



# **PCS 5012**

# **Metodologia de Pesquisa Científica em Engenharia de Computação**

Anarosa Alves Franco Brandão  
Anna Helena Reali Costa

**Aula 2**



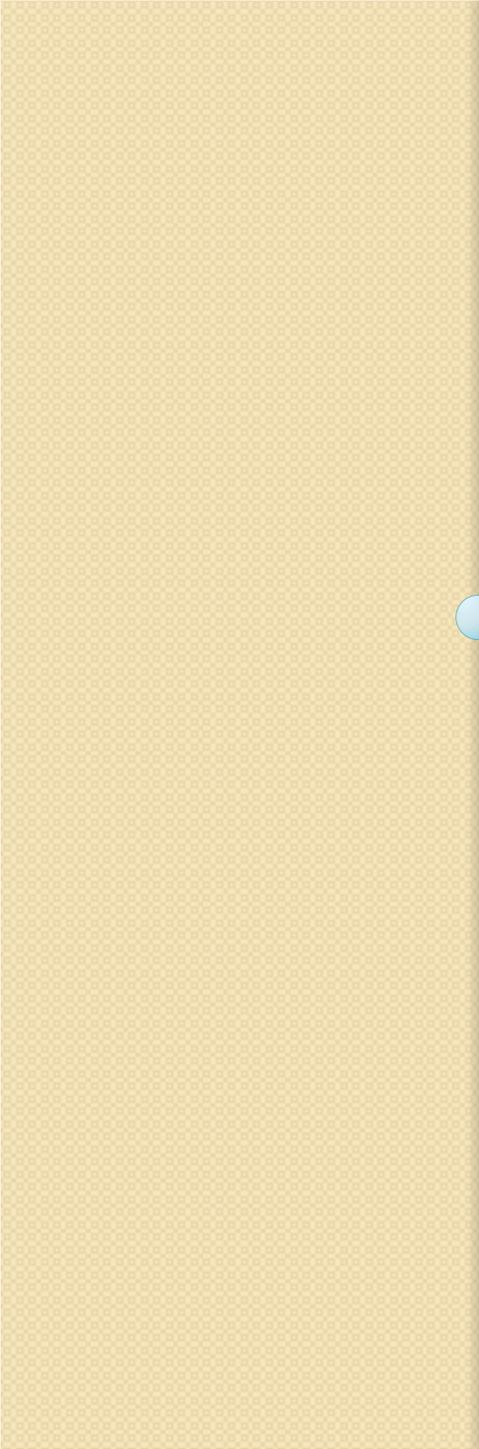
# Sumário da aula

## **Parte I:**

- Ciência: o que é e como funciona
- Engenharia × Tecnologia × Ciência
- Método Científico
- Método para Engenharia

## **Parte II:**

- Ética na Ciência



 **Parte I**

# Proposta de Pesquisa

Uma boa proposta de pesquisa deve:

- Endereçar uma questão importante.
  - original e significativa!
- Avançar o conhecimento na área.



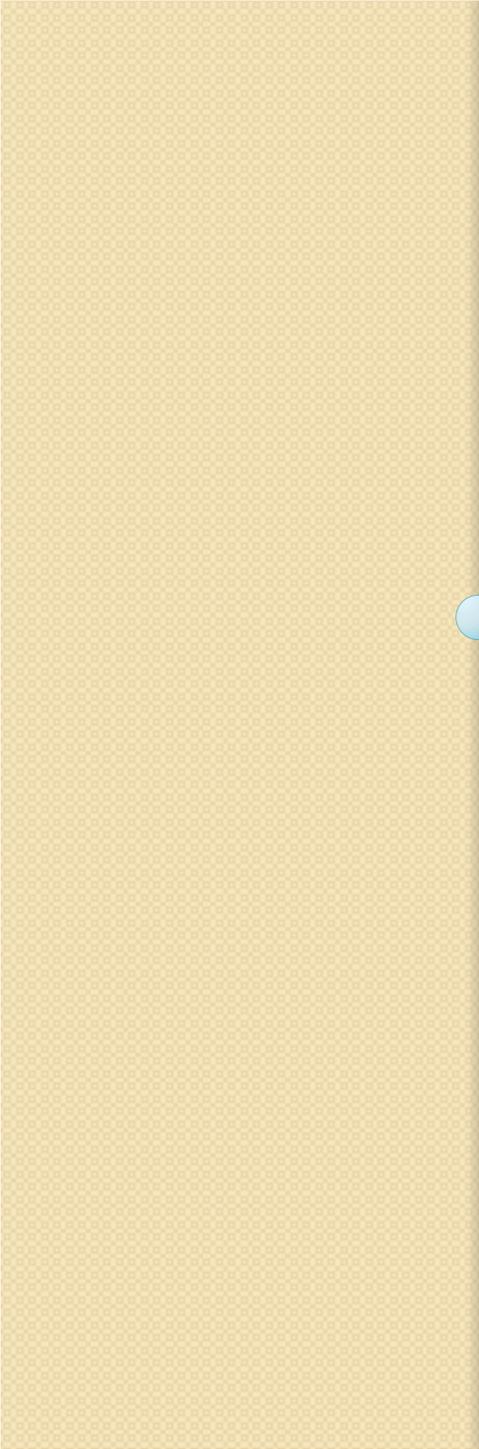
# Tenho o problema, e agora?

- Deve-se estabelecer um **método**, que define uma **sequência de passos** para atingir o objetivo (ou *resolver o problema* ou *responder à questão* ou *validar a hipótese de pesquisa*).



# Qual método?

- Se é “Pesquisa Científica” então devo usar o Método Científico?
- A Computação é “Ciência”?
- O que é Ciência?
- Como a Ciência funciona?



**O que é e como funciona a Ciência**



# O Que é Ciência?

- **Visão tradicional:** **linear** e **cumulativa**
- **Visão atual:** o desenvolvimento científico é **episódico** e pode **descartar** teorias ou explicações mais antigas

# Ciência – características

- **Empírica:** baseada em experiências e guiada por evidências
- **Objetiva:** mesma conclusão de mesmas observações
- **Que se autocorrige:** como é empírica, novas evidências podem refutar as antigas
- **Progressiva:** por ser empírica e autocorriger-se, ela aprimora-se
- **Provisória:** nunca afirma ter a verdade absoluta
- **Parcimoniosa:** sempre escolhe a explicação mais simples (princípio do Navalha de Occam)
- **Preocupa-se com a teoria:** desenvolve teorias e esclarece como as coisas funcionam



# Como a ciência funciona – Visões

- **Empirismo**: a única fonte de conhecimento real sobre o mundo é a experiência
  - A ciência é bem sucedida porque é organizada, sistemática, e especialmente sensível (reage a) a experimentos.
- **Matemática**: é a tentativa de entender o mundo natural com o uso de ferramentas matemáticas
  - Busca quantificar fenômenos e detectar padrões matemáticos no fluxo de eventos
- **Estrutura Social**: ciência possui uma estrutura social única: redes elaboradas de cooperação e confiança, equilíbrio entre cooperação e competição.
  - Trabalha novas formas de policiamento, de controlar e coordenar as ações de pesquisadores

# Como a ciência funciona – Visões

- **Empirismo:** a única fonte de conhecimento real sobre o mundo é a experiência (evidências)
  - A ciência é bem sucedida porque é organizada, sistemática, e especialmente sensível (reage a) a experimentos.
- **Matemática:** é a tentativa de entender o mundo natural com o uso de ferramentas matemáticas
  - Busca quantificar fenômenos e detectar padrões matemáticos no fluxo de eventos
- **Estrutura Social:** ciência possui uma estrutura social única: redes elaboradas de cooperação e confiança, equilíbrio entre cooperação e competição.
  - Trabalha novas formas de policiamento, de controlar e coordenar as ações de pesquisadores

# Como a ciência funciona – Visões

- **Empirismo**: a única fonte de conhecimento real sobre o mundo é a experiência (evidências)
  - A ciência é bem sucedida porque é organizada, sistemática, e especialmente sensível (reage a) a experimentos.
- **Matemática**: é a tentativa de entender o mundo natural com o uso de ferramentas matemáticas
  - Busca quantificar fenômenos e detectar padrões matemáticos no fluxo de eventos
- **Estrutura Social**: ciência possui uma estrutura social única: redes elaboradas de cooperação e confiança, equilíbrio entre cooperação e competição.
  - Trabalha novas formas de policiamento, de controlar e coordenar as ações de pesquisadores

# Como a ciência funciona – Visões

- **Empirismo**: a única fonte de conhecimento real sobre o mundo é a experiência
  - A ciência é bem sucedida porque é organizada, sistemática, e especialmente sensível (reage a) a experimentos.
- **Matemática**: é a tentativa de entender o mundo natural com o uso de ferramentas matemáticas
  - Busca quantificar fenômenos e detectar padrões matemáticos no fluxo de eventos
- **Estrutura Social**: ciência possui uma estrutura social única: redes elaboradas de cooperação e confiança, equilíbrio entre cooperação e competição.
  - Trabalha novas formas de policiamento, de controlar e coordenar as ações de pesquisadores

# Empírico vs. Experimental

- **Método empírico:** tradicionalmente definido com base na agregação de dados que ocorrem naturalmente (observação)
- **Método experimental:** usa regras restritas que guiam e controlam os experimentos
  - Métodos experimentais formam um subconjunto dos métodos empíricos

**Experimento é a experiência controlada**



# Como a ciência funciona – métodos

- **Método dedutivo** (matemático – realismo):
  - Uma vez levantada a hipótese, os cientistas fazem uma dedução: preveem o que poderia acontecer se sua hipótese fosse verdadeira. Essa dedução é testada mediante novas observações ou experimentações.
- **Método indutivo** (empirismo):
  - Realizado em três etapas: observação dos fenômenos; descoberta da relação entre eles e generalização da relação.

