



# **Métodos Experimentais**

**Prof. Dr. Renato L. Novais  
2016**

**Material compilado a partir do material de aula  
do Prof. Dr. Manoel Mendonça**



# Motivação



# O Que é Ciência da Computação?

é a ciência que estuda as técnicas, metodologias e instrumentos computacionais, que automatiza processos e desenvolve soluções baseadas no uso do processamento digital.

*retirado do Wikipedia*

# Algumas Necessidades Fundamentais em Ciência da computação ...

- Adotar novas tecnologias
- Testar se uma nova tecnologia é útil para você
- Avaliar o impacto de uma tecnologia no seu negócio





# Abordagens que Podem Ser Adotadas

- Perguntar a um perito
- Pesquisar na literatura
- Seguir a prática da indústria
- Fazer um piloto
- Pedir para sair e arrumar outro trabalho menos complicado
  
- SER EXPERIMENTAL
  - Fazer uma revisão sistemática
  - Fazer um levantamento de campo (*survey*)
  - Fazer um estudo de caso
  - Fazer um experimento controlado



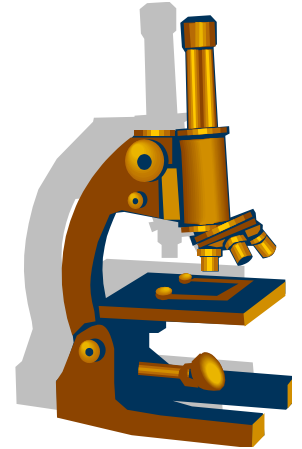
# Em outras palavras

- Você acredita no que outros falam ...
- Ou toma uma abordagem científica para engenharia de software...

# Abordagem Científica

## *processo*

1. Quais são as suas metas e qual é a sua situação?
2. Existe evidência na literatura e/ou na indústria e como esta evidência se aplica a SUA situação?
3. Se não existe evidência suficiente, que tipo de avaliação experimental você deve fazer?

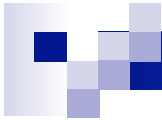




O Uso da abordagem científica para o desenvolvimento, evolução de tecnologias computacionais **pode ser alcançado** através de

## Métodos Experimentais





# Natureza do Software

- **Software é desenvolvimento** e não produção
  - As fábricas de software quebram um pouco este paradigma
- A maioria das tecnologias são **intensivamente humanas**;
- **Software, domínio, e culturas variam muito**. Nem todo software é o mesmo.
  - Existem um número enorme de variáveis envolvidas;
  - Seus efeitos são mal compreendidos e modelados;
- **Atualmente:**
  - Existem poucos modelos
  - Existe pouca compreensão dos limites de tecnologias
  - Existe pouca análise e experimentação controlada



# Paradigmas de Pesquisa em CC

## ■ Paradigma Analítico

- Baseado em matemática
- Propõe uma teoria formal ou um conjunto de axiomas
- Deriva matematicamente um conjunto de resultados
- Está no cerne da ciência da computação e expõe a herança matemática de nossa área

## ■ Paradigma Experimental

- Observa o mundo ou soluções existentes;
- Propõe um modelo de comportamento ou solução melhor;
- Mede e analisa modelo experimentalmente
- Valida (ou refuta) hipóteses e modelo
- Repete o processo para evoluir o conhecimento



# O Quê o Paradigma Experimental Envolve

- Observação
- Projeto experimental
- Coleta de dados
- Análise qualitativa ou quantitativa
- Avaliação do processo e produtos sendo estudados



# Análise Qualitativa x Análise Quantitativa

## ■ Análise Quantitativa

- Medição controlada (normalmente intrusiva)
- Objetiva
- Orientada à Verificação

## ■ Análise Qualitativa

- Observação naturalística (normalmente não intrusiva)
- Entrevistas e questionários (normalmente intrusivas)
- Subjetiva
- Orientada à descoberta



# Tipos de Estudos experimentais

Um estudo é o ato de descobrir algo desconhecido ou de testar uma hipótese, pode incluir todos os tipos de análise quantitativa e qualitativa.

## ■ Estudos Experimentais

- Voltado ao teste de hipóteses, geralmente quantitativos
- Experimento controlados, quasi-experimentos, ou estudos pilotos

## ■ Estudos Observacionais

- Voltado à compreensão e descoberta geralmente são mais qualitativos que quantitativos
- Pesquisa qualitativa ou semi-qualitativa, entrevistas e levantamentos



# Duas Questões a Serem Respondidas

- O quê estamos estudando e por que estamos estudando ?
  - Estudos de fatores humanos
  - Estudos de projetos e produtos
  - Métodos e técnicas
  - Estudos da organização e processos
- Qual o tipo e as características do estudo experimental ?
  - Estudos In Vivo
  - Estudos in Vitro
  - Estudos in Virtuo e in Silico



# Tipos de Estudo Experimentais

## ■ In Vivo

- Envolve pessoas no seu próprio ambiente de trabalho em condições realistas de trabalho

## ■ In Vitro

- Realizado em condições controladas tais como em um laboratório ou um grupo fechado

## ■ In Virtuo

- Realizado em condições controladas onde os participantes interagem com modelos computacionais da realidade (simuladores)

## ■ In Silico

- Participantes e o mundo real são descritos por modelos computacionais (dinâmica de sistemas)



# Definindo o que Vai se Estudar

- **Qual o objeto de estudo**
  - O quê será estudado: um processo, um produto, um modelo ?
- **Qual finalidade do estudo**
  - Caracterizar (o quê está acontecendo?);
  - Avaliar (é bom?);
  - Predizer (posso estimar seu comportamento futuro?);
  - Controlar (posso manipular eventos e situações?);
  - Melhorar (posso melhorar eventos e situações?)
- **Qual o foco**
  - Quais aspectos e variáveis do objeto de estudo são de meu interesse ?
- **Qual a perspectiva**
  - Quais grupos de pessoas estão interessadas no estudo ?





