



# Introdução à Metodologia Científica

Eduardo Ogasawara

[eduardo.ogasawara@cefet-rj.br](mailto:eduardo.ogasawara@cefet-rj.br)  
<https://eic.cefet-rj.br/~eogasawara>

## O que é ciência?

A ciência é um sistema de conhecimento baseado em observação, experimentação e validação. Seu objetivo principal é compreender a realidade e desenvolver explicações gerais para fenômenos naturais e artificiais, permitindo-nos prever e explicar o mundo ao nosso redor.

### Observação

Coleta sistemática de informações sobre fenômenos através de métodos estruturados

### Experimentação

Testes controlados para verificar hipóteses e estabelecer relações causais

### Validação

Confirmação dos resultados através de repetição e revisão por pares

A ciência utiliza o método científico para produzir conhecimento confiável. Exemplos clássicos incluem a teoria da gravitação de Newton, formulada a partir de observações e testada por séculos; a descoberta do DNA baseada em experimentos e evidências empíricas; e na computação, algoritmos que são projetados, analisados matematicamente e validados por meio de experimentos computacionais.

- ❑ Referência: Understanding Science. URL: <https://undsci.berkeley.edu/index.php>

## O que é conhecimento científico?

O conhecimento científico é um conjunto de explicações obtidas e testadas por métodos sistemáticos. Ele representa nossa compreensão mais confiável do mundo, constantemente refinada através de investigação rigorosa e revisão contínua.

1

### Baseado em evidências

Fundado em observações, experimentos e dados confiáveis que podem ser verificados independentemente

2

### Revisável e dinâmico

Sempre aberto a mudanças conforme novas evidências surgem, permitindo aprimoramento contínuo

3

### Sistemático

Segue métodos rigorosos para minimizar erros e vieses, garantindo confiabilidade

4

### Falível

Possui mecanismos de revisão que permitem correções e aprimoramentos constantes

*"A ciência não busca verdades absolutas, mas explicações cada vez mais precisas sobre o mundo."*

**Exemplo clássico:** A teoria da gravitação de Newton foi aceita por séculos, até que novas evidências levaram à formulação da Teoria da Relatividade de Einstein, que aprimorou a explicação dos fenômenos gravitacionais sem invalidar completamente o trabalho anterior.

## Método científico

O método científico é a lógica geral, tácita ou explícita, para desenvolver pesquisas confiáveis. É um processo sistemático que garante que o conhecimento produzido seja robusto, replicável e verificável.

01

### Observação

Coleta cuidadosa de dados sobre fenômenos de interesse

02

### Formulação de Hipótese

Explicação inicial baseada nas observações realizadas

03

### Experimentação

Teste controlado da hipótese em condições específicas

04

### Análise de Resultados

Interpretação criteriosa dos dados coletados

05

### Conclusão

Validação ou refutação da hipótese inicial

06

### Publicação e Revisão

Comunicação dos resultados à comunidade científica

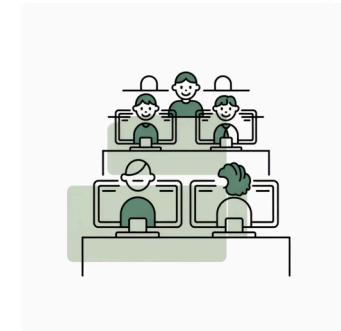
**Referência:** How science works: The flowchart. URL: <https://undsci.berkeley.edu/article/scienceflowchart>

## Importância do método científico

### Por que seguir um método rigoroso?

- Garante que conclusões são baseadas em evidências e não em suposições
- Permite a reproduzibilidade dos resultados por outros pesquisadores
- Reduz significativamente o viés subjetivo nas análises
- Estabelece confiança na comunidade científica

A ciência avança quando os resultados são replicáveis, permitindo que outros pesquisadores confirmem ou refutem hipóteses anteriores, construindo um corpo de conhecimento cada vez mais sólido.



