



PCS 5012

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

Anna Helena Reali Costa

Anarosa Alves Franco Brandão

Aula 2



Sumário da aula

Parte I:

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

Parte II:

- Diretrizes para elaboração de um Plano de Pesquisa

Parte III:

- 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
- **Objetiva:** mesma conclusão de mesmas observações
- **Que se autocorrige:** como é empírica, novas evidências podem refutar as antigas
- **Progressiva:** por ser empírica e autocorrigir-se, ela aprimora-se
- **Provisória:** nunca afirma ter a verdade absoluta
- **Parcimoniosa:** sempre escolhe a explicação mais simples
- **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
 - 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

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.

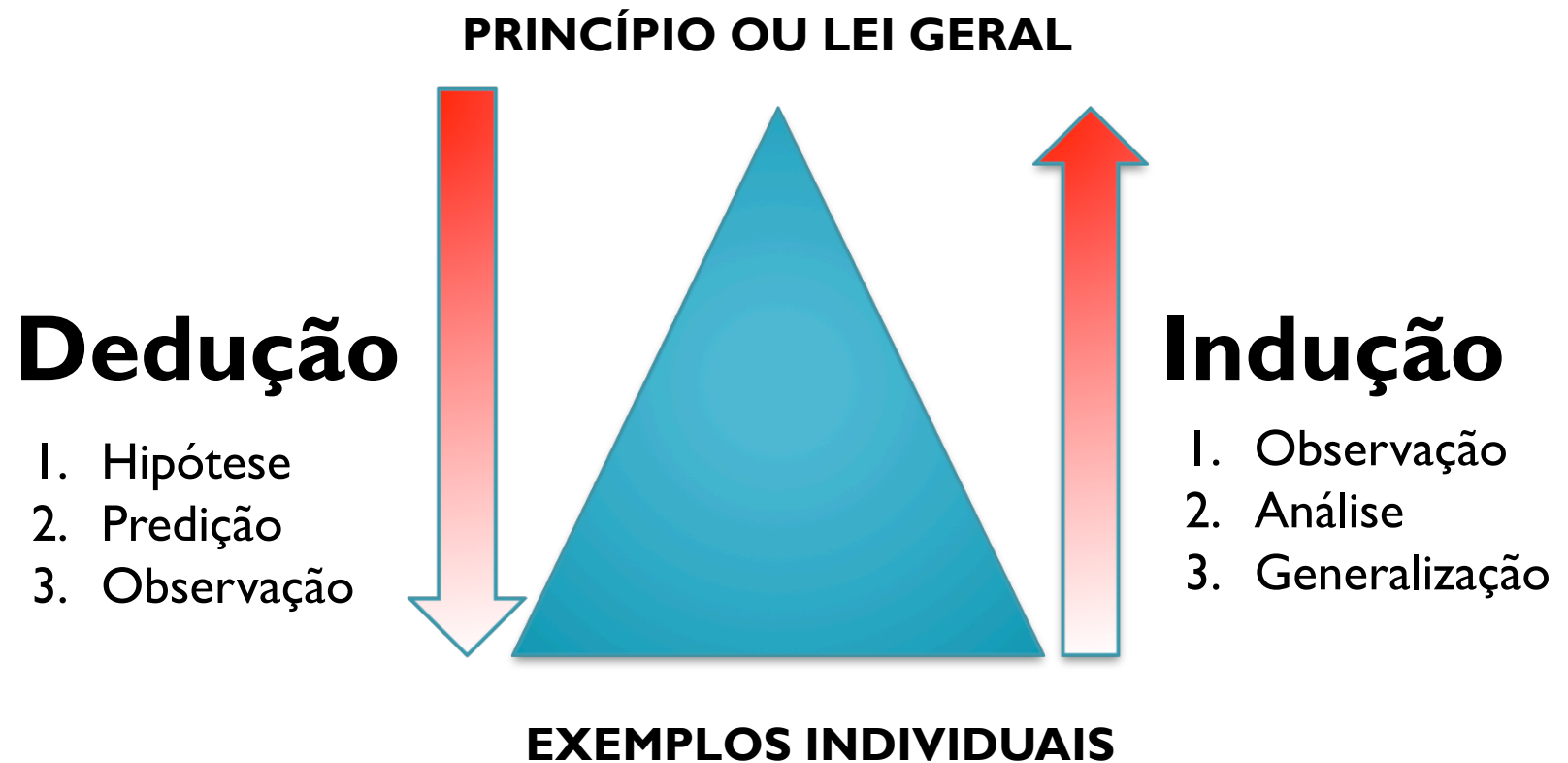
Como a ciência funciona – métodos

- **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

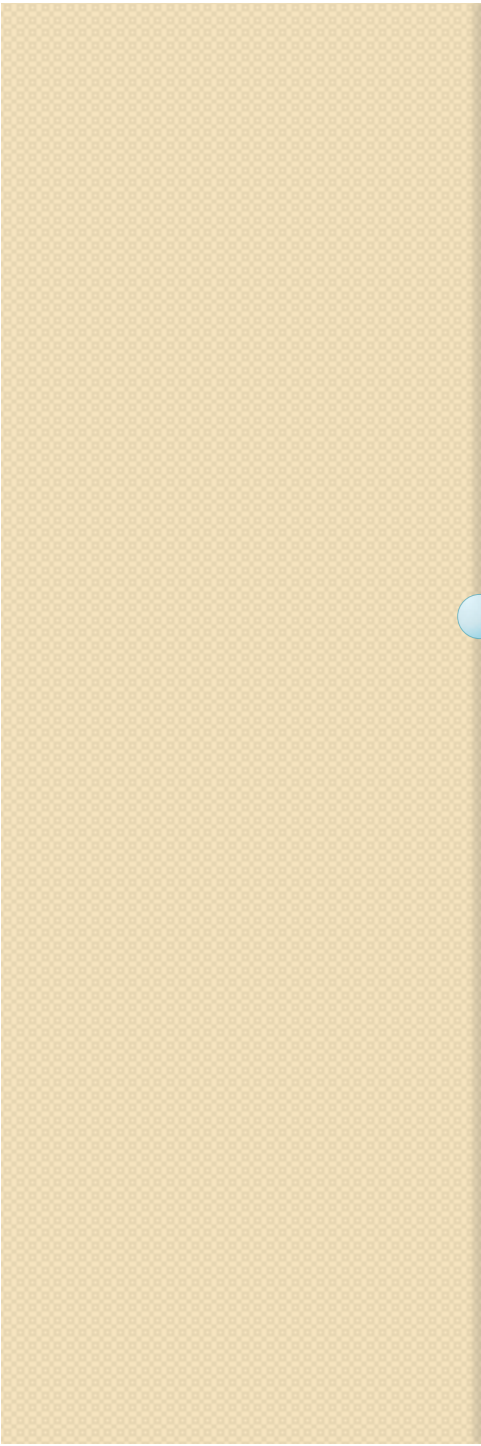


Refutação

- 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.**

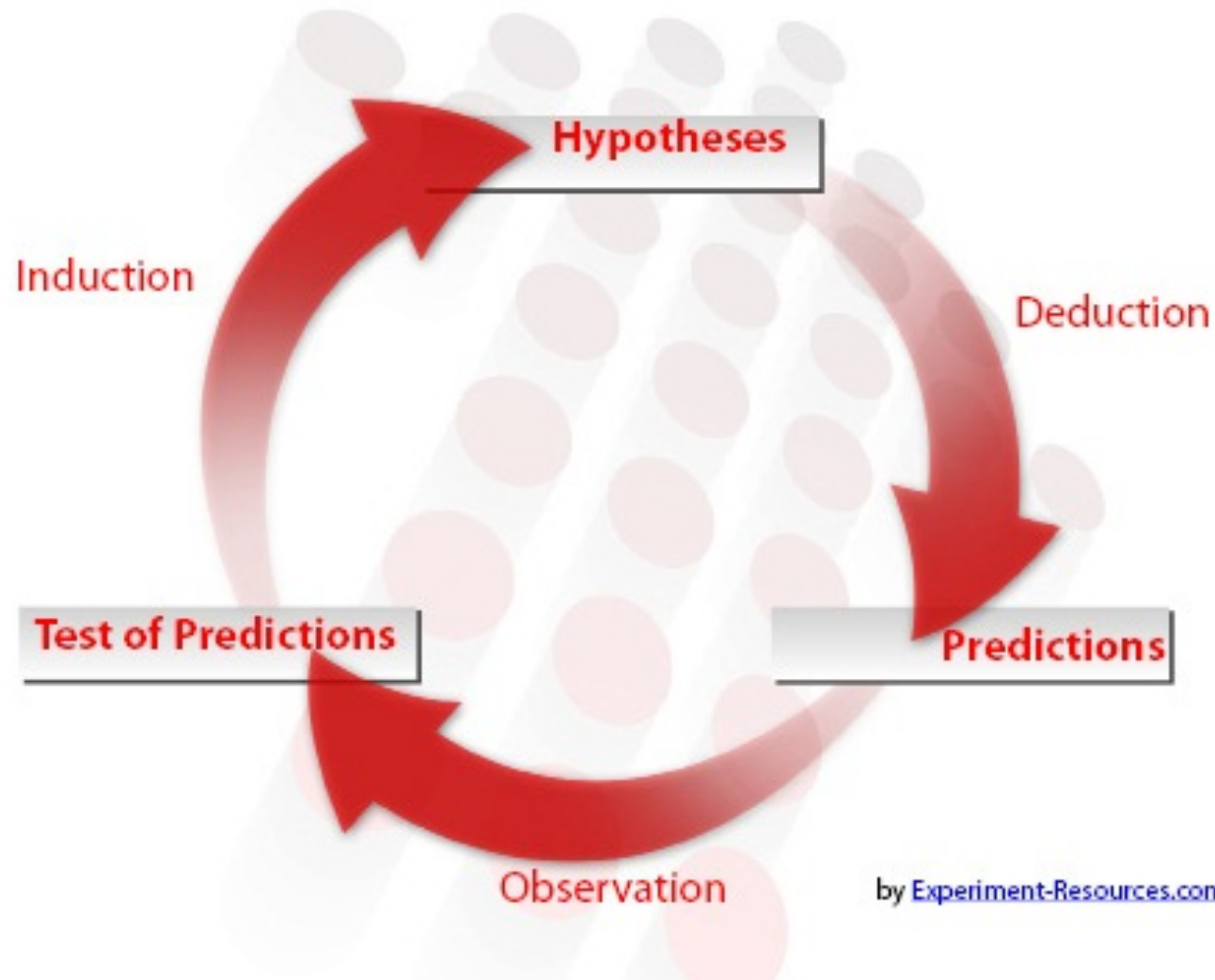
E assim funciona a ciência ...

- 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



4 reasons why Science is cool

1. Science tries to figure out how the world works.



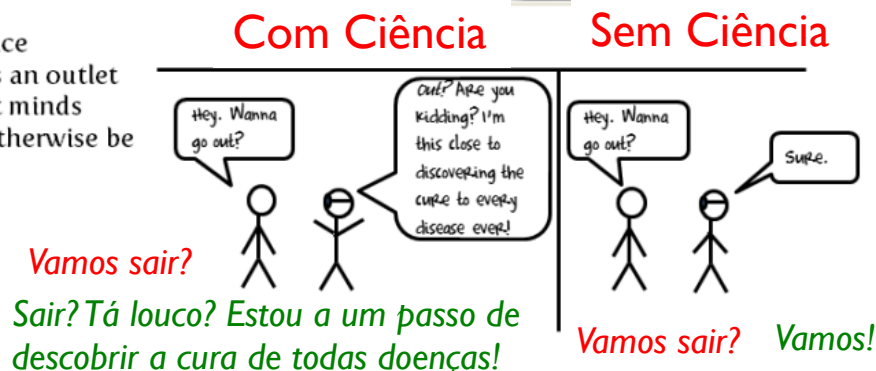
2. Science helps to alleviate our fear of the unknown.