# **Definindo o Tipo de Estudo Experimental**



## Comece com o Objetivo

- O que você quer investigar e porque você quer investigar?

Exemplo: Avaliar se o método de projeto XYZ produz resultados melhores que o método ABC

Finalidade: Testar se os dados que você vai coletar confirmarão ou refutarão a hipótese



# Escolhendo a Abordagem de Pesquisa

- **Levantamento de Campo (Survey)** **Estudo Primário**
  - Trabalho de campo de levantamento de opinião de várias pessoas (caracterizando o universo consultado)
- **Estudo de caso** **Estudo Primário**
  - Aplicação do objeto de estudo em um pequeno número de casos (caracterizando o ambiente de aplicação)
- **Pesquisa Ação** **Estudo Primário**
  - Aplicação do objeto de estudo em um pequeno número de casos (caracterizando o ambiente de aplicação)
  - Todavia o objeto de estudo também estará sendo desenvolvido, adaptado, ou evoluído durante o estudo
- **Experimento Controlado** **Estudo Primário**
  - Aplicação do objeto de estudo e do tratamento de controle em vários casos sob condições fortemente controladas
- **Revisão ou Mapeamento Sistemático** **Estudo Secundário**
  - Sintetizar a evidência, identificando, avaliando e interpretando todas pesquisas disponíveis em relação a uma questão específica



# Defina Hipóteses em Termos Quantitativos

## Defina hipóteses em termos quantitativos

- Em vez de: Avaliar se o método de projeto XYZ produz resultados melhores que o método ABC
- Defina algo do tipo: O código produzido pelo método XYZ produz um menor número de defeitos por milhares de linhas de código fonte que o método ABC

## Defina a relação entre conceitos e medidas

- No exemplo anterior nós queremos medir qualidade e estamos usando número de defeitos para isto. Esta relação entre o que se quer e o que se mede deve ser documentado, e as vezes explicitado em modelos de relacionamento.



# Identifique Seu Controle Sobre Variáveis

- Que outras variáveis podem afetar a variável sendo avaliada
  - Variável dependente: número de defeitos por milhares de linhas de código
  - Variáveis de estado: experiência do projetista com o método, experiência em projeto, tipo do sistema
- Determine quanto controle você têm sobre estas variáveis
  - Se você está coletando informação **depois** do fato e não tem nenhum controle – então você irá usar um **survey**;
  - Se você está coletando informação **enquanto** o desenvolvimento e manutenção está acontecendo, mas não tem controle básico sobre variáveis comportamentais – então você irá fazer um **estudo de caso**;
  - Se o seu objeto de análise **estiver sendo evoluído** – então você irá fazer uma **pesquisa ação**;
  - Se você tem **controle** sobre a maioria das **variáveis** e controle sobre os **participantes** – você pode fazer um **experimento controlado**.



# Exemplo

- Suponha que você está avaliando o efeito de um método de projeto sobre a qualidade do software resultante
  - Se você **não tem controle** sobre quem está usando qual método, então você usa um **estudo de caso** para documentar os resultados;
  - Se você **pode controlar** quem usa cada método, quando e como estes métodos são usados, então você pode fazer um **experimento controlado**.



## Experimentos *in-vivo* x *in-vitro*

- Experimentos *in-vitro* são feitos em laboratórios simulando a forma que eles aconteceriam no mundo real;
- Experimentos *in-vivo* são feitos no mundo real e monitorados à medida em que o uso do objeto de estudo realmente ocorre;
- Em engenharia de software, normalmente experimento controlados são feitos *in-vitro* e estudos de caso são feitos *in-vivo*.

