Exemplos de modelos nas ciências formais e nas ciências naturais

(1) <u>Nas ciências naturais, puras ou aplicadas</u>: *Modelo de um fenômeno ou de um domínio de fenômenos*

Um *modelo*, neste registro, é um construto teórico que visa descrever o comportamento de um sistema existente no mundo. O modelo se compõe de um conjunto de variáveis e um conjunto de relações entre essas variáveis. Neste registro, o termo "*modelo*" é usado no sentido de (a) *prototeoria*, teoria *preliminar* ou *parcialmente desenvolvida*; (b) teoria *simplificada* ou *idealizada*, que faz certas *suposições restritivas* ou que *ignora* provisoriamente algumas variáveis.

Exemplos:

- Modelo de condução de calor nos sólidos
- Modelo de escoamento de fluidos, com ou sem turbulência
- Modelo da supercondutividade
- Modelo *standard* em física de partículas e campos
- Modelo meteorológico numérico para previsão de tempo
- Modelo de planetogênese em sistemas solares
- Modelo de dinâmica de populações em ecologia (tipo predador-presa, e outros mais sofisticados)
- Modelos do mecanismo de hipertensão arterial
- Modelos para o surgimento de células cancerosas
- Modelos de atividade coletiva dos neurônios para a descrição de processos cerebrais
- Modelos em embriologia e morfogênese
- Modelos epidemiológicos
- Modelos de percepção visual ou auditiva
- Modelo financeiro para o funcionamento do mercado de ações
- Modelo de tributação e receita pública
- Modelo de comportamento racional do consumidor (maximização da utilidade)
- Modelo de alianças políticas e adesão do eleitorado
- Modelo estatístico em sociologia, correlacionando grau de escolaridade, nível de informação política, renda familiar e região geográfica.
- Modelo de equilíbrio de Nash em jogos não-cooperativos

(2) <u>Na lógica e nas ciências formais</u>: *Modelo de um sistema formal*

Um *modelo* é uma *interpretação* de um sistema de axiomas na qual os axiomas são verdadeiros.
Uma *estrutura* $\mathcal{A}$ é *modelo* de um *conjunto de fórmulas* Γ se todas as fórmulas do conjunto são verdadeiros nessa estrutura, o que indicamos simbolicamente da seguinte maneira: $\mathcal{A} \models \Gamma$.

Exemplos:

Sistema formal	Modelos
Axiomas de grupo (conjunto não-vazio dotado de uma operação binária que obedece à propriedade associativa, existência de elemento identidade e existência de elemento inverso)	- Números inteiros (..., -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, ...) com a operação de adição (grupo comutativo) - Números racionais não-nulos com a operação de multiplicação (grupo comutativo) - Rotações de um corpo rígido no espaço 3D que mantêm a origem fixa (i.e. um "canto" do objeto fixo, sem "escorregar"), com a operação de

	composição (i.e. sucessão) de rotações.
	OBS.: NÃO constituem grupos: - Números naturais com adição. (Falta o elemento inverso.) - Números inteiros com multiplicação. (Falta o elemento inverso.) - Números racionais, incluindo o zero, com multiplicação. (O zero não tem inverso.)
Os quatro primeiros postulados de Euclides (mais as definições, os axiomas ou "noções comuns" e pressupostos suplementares)	- Geometria euclidiana - Geometria hiperbólica - Geometria esférica / elíptica
Os cinco postulados de Euclides (mais as definições, os axiomas ou "noções comuns" e pressupostos suplementares)	- Geometria euclidiana
Axiomas de Hilbert (*Fundamentos da geometria*, 1899)	- Geometria euclidiana
Mecânica clássica (com os termos teóricos)	- Mecânica newtoniana - Mecânica de Lagrange - Mecânica de Hamilton
Mecânica clássica (sem os termos teóricos)	(representações dos seguintes sistemas:) - Sistema Terra-Lua - Sistema Sol-Terra - Sistema Terra-projétil balístico - Sistema Terra-pêndulo oscilante - Sistema Terra-Lua-Sol-marés
Leis de Kepler	(representações dos seguintes sistemas:) - Sistema Sol-Terra - Sistema Sol-Marte - Sistema Terra-Lua - Sistema Júpiter-satélites galileanos - Átomo de Bohr-Sommerfeld
Axiomas de Peano (com a operação de "sucessor")	- Números naturais
Axiomas de espaço vetorial	- Vetores no espaço tridimensional (objetos com magnitude, direção e sentido) - Matrizes-coluna
Mecânica quântica	- Formulação de Schrödinger - Formulação de Heisenberg
Sistema **P**: Conjunto não-vazio A dotado de uma relação binária P que obedece às seguintes propriedades: (1) para todo elemento x de A, x não pode estar na relação P consigo mesmo: $\forall x \in A\ (\neg xPx)$ (2) se um elemento x está na relação P com outro elemento y, não pode acontecer de y também estar na relação P com x: $\forall xy \in A\ (xPy \Rightarrow \neg yPx)$ (3) para todo elemento x de A, existem exatamente dois elementos que estão na relação P com x (estes elementos são únicos): $\forall x \in A\ \exists yz \in \mathrm{A}\ (y \neq z\ \&\ yPx\ \&\ zPx\ \&\ \forall u \in A\ (uPx \Rightarrow u=y \vee u=z))$	- Classe dos animais com geração biparental com a relação P = "ser genitor de" - Conjunto dos números inteiros **Z** com a relação P = "x é 1 ou 3 unidades maior que y": $P = \{(x,y) \in \mathbf{Z}^2 \mid x=y+1 \vee x=y+3\}$