3. Science helps us find ways to improve our quality of life.



4. Science provides an outlet for great minds who'd otherwise be wasted.



1. Tenta mostrar como o mundo funciona

2. Ajuda a amenizar nosso medo do desconhecido

3. Ajuda a achar meios de melhorar nossa qualidade de vida

4. Oferece um mercado para grandes mentes que de outra forma seriam desperdiçadas

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

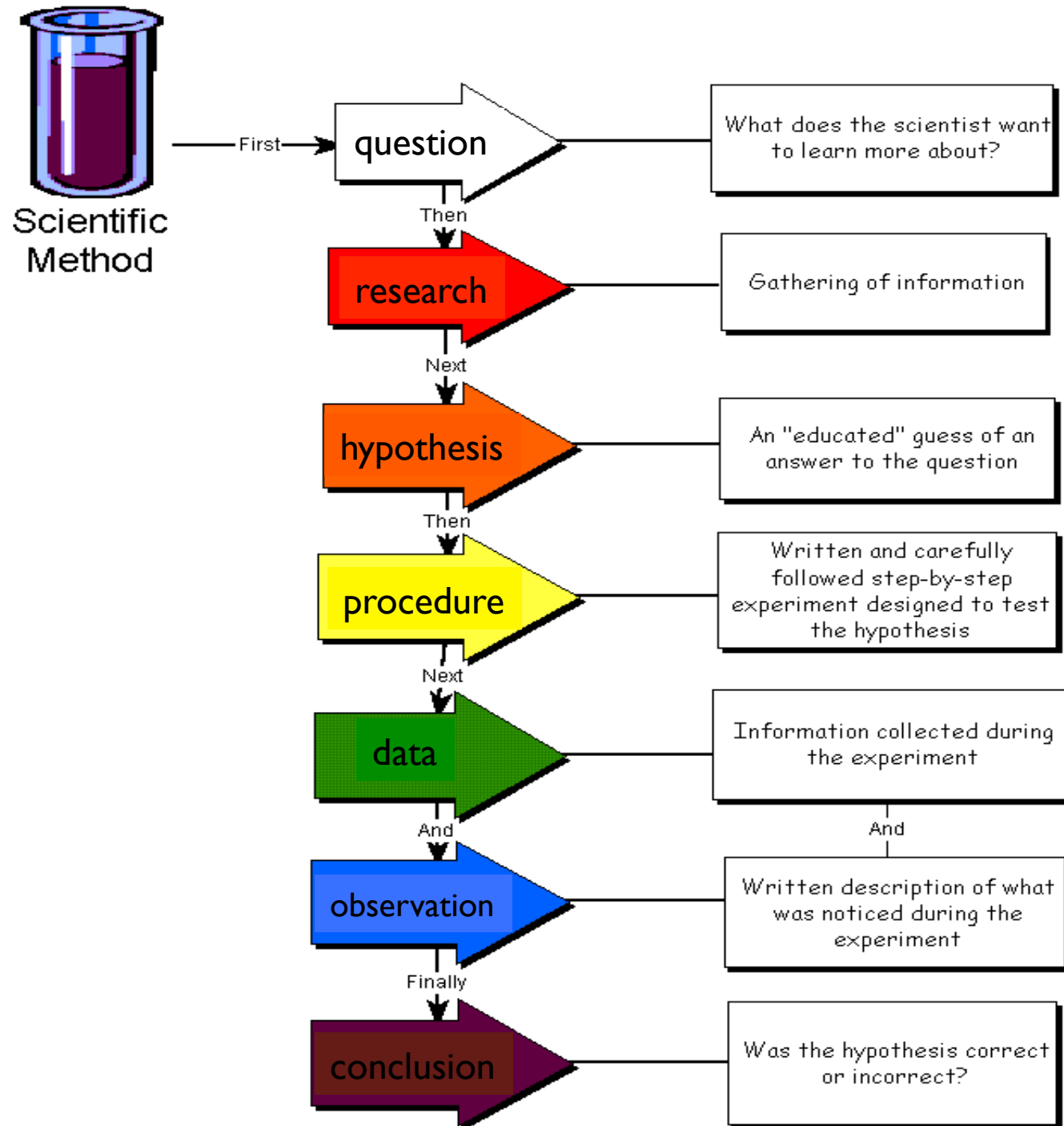


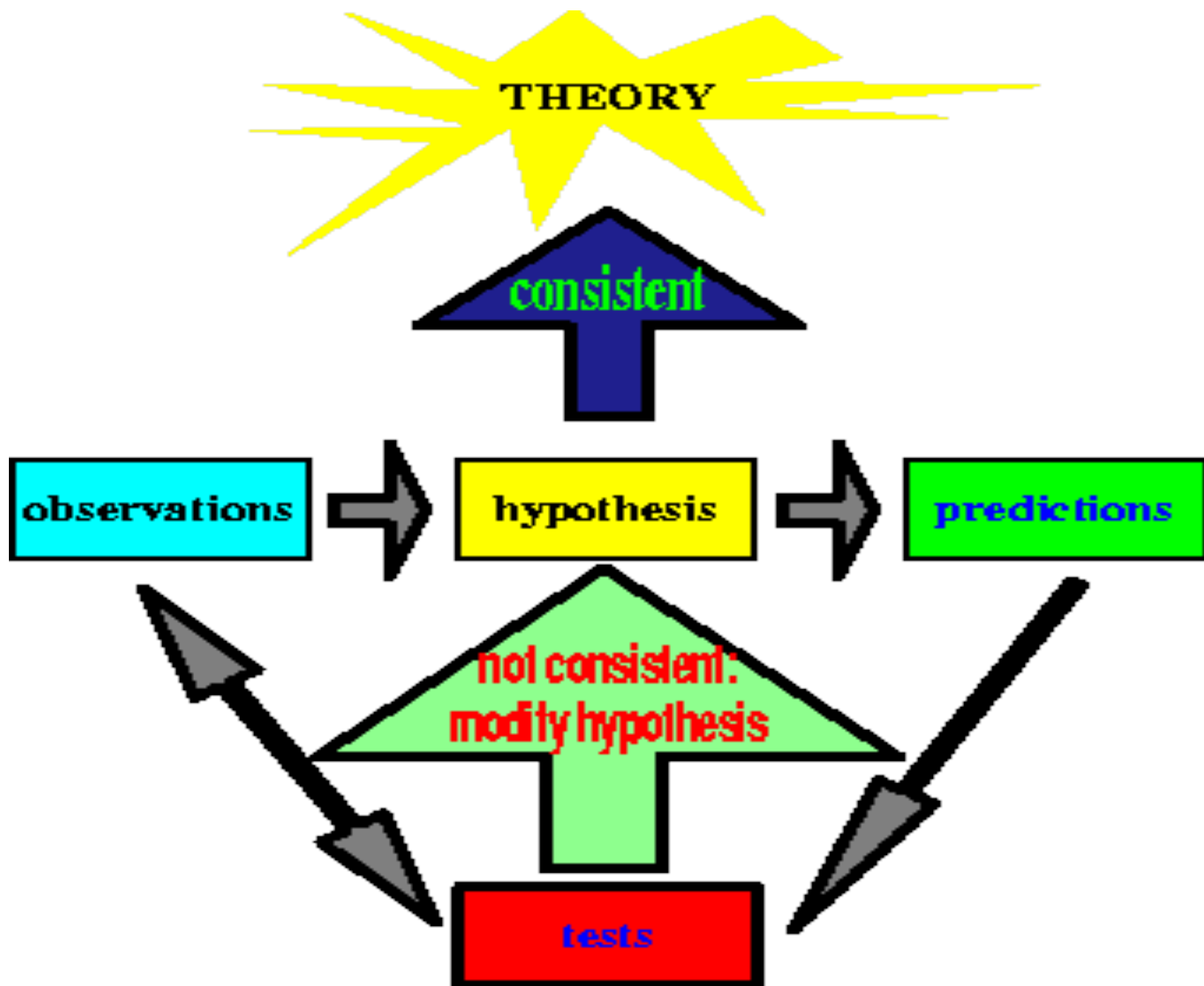
Ciência da Computação vs. Engenharia da Computação

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

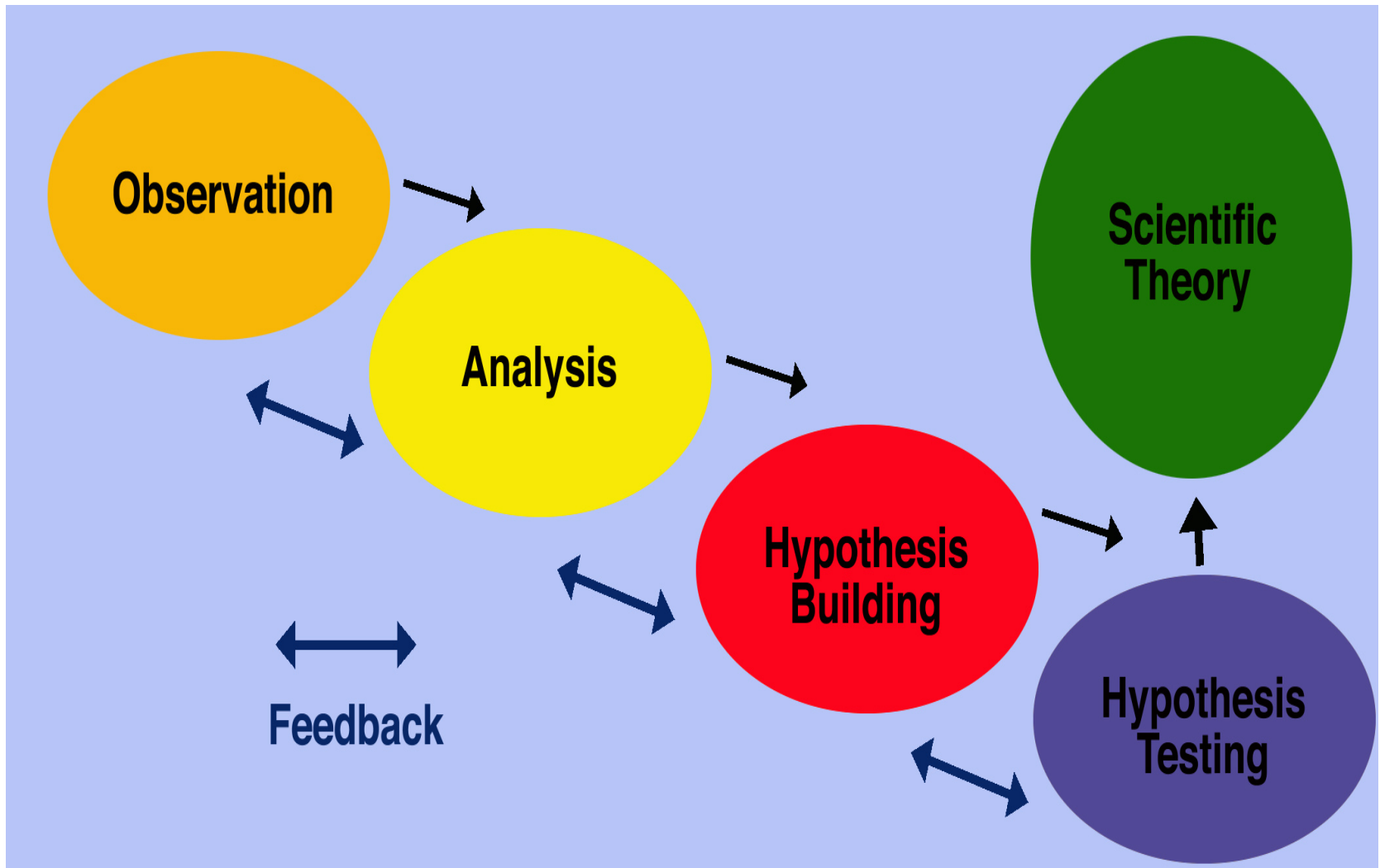


Método científico









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
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?

What's the problem?

