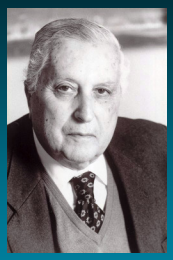
19 – Complexidade e Transdisciplinaridade

História e Epistemologia da Física

Ilya Romanovich Prigogine (1917-2003)



Prigogine

- foi um químico russo, naturalizado belga.
- ganhou o Nobel de Química de 1977 por seu trabalho sobre Sistemas dissipativos, Sistemas complexos e Irreversibilidade.

Prigogine

- Seu trabalho é visto por muitos como uma ponte entre as Ciências Naturais e as Ciências Sociais.
- Formalização do conceito de auto-organização serviu como ponte entre a Teoria Geral de Sistemas e a Termodinâmica.
- livro *O Fim Das Certezas - Tempo, Caos e as Leis da Natureza* (1997): Determinismo já não é uma crença cientificamente válida.

Sistemas dissipativos

- sistemas abertos: podem trocar energia e matéria com o meio ambiente em que estão imersos
- operam fora, e muitas vezes **longe, do equilíbrio termodinâmico**.
- a maior parte dos sistemas não estão em equilíbrio termodinâmico
- **todos os seres vivos são exemplos de sistemas fora do equilíbrio**.
- devido às suas inomogeneidades, fica difícil definir entropia e temperatura desses sistemas (grandezas termodinâmicas globais).

Irreversibilidade

- impossibilidade de um sistema, após ter ido de um estado A para um estado B, retornar ao seu estado inicial A, com o meio ambiente também retornando ao estado inicial.
- é possível retornar ao seu estado inicial **às custas de nova alteração no meio ambiente**

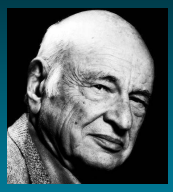
Flecha do tempo

- a irreversibilidade implica numa assimetria temporal do sistema, a existência de uma 'flecha do tempo'.
- todas as leis físicas são reversíveis em escala microscópica, porém, um sistema, como um todo, é irreversível: energia dissipada para o meio ambiente não pode ser recuperada

Irreversibilidade e imprevisibilidade

- irreversibilidade está associada à complexidade do sistema.
- aumento da complexidade do sistema leva a uma maior sensibilidade do sistema às suas condições iniciais
- pequenas perturbações no estado inicial, levam a uma mudança radical em seu estado final,
- Imprevisibilidade, Teoria do Caos.
- **todos os processos complexos naturais são irreversíveis!**

Edgar Morin (Edgar Nahoum) (1921-)



Edgar Morin

- antropólogo, sociólogo e filósofo francês.
- mudou seu sobrenome de Nahoum para Morin quando participou da Resistência Francesa durante a 2ª Guerra Mundial.
- considerado um dos principais pensadores contemporâneos e o 'fundador da Ciência da Complexidade'.

Edgar Morin

- Livro *O Método* (6 volumes): questiona o paradigma cartesiano fragmentador do conhecimento
- pregava um conhecimento complexo entrelaçando
  - Razão e emoção
  - Sensível e inteligível
  - O real e o imaginário
  - A razão e os mitos
  - A ciência e a arte

Sistemas complexos

- não apenas sistemas com muitas partes, com pouca interação, tais como gases: podem ser descritos pela estatística e pela termodinâmica
- sistemas que apresentam vínculos e correlações fortes e não aleatórios entre as partes: criam regimes de correlações e interações
- manifestam propriedades 'emergentes': não podem ser descritas em termos das suas partes, não-teleológicas

Sistemas complexos

- **sistemas caóticos**: extrema sensibilidade às condições iniciais, que pode levar a estados finais completamente diferentes;
- **sistemas não-lineares**, o princípio de superposição não se aplica, não pode ser descrito pela soma das suas partes.
- Maturana e Varela: ser vivo como um sistema autopoiético

Disciplinaridade

- fragmentação do conhecimento (Filosofia Natural) em disciplinas (Descartes, 1635): Física, Química, Matemática, Biologia, Medicina, Astronomia, etc.
- para entender a floresta, era necessário estudar as árvores e até suas folhas!