### Exemplo prático: Avaliação de um software educacional



**Ponto importante:** Diferenças observadas precisam ser comprovadas com testes estatísticos apropriados para garantir que não ocorreram simplesmente por variação aleatória.

## Princípios de construção do conhecimento

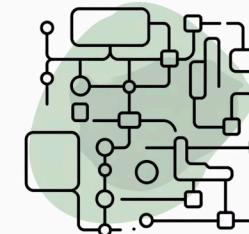
### Indução

A indução generaliza um padrão a partir de múltiplas observações. Embora não garanta a verdade absoluta, permite formular hipóteses plausíveis com base em padrões observados repetidamente.

#### Aplicações na computação:

- Indução matemática e estrutural para provar propriedades de algoritmos
- Algoritmos de aprendizado de máquina que generalizam padrões a partir de dados observados
- Inferência de tipos em linguagens de programação

**Exemplo:** Um modelo de machine learning observa milhares de imagens de gatos e aprende a identificar características comuns, generalizando o conceito de "gato".



### Refutação

Toda teoria deve estar aberta a ser refutada por novas evidências. Este princípio, proposto por Karl Popper, é fundamental para o progresso científico. Refutar uma teoria não significa invalidá-la completamente, mas sim aprimorá-la com novos dados.

**Exemplo na computação:** A teoria de que "um algoritmo é sempre mais rápido que outro" pode ser invalidada por novos testes que demonstrem o contrário em diferentes contextos ou tamanhos de entrada, levando a uma compreensão mais precisa de quando cada algoritmo é mais apropriado.

## Conceitos, Leis e Teorias

### Conceitos

Construções lógicas dentro de um sistema de referência que servem como instrumentos de trabalho do cientista.

**Exemplo:** Em computação, o conceito de *complexidade algorítmica* ajuda a classificar o desempenho de algoritmos, permitindo comparações objetivas entre diferentes soluções.

### Leis Científicas

Regularidades observadas que permitem previsões sobre fenômenos com alto grau de confiabilidade.

**Exemplo:** A *Lei de Amdahl* na computação estabelece limites matemáticos para a aceleração de programas em sistemas paralelos, considerando a parte sequencial inevitável do processamento.

### Teorias Científicas

Conjunto de conceitos inter-relacionados que explicam fenômenos e fazem previsões testáveis. Não representam uma verdade absoluta, mas refletem o estado da arte do conhecimento em determinado momento.

**Exemplos:** A *Teoria da Complexidade Computacional* categoriza problemas computacionais de acordo com sua dificuldade (P, NP, NP-completo, etc.).

- ☐ **Nota importante:** A Lei de Moore não é uma lei científica no sentido estrito, mas sim uma observação empírica sobre a evolução da tecnologia de semicondutores, que pode mudar com o tempo conforme limitações físicas são alcançadas.

# Classificações das Ciências

As ciências podem ser classificadas de diversas formas, dependendo dos critérios utilizados. Cada classificação oferece uma perspectiva diferente sobre como organizamos e compreendemos o conhecimento científico.

## Pela natureza do objeto

- **Ciências formais:** matemática, lógica
- **Ciências empíricas:** física, biologia, sociologia

## Pelo objetivo da pesquisa

- **Ciências puras:** buscam conhecimento fundamental
- **Ciências aplicadas:** buscam aplicações práticas

## Pelo grau de precisão

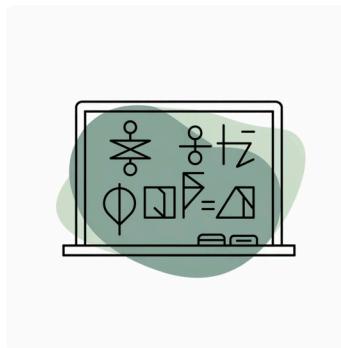
- **Ciências exatas:** matemática, física
- **Ciências inexatas:** biologia, psicologia

## Pelo rigor metodológico

- **Ciências hard:** naturais, matemática
- **Ciências soft:** sociais, humanas

É importante notar que essas classificações não são rígidas ou excludentes. Uma mesma área pode se enquadrar em diferentes categorias dependendo do aspecto considerado, e a Ciência da Computação é um exemplo notável dessa multidisciplinaridade.