You are an engineer

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

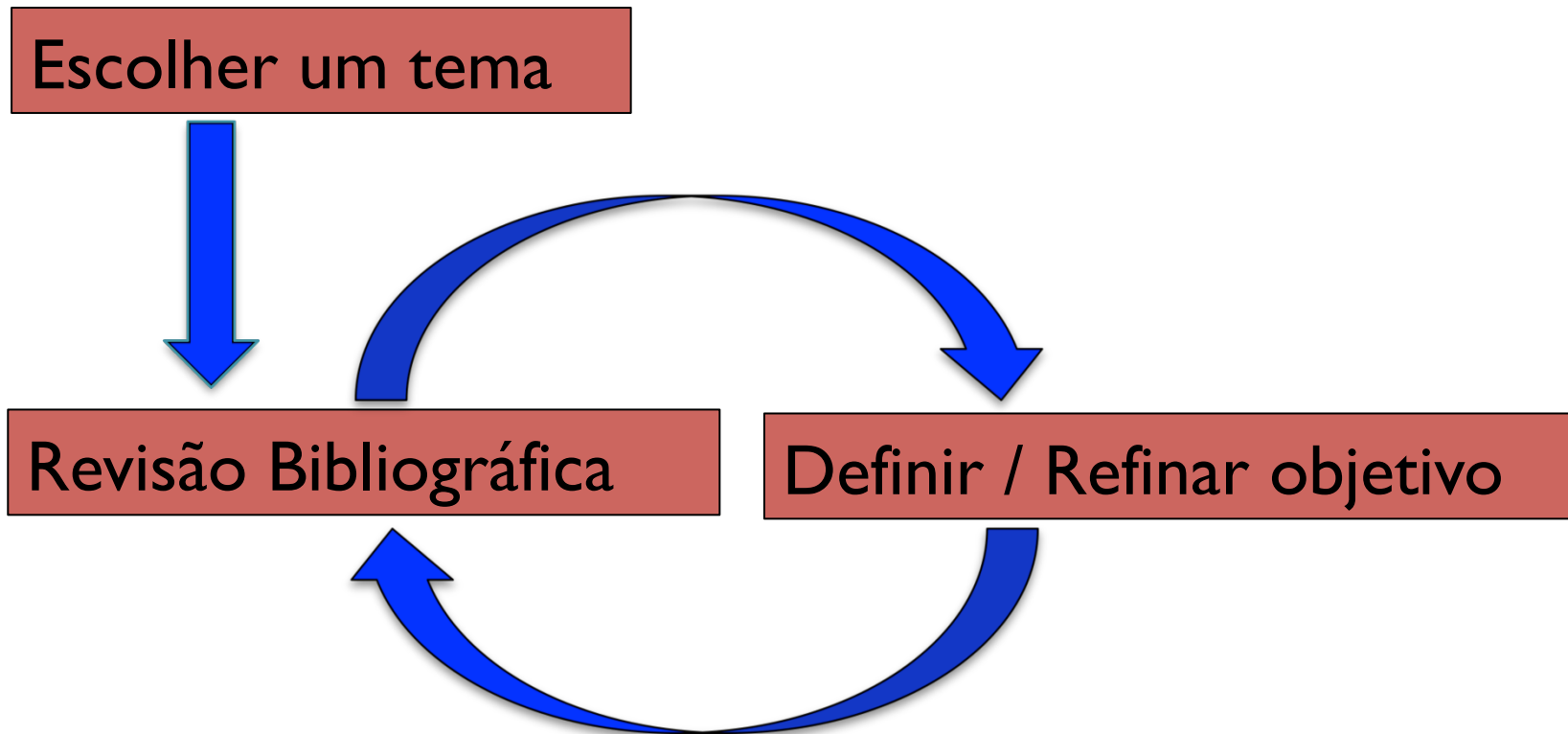
www.theworks.org

the **Works**
© 2011 The Works

Método científico vs. Projeto de Engenharia

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

A escolha de um objetivo de pesquisa / problema



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 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!



Requisitos (engenharia): 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 (engenharia): 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 (engenharia): 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 reprodutível!
- 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 (estatística)
- O que enfraquece sua confiança nos resultados (espírito crítico)?
- Discussões:
 - Relativas à literatura
 - Os objetivos e questões/problemas da pesquisa
 - Recomendações para pesquisas futuras

UNDER STRICT LABORATORY
CONDITIONS, RESEARCH CONCLUDES
THAT, IN SPITE OF BEING WATCHED,
POTS DO EVENTUALLY BOIL.





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



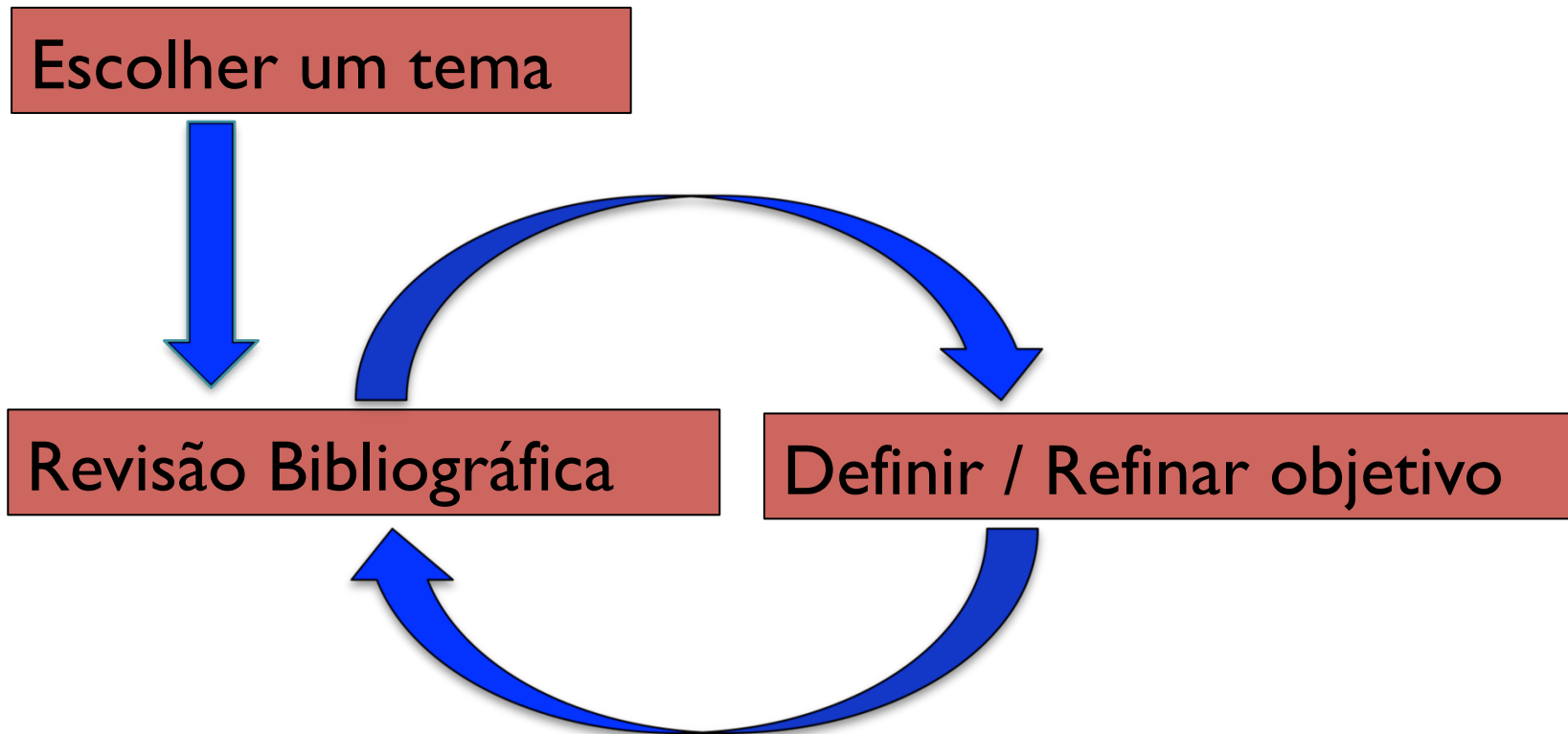
Parte II

Diretrizes para elaborar um Plano de Pesquisa

Plano de pesquisa: componentes

- Identificação
 - Título, autor, instituição, resumo, ...
- Contextualização do problema: área, aplicações, o quê exatamente é o problema
- Revisão da literatura: o que já existe e quais são os problemas das soluções existentes (“gap”)
- Objetivos / Hipótese: exatamente o quê fará
- Justificativas: por que este objetivo/hipótese é relevante, que benefícios trará, que contribuições dará
- Método
 - Resultados desejados e como irá mensurá-los
- Descrição das atividades e cronograma
- Referências bibliográficas

A escolha de um objetivo de pesquisa / problema



MOTIVAÇÃO × JUSTIFICATIVAS

- Segundo Wazlawick (2009):
 - Contextualização do problema trata da motivação e importância do tema
 - Justificativas se referem principalmente à hipótese de trabalho, que deve ter a sua escolha justificada.
- No entanto, muitos não concordam com essa visão!
 - Justificativa é a importância do tema.
- Converse com seu orientador.
- Defina a sua interpretação e justifique claramente perante a banca, se necessário.