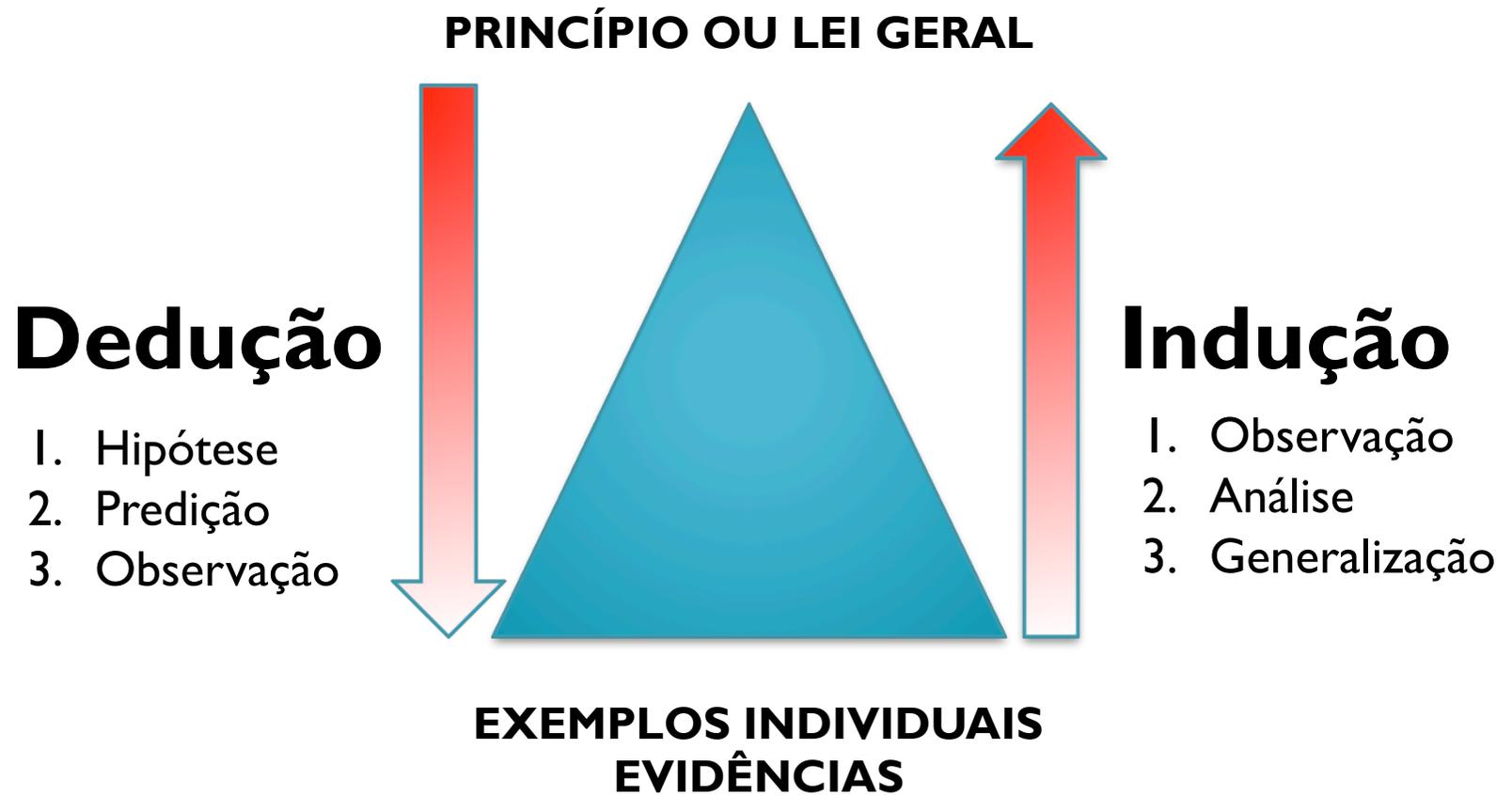
# Como a ciência funciona – métodos

- **Método dedutivo** (matemático – realismo):
  - Uma vez levantada a hipótese, os cientistas fazem uma dedução: preveem o que poderia acontecer se sua hipótese fosse verdadeira. Essa dedução é testada mediante novas observações ou experimentações.
- **Método indutivo** (empirismo):
  - Realizado em três etapas: observação dos fenômenos; descoberta da relação entre eles e generalização da relação.

# Como a ciência funciona – métodos

- **Método dedutivo** (matemático – realismo):
  - Uma vez levantada a hipótese, os cientistas fazem uma dedução: preveem o que poderia acontecer se sua hipótese fosse verdadeira. Essa dedução é testada mediante novas observações ou experimentações.
- **Método indutivo** (empirismo):
  - Realizado em três etapas: observação dos fenômenos; descoberta da relação entre eles e generalização da relação.

# Dedução vs. Indução

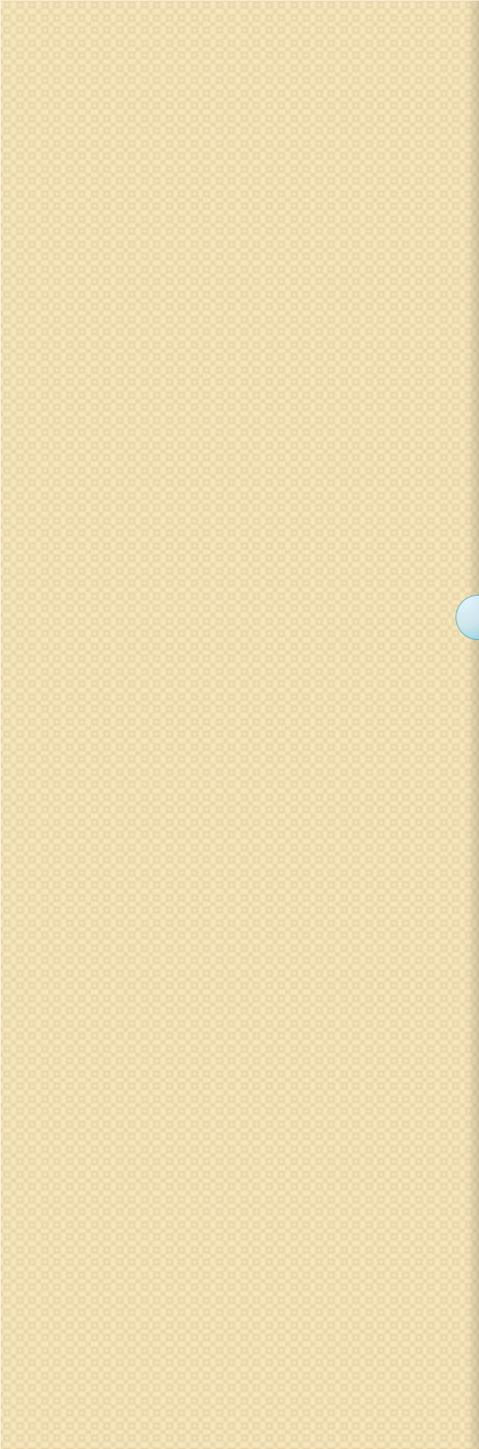


# Refutação

- Se observo um ganso preto, isso torna falsa a minha teoria de que “todos os gansos são brancos”. (*raciocínio dedutivo*)
- A perspectiva de Karl Popper é que a ciência, em vez de progredir através de teorias que são confirmadas indutivamente, progride na verdade através de teorias que são **refutadas** por raciocínio dedutivo.
- Na opinião de Popper, uma teoria verdadeiramente científica faz uma afirmação positiva acerca do modo como o mundo funcionará. Corre o risco de ser falsa.
- **As teorias genuinamente científicas são refutáveis.**

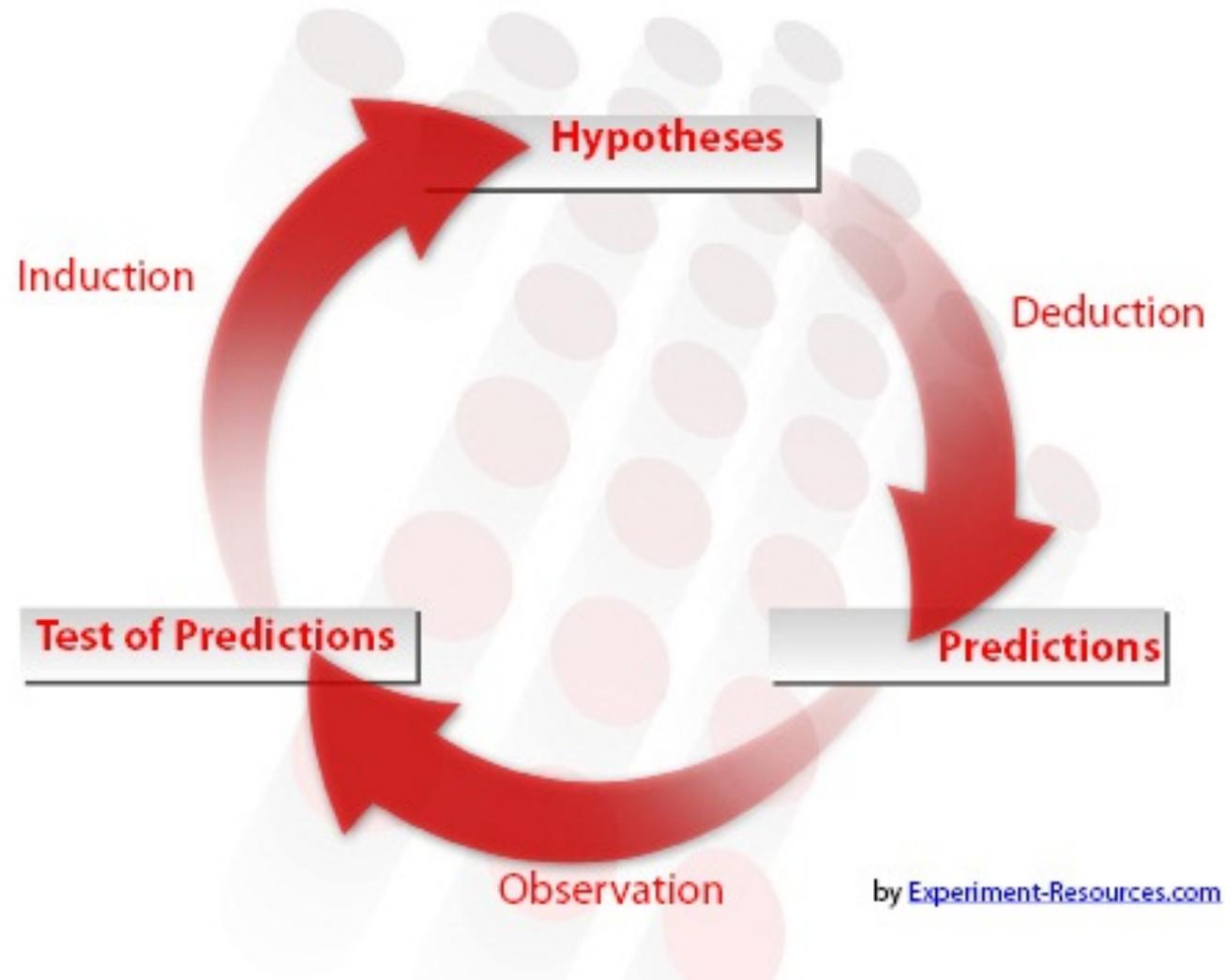
## E assim funciona a ciência ...

