquanto garantes da veracidade dos discursos científicos sobre os factos sociais – em nossa opinião, essa responsabilidade deve existir. Ora, quando nos debruçamos sobre a literatura²⁰ sociofísica, vemos que não é invulgar um deslizamento no discurso entre provar analítica ou computacionalmente uns determinados resultados formais e provar a solidez dos pressupostos sociais em que esses resultados assentam. Este deslizamento é partilhado pelo senso comum, segundo o qual a Física é uma ciência exacta que prova o que diz e a Sociologia uma espécie de filosofia que apenas sugere. À medida que a Sociofísica começa a penetrar no espaço público, a intervenção dos cientistas sociais torna-se desejável.

A contribuição da Sociologia pode resumir-se à legitimação/refutamento dos parâmetros sociofísicos, em termos de teorias sociais tradicionais, ou ao fornecimento de dados empíricos. Mas, mais do que isso, os sociólogos podem ser actores desta disciplina, e o segundo motivo que, em nossa opinião, deveria guiar o interesse dos sociólogos relaciona-se com a potencialidade da sociofísica. Mais do que afirmar a validade de determinados pressupostos, a especialidade dos sociofísicos é explorar as consequências quando se parte desses pressupostos, que têm implícitas determinadas teorias acerca das relações humanas, cuja validade os físicos são, em geral, incompetentes para determinar. Deste modo, é possível jogar com as diversas opções implícitas nas construções de um modelo de formação de opinião, e pareceria trivial construir uma grande variedade de modelos (e é, de facto, grande o número de modelos propostos). No entanto, a especificidade das ciências da complexidade é saber que resultados inesperados a um nível colectivo não se reduzem, trivialmente, às características individuais dos elementos. O contributo da Física reside na sua experiência nesta área, permitindo identificar e descartar detalhes irrelevantes, e fazer as melhores opções na construção de um modelo, recorrendo, por exemplo, a variações de modelos magnéticos estudados em Física Estatística²¹. Distingue-se da sociologia computacional tradicional pela preferência por modelos minimalistas, que, embora possam ser menos realistas, têm a vantagem de permitir obter resultados generalizáveis e, também, de revelar a origem de fenómenos como transições de fase ou sincronização, que poderiam ficar

¹⁹ Colaboração essa que começa a surgir, sendo activamente procurada por sociofísicos, nomeadamente no IFISC, de onde um dos autores deste artigo, Raúl Toral, é originário.

²⁰ O endereço <http://arxiv.org/list/physics.soc-ph/recent> é uma boa fonte para encontrar as mais recentes contribuições no âmbito da Sociofísica, ainda antes de serem publicadas ou submetidas ao sistema de revisão de pares.

²¹ Por exemplo, o modelo de Schelling (Schelling, 1969) de segregação residencial é matematicamente equivalente ao modelo cinético de Ising com lacunas.

ocultos debaixo de demasiados detalhes. Mas o facto de um particular comportamento complexo poder, teoricamente, resultar de comportamentos simples não significa que resulte e só a investigação da génese do fenómeno social em causa o pode averiguar.

É possível que, no futuro, as fronteiras entre ciências sejam estabelecidas pelos seus métodos e não pelos tradicionais objectos de pesquisa (Bornholdt, Jensen & Sneppen, 2011)²². O futuro da Sociofísica depende da direcção tomada, podendo vir a ser um ramo da Sociologia, quando esta incorporar estas novas metodologias, ou da ciência da complexidade – usando esta os seus métodos para abarcar os objectos sociais. Pode, também, vir a estabelecer-se como uma nova especialidade, à semelhança da Bioquímica. Mas, por vezes, as ideias mais criativas surgem aquando da colaboração entre cientistas de diversas áreas, que, ignorando fronteiras disciplinares arbitrárias, permitem ir mais além de uma simples acumulação linear de conhecimentos. Mais do que quantificar a Sociologia ou, simplesmente, aplicar teorias físicas a fenómenos sociais, a ambição da Sociofísica é aproveitar a generalidade de determinados fenómenos colectivos para encontrar novos conceitos, o que requer a constituição de equipas interdisciplinares (San Miguel, 2011).