# Fatores a se Considerar

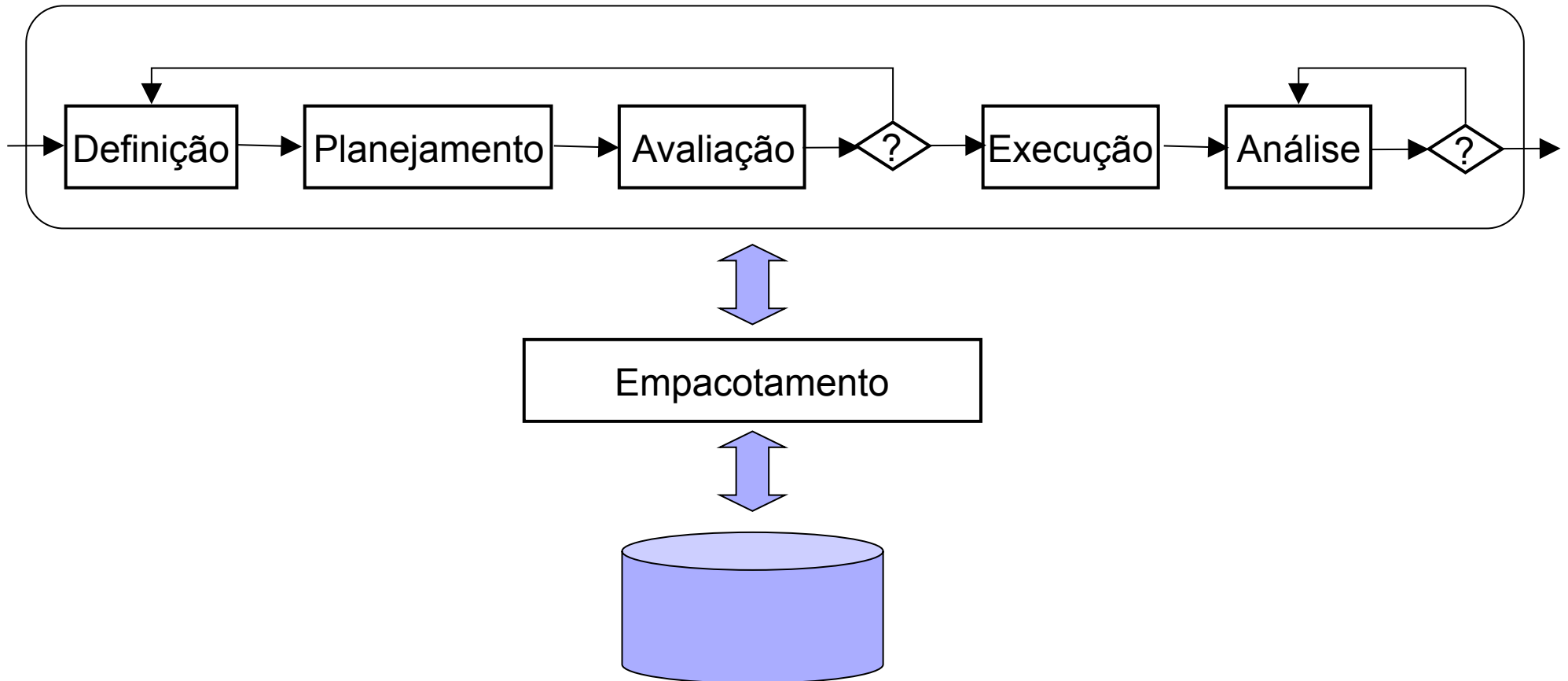
Fator	Experimentos	Estudos de Caso	Survey
Nível de Controle	Alto	Baixo	Baixo
Dificuldade de Controle	Alto	Médio	Médio
Facilidade de Replicação	Alto	Baixo	Alta
Custo de Execução	Alto (in-vivo) Médio (in-vitro)	Médio	Baixo Médio
Riscos à validade	Baixo (in-vivo) Médio (in-vitro)	Médio	Baixo Médio