- Em resumo, os métodos **indutivo** e **dedutivo**, juntos, atuam harmonicamente, com a **refutação** como elemento regulador, construindo a ciência.
  - Se é a teoria que determina a observação (predição, no realismo, pelo método dedutivo), ou se é a observação que determina a teoria (empirismo, pelo método indutivo), não é relevante.



**Ciência × Tecnologia**

# Ciclo da pesquisa científica



# E a Tecnologia?

- **Visão tradicional:** a ciência visa entender o mundo como ele é, a tecnologia visa mudar o mundo (*coisas distintas*).
- **Visão atual:** interdependência
  - A experiência na ciência depende crucialmente da tecnologia
  - A tecnologia influencia fortemente os resultados científicos
- Tecnologia como uma prática focada na **criação de artefatos e serviços** baseados nestes artefatos.

# Tecnologia vs. Engenharia

- Engenharia: uma atividade que **produz** tecnologia
- Tecnologia: a prática da engenharia
- Qual o **conhecimento científico** envolvido?
  - Geralmente trata-se de conhecimento sobre o comportamento de componentes e materiais
  - Muito desse conhecimento é gerado pelas ciências da engenharia.

# Engenharia vs. Ciência

- A Ciência visa entender o “**porquê**” e o “**como**” da natureza.
- A Engenharia visa **moldar** o mundo natural para satisfazer necessidades e desejos humanos. → projeto → invenção, inovação

*“Scientists study the world as it is; engineers create the world that has never been.”*

[Theodore von Kármán, 1881-1963]

*“The scientist builds in order to study, and the engineer studies in order to build”* [Brooks, 1989]

# Robótica: ciência & engenharia

Exemplo: robótica móvel autônoma

- Sistemas robóticos são artefatos feitos pelos humanos → **engenharia**
  - Experimentos visam demonstrar que um certo artefato funciona ou que é melhor que outro
- Sistemas robóticos são muito complexos e seu comportamento é difícil de prever (especialmente nas interações com o mundo físico) → **ciência**
  - Experimentos visam entender como os sistemas complexos funcionam

## E a Computação neste contexto?

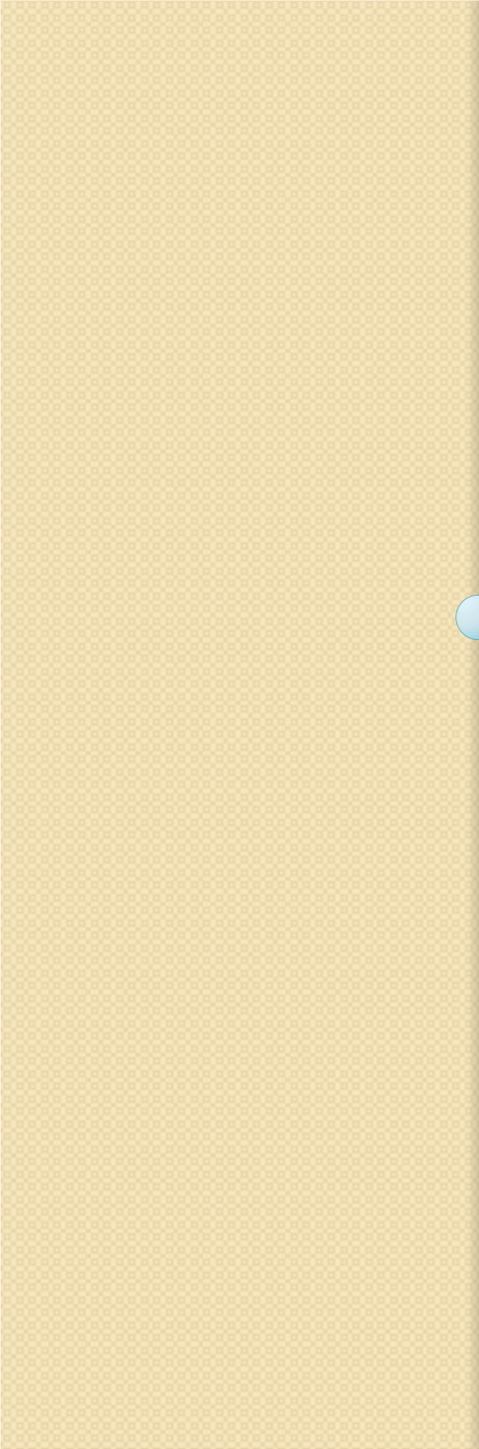
- Voltada ao projeto, desenvolvimento e investigação de conceitos e metodologias de apoio à **especificação**, ao **desenvolvimento**, à **implementação** e à **análise** de sistemas computacionais.