Referências bibliográficas

- ALBERT, R. & BARABÁSI, A.-L. (2002), “Statistical mechanics of complex networks”, in *Reviews of Modern Physics*, 74, 47-97.
- AXELROD, R. (1997), “The dissemination of culture”, in *J. Conflict Res.*, 41 (2), 203-226.
- BACHELIER, L. (1900), “Théorie de la spéculation”, in *Annales scientifiques de l’Ecole normale supérieure*, 3, n° 17, 21-86.
- BALL, P. (2002), “The physical modelling of society: a historical perspective”, in *Physica A*, 314, 1-14.
- BARABÁSI, Albert-László & ALBERT, Réka (1999), “Emergence of Scaling in Random Networks”, in *Science*, 286, n° 5439, 509-512.
- BENZI, R.; SUTERA, A. & VULPIANI, A. (1981), “The mechanism of stochastic resonance”, in *J. Phys. A*, 14, L453-L457.
- BORNHOLDT, S; JENSEN, M. H. & SNEPPEN, K. (2011), “Emergence and Decline of Scientific Paradigms”, in *Physical Review Letters*, 106, 058701-1 - 058701-4.
- BOURDIEU, P. (1979), *La distinction: critique sociale du jugement*, Paris, Les Editions de Minuit.
- CARLETTI, T.; FANELLI, D.; GROLI, S. & GUARINO, A. (2006), “How to make an efficient propaganda”, in *Europhys. Lett.*, 74 (2), 222-228.
- CASTELLANI, B. & HAFFERTY, F. W. (2009), *Sociology and Complexity Science: A New Field of Inquiry*, Berlin, Springer.
- CASTELLANO, C.; FORTUNATO, S. & LORETO, V. (2009), “Statistical physics of social dynamics”, in *Rev. Mod. Phys.*, 81, 591-646.
- COMTE, A. (1982), *Cours de Philosophie Positive: Première et Deuxième Leçons; Introduction et commentaries par Florence Khodoss*, Paris, Hatier.

²² A título de curiosidade, um modelo de evolução de paradigmas científicos foi, recentemente, proposto numa das revistas mais importantes da física.

DEFFUANT, G.; NEAU, D.; AMBLARD, F. & WEISBUCH, G. (2000), "Mixing beliefs among interacting agents", in *Advances in Complex Systems*, 3, 87-98.

DOROGOVTSV, S. N. & MENDES, J. F. F. (2003), *Evolution of Networks: from biological networks to the Internet and WWW*, New York, Oxford University Press.

EINSTEIN, A. (1905), "Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen", in *Annalen der Physik*, 17, 549-560.

ERDI, P. (2008), *Complexity Explained*, Berlin, Springer Complexity.

GALAM, S. (2004), "Sociophysics: a personal testimony", in *Physica A*, 336, 49-55.

GIDDENS, A. (2006), *Sociology*, 5th edition, Cambridge, Polity.

HABERMAS, J. (1984), *Theory of Communicative Action*, Boston, Beacon Press.

HEGSELMANN, R. & KRAUSE, U. (2002), "Opinion dynamics and bounded confidence: models, analysis and simulation", in *Journal of Artificial Societies and Social Simulation (JASSS)*, 5 (3).

HUET, S.; DEFFUANT, G. & JAGER, W. (2008), "Rejection mechanism in 2d bounded confidence provides more conformity", in *Advances in Complex Systems*, 11 (4), 529-549.

ISING, E. (1925), "Beitrag zur Theorie des Ferromagnetismus", in *Z. Physik*, 31, 253-258.

JACKSON, M. O. (2008), *Social and Economic Networks*, Princeton, Princeton University Press.

JAGER, W. & AMBLARD, F. (2004), "Uniformity, bipolarization and pluriformity captured as generic stylized behavior with an agent-based simulation model of attitude change", in *Computational and Mathematical Organization Theory*, 10, 295-303.

KUPERMAN, M. & ZANETTE, D. (2002), "Stochastic resonance in a model of opinion formation on small world networks", in *Eur. Phys. J. B*, 26, 387-391.

LORENZ, J. (2007), "Continuous opinion dynamics under bounded confidence: A survey", in *Int. J. Mod. Phys. C*, 18 (12), 1819-1838.

LUHMANN, Niklas (2002), *Theories of distinction, redescribing the descriptions of modernity*, Stanford, Stanford University Press.

MCPHERSON, M.; SMITH-LOVIN, L. & COOK, J. (2001), "Birds of a feather: Homophily in social networks", in *Annual Review of Sociology*, 27, 415-444.

MILGRAM, S. (1967), "The Small World Problem", in *Psychology Today*, vol. 2, 60-67.

MITCHELL, M. (2009), *Complexity: A Guided Tour*, New York, Oxford University Press.

MORENO, J. L. (1951), *Sociometry, Experimental Method and the Science of Society. An Approach to a New Political Orientation*, Beacon, New York, Beacon House.

NEWMAN, M. E. J. (2010), *Networks: An Introduction*, New York, Oxford University Press.

NICOLIS, C. & NICOLIS, G. (1981), "Stochastic aspects of climatic transitions - additive fluctuations", in *Tellus*, 3, 225-234.

PEARSON, K. (1905), "The problem of the random walk", in *Nature*, 72, 294.