## Ciências Formais



As ciências formais estudam **estruturas abstratas**, sem aplicação direta à realidade física. Elas não dependem de experimentação ou observação da natureza, mas sim de raciocínio lógico e dedução matemática.

Seu foco está em sistemas axiomáticos, onde verdades são derivadas de princípios fundamentais através de provas rigorosas.

### Exemplos na Computação



#### Teoria de Algoritmos

Prova matemática de que um algoritmo é correto e eficiente, utilizando técnicas como invariantes de loop e análise de complexidade assintótica.



#### Linguagens Formais

Modelagem de gramáticas para linguagens de programação, como o uso de autômatos finitos para expressões regulares e análise léxica.



#### Álgebra Relacional

Base matemática dos bancos de dados relacionais, definindo operações como seleção, projeção e junção de forma rigorosa e precisa.

Nas ciências formais, a verdade é estabelecida por *demonstração lógica*, não por observação empírica. Um teorema provado permanece verdadeiro independentemente de experimentos físicos.

# Ciências Empíricas

As ciências empíricas estudam **fenômenos do mundo real** e dependem fundamentalmente de observação e experimentação. Elas se baseiam em dados coletados do mundo natural ou social para construir e validar teorias.

## Ciências Naturais

Investigam fenômenos da natureza através de métodos experimentais rigorosos

- Física
- Química
- Biologia

## Ciências Sociais

Estudam as interações humanas e fenômenos sociais usando métodos adaptativos

- Sociologia
- Economia
- Psicologia

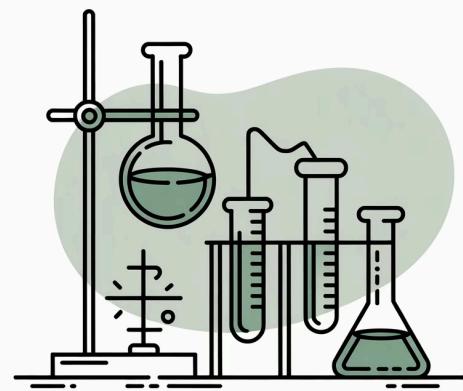
## Exemplos na Computação

### Aspectos de Ciências Naturais

- Estudo de hardware e arquitetura de computadores
- Pesquisa em eficiência energética de processadores
- Física de semicondutores aplicada a chips
- Computação quântica e suas bases físicas

### Aspectos de Ciências Sociais

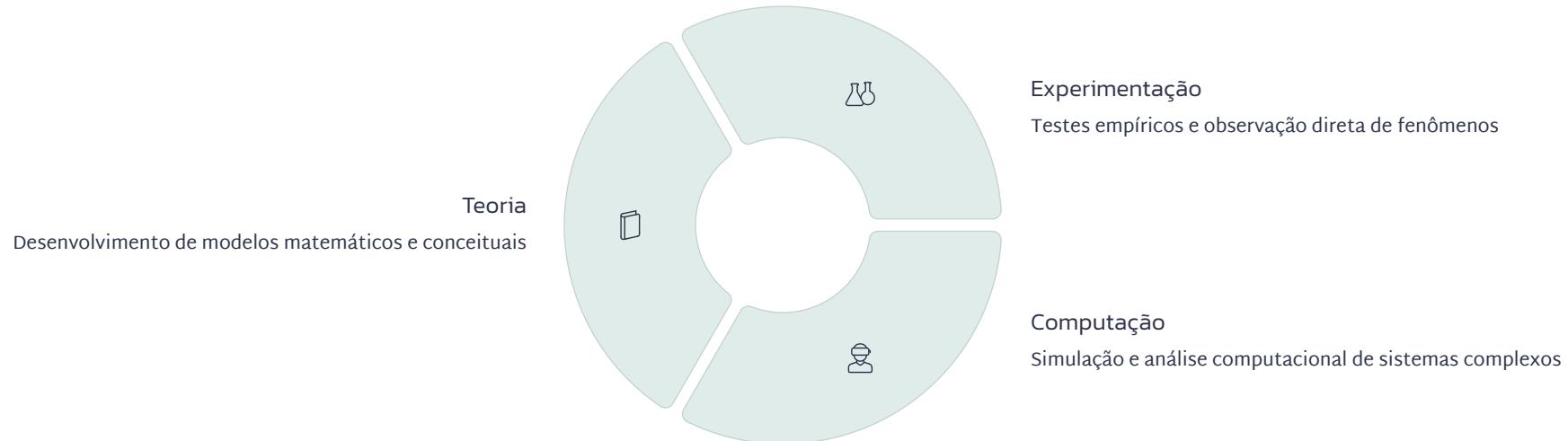
- Interação humano-computador (IHC)
- Impacto da inteligência artificial na sociedade
- Ética em sistemas computacionais
- Redes sociais e comportamento online