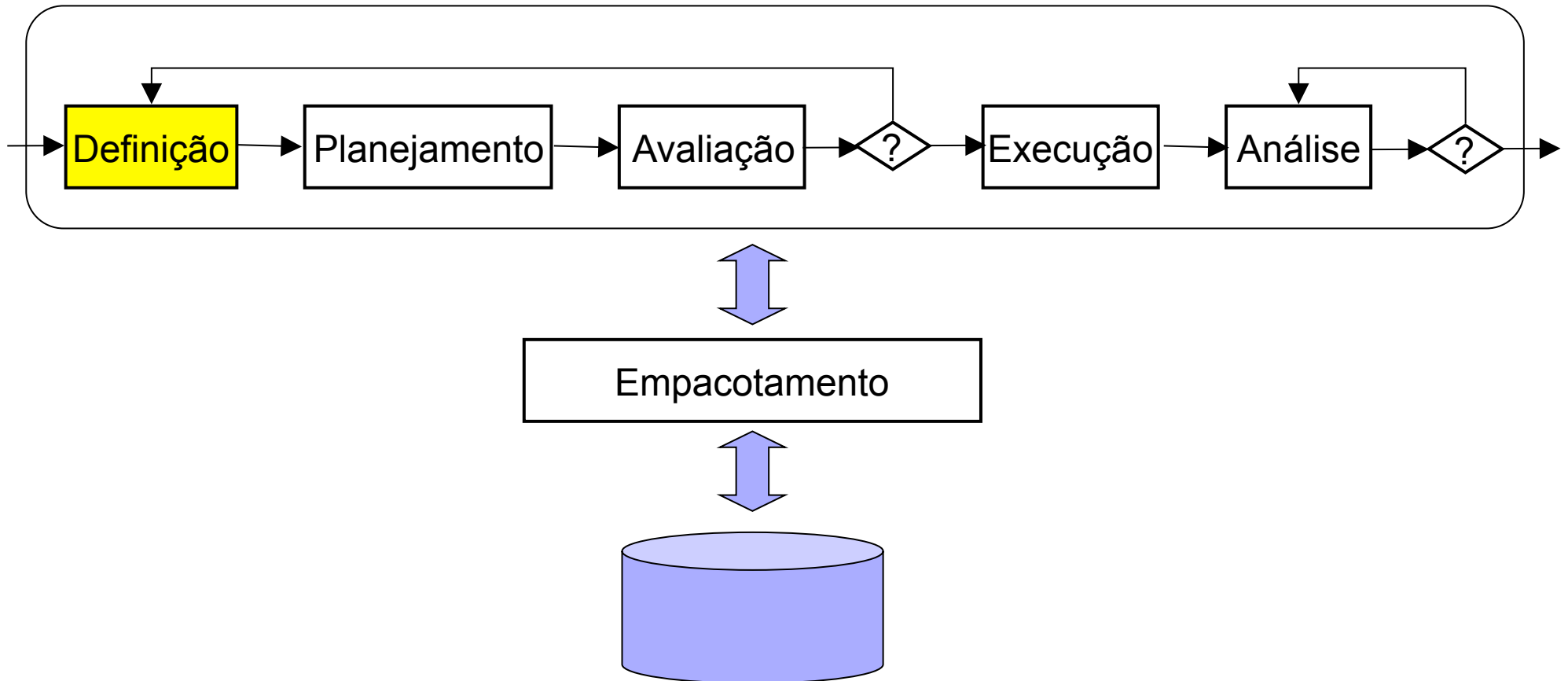


# Definindo um Estudo Experimental

# Processo de Experimentação



# Processo de Experimentação



# Definição (1)

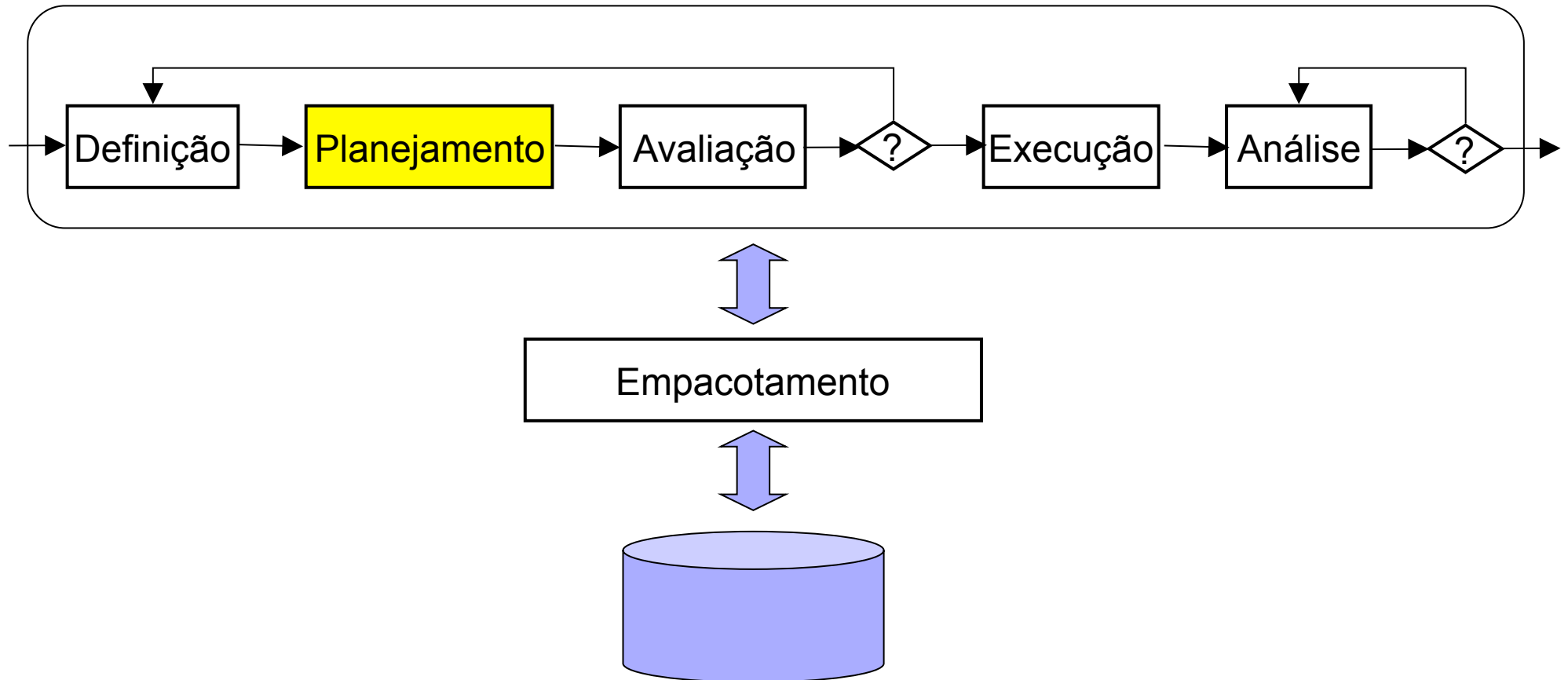
- Defina os Objetivos do seu estudo
  - Sobre o **quê** você quer aprender, qual o **objeto de análise**, quais aspectos de interesse, qual a **finalidade do estudo**, sob qual **ponto de vista** e em que **contexto** o estudo será feito.
- Traduza seu Objeto em hipóteses formais
  - **Hipótese nula**: não existe diferença entre tratamentos.
    - Exemplo: não existe diferença entre a qualidade do código produzido pelas técnicas de projeto XYZ e ABC.
  - **Hipótese alternativa**: existe diferença entre os tratamentos.
    - Exemplo: técnica XYZ produz código de melhor qualidade que técnica ABC.
- A hipótese nula é considerada verdadeira a não ser que os dados experimentais provem o contrário.



## Definição (2)

- **Descreva as informações iniciais do experimento**
  - **Identificação**: título, tema, área, autor, data.
  - **Caracterização**: tipo de estudo, objeto de estudo, domínio, objetivo, linguagem, glossário, número de execução e replicação.
  - **Introdução**: trabalhos relacionados, caracterização do problema, organização do documento (isto terá que ser atualizado mais tarde).

# Processo de Experimentação





# Planejamento

- Defina formalmente o Estudo

- Gere projeto experimental para testar hipóteses

- O projeto experimental é um plano completo para avaliar as variáveis experimentais frente as variáveis de controle acompanhando e mitigando a influência das variáveis de estado

- Exemplo: Determinar o efeito do uso de C++ na qualidade resultante do código. O projeto experimental deve responder:

- Como qualidade é medida ?
    - Contra o que o uso de C++ será medido ?
    - Que variáveis influenciam as características analisadas ?
    - Qual destes fatores serão estudados, controlados e ignorados ?
    - Em que ambiente o experimento será rodado ?
    - Que formato experimental será usado ?
    - Quais os riscos à validade dos resultados ?
    - Como os resultados serão analisados ?



# Planejamento Detalhado (1)

- Definição dos **objetos experimentais** e **objetos de controle**
- Definição de **variáveis independentes** e **dependentes**
- Critérios de **seleção de participantes**, critérios de agrupamento de participantes, técnicas de amostragem a serem utilizadas
- **Projeto Experimental**
  - Objetos, medidas, instruções, técnicas, formato experimental e tratamentos.
- **Instrumentação** e Recursos necessários: software, hardware, questionários, formulários
- Mecanismos de **Análise**
- Análise de **Validade**
  - Interna, externa, construção, instrumentação e conclusão.