RADILLO-DÍAZ, A.; PÉREZ, L. A. & CASTILLO-MUSSOT, M. D. (2009), "Axelrod models of social influence with cultural repulsion", in *Phys. Rev. E*, 80 (6), 066107-1 - 066107-6.

SALZARULO, L. (2006), "A continuous opinion dynamics model based on the principle of meta-contrast", in *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 9 (1).

SAN MIGUEL, Maxi (2011), "Una cosa es saber que algo pasa y otra muy diferente es saber por qué", in *El mundo*, Dia de Baleares (B@leópolis), 8/2/2011. Disponível em: <http://ifisc.uib-csic.es/outreach/showfile.php?fid=309>.

SCHELLING, T. (1969), "Models of segregation", in *The American Economic Review*, 59 (2), 488-493.

SOBKOWICZ, P. (2009), “Modelling opinion formation with physics tools: Call for closer link with reality”, in *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 12 (1).

STAUFFER, D. (2005), “Sociophysics simulations ii: opinion dynamics”, in *Modeling Cooperative Behavior In The Social Sciences. AIP Conference Proceedings*, 779, 56-68.

STAUFFER, D.; OLIVEIRA, S.; OLIVEIRA, P. & MARTINS, J. S. (2006), *Biology, Sociology, Geology by Computational Physicists* (Monograph Series on Nonlinear Science and Complexity), Amsterdam, Elsevier.

STIGLER, S. M. (1986), *The History of Statistics: The Measurement of Uncertainty before 1900*, Harvard, Harvard University Press.

STROGATZ, Steven H. (2004), *Synch: The Emerging Science of Spontaneous Order*, London, Penguin.

SZNAJD-WERON, K. & SZNAJD, J. (2000), “Opinion evolution in closed community”, in *Int. J. Mod. Phys. C*, 11, 1157-1165.

TESSONE, C. J. & TORAL, R. (2009), “Diversity-induced resonance in a model for opinion formation”, in *Eur. Phys. J. B*, 71, 549-555.

VAZ MARTINS, T.; PINEDA, M. & TORAL, R. (2010), “Mass media and repulsive interactions in continuous opinion dynamics”, in *EPL*, 91, 48003-p1 - 48003-p5.

VAZ MARTINS, T.; TORAL, R. & SANTOS, M. A. (2009), “Divide and Conquer: Resonance Induced by Competitive Interactions”, in *European Physical Journal B*, 67, 329-336.

WATTS, Duncan & STROGATZ, Steven, (1998), “Collective Dynamics of ‘Small World Networks’”, in *Nature*, 393, 440-442.

ABSTRACT/RÉSUMÉ/RESUMEN

Divide and conquer

The aim of this paper is to briefly present Sociophysics, a discipline that in recent decades has been emerging on the borders between Physics and the Social Sciences. As an illustration of its approach, we will review some opinion formation models, focusing on the conditions under which a society is more sensitive to the penetration of an external message. In particular, we will see that it is easier for a message to be commonly accepted in a society characterized by conflicts – which recalls the old maxim “divide and conquer”. We conclude by suggesting that the construction of this new field of knowledge requires a union between sociologists and physicists that goes beyond a simple juxtaposition of knowledge.

Keywords: Sociophysics; Opinion; Interdisciplinarity.

Diviser pour régner

Le but de cet article est de présenter brièvement la Sociophysique, une discipline qui dans les dernières décennies a apparue à la frontière entre la physique et les sciences sociales. Comme une illustration de son approche, nous passons en revue quelques modèles de formation de l’opinion, et nous nous concentrerons sur les conditions dans lesquelles une société est plus sensible à la pénétration d’un message externe. En particulier, nous voyons qu’il est plus facile pour un message d’être communément accepté dans une société caractérisée par des conflits – ce qui rappelle le vieil adage “diviser pour régner”. Nous concluons en suggérant que la construction de ce nouveau champ de connaissances nécessite une union entre les sociologues et les physiciens, qui va au-delà d’une simple juxtaposition de connaissances.

Mots-clés: Sociophysique; Opinion; Interdisciplinarité.

Divide y vencerás

El objetivo de este trabajo es presentar brevemente la Sociofísica, una disciplina que en las últimas décadas se ha venido a desarrollar en la frontera entre la física y las ciencias sociales. Como ejemplo de su enfoque, se revisan algunos modelos de formación de opinión, centrándose en las condiciones en que una sociedad es más sensible a la penetración de un mensaje externo. En particular, vemos que el mensaje es más fácilmente aceptado en una sociedad caracterizada por el conflicto, lo que nos recuerda el antiguo dicho latino, “divide y vencerás”. Concluimos sugiriendo que la construcción de este nuevo campo del conocimiento requiere una colaboración entre los sociólogos y físicos, que va más allá de una simple yuxtaposición de conocimientos.

Palabras-clave: Sociofísica; Opinión; Interdisciplinariedad.