Exemplo

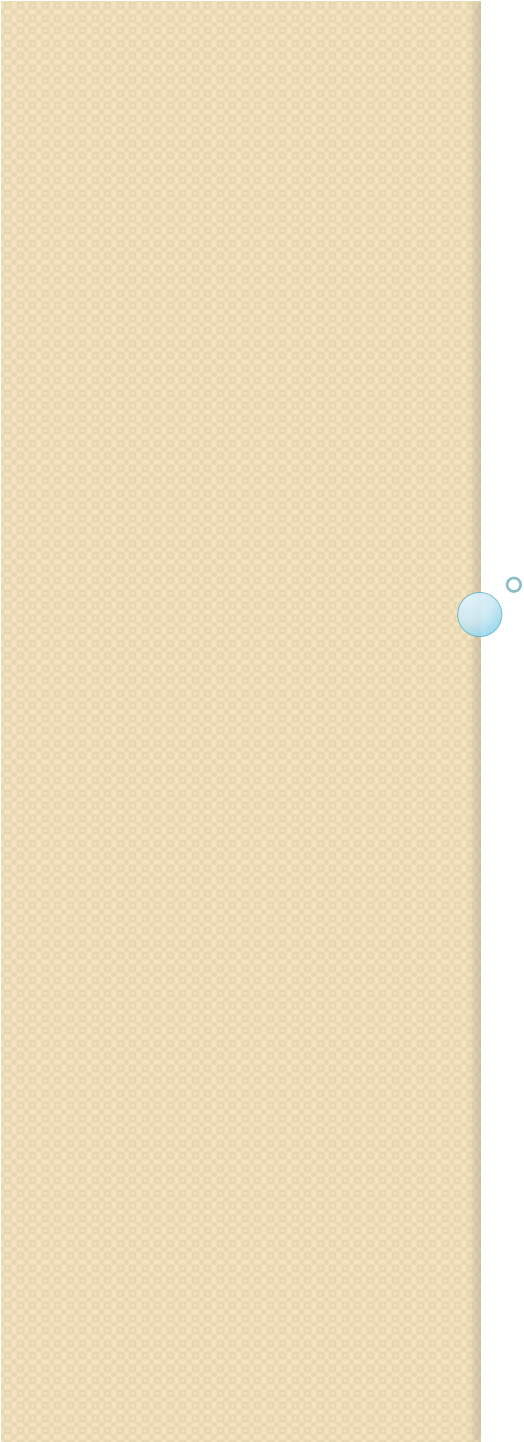
- **Tema:** compactação de texto
- **Objetivo da pesquisa:** obter um algoritmo com maior grau de compactação que os algoritmos comerciais e da literatura.
- **Hipótese de pesquisa:** utilizar determinado modelo de redes neurais para realizar a compactação.
- **Justificativa:** deverá se concentrar em apresentar evidências de que o modelo de RN escolhido poderá produzir resultados melhores do que os algoritmos existentes.

ORGANIZAÇÃO DO PLANO DE PESQUISA

- Componentes devem estar contidos no plano!
 - Porém, podem existir variações na organização e apresentação.
- FAPESP recomenda estrutura própria!
 - <http://www.fapesp.br/253>
 - máx 20 pgs, espaço 1,5 e tipo equiv. Times New Roman 12
 - Folhas de rosto com título, nome do Aluno e Orientador, Mestrado/Doutorado, Instituição Sede e resumo de 20 linhas
 - Enunciado do problema
 - Resultados esperados
 - **Desafios científicos e tecnológicos e os meios e métodos para superá-los**
 - Cronograma de execução do projeto
 - Disseminação e avaliação dos resultados
 - Referências

PLANO DE PESQUISA E QUALIFICAÇÃO

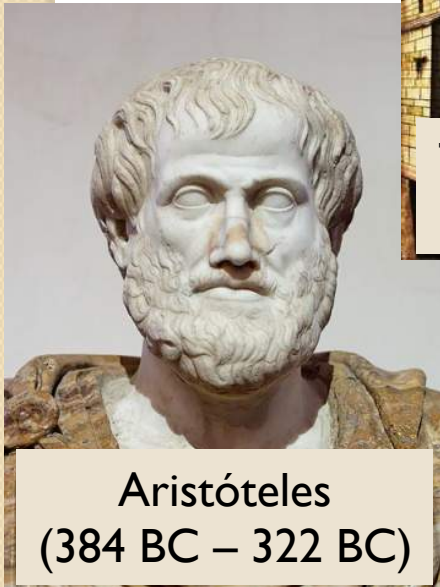
- Exame de qualificação (Regulamento do PPGEE -D.O.E: 16/10/2014)
 - **VIII.7** O Exame de Qualificação consistirá de uma monografia e uma exposição oral sobre o **projeto de pesquisa**, bem como da análise do histórico escolar.
 - **VIII.8** A monografia deverá ser entregue na secretaria do PPGEE em três cópias ou em arquivo eletrônico em formato eletrônico, do tipo PDF, pelo menos 15 (quinze) dias antes da data de realização do Exame de Qualificação.
 - **VIII.9** A exposição oral, em sessão pública, terá **duração mínima de vinte e máxima de quarenta minutos**, sendo seguida de arguição pela Comissão Examinadora.



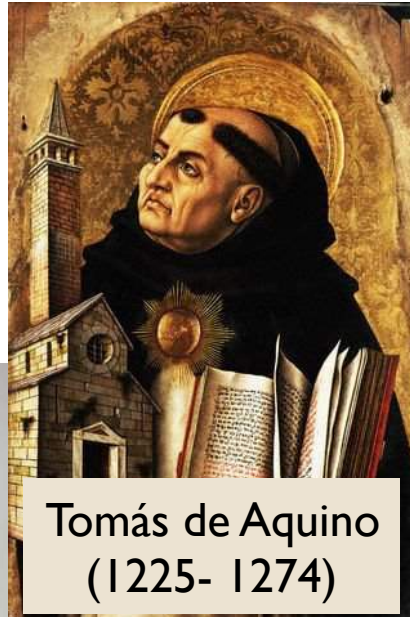
Parte III

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



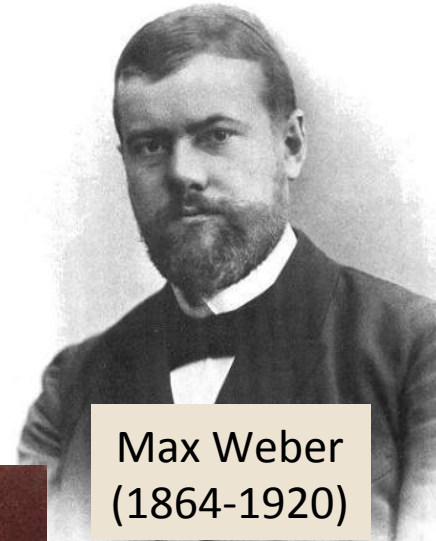
Aristóteles
(384 BC – 322 BC)



Tomás de Aquino
(1225- 1274)



Spinoza
(1632-1677)

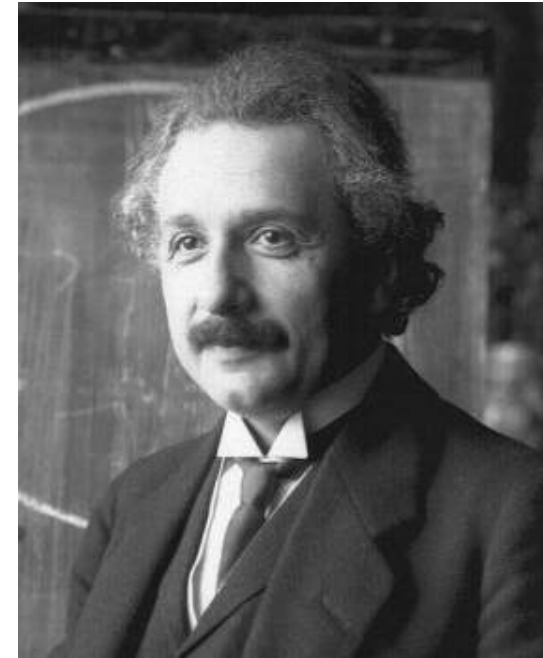


Max Weber
(1864-1920)