# Planejamento Detalhado (2)

- **Treinamento**

- Aplicadores, participantes (processos, artefatos e técnicas)

- **Definição do Processo Experimental**

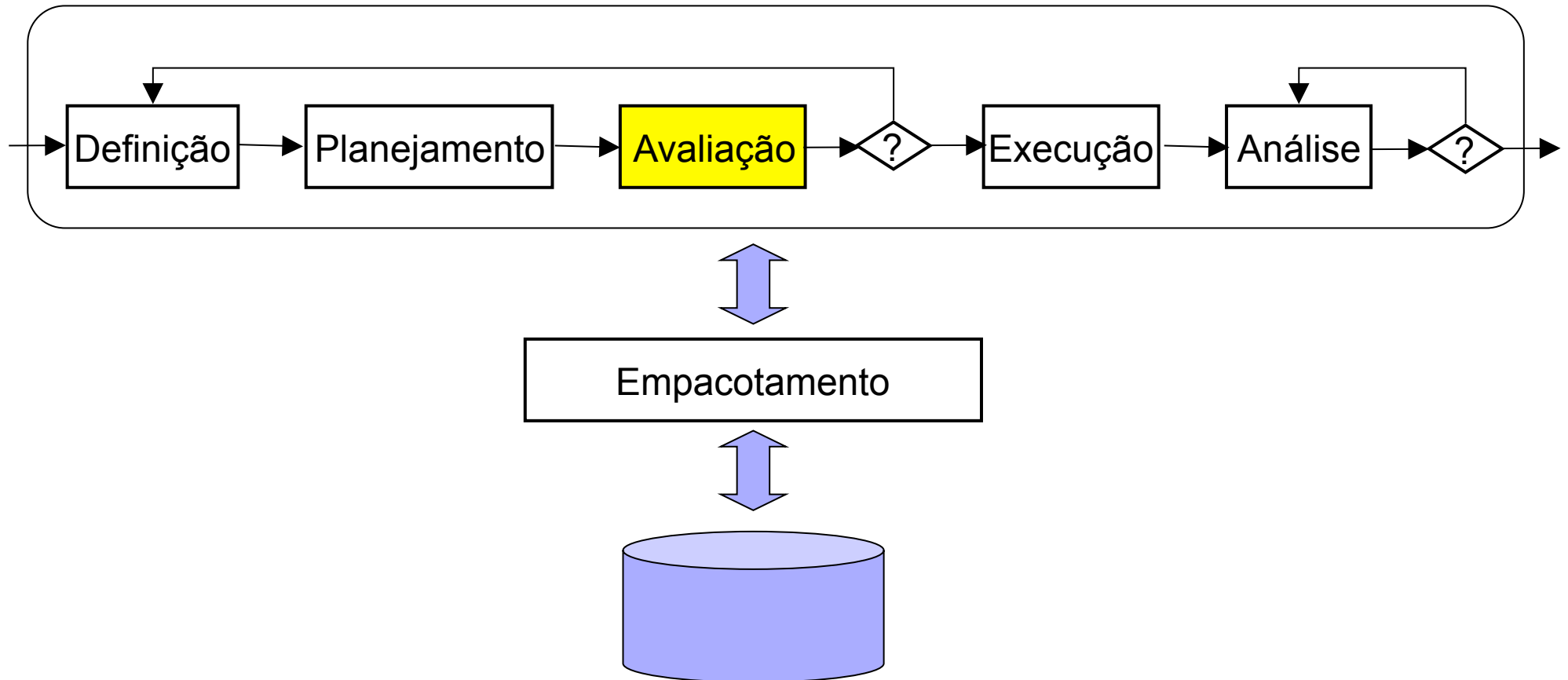
- **Procedimentos de Execução**

- Objetivos
- Participantes
- Processo Experimental
- Artefatos Usados
- Resultados Esperados e Artefatos Resultantes (lições aprendidas e sugestões de modificação)

- **Custos experimentais**

- Tempo por tipo de participante, custos de aplicação, custos de análise, custos de empacotamento e divulgação dos resultados