**Computação = engenharia + ciência**

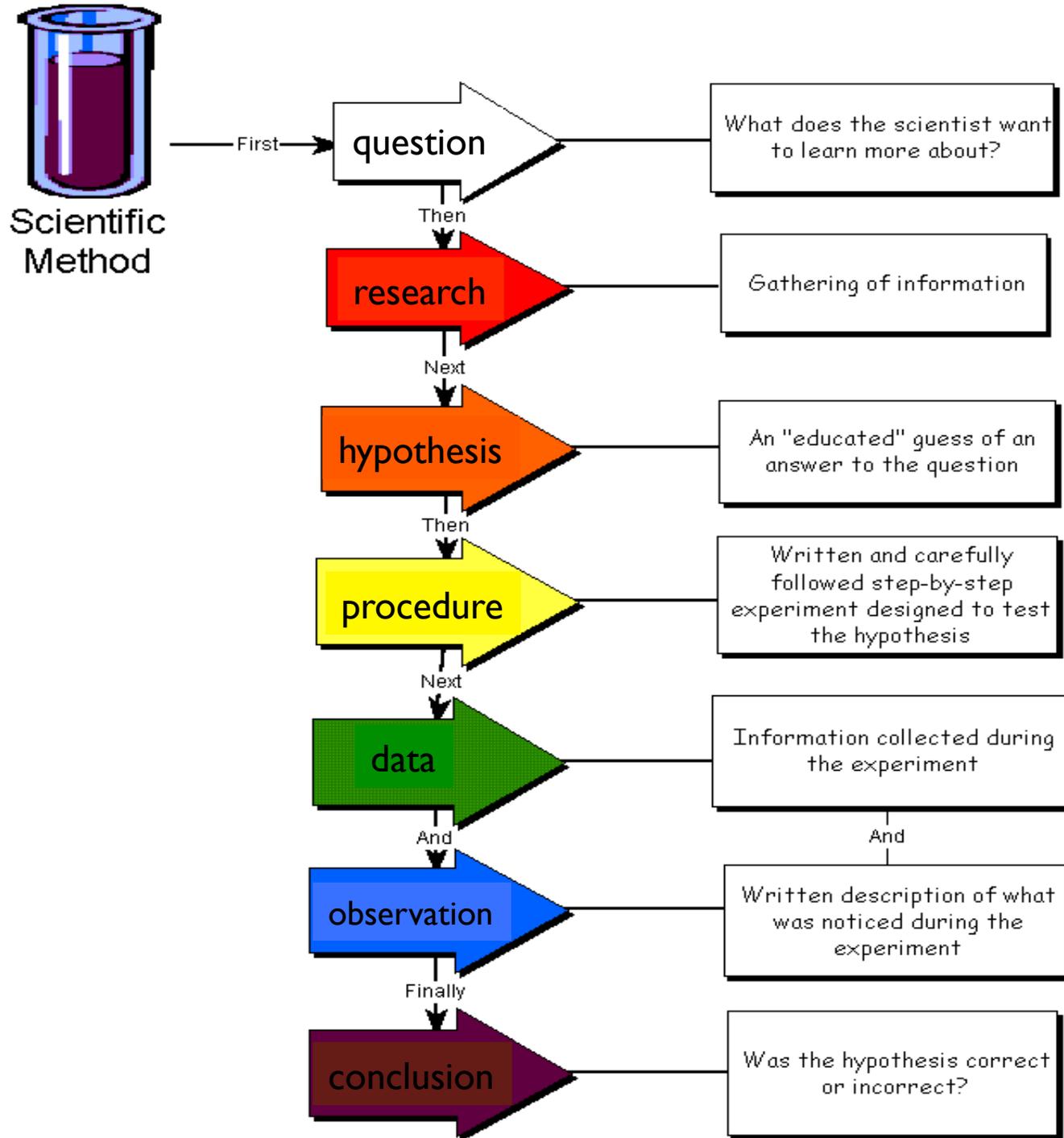


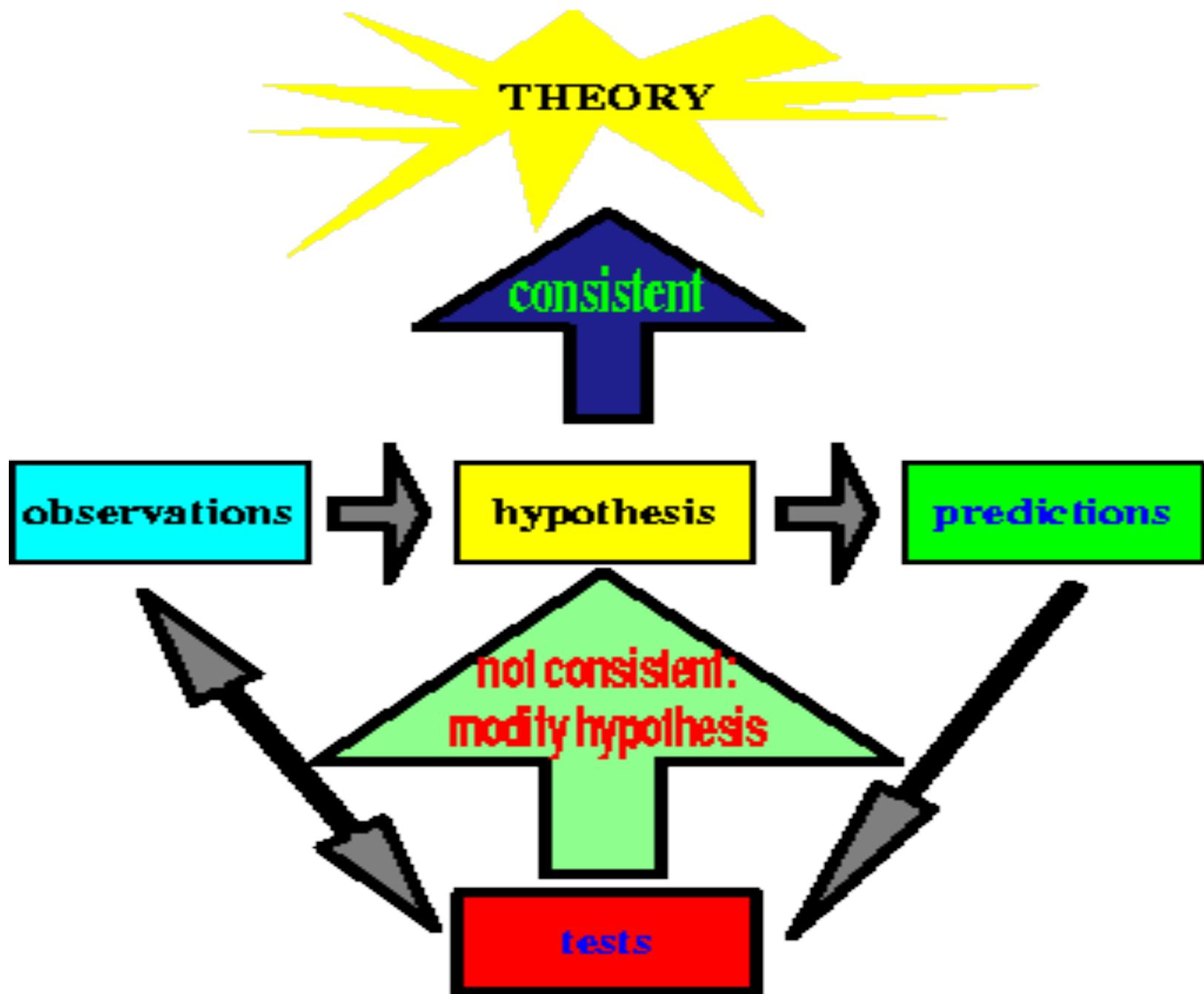
# Ciência da Computação vs. Engenharia da Computação

- Diferentes ênfases:
  - Ciência da Computação: mais ênfase na **análise** e **modelagem/abstração**
  - Engenharia da Computação: mais ênfase na **modelagem/abstração** e no **projeto**

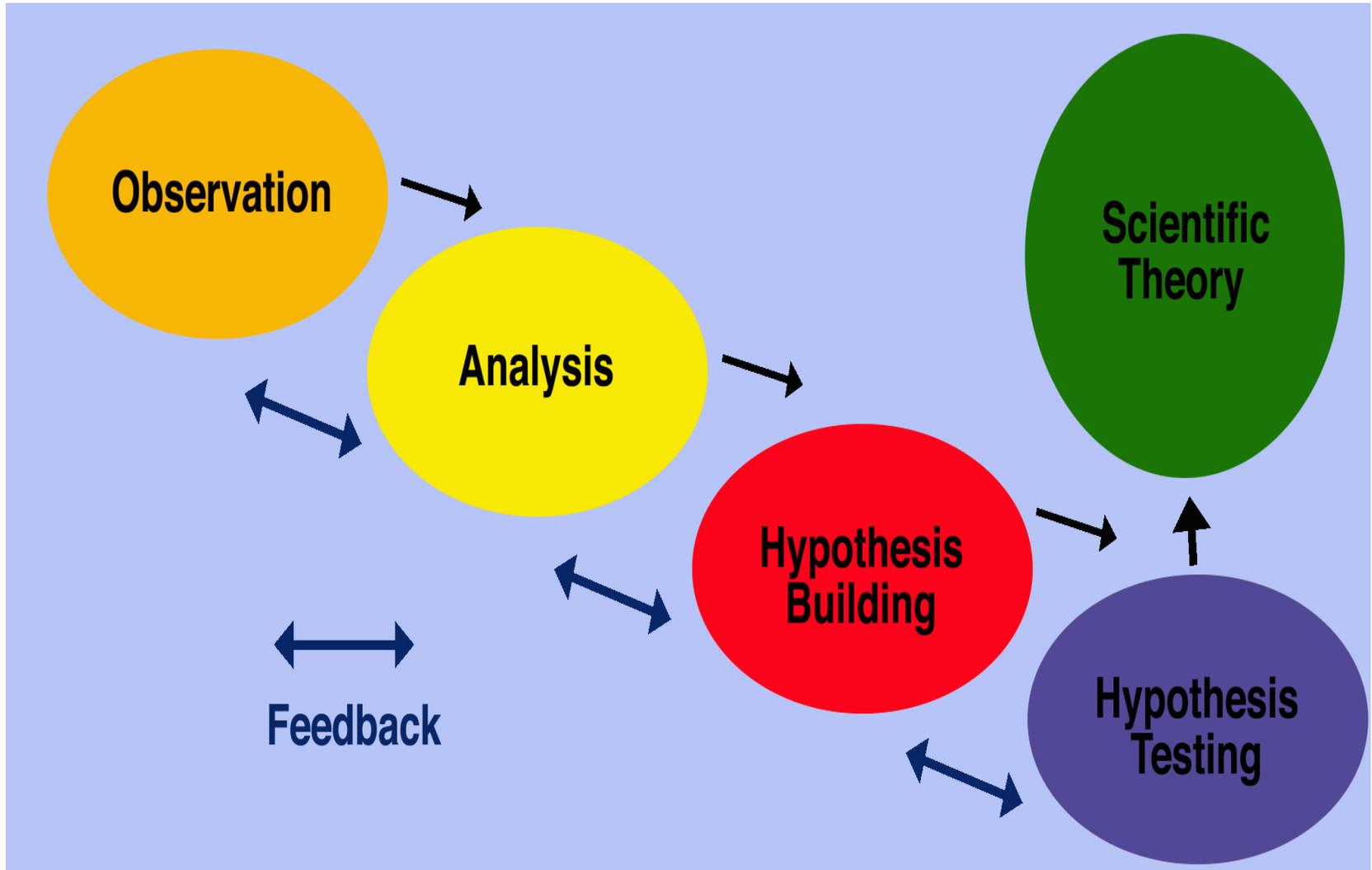


 **Método científico**









Mais completo:



# The Scientific Method Made Easy

<http://www.youtube.com/watch?v=zcavPAFiG14>



# Método Científico

1. Identifique um problema, pesquise & formule hipóteses
  - Problema tem que ser claro, preciso, mensurável
  - Hipóteses têm que ser testáveis e refutáveis
2. Projete o experimento
  - A parte mais criativa, usa tecnologia
3. Conduza o experimento
4. Efetue o teste das hipóteses
  - Analise os dados com **estatísticas** apropriadas
5. Dissemine as conclusões
  - Escreva artigos, dê seminários, etc

Jeff Offutt – <http://www.ise.gmu.edu/~offutt/> (com ligeira modificação)



# Método para engenharia ou Método científico?

- Depende do tipo de pesquisa que é feito
- Como relacionar os dois?

# You are an engineer

What's the problem?

What is the challenge?  
What are the limits?  
How can you solve it?

Think up lots of ideas.  
Pick one and make a plan.  
Make a drawing or a model.

Use your plan to  
build your idea.

Test your idea.

Find out what  
others have done.  
Gather materials and  
play with them.

Think about how your design  
could be improved. Modify  
your design and try again.

Explore

Design

Create

Try It  
Out

Make It  
Better

## Engineering Design Process

[www.theworks.org](http://www.theworks.org)

the **Works**

© 2011 The Works

# Método científico vs. Projeto de Engenharia

The Scientific Method	The Engineering Design Process
State your <b>question</b>	Define the <b>problem</b>
Do background research	Do background research
Formulate your <b>hypothesis</b> , identify <b>variables</b>	Specify <b>requirements</b>
Design <b>experiment</b> , establish procedure	Create alternative <b>solutions</b> , choose the best one and develop it
<b>Test</b> your hypothesis by doing an experiment	<b>Build</b> a prototype
<b>Analyze</b> your results and <b>draw conclusions</b>	<b>Test</b> and <b>redesign</b> as necessary
<b>Communicate results</b>	<b>Communicate results</b>

# Pesquisa bibliográfica

- Revisão da literatura é uma necessidade!
  - Sem isso, você não saberá se o seu problema já foi resolvido ou quais são as pesquisas relacionadas que estão em desenvolvimento.
- Ao fazer sua revisão:
  - Inicie buscando em periódicos acadêmicos relevantes (ACM, IEEE, etc – veja fatores de impacto dos mesmos).
  - Pesquise também em eventos importantes na sua área.
  - Comece com os artigos (bons!) mais recentes que você encontrar.
  - Rastreie sempre os meios de divulgação (periódicos, eventos) e pessoas/labs mais relevantes na área.
  - Não se desencoraje nem desmotive nem desista caso veja que seu problema já esteja sendo solucionado por alguém!