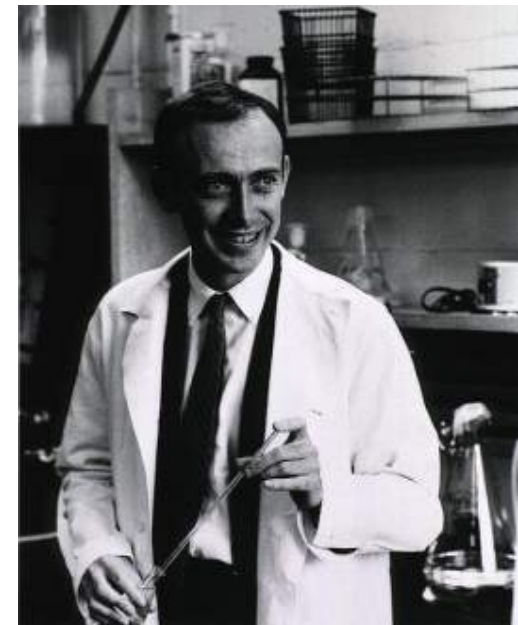


Comte-Sponville
(1952 –)

Ética na Pesquisa Científica



Conjunto de
práticas de ação
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



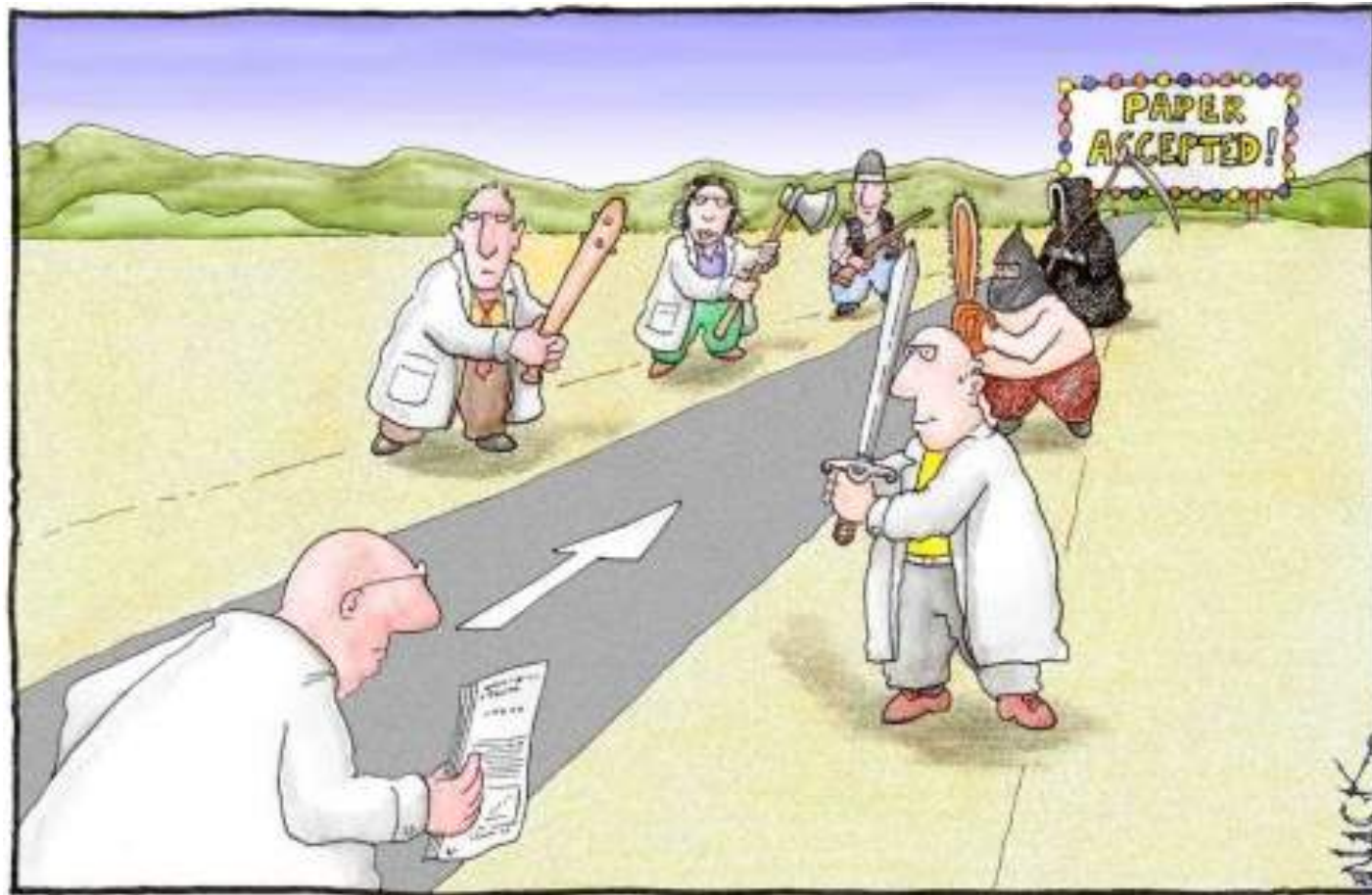
Ética da comunidade científica: **prática**

Frequência: número de artigos publicados por ano

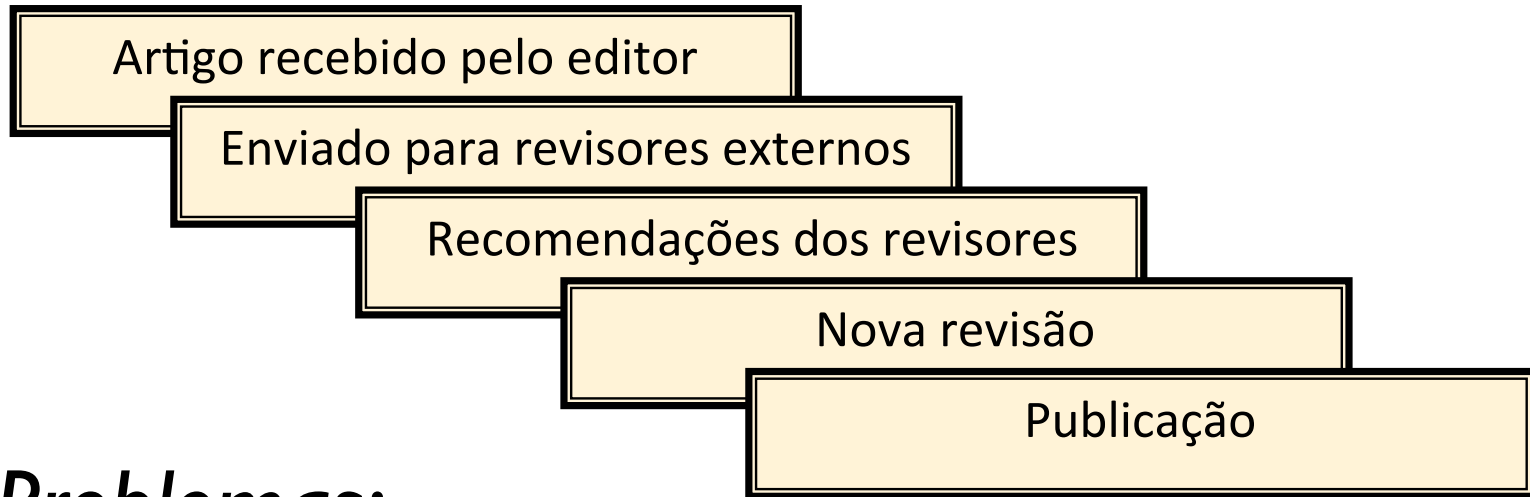
Impacto: número de citações por artigo

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 sul

Publish or perish?