## Computação Científica: O Terceiro Pilar

### O terceiro modo da ciência

A Computação Científica representa um **terceiro modo da ciência**, complementando os pilares tradicionais da teoria e experimentação. Surgiu devido à necessidade de simular fenômenos complexos que não podem ser reproduzidos fisicamente ou testados apenas por métodos analíticos.



### Características da Computação Científica

#### Construção de modelos matemáticos

Representação formal de fenômenos através de equações e algoritmos

#### Simulação computacional

Resolução de problemas complexos através de poder computacional massivo

#### Análise de fenômenos

Estudo computacional de sistemas físicos, biológicos e sociais

### Exemplos de Aplicações

- **Modelagem climática:** Resolução numérica de equações diferenciais para prever mudanças climáticas
- **Biomedicina:** Simulação de dobramento de proteínas para desenvolvimento de medicamentos
- **Inteligência Artificial:** Treinamento de redes neurais profundas para reconhecimento de padrões

# Ciências Puras vs. Ciências Aplicadas

## Ciências Puras

Estudam conceitos básicos sem preocupação com aplicação imediata. O foco está na expansão do conhecimento fundamental e na compreensão profunda dos princípios que regem o universo.

### Exemplos:

- Cosmologia e física teórica
- Lógica matemática pura
- Teoria dos números

## A Conexão entre Pesquisa Pura e Aplicada



**Exemplo clássico:** O estudo inicial da *teoria dos grafos* por Euler no século XVIII era puramente matemático. Hoje, é essencial para algoritmos de busca, redes sociais, GPS e sistemas de recomendação.

**Referência:** Pure and Applied - <https://www.encyclopedia.com/science/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/pure-and-applied>

# Ciências Exatas vs. Inexatas

## Ciências Exatas (Determinísticas)

Produzem resultados **previsíveis e quantitativos**, baseando-se em modelos matemáticos rigorosos que permitem previsões precisas.

### Características:

- Resultados reproduzíveis com alta precisão
- Modelos matemáticos determinísticos
- Previsibilidade baseada em leis naturais

### Exemplos:

- Matemática pura
- Física clássica
- Análise de complexidade de algoritmos

**Na Computação:** A análise de complexidade de algoritmos tem previsibilidade matemática - podemos determinar exatamente quantas operações um algoritmo executará em função do tamanho da entrada.

## Ciências Inexatas (Estocásticas)

Podem prever **padrões gerais**, mas os resultados não são sempre precisos devido à complexidade e variabilidade dos sistemas estudados.

### Características:

- Trabalham com probabilidades e tendências
- Lidam com incerteza inerente aos sistemas
- Usam modelos estatísticos e estocásticos

### Exemplos:

- Economia e previsão de mercados
- Psicologia comportamental
- Redes neurais e aprendizado de máquina

**Na Computação:** Sistemas de recomendação lidam com incerteza e comportamento humano imprevisível, utilizando modelos probabilísticos para fazer previsões aproximadas.

**Referência:** K. Dompere, ed., *Fuzziness and Foundations of Exact and Inexact Sciences*, Berlin, Heidelberg: Springer, p. 35–51.