# Especifique os requisitos: SWs

- capacidade de resposta, velocidade;
- tipo de interface com o usuário;
- facilidade de customização;
- capacidade de se comunicar com outros programas (dados de importação / exportação);
- tipo de tratamento de erros;
- tipo de linguagem de programação;
- portabilidade;
- sistema operacional;
- tamanho da memória;
- multiusuário,
- periféricos necessários, etc.



# Requisitos para artefatos I

- custo (custo de compra, custo de uso, custo para reparar);
- estética; geometria (tamanho, dimensões gerais, etc);
- capacidade (quantos e quão grande são as coisas que podem trabalhar com);
- características físicas (peso, densidade, de fusão, ponto de ebulição, cor, textura da superfície, elasticidade, dureza, propriedades magnéticas, propriedades elétricas, etc);
- características de desempenho (precisão, força, reprodutibilidade, repetitividade, velocidade, aceleração, resistência ao rolamento, fricção, resolução, etc);
- potência;
- o que produz;

# Requisitos para artefatos II

- consumo de energia (combustível, de trabalho);
- poluição; efeitos colaterais indesejáveis;
- considerações de fabricação (dificuldade de equipamentos ou de técnicas para a manufatura, número de componentes, etc);
- requisitos ambientais (temperatura, faixa de temperatura de armazenamento, resistência à água, etc);
- requisitos do usuário (facilidade de aprendizagem, facilidade de uso, atende as normas do governo, etc);
- manutenção (requisitos de serviço, confiabilidade, reparação, tempo de vida, etc),
- etc.



# Projeto do experimento/protótipo

- Planeje em detalhes todos os passos da fase experimental / da construção do protótipo
- Identifique as variáveis que serão manipuladas e aquelas que serão medidas
  - Os resultados da investigação devem ser **mensuráveis!**
  - É necessário não só criar um protótipo / sistema, mas também o método de **validação** da pesquisa!

# Projeto do experimento/protótipo

- O plano deve permitir que outros possam repeti-lo.
  - Deve ser factível e reproduzível!
- Planeje marcos intermediários.
- Faça uma lista de materiais necessários.

*“If you fail to plan, you planned to fail!”*

# Interprete e analise os dados

- O que seus experimentos mostraram?
  - Análise qualitativa
  - Análise quantitativa (testes estatísticos)
- O que enfraquece sua confiança nos resultados (espírito crítico)?
- Discussões:
  - Relativas à literatura
  - Aos objetivos e questões/problemas da pesquisa
  - Recomendações para pesquisas futuras

My friends, as a result of our experimentation, we have just lost a dear and valued colleague....

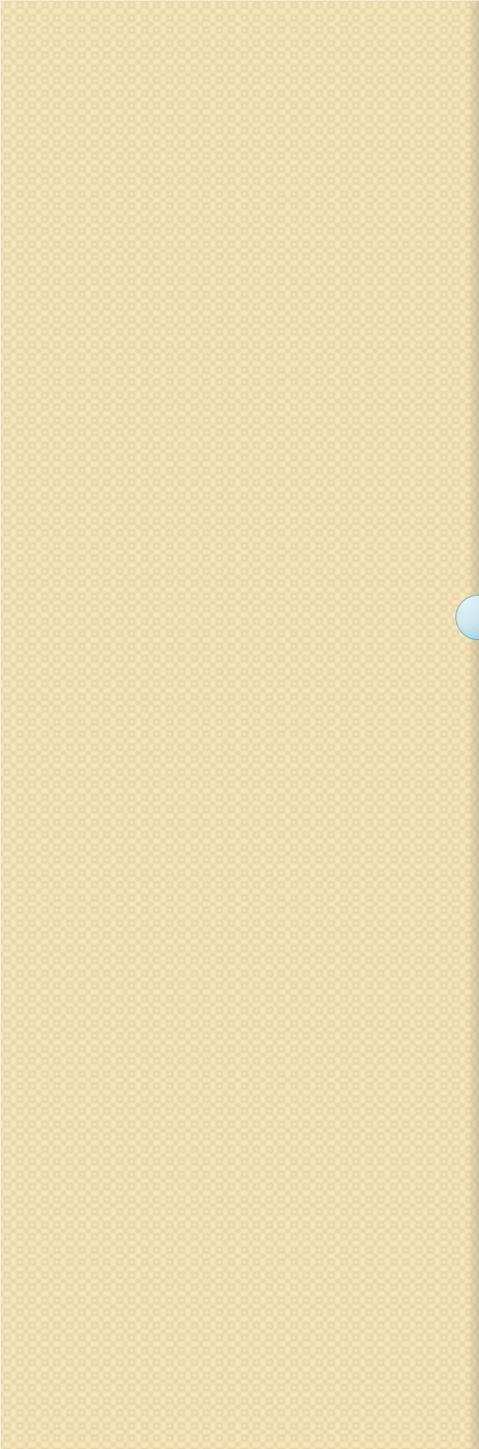
On the other hand, we have just gained a publication.





# Difusão do conhecimento

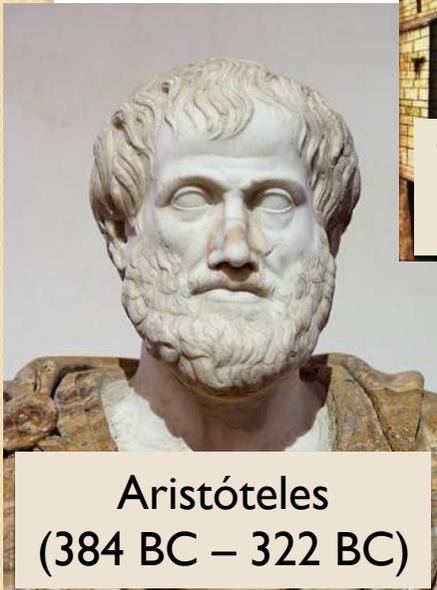
- Uma pesquisa não é uma contribuição para a área se ninguém a conhece!
- Escreva artigos científicos, faça apresentações
  - Resultados intermediários: workshops, conferências
  - Resultados consolidados: periódicos
- Escolha muito bem onde publicar!
- Escreva a tese/dissertação



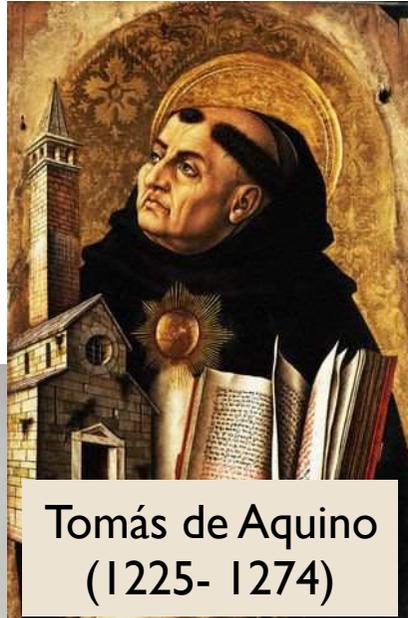
## Parte II

Grande parte extraída de: Gilberto Câmara, INPE  
[www.dpi.inpe.br/gilberto/present/  
etica\\_pesquisa\\_cientifica.ppt](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/present/etica_pesquisa_cientifica.ppt)

# Ética: diversas visões



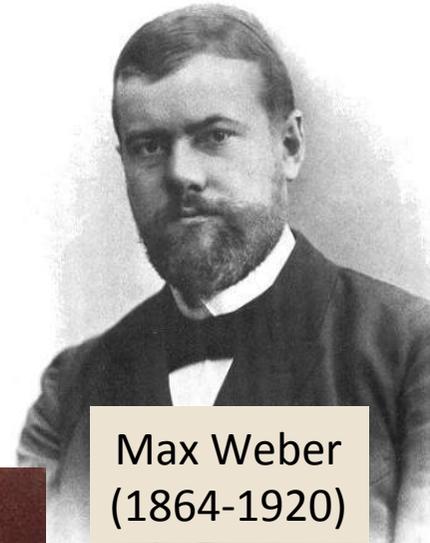
Aristóteles  
(384 BC – 322 BC)



Tomás de Aquino  
(1225- 1274)



Spinoza  
(1632-1677)

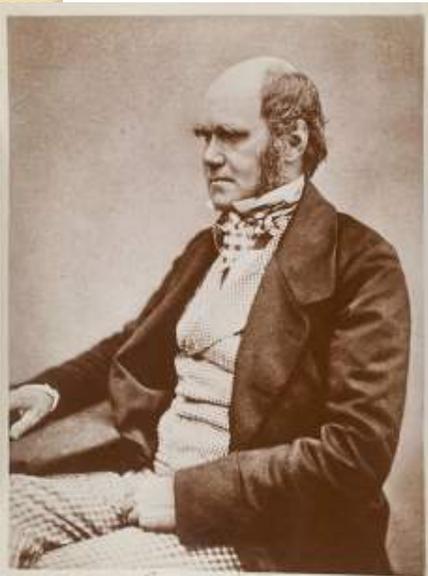
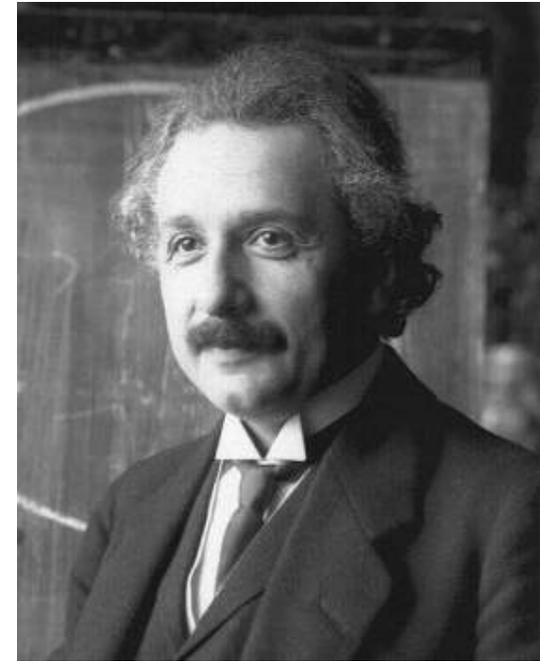
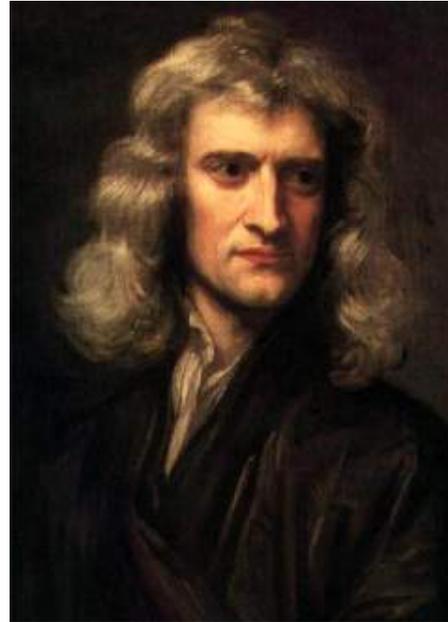