Revistas de alto impacto geram prestígio...



**Pesquisadores vivem
sob pressão**



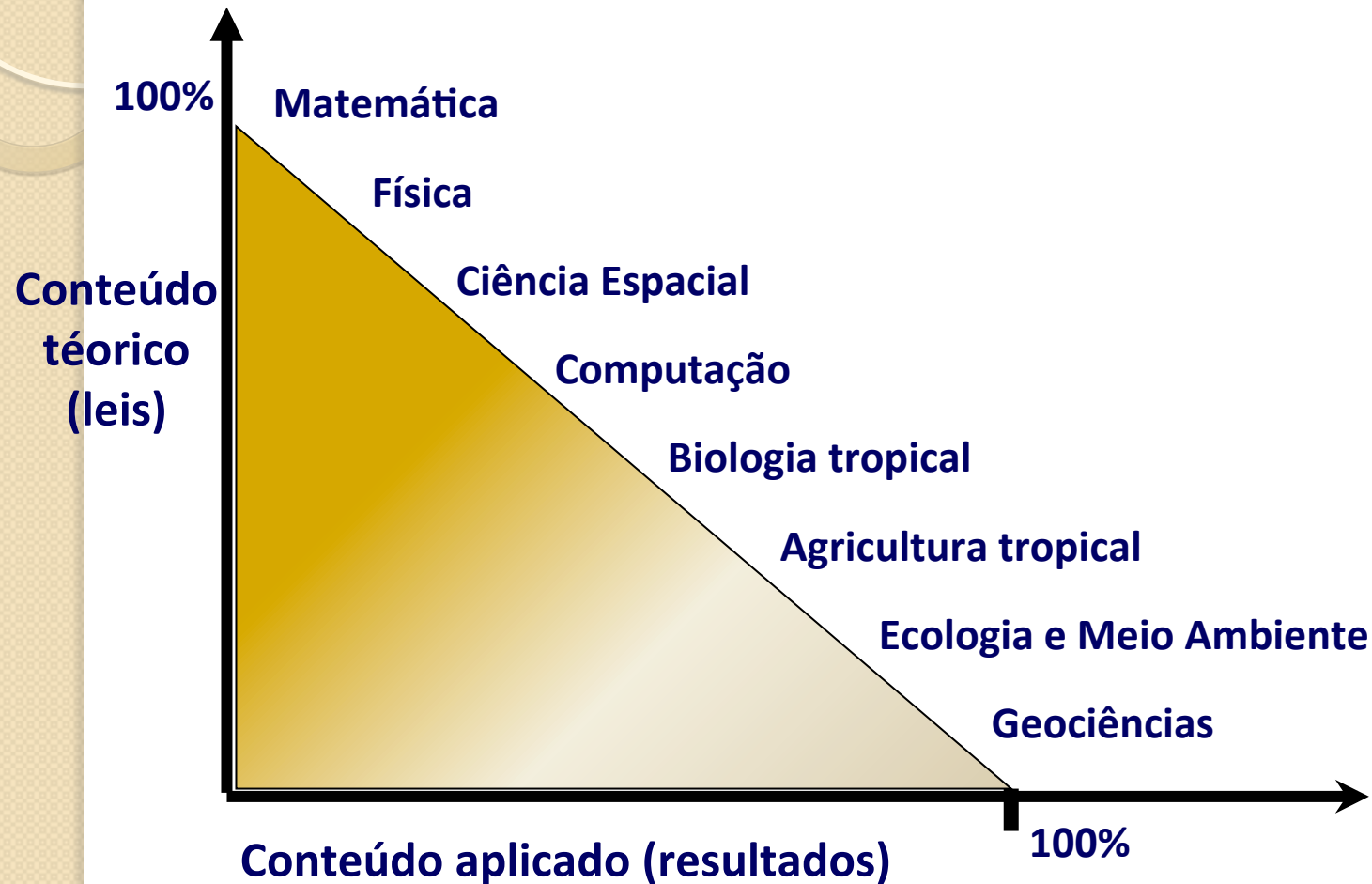
Paradoxo

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

mas.....

- Prestígio científico mantém o modelo medieval (individual)