# Ciências Hard vs. Soft

## Ciências Hard (Duras)

Caracterizadas por **rigor metodológico elevado**, com uso intensivo de estatística e matemática para validação de hipóteses.

- Controle preciso de variáveis experimentais
- Resultados altamente reproduzíveis
- Modelos matemáticos formais

**Exemplos:** Pesquisa médica, Física experimental, Análise de algoritmos

## Ciências Soft (Moles)

Aceitam evidências baseadas em **estudos de caso** e métodos qualitativos, devido à dificuldade em controlar todas as variáveis experimentais.

- Lidam com maior complexidade nas variáveis
- Usam validação alternativa (estudos longitudinais, triangulação de dados)
- Consideram contexto e fatores humanos

**Exemplos:** Sociologia, Psicologia, Engenharia de Software

A distinção entre ciências hard e soft não implica que uma seja superior à outra. As ciências soft lidam com fenômenos de **maior complexidade**, onde múltiplas variáveis interagem de formas imprevisíveis, exigindo abordagens metodológicas adaptativas e complementares.

**Na Computação:** A Engenharia de Software é frequentemente classificada como uma ciência soft, pois lida com fatores humanos, processos organizacionais e contextos variados que não podem ser completamente controlados em experimentos. Por outro lado, a análise de algoritmos segue princípios de ciências hard.

**Referência:** Hard and Soft Science - [https://en.wikipedia.org/wiki/Hard\\_and\\_soft\\_science](https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_and_soft_science)

## Critérios Fundamentais para Validação Científica

A validação científica depende de critérios rigorosos que garantem a confiabilidade e objetividade do conhecimento produzido. Estes princípios fundamentam toda a pesquisa científica moderna.

### Empirismo

O conhecimento deve ser baseado em **observações e testes controlados**. Teorias devem ser testáveis e capazes de prever fenômenos de maneira confiável e verificável.

- Baseado em evidências observáveis
- Requer experimentação sistemática
- Permite verificação independente

**Na Computação:** Validação experimental de algoritmos através de benchmarks padronizados e testes em diferentes cenários.

### Objetividade

Resultados científicos devem ser **reproduzíveis por outros pesquisadores**. A interpretação dos dados deve ser independente de opiniões pessoais ou vieses individuais.

- Resultados replicáveis
- Independência do pesquisador
- Transparência metodológica

**Na Computação:** A objetividade vem da execução repetida de experimentos computacionais, onde código-fonte e dados podem ser compartilhados para verificação independente.

### Exemplo Prático: Teste de Desempenho de Algoritmos

Ao avaliar um novo algoritmo, o teste de desempenho deve ser comparado com **benchmarks reconhecidos** pela comunidade científica, não apenas com resultados de um único pesquisador. Isso inclui:

- Usar conjuntos de dados padronizados e publicamente disponíveis
- Comparar com implementações de referência de algoritmos existentes
- Documentar completamente o ambiente de teste (hardware, sistema operacional, versões de software)
- Realizar múltiplas execuções para calcular médias e desvios padrão

Diferente de outras áreas, a ciência da computação **evita argumentos baseados em autoridades**. Um resultado é válido pela sua fundamentação lógica e evidências empíricas, não pela reputação de quem o propõe.

## A Navalha de Occam

Simplicidade como critério científico

A **Navalha de Occam** é um princípio fundamental na filosofia da ciência: "*Entre duas explicações para um fenômeno, a mais simples tende a ser a correta.*" Este princípio não afirma que a solução mais simples é sempre correta, mas que devemos preferir explicações parcimoniosas quando ambas têm poder explicativo equivalente.



### Exemplo na Computação: Overfitting em Machine Learning

#### Modelo Complexo

- Pode ter melhor desempenho no conjunto de treinamento
- Risco de sobreajuste (overfitting)
- Captura ruído junto com padrões reais
- Generaliza mal para novos dados

#### Modelo Simples

- Captura apenas padrões essenciais
- Melhor generalização
- Mais interpretável e explicável
- Menor risco de overfitting

**Cuidado:** Simplicidade excessiva pode comprometer a precisão. Um modelo de IA que ignora variáveis importantes será simples, mas ineficaz. A escolha do modelo deve **equilibrar simplicidade e precisão**.