# Processo de Experimentação

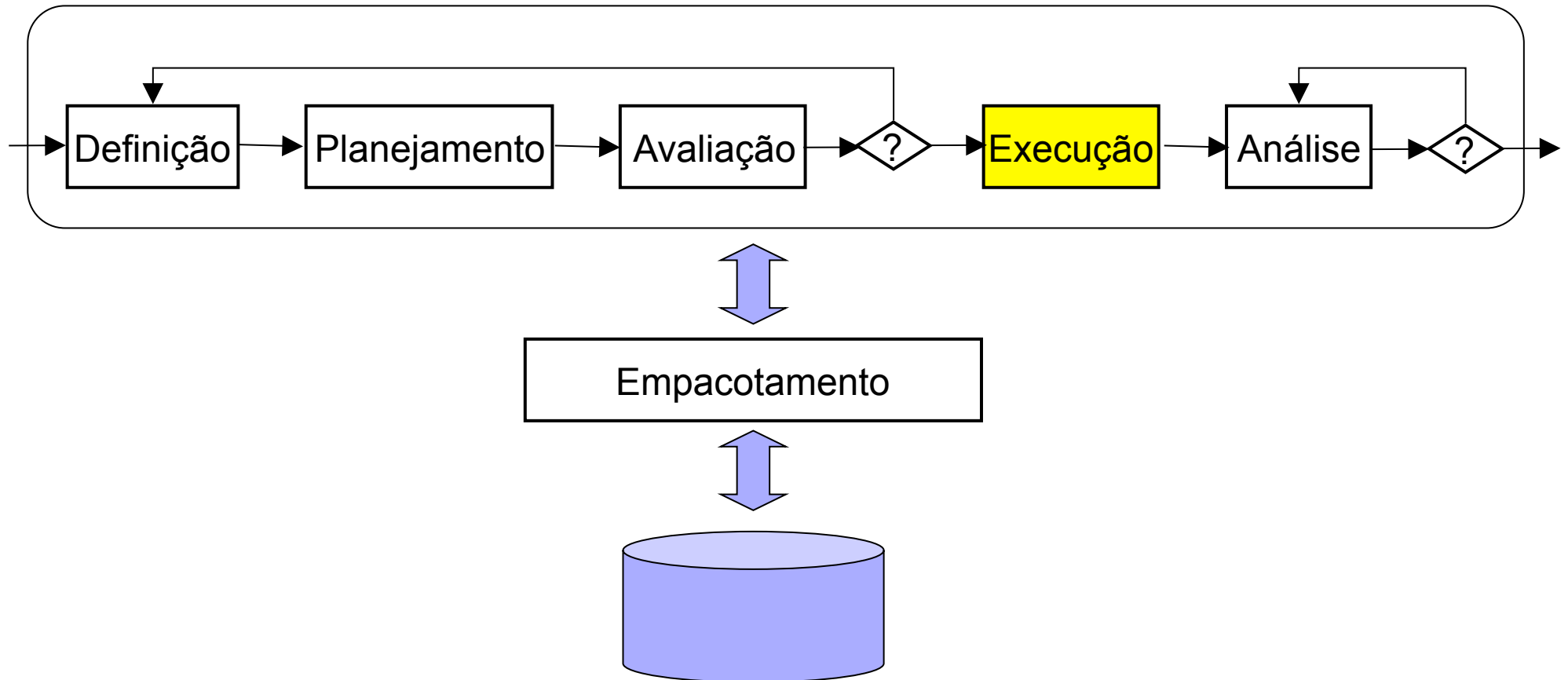




# Avaliação do Planejamento

- **Consulte com especialistas**
  - Consulte com especialistas no domínio para avaliar seus artefatos experimentais
  - Consulte com especialistas em ES para avaliar objetivos e projeto experimental
  - Consulte com especialistas em ESE e estatísticos para avaliar formato experimental e planos de coleta e análise de dados
- **Se possível, rode um estudo piloto**
  - Rode uma versão simplificada do experimento para avaliar seu projeto e artefatos.
- **Redesenhe o experimento e melhore os artefatos conforme necessário**

# Processo de Experimentação

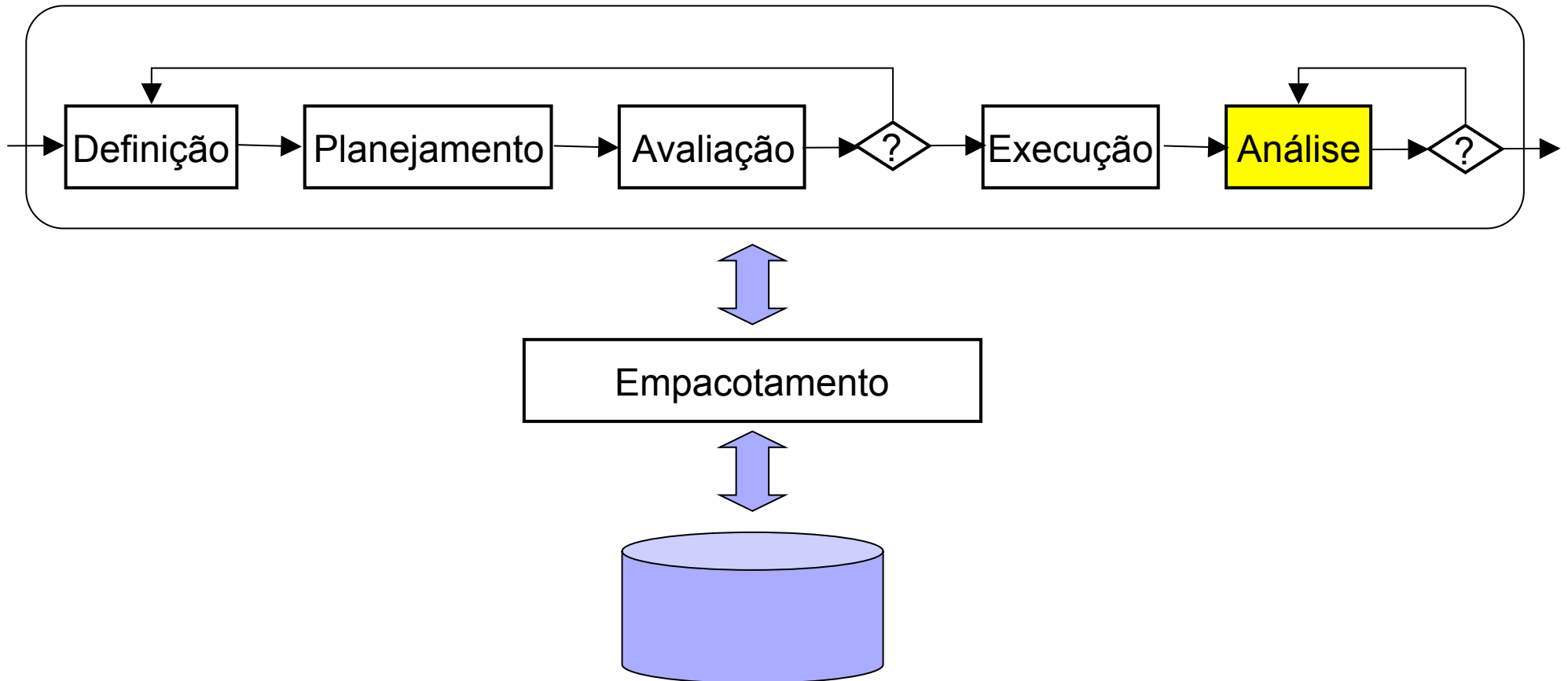




# Execução

- Siga os passos especificados no plano;
- Aplique os tratamentos consistentemente, **não desvie do plano**
  - Desvios devem abortar o experimento
  - Não se deve “consertar” um experimento durante sua execução (ex. corrigir artefatos)
- Colete dados conforme descrito no plano.