Max Weber  
(1864-1920)

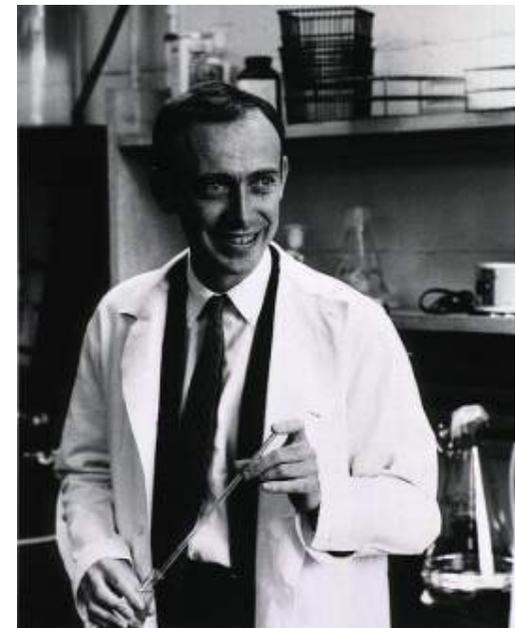


Comte-Sponville  
(1952 – )

# Ética na Pesquisa Científica



Conjunto de  
práticas de ações  
adotadas pela  
comunidade  
científica





# Ética da comunidade científica: **princípios**

**Primazia:** quem publica o primeiro artigo sobre o tema, tem o crédito da descoberta (ou da invenção)

**Avanço do conhecimento:** todo artigo científico deve conter um resultado inédito e relevante para a Ciência

**Reprodutibilidade:** todo experimento publicado deve ser replicável por outrem



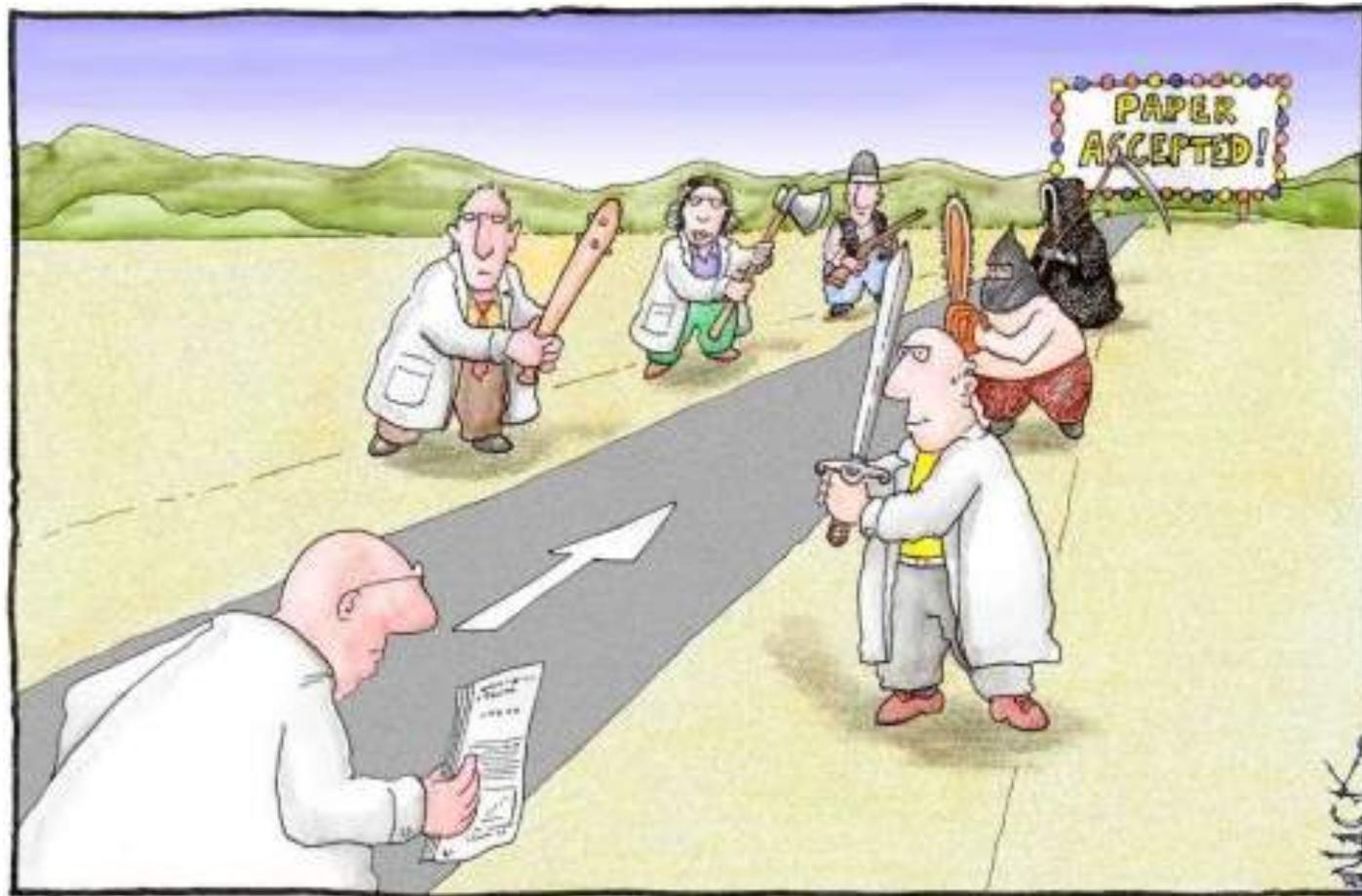
# Ética da comunidade científica: **prática**

**Frequência:** número de artigos publicados por ano

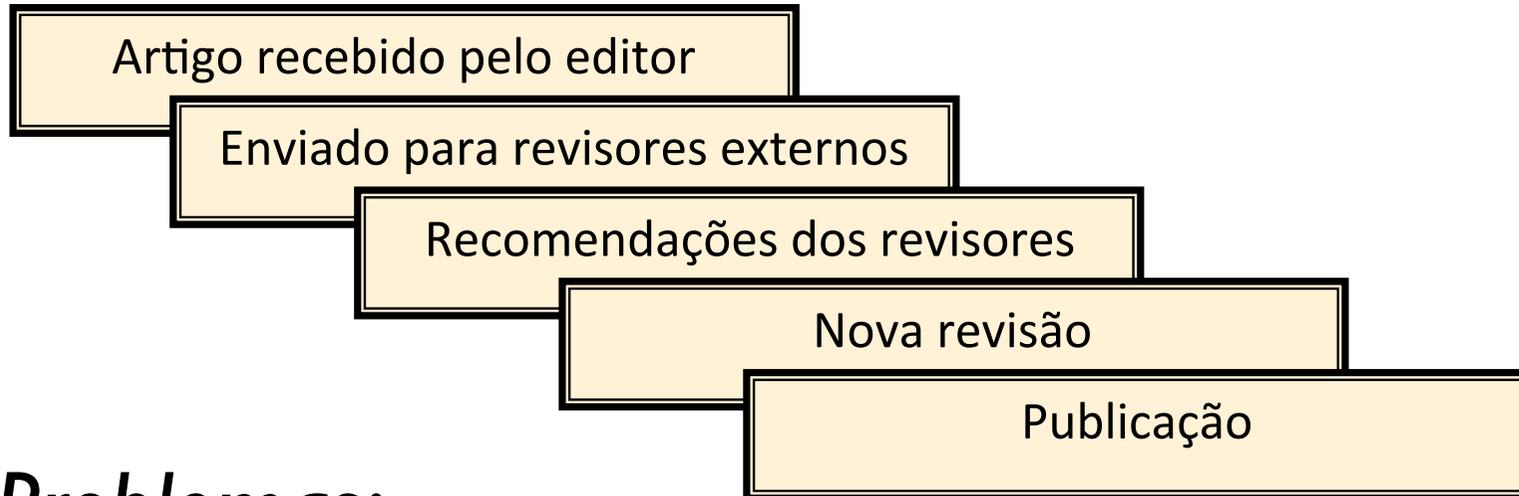
**Impacto:** número de citações por artigo

**Recursos:** capacidade de conseguir dinheiro (\$\$) para pesquisa

# Ética da comunidade científica: revisão por pares



# Revisão por Pares



## Problemas:

*“Peer review is slow, expensive, profligate of academic time, highly subjective, prone to bias, easily abused, poor at detecting gross defects, and almost useless in detecting fraud.”* R. Smith, BMJ

- Subjetividade da avaliação
- Preconceito com autores do hemisfério sul

# Publish or perish?

Revistas de alto impacto geram prestígio...



