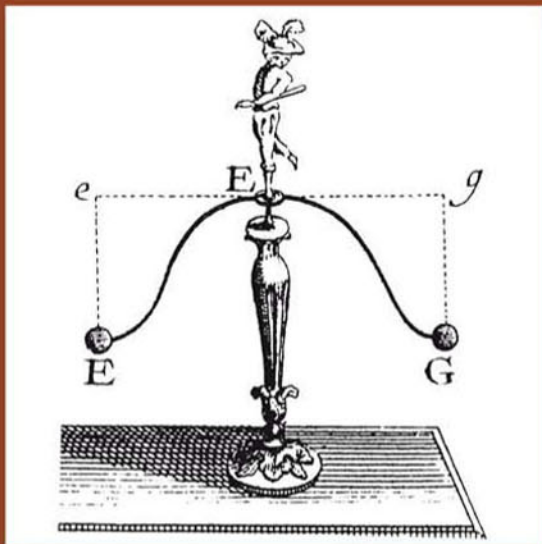


# ENCICLOPÉDIA



## 26. SISTEMA

EINAUDI

IMPRESA NACIONAL-CASA DA MOEDA





# Enciclopédia Einaudi



# Enciclopédia Einaudi

volume 26

Sistema

*Director*  
Ruggiero Romano

*Consultores do projecto*  
Alfredo Salsano, Giorgio Bertoldi, Alessandro Fontana,  
Jean Petitot, Massimo Piattelli Palmarini, Massimo Galuzzi,  
Fernando Gil, Krzysztof Pomian, Giuseppe Geymonat,  
Giuseppe Papagno, Gian Paolo Caprettini, Renato Betti,  
Giulio Giorello, Clemente Ancona.

EDIÇÃO PORTUGUESA

*Coordenador-responsável*  
Fernando Gil

*Secretariado*  
Maria Bragança, Jorge Teixeira

*Orientação gráfica*  
Gabinete Editorial da INCM

© 1993 Imprensa Nacional - Casa da Moeda

## ÍNDICE

- 11 Energia (I. Prigogine e I. Stengers)
- 35 Interação (I. Prigogine e I. Stengers)
- 45 Equilíbrio/desequilíbrio (I. Prigogine e I. Stengers)
- 67 Constricção (I. Prigogine e I. Stengers)
- 83 Limiar (I. Prigogine e I. Stengers)
- 98 Simples/complexo (I. Prigogine e I. Stengers)
- 112 Organização (I. Prigogine e I. Stengers)
- 131 Ordem/desordem (I. Prigogine e I. Stengers)
- 150 Controlo/retroacção (I. Prigogine, I. Stengers e G. Nicolis)
- 177 Sistema (I. Prigogine e I. Stengers)
  
- 207 Plano da obra
- 208 Gráfico



*Traduções*

José Carlos Fernandes (Constrição, Controlo/retroacção, Energia,  
Equilíbrio/desequilíbrio, Interação, Limiar, Ordem/desordem,  
Organização, Simples/complexo, Sistema).

## NOTA DO EDITOR

Na sua versão original, esta *Enciclopédia* dispõe-se alfabeticamente, de «Ábaco» até «Zero», num total de 553 entradas em 14 volumes. A *Enciclopédia* foi porém concebida tematicamente, na forma de 79 conjuntos de entradas. No fim de cada um dos volumes da presente edição, o leitor encontrará o gráfico da obra, tal como ela se distribui pelos conjuntos temáticos: os conceitos sublinhados — chamados *portanti* na edição italiana, quer dizer, «portadores» do conjunto — correspondem aos títulos dos nossos volumes. Com efeito, na edição portuguesa os conjuntos foram reagrupados, segundo um critério de proximidade conceptual, num *corpus* de 41 volumes. Seguir-se-lhes-ão dois outros que correspondem ao vol. 15 da edição italiana (Sistemática). Neles se apuram as correlações internas e as grandes linhas de fundo da *Enciclopédia*.