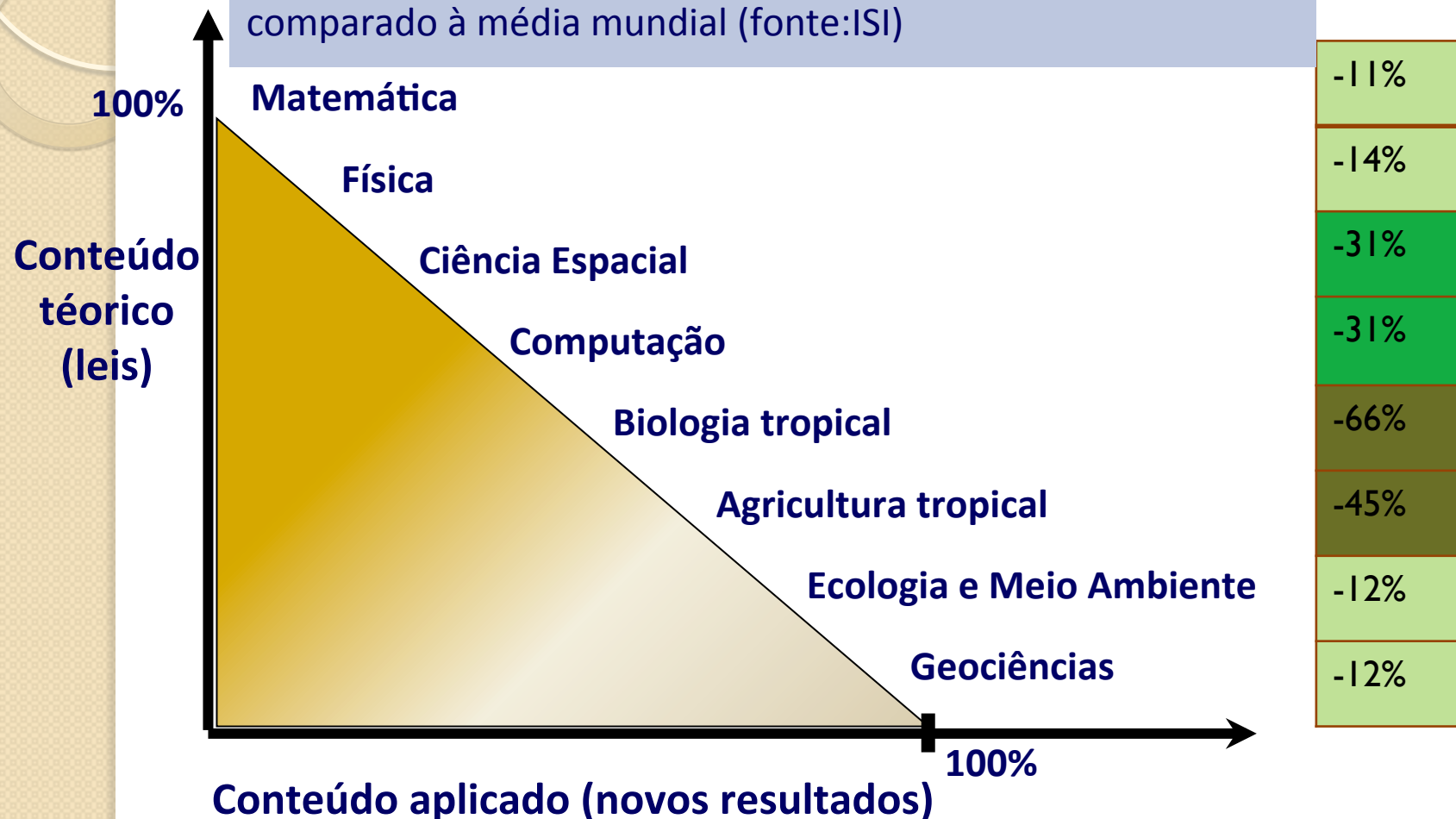
Ciência no Sul



Ciência do Sul: percentual relativo típico entre teoria e aplicações

Ciência no Sul

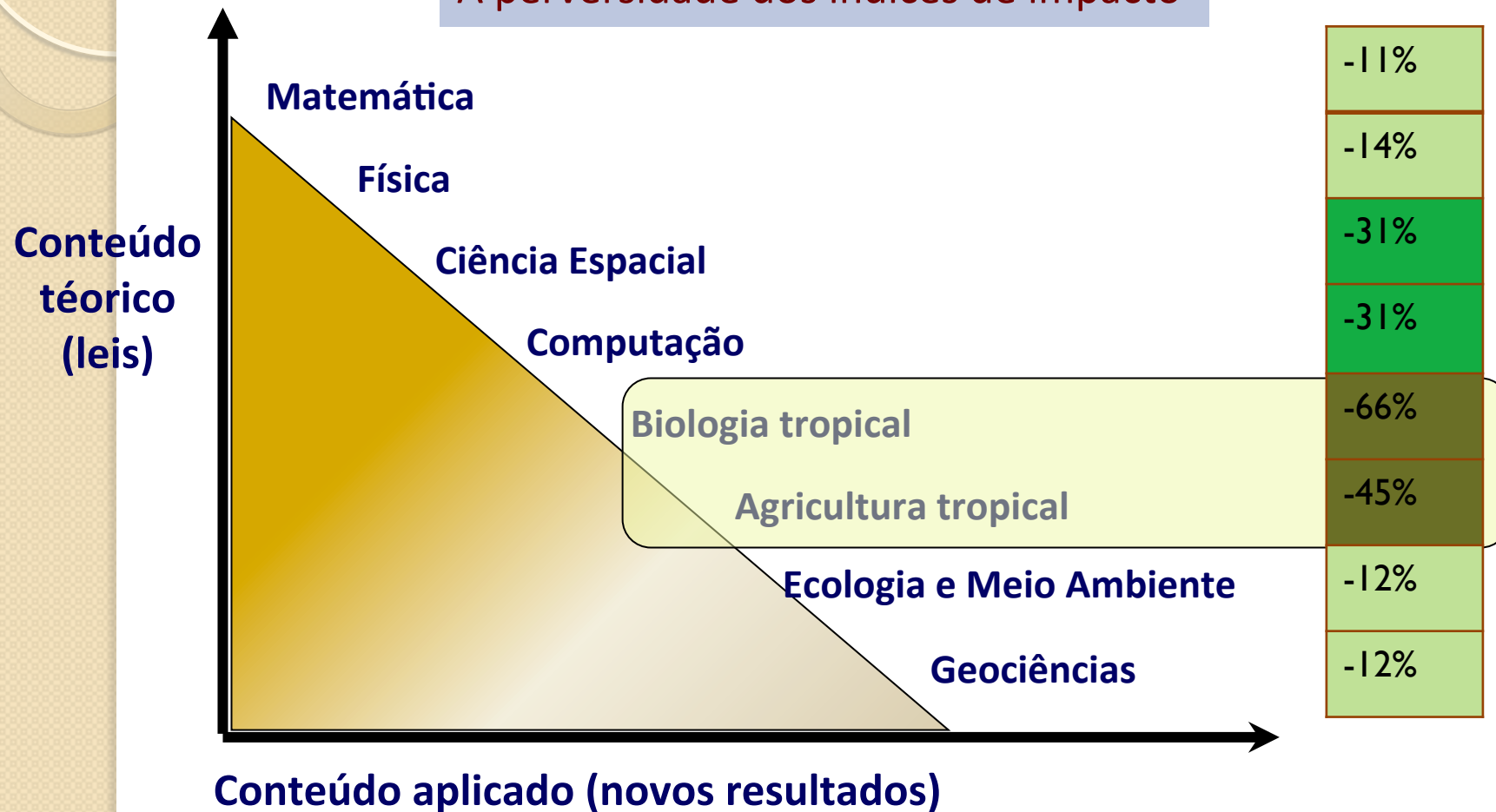
Impacto relativo dos papers da Ciência Brasileira (2003-2007)
comparado à média mundial (fonte: ISI)



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?

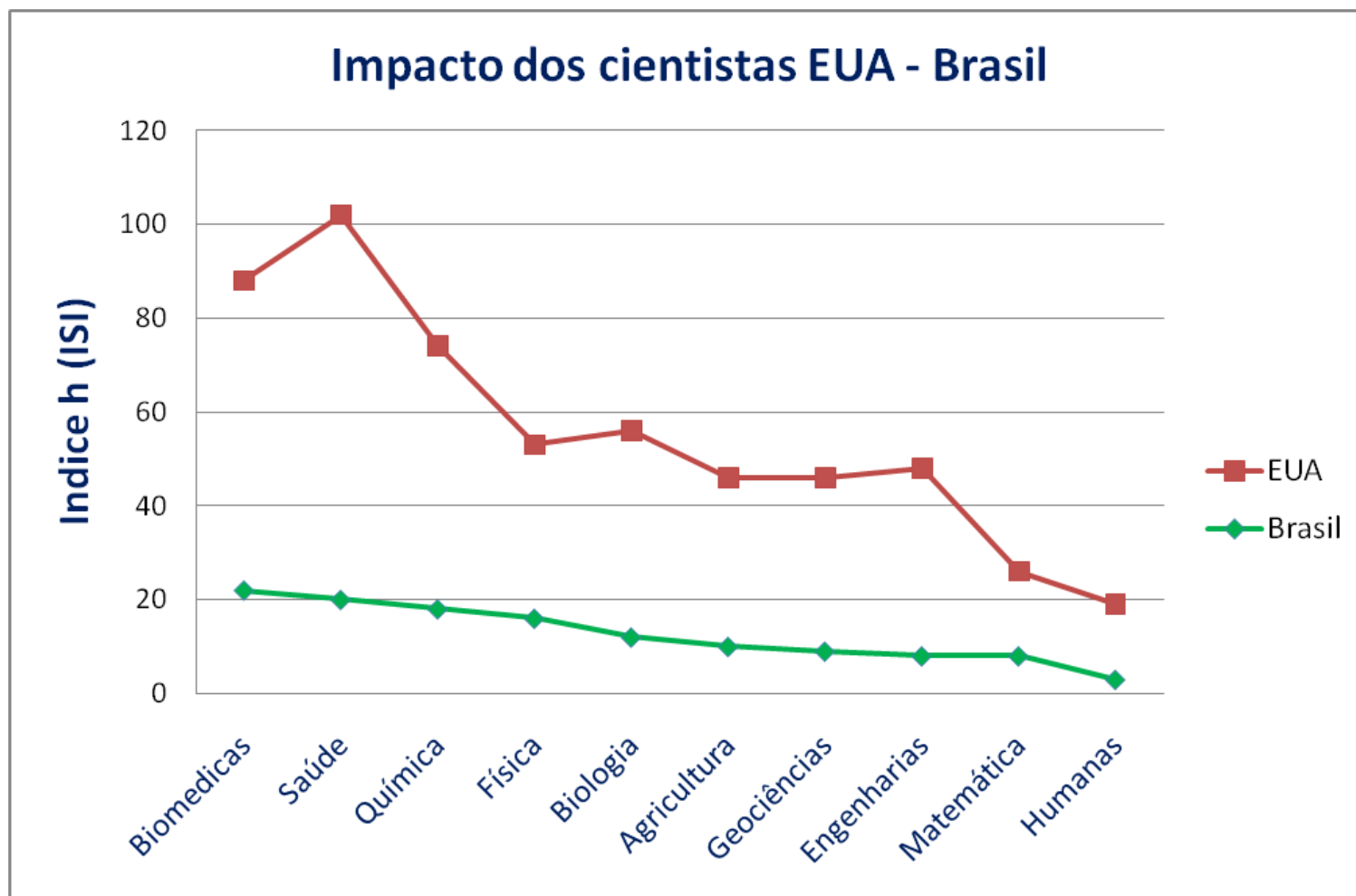
	Número de artigos	Percentagem
Autores intern.	209	85%
Só brasileiros	39	15%
Total	248	

Conclusão:

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.

Farejador de Plágios – www.farejadordeplagio.com.br/
Copyscape – 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: 2 páginas, incluindo os pontos principais de uma revisão – entrega no e-disciplinas (moodle)
- Submeter seu plano de pesquisa, seguindo modelo disponível no moodle.
 - Envio pelo EasyChair