**Pesquisadores vivem  
sob pressão**



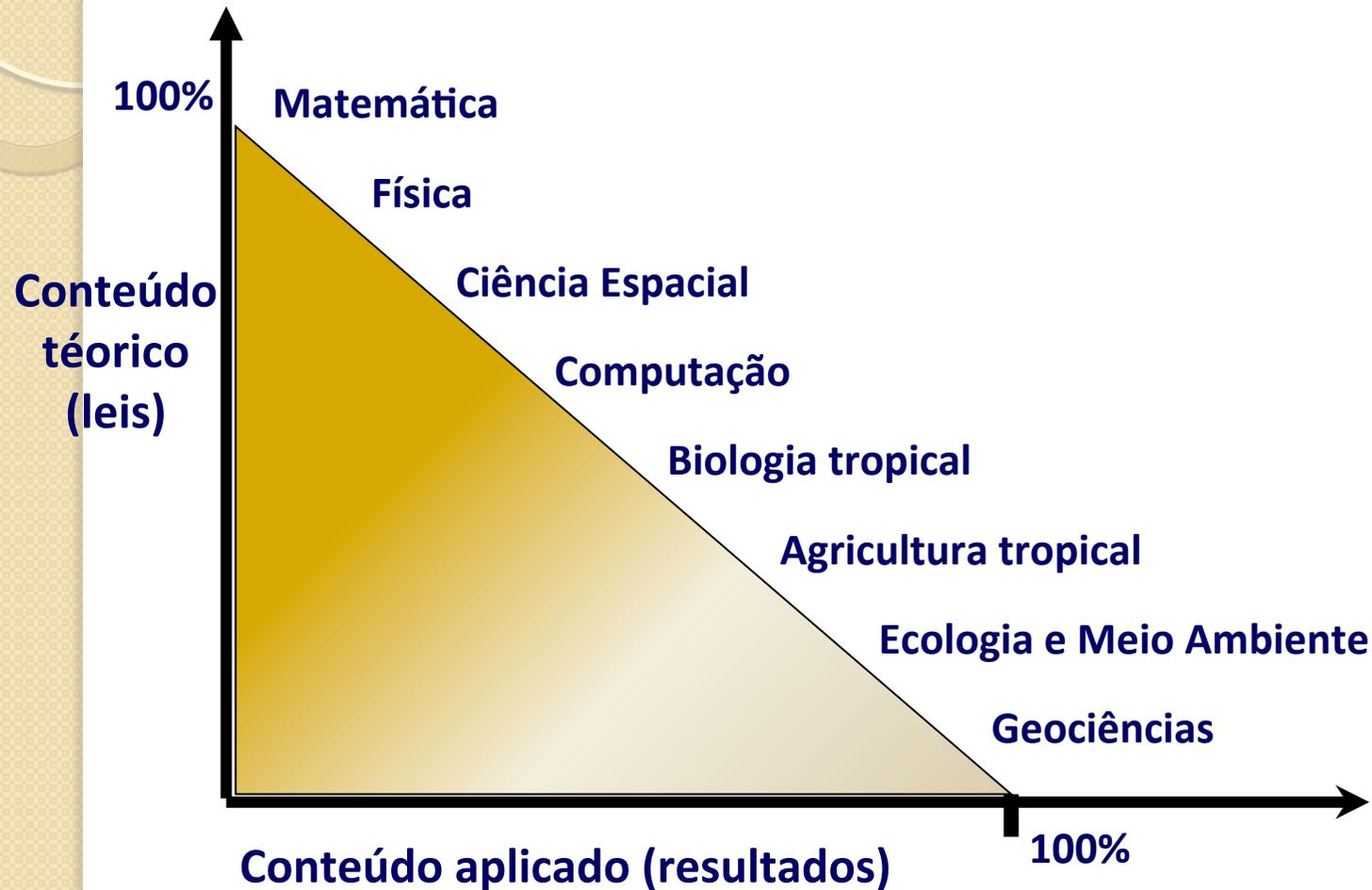
# Paradoxo

- Ciência moderna exige grandes investimentos para produzir resultados inovadores (**coletivo**)

mas.....

- Prestígio científico mantém o modelo medieval (**individual**)

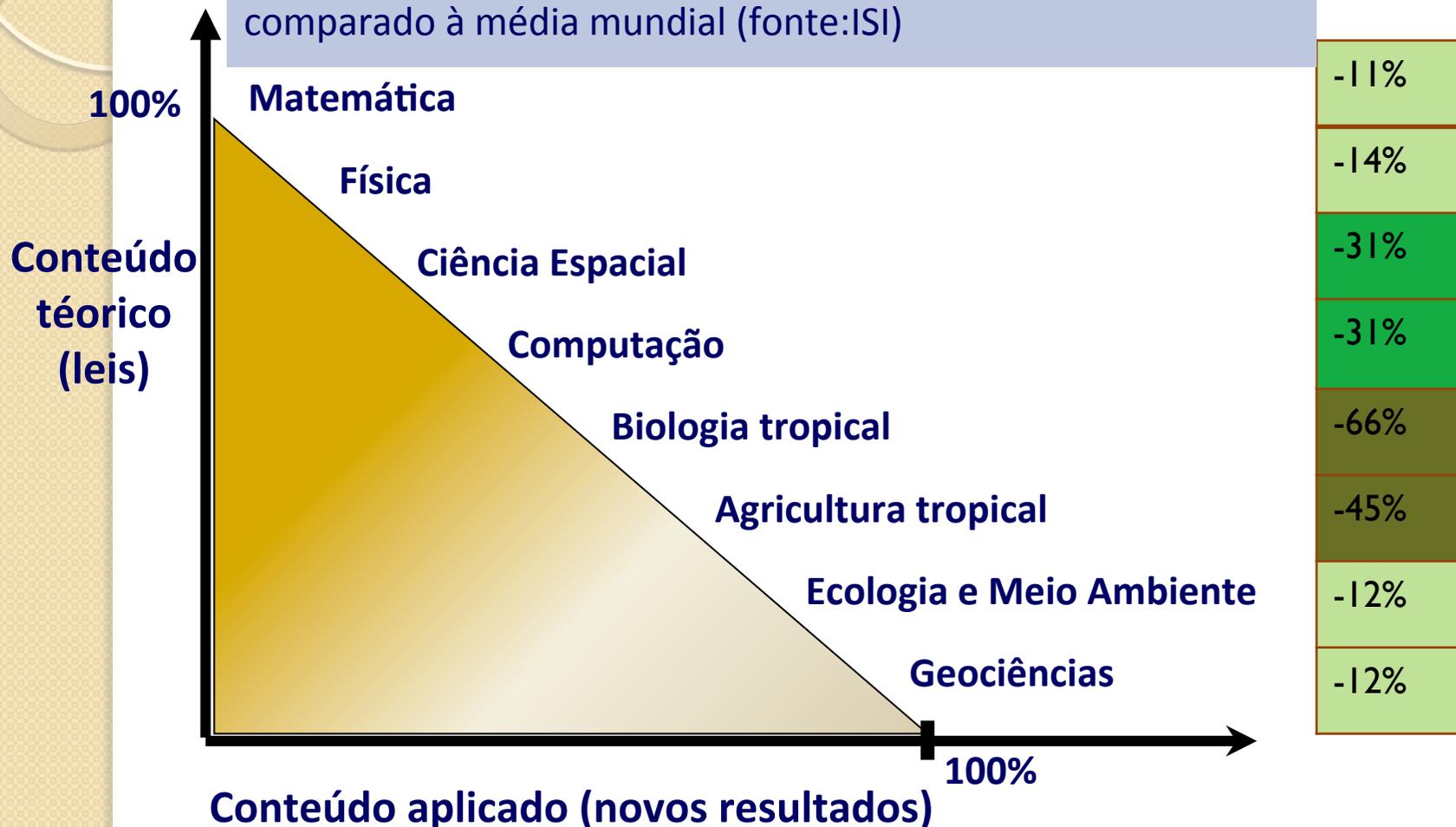
# Ciência no Sul



**Ciência do Sul: percentual relativo típico entre teoria e aplicações**

# Ciência no Sul

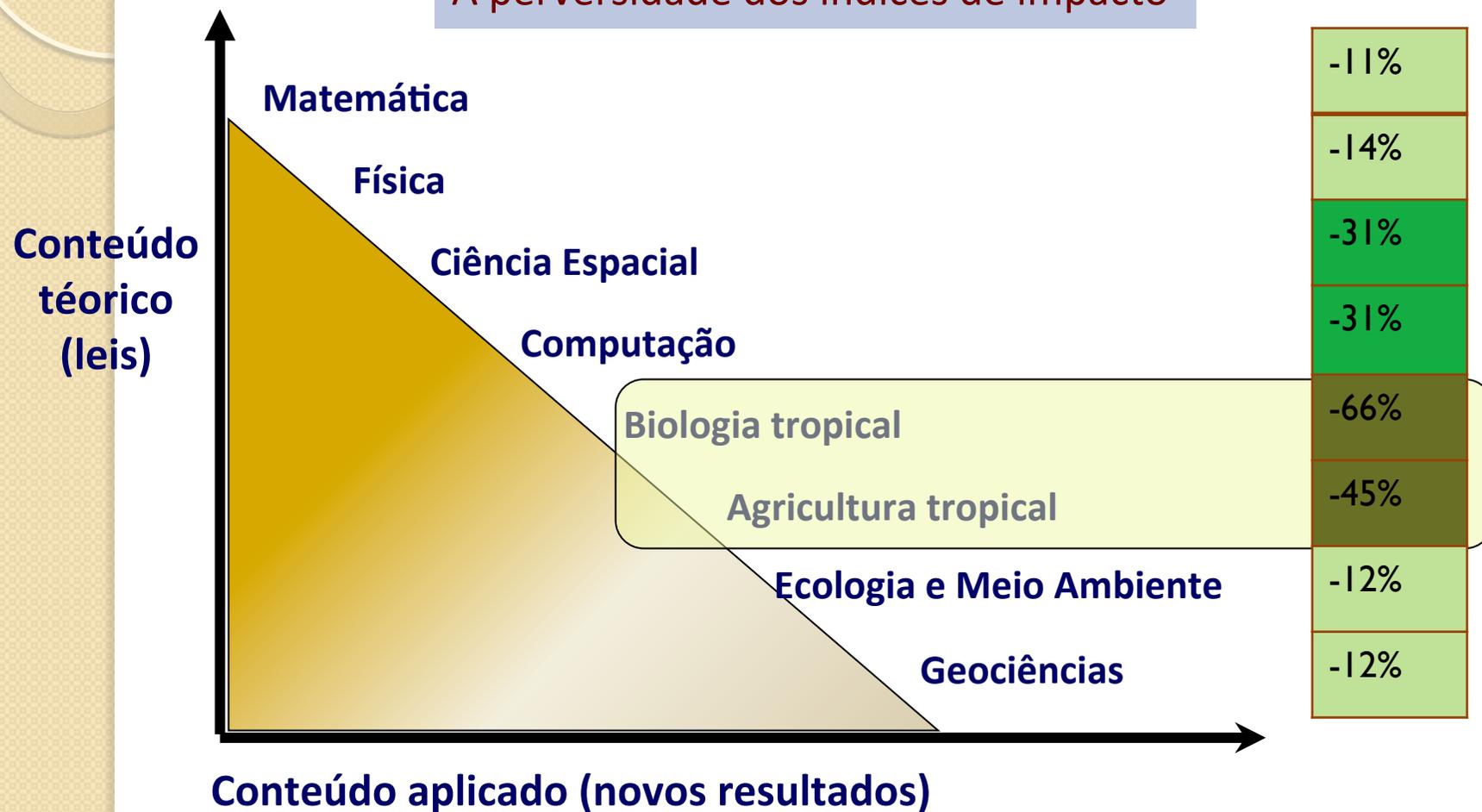
Impacto relativo dos papers da Ciência Brasileira (2003-2007) comparado à média mundial (fonte:ISI)