Após cada artigo, um pequeno texto, da responsabilidade da redacção da *Enciclopédia*, demarca a problemática global respectiva; nesse texto, as palavras em itálico são designações de outras entradas da obra. Todos os artigos propõem assim itinerários de leitura — diferentes em cada caso — através do *corpus*. Não se trata, naturalmente, de recomendações rígidas de leitura, mas tão-só de indicações, que sugerem ao mesmo tempo os encadeamentos na base da *Enciclopédia*; e convidam também o leitor a construir os seus próprios percursos. A circulação dos conceitos está ainda assinalada por um sistema de referências cruzadas dentro das próprias entradas.

Os nomes de autores que figuram no texto dos artigos entre parênteses rectos, assim como as datas entre parênteses rectos que se seguem aos nomes dos autores, reenviam aos dados bibliográficos completos no fim de cada entrada. Estes dados bibliográficos referem-se unicamente às obras citadas ou mencionadas no corpo dos artigos: não são de modo algum bibliografias. Os títulos das obras em italiano, francês, inglês, espanhol, citadas no corpo dos artigos, são indicados na língua original. Quanto às obras em alemão, russo, árabes, chinês, etc., menciona-se no texto do artigo o título em português, seguido pelo título original entre parênteses curvos, se não se reenvia aos dados bibliográficos; se porém tal reenvio é feito, o título original achar-se-á nesses dados bibliográficos; se porém tal reenvio é feito, o título original achar-se-á nesses dados. No que se refere aos clássicos gregos e latinos, limitámo-nos a dar o título em português no corpo do artigo, com as indicações necessárias para identificar os passos citados. As palavras em hebreu, grego, árabe, etc., foram transliteradas.

As datas entre parênteses rectos nos dados bibliográficos são as da composição da obra ou representam uma referência cronológica diversa da primeira edição (que figura, com indicação do autor e do lugar de publicação, depois do título), por exemplo no caso das obras póstumas.

## ENERGIA

Nos finais do século XIX, numa época em que a maior parte dos físicos consideravam que a sua ciência era doravante um campo de investigação praticamente fechado, pois todos os problemas importantes tinham sido, pelo menos no essencial, resolvidos, alguns investigadores decidiram extrair a lição do que encaravam como uma história adquirida. É, em particular, o caso de Wilhelm Ostwald, o fundador da escola energética, que tentou demonstrar não só que a descoberta e a elaboração do conceito de energia constituía o apogeu da ciência, que esta sempre tinha procurado; não só que o conjunto dos processos naturais pode ser reconduzido à transferência e à conversão mútua de diferentes formas de energia; mas também que a própria história da civilização pode ser posta sob o signo da energia: história da utilização cada vez mais económica e eficaz da energia bruta oferecida pela natureza.

Como explicar este eminente papel intelectual desempenhado pela energia? Deve-se lembrar aqui a descoberta, em meados do século XIX, que algumas transformações físico-químicas e alguns fenómenos eléctricos e magnéticos, até então estudados separadamente, estão ligados entre si, porque se podem produzir uns aos outros; e de que a energia constitui um equivalente geral de toda esta cadeia de transformações recíprocas: a energia em todos os «efeitos» estudados em laboratório e em todos os processos que constituem a natureza animada e inanimada, mantém-se invariante em quantidade, embora mudando de «forma»; do ponto de vista da energia, a cadeia que interliga os fenómenos físicos aparentemente mais diversos é uma cadeia de conversões.

Desde então, o conceito de energia irá influenciar de modo bastante profundo o conceito que certas disciplinas científicas têm da finalidade da ciência e da inteligibilidade da natureza. Por exemplo, para Ostwald, os modelos baseados na matéria, mais precisamente os modelos atómicos, devem ser abandonados; eles tiveram a sua razão de ser no auxílio prestado à formulação do conceito, mas doravante, como um andaime que serviu, devem ser esquecidos; por outro lado, certas disciplinas científicas que se afirmavam nessa época dedicam-se a descrever o seu objecto como uma máquina de conversões, regulada pela invariância fundamental da energia, que permite ligar fenómenos de ordem mais diversa: assim, para Freud, por exemplo, a libido sexual constitui um equivalente geral para todas as manifestações da vida psíquica.