# Processo de Experimentação

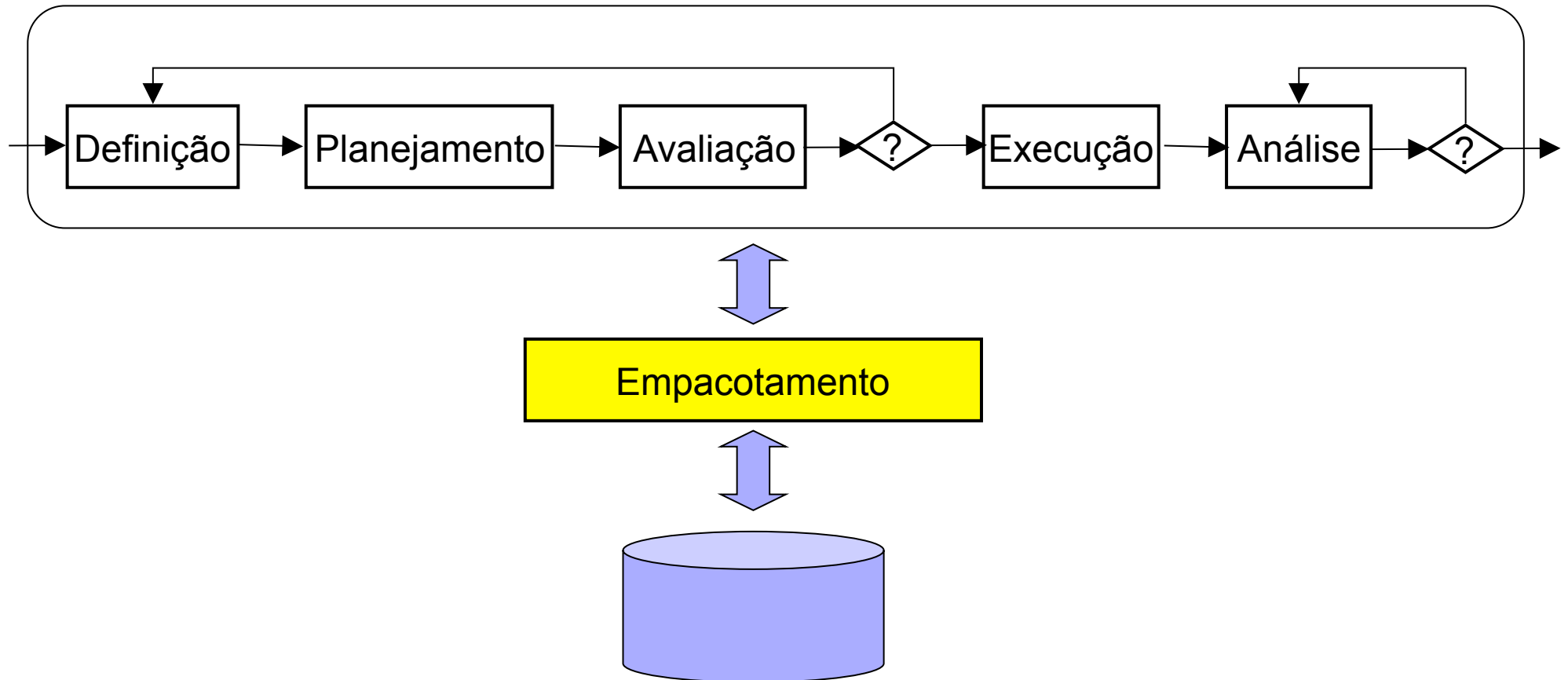




# Análise dos Resultados

- Se possível **entreviste os participantes** para obter feedback:
  - Sobre os artefatos
  - Sobre o processo experimental
  - Para capturar sua impressão sobre os resultados
- **Revise os dados coletados** para verificar se eles são úteis e válidos
- **Organize os dados** em conjuntos para análise de validade, exploração e teste das hipóteses
- **Analise os dados** com base em princípios estatísticos válidos
- **Verifique** se as **hipóteses** são aceitas ou rejeitadas

# Processo de Experimentação







# Empacotamento

- **Documente resultados** e conclusões de forma que eles possam ser usados pelos seus colegas
- **Documente** todos os **aspectos importantes do experimento** de forma a facilitar a sua replicação
  - Objetivos, hipóteses, variáveis, tratamentos, e dados obtidos.
  - Instruções, descrição do processo experimental, ferramentas e artefatos, manuais e material de treinamento, etc.
- **Descreva** problemas encontrados, **lições aprendidas**, e sugestões de evolução do experimento e material utilizado.



# Bibliografia Básica

- Wohlin, C. Experimentation in Software Engineering, Kluwer Academic Publishers, 2000, 2a Edição 2012
- Juristo, N. and Moreno, A. Basics of Software Engineering Experimentation, Kluwer Academic Publishers, 2000.