**Dica prática:** Prefira sempre a solução mais simples que resolva o problema adequadamente. Se um algoritmo linear resolve seu problema tão bem quanto uma rede neural profunda, escolha o algoritmo linear - ele será mais rápido, interpretável e mantível.

# Métodos e Técnicas na Pesquisa Científica

Compreender a distinção entre métodos e técnicas é fundamental para o planejamento e execução de pesquisas científicas de qualidade. Ambos são essenciais, mas desempenham papéis diferentes no processo investigativo.

## O que é Método?

### Definição

Conjunto ordenado de procedimentos sistemáticos usados para investigar um fenômeno

### Objetivo

Garantir rigor e confiabilidade na produção do conhecimento

### Exemplo

O método científico é um processo estruturado para formular hipóteses, testá-las e chegar a conclusões confiáveis

## O que são Técnicas?

### Definição

A aplicação prática de um método - as ferramentas específicas usadas para executá-lo

### Objetivo

Implementar o método de forma eficiente e mensurável

### Exemplos

Experimentação controlada, simulações computacionais, análise estatística, surveys

**Diferença essencial:** O **método** fornece a *estrutura geral* da pesquisa, enquanto a **técnica** define *como essa estrutura será executada* na prática.

### Método Escolhido

**Revisão sistemática da literatura** para avaliar tendências em algoritmos de aprendizado de máquina aplicados a reconhecimento de imagens

### Técnicas Aplicadas

- **Análise estatística de citações** para identificar artigos mais influentes
- **Mineração de dados** em bases como IEEE Xplore e ACM Digital Library
- **Análise qualitativa** do conteúdo dos artigos selecionados
- **Meta-análise quantitativa** dos resultados experimentais reportados

## Referências Bibliográficas

Esta apresentação foi desenvolvida com base em obras fundamentais sobre metodologia científica e escrita acadêmica, essenciais para o desenvolvimento de competências em pesquisa e análise de artigos científicos. Estas referências representam contribuições seminais que orientam pesquisadores em todas as etapas do processo investigativo, desde a concepção do problema até a comunicação efetiva dos resultados.



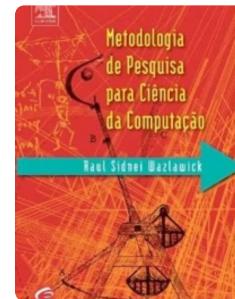
Perovano (2016)

**Manual de metodologia da pesquisa científica** - Editora Intersaber. Obra completa e abrangente sobre fundamentos metodológicos, oferecendo uma visão integrada dos principais métodos e técnicas de pesquisa científica.



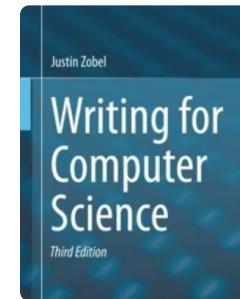
Cervo, Bervian & Silva (2006)

**Metodologia Científica** - Pearson Universidades. Referência clássica consolidada em metodologia de pesquisa, amplamente utilizada na formação acadêmica por sua clareza didática e rigor conceitual.



Wazlawick (2017)

**Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação** - Elsevier Brasil. Abordagem especializada e direcionada para a área de computação, contemplando as particularidades metodológicas deste campo do conhecimento.



Zobel (2015)

**Writing for Computer Science** - Springer. Guia essencial e prático para escrita científica em computação, abordando desde a estruturação de artigos até técnicas avançadas de comunicação acadêmica.

Estas obras constituem um acervo bibliográfico robusto que fornece fundamentos teóricos e práticos indispensáveis para a condução de pesquisas científicas de qualidade, auxiliando na compreensão profunda dos processos de investigação e na produção de conhecimento válido e relevante.