A escola energética desapareceu nos tumultos das «crises» da física contemporânea, quando os cientistas cuidavam mais de pôr em dúvida os conceitos fundamentais da física do que efectuar balanços e extrair quadros de conjunto da sua história. No entanto, o conceito de energia não perdeu nada da sua importância. Assim, por exemplo, a descrição feita por Ostwald do progresso

das civilizações em função dos seus consumos energéticos pode ser relacionada com algumas tentativas contemporâneas de entender a relação entre a organização de uma sociedade, a quantidade de energia necessária ao seu funcionamento e a natureza das condições tecnológicas, económicas e políticas necessárias para que essa quantidade de energia esteja disponível. Além disso, se o conceito de energia sofreu, durante as crises da física do século XX, transformações profundas, ele continua no centro das novas disciplinas, e essas próprias transformações, como a equivalência energia/matéria e a descontinuidade da energia, por exemplo, simbolizam para todos a renovação da física.

Por outro lado, para lá das transformações espectaculares da física, o problema para o qual os energeticistas criam ter encontrado a resposta — como descrever cientificamente as transformações — põe-se hoje em termos que oferecem com o passado uma certa continuidade. A energia simboliza a invariância como chave da inteligibilidade da mudança, como possibilidade de compreender a mudança graças àquilo que, através dela, permanece imutável. Ela encarnava assim, de maneira eminente, o tipo de inteligibilidade que o filósofo das ciências francês, Emile Meyerson, descreve como constituindo o próprio objectivo da tarefa científica em geral: a redução do diverso a uma identidade mais fundamental, da mudança a uma permanência profunda. Hoje, e é isto que neste artigo se vai tentar demonstrar, a posição e o papel da energia nas diferentes ciências físicas da mudança e dos processos naturais revelam-se ainda cruciais. Aqui se decide, com efeito, o êxito das questões, que o século XIX julgava ter resolvido, sobre as posições relativas da permanência e do devir, aqui se decide a natureza destas ciências: ciências do devir, ou ciências meyersonianas, ciências do ser.

Meyerson não tinha reconhecido a possibilidade de ciências do devir, de ciências que compreendem a mudança sem a reconduzir a uma invariância mais fundamental. Uma ciência da energia, a termodinâmica, oferecia-lhe, contudo, um exemplo, e ele sabia-o, mas aos seus olhos o segundo princípio da termodinâmica — que prevê o que muitas vezes se interpreta como degradação irreversível da energia, uma perda de propriedades associadas a certas formas de energia sem que em nenhuma parte se possa identificar um ganho para restabelecer a equivalência — constituía uma manifestação de que a natureza *resiste* ao ataque da razão humana, à identificação da mudança com uma permanência fundamental.

Este artigo limitar-se-á a estes aspectos do problema da energia: examinará brevemente como o conceito de energia se formula nas ciências do ser, a dinâmica clássica e a mecânica quântica, e como a ideia de evolução irreversível se impôs em termodinâmica. Tentará evocar a fecundidade histórica do desafio que constituiu para a ciência do ser por excelência, a dinâmica, a definição mediante uma outra ciência, de evoluções físicas irreversíveis, previsíveis e reprodutíveis; a mecânica estatística, a teoria ergódica e mais recentemente a teoria da estabilidade fraca são consequências desta situação, mas nenhuma pôde responder de maneira satisfatória ao desafio da irreversibilidade. Este artigo concluir-se-á com a perspectiva dos trabalhos efectuados sob a direcção de um dos autores, trabalhos que, em lugar de tentarem conciliar a dinâmica, ciência do ser, com a possibilidade geral de evoluções irreversíveis, tendem a fazer da dinâmica uma ciência do devir, a alargar o campo dos seus objectos e das suas questões, de tal modo que doravante a dissipação irreversível participe na própria definição dos objectos da dinâmica.