Disciplinaridade

- Ciência ocidental desenvolveu-se orientando-se criando especialistas e estimulando a especialização
- sociedades e academias científicas produziram campos disciplinares delimitados, como territórios demarcados e apropriados pelos seus desbravadores.

Disciplinaridade

- novo sistema de ensino **disciplinar**:
- componentes curriculares estanques (História, Matemática, Física, etc.) ministradas por professores especialistas, em momentos diferentes, com livros diferentes e até alas de aula diferentes!

Multidisciplinaridade

- **um mesmo objeto, estudado de múltiplos pontos de vista**, tais como da Arte, da História, da Sociologia, da Psicologia e da Religião, etc.
- "é **uma justaposição de conhecimentos**", "é o estudo do ponto de vista de múltiplas disciplinas." (NICOLESCU, 1994)

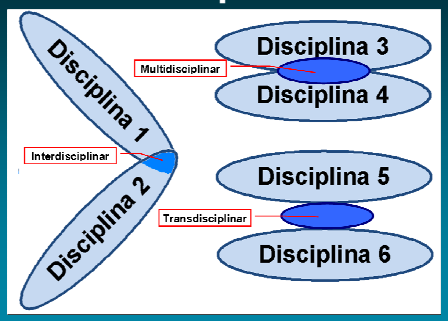
Interdisciplinaridade

- importação de um método de uma disciplina para outra: interdisciplina.
- Ex: Bioquimica, Geofísica, Neurociência, Etnomatemática, Semiótica, etc.
- “diz respeito sempre ao ponto de vista do método. […] Quando se faz a transferência de método de uma disciplina para a outra, fica-se no espaço da interdisciplina." (NICOLESCU, 1994)

Transdisciplinaridade

- Conceito dos mais complexos, muito usado e pouco compreendido.
- "é necessário [...] cruzar as fronteiras de sua própria disciplina e estabelecer uma ponte que permita estudar **fenômenos que situam-se fora e além do âmbito das disciplinas existentes**." (dos SANTOS, 1995)

Multi-, Inter- e Transdisciplinaridade



A Transdisciplinaridade e o Ensino

- A visão transdisciplinar [...] ultrapassa o domínio das ciências exatas pelo seu diálogo com as ciências humanas, com a arte, a literatura, a poesia e a experiência interior."
- "a proliferação atual das disciplinas acadêmicas e não-acadêmicas conduz a um crescimento exponencial do saber, o que torna impossível uma visão global pelo ser humano."

Referências

Referências

- A Teia Cósmica [vídeo]. Disponível em: http://www.fisica-interessante.com/video-fisica-pos-moderna-teia-cosmica.html
- Experimentos de Química sobre reações oscilantes [vídeo]. Disponível em: http://www.fisica-interessante.com/video-experimento-de-quimica-reacoes-oscilantes.html
- O que é Transdisciplinaridade? [vídeo]. Disponível em: http://www.fisica-interessante.com/video-filosofia-da-ciencia-transdisciplinaridade.html
- Biografia de Edgar Morin [vídeo]. Disponível em: http://www.fisica-interessante.com/video-filosofia-da-ciencia-transdisciplinaridade.html

Referências

- dos SANTOS, Renato P. Transdisciplinaridade. Cadernos de Educação, Lisboa: Instituto Piaget, n. 8, pp. 7-9, 23 nov. 1995. Disponível em: http://www.fisica-interessante.com/artigo-transdisciplinaridade.html
- NICOLESCU, Basarab, A Visão do que há Entre e Além, entrevista a Antónia de Sousa in Diário de Notícias, Caderno Cultura, Lisboa, 3 de Fevereiro de 1994, pp. 2-3.
- SILVA, Djalma Nunes da; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. Reflexões sobre visões da termodinâmica do equilíbrio e do não equilíbrio no ensino médio. XIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2011, Foz do Iguacu, PR. São Paulo: SBF - Sociedade Brasileira de Física, 2011.