Maior impacto: áreas teóricas (Matemática, Física) e áreas com resultados visíveis (“efeito Amazônia”)

# Ciência no Sul

A perversidade dos índices de impacto



As áreas mais diferenciadas da Ciência brasileira são as que têm menor impacto no Exterior.

# O peso da colaboração internacional

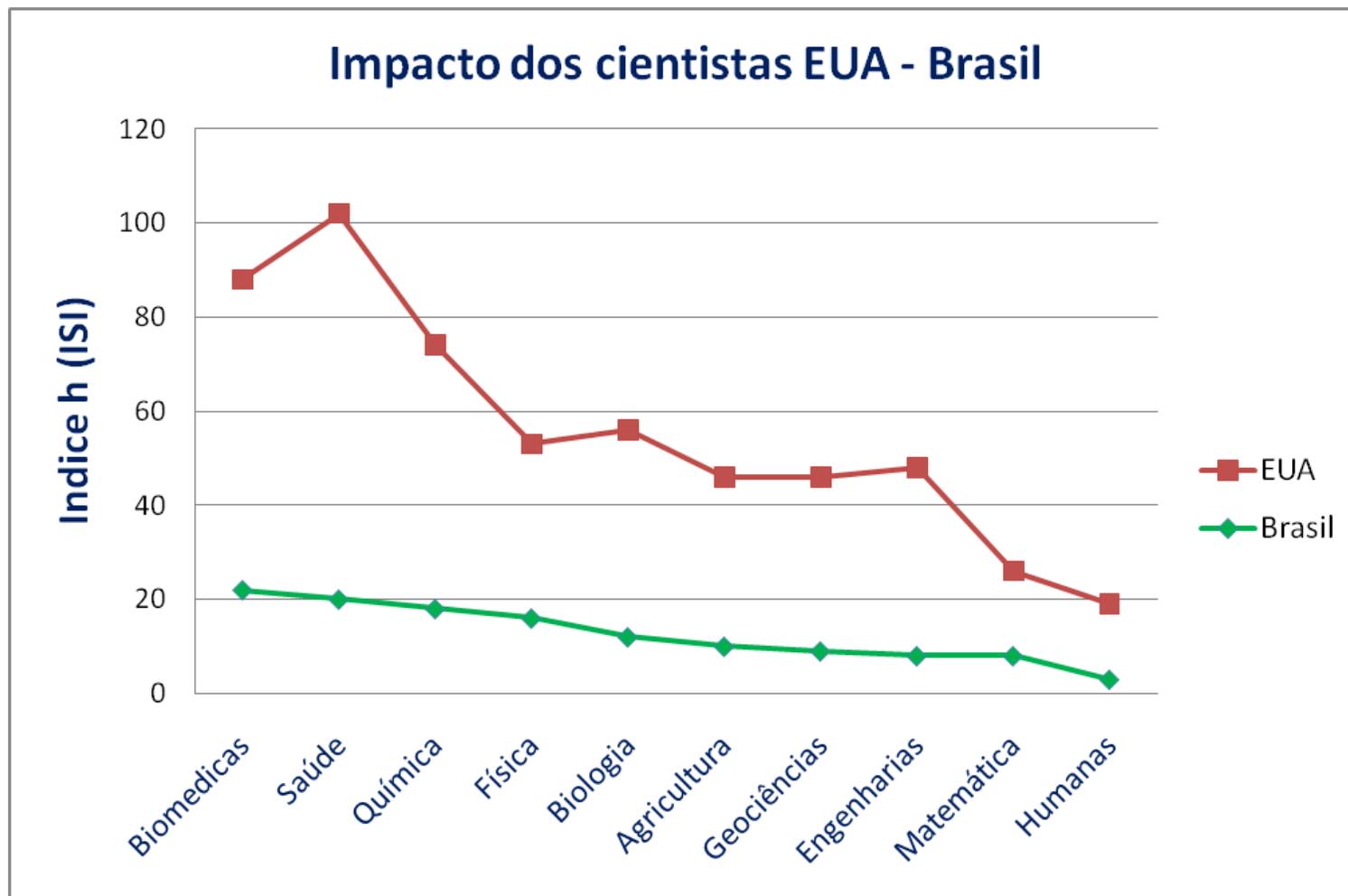
Papers com autores brasileiros com mais de 100 citações no SCl: quem fez?

	Numero de artigos	Percentagem
Autores intern.	209	85%
Só brasileiros	39	15%
Total	248	

**Se quiser ser citado, publique junto com gringos!!**

## Índice-h dos membros das Academias de Ciências: Brasil e EUA

(Mugniani et al., Braz J of Medical and Biological Research, 2008)



**Ciência nos países do Sul sempre terá menor impacto**

# A questão do plágio

- Além de citar a fonte, você deve **reescrever** o texto (nunca copiá-lo diretamente, por melhor que esteja)
- Autoplágio:
  - Reuso de até 30% de um artigo científico anterior é o limite máximo aceitável para um novo artigo
  - Artigo em conferência pode ser parcialmente reaproveitado para periódico
  - Partes de um artigo científico podem também ser reusadas para um artigo de divulgação
    - Pamela Samuelson, Self-Plagiarism or Fair Use, Communications of the ACM, August 1994.

Combate de Plágios – <http://www.plagiarismcombat.com>

Copyscape – [www.copyscape.com](http://www.copyscape.com)



# Conselhos Gerais

- Participe de redes informais de pesquisa (simpósios e workshops)
- Acompanhe a agenda de pesquisa em sua área
- Trabalhe com colaboradores internacionais
- Escreva seus artigos com a melhor qualidade possível e não espere ter grande impacto
- Monte um grupo de pesquisa realmente cooperativo, onde todos se ajudam!
- Siga as regras da ética científica para conseguir publicar

# Conselhos específicos

- Evite **fabricação** de dados: afirmações de que foram obtidos dados ou resultados ou conduzidos procedimentos que realmente não o foram.
- Evite **falsificação**: modificações de dados, procedimentos ou resultados.
- Evite **plágio**: copiar ou traduzir ideias ou formulações verbais, orais ou escrita de outrem ou de si próprio.
- Não submeta o **mesmo trabalho** para mais de um veículo.
- Sempre **agradeça** o patrocínio ou suporte: de pessoas, entidades e/ou empresas.
- Seu orientador deve ser sempre **coautor** do trabalho conduzido na PG. Não incluir coautor que não colaborou efetivamente com o trabalho. **Todos devem ter visto e aprovado o texto antes da submissão.**

# Exemplos tristes

- Aluna flagrada em plágio da monografia na UFMT: <http://tj-ms.jusbrasil.com.br/noticias/1887080/aluna-flagrada-em-plagio-da-monografia-perde-direito-a-indenizacao-por-danos-morais>
- USP demite professor por plágio em pesquisa: <http://www1.folha.uol.com.br/saber/878368-usp-demite-professor-por-plagio-em-pesquisa.shtml>
- Químico da Unicamp é acusado de fraudar 11 trabalhos: <http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/896418-quimico-da-unicamp-e-acusado-de-fraudar-11-estudos-cientificos.shtml>
- Revista "despublica" artigo de cientistas acusados de fraude: <http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/1210528-revista-despublica-artigo-de-cientistas-acusados-de-fraude.shtml>
- .....*etc, etc, etc*.....

# Ética científica

Não tenha ilusões:

- 1. Ciência é atividade competitiva
- 2. Os limites da ética científica são difusos
- 3. Há muita gente desonesta

...procure manter-se **íntegro** mesmo assim!

Conheça as regras e os limites da ética científica e não tenha ilusões.

Seja honesto e tenha orgulho de seu trabalho!

# Próxima Aula

- Ler: Smith, A.J. The task of the referee.  
<http://dx.doi.org/10.1109/2.55470>
- Resenha: 1 página, incluindo os pontos principais de uma revisão (1 página)
- Avaliar resumos do AAAI 2015, seguindo as regras dadas pelo artigo

# Roteiro Básico: Evaluation

- **Significance:** Does the paper contribute a major breakthrough or an incremental advance?
- **Soundness:** Is the technical development correct or does the paper exhibit inaccuracies?
- **Scholarship:** Is the work well positioned with respect to the existing literature? If relevant references are missing, please provide examples in your comments to the authors.
- **Clarity:** Assess the clarity of the presentation and reproducibility of the results.
- **Breadth of Interest:** Would the paper attract broad interest in the event community?
- **Overall evaluation:** Please make an acceptance recommendation.  
3: strong accept 2: accept 1: weak accept 0: borderline paper -1: weak reject -2: reject -3: strong reject
- **Reviewer's confidence:** Please indicate how confident you are in your assessment.
- Summarize the **Main Contribution(s)** of the Paper / **Weaknesses** (What are the major reasons NOT to accept the paper?)
- Comments for the Authors (**Review**).
- Confidential remarks for the PC.