# Bibliografia Complementar

- Tichy, W. Should Computer Scientists Experiment More?, IEEE Computer, May 1998.
- Zelkowitz, M. and Wallace, D. Experimental Models for Validating Technology?, IEEE Computer, May 1998.
- Marcus Ciolkowski, Oliver Laitenberger, Sira Vegas, and Stefan Biffli. Practical Experiences in the Design and Conduct of Surveys in Empirical Software Engineering, In. R. Conradi and A.I. Wang (Eds.): ESERNET 2001-2003, LNCS 2765, pp. 104–128, 2003.
- Barbara A. Kitchenham, Tore Dybå, and Magne Jørgensen. Evidence-based Software Engineering. Proceedings of the 26th International Conference on Software Engineering (ICSE'04), 2004.
- Basili, V., "Evolving and Packaging Reading Technologies." Journal of Systems and Software, 1997. 38(1): p. 3-12.
- Basili, V., R. Selby, D. Hutchens, "Experimentation in Software Engineering." IEEE Transactions in Software Engineering, 1986. 12 (7), 733–743.
- Basili, V., F. Shull, and F. Lanubile, "Building Knowledge through Families of Experiments." IEEE Transactions on Software Engineering, 1999. 25(4): p. 456-473.
- Biolchini, J., P. Mian, A. Natali, and G. Travassos, "Systematic Review in Software Engineering." Technical Report ES 679/05, PESC, Federal University of Rio de Janeiro, 2005. Available at <http://cronos.cos.ufrj.br/publicacoes/reltec/es67905.pdf>
- Brooks, A., M. Roper, M. Wood, J. Daly and J. Miller, "Replication of Software Engineering Experiments." Empirical Foundation of Computer Science Technical Report, EFoCS-51-2003, Department of Computer and Information Sciences, University of Strathclyde University, 2003. Available at <http://www.cis.strath.ac.uk/~efocs/home/Research-Reports/EFoCS-51-2003.pdf>
- Curtis, B., "Measurement and experimentation in software engineering." Proceedings of the IEEE, 1990 68(9) 1144–1157.



# Bibliografia Complementar

- J. Daly, "Replication and a Multi-Method Approach to Empirical Software Engineering research." PhD Thesis, Department of Computer Science, University of Strathclyde, 1996.
- Glass, R., I. Vessey, and V. Ramesh, "Research in Software Engineering: An Analysis of the Literature," J. Information and Software Technology, vol. 44, no. 8, pp. 491-506, June 2002.
- Jedlitschka, A. and M. Ciolkowski, "Towards Evidence in Software Engineering." Proceedings of the 2004 International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE'04), Redondo Beach, California, pp. 261-270, 2004.
- Jedlitschka, A. and D. Pfahl, "Reporting Guidelines for Controlled Experiments in Software Engineering." International Software Engineering Network Technical Report, ISERN-55-01, 2005.
- Kamsties, E., C. Lott, "An empirical evaluation of three defect detection techniques." International Software Engineering Network Technical Report, ISERN-95-02, 1995.
- Kitchenham, B. "Procedures for Performing Systematic Reviews." Technical Report TR/SE-0401, Keele University, and Technical Report 0400011T.1, NICTA, 2004.
- Kitchenham, B., S. Pfleeger, L. Pikard, P. Jones, D. Hoaglin, K. El Emam, and J. Rosenberg, "Preliminary Guidelines for Empirical Research in Software Engineering." IEEE Transactions on Software Engineering, 2002. 28(8): p. 721-734.
- Lott, C., H. Rombach, "Repeatable Software Engineering Experiments for Comparing Defect-detection Techniques." Journal of Empirical Software Engineering, 1(3) 1997, 241-277.
- Maldonado, J., J. Carver, F. Shull, S. Fabbri, E. Dória, L. Martimiano, M. Mendonça, and V. Basili. "Perspective-Based Reading: A Replicated Experiment Focused on Individual Reviewer Effectiveness." Empirical Software Engineering - An International Journal, 11(1), to appear 2006.
- Miller, J. "Applying meta-analytical procedures to software engineering experiments." Journal of Systems and Software. 54(1), 2004, pp. 29-39.



# Bibliografia Complementar

- Miller, J. "Replicating Software Engineering Experiments: A Poisoned Chalice or the Holy Grail." *Information and Software Technology*. 47(4), 2005, pp. 233-244.
- Shull, F., V. Basili, J. Carver, J. Maldonado, G. Travassos, M. Mendonca, and S. Fabbri. "Replicating Software Engineering Experiments: Addressing the Tacit Knowledge Problem." *Proceedings of International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE'02)*. 2002. Nara, Japan, 7-16.
- Shull, F., J. Carver, G. Travassos, J. Maldonado, R. Conradi, and V. Basili, *Replicated Studies: Building a Body of Knowledge about Software Reading Techniques*, in *Lecture Notes on Empirical Software Engineering*, N. Juristo and A. Moreno, Editors. 2003, World Scientific.
- Shull F., Cruzes D., Basili V. R., and Mendonca M., "Simulating Families of Studies to Build Confidence in Defect Hypotheses," *Information and Software Technology*, 47(15), pp. 1019-1032, 2005.
- Shull, F., M. Mendonca, V. Basili, J. Carver, J. Maldonado, S. Fabbri, G. Travassos, and M. Ferreira, "Knowledge-sharing Issues in Experimental Software Engineering." *Empirical Software Engineering - An International Journal*, 2004. 9(1): p. 111-137.
- Sjøberg, D., J. Hannay, O. Hansen, V. Kampenes, A. Karahasanović, N. Liborg, A. Rekdal, "A Survey of Controlled Experiments in Software Engineering". *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2006. 31(9): p. 733-753.
- Tichy, W., P. Lukowicz, L. Prechelt, and E.A. Heinz, "Experimental Evaluation in Computer Science: A Quantitative Study," *J. Systems and Software*, vol. 28, no. 1, pp. 9-18, Jan. 1995.
- Wood, M., J. Daly, J. Miller, M. Roper, "Multi-method research: an empirical investigation of object-oriented technology." *Journal of Systems and Software* 48(1) 13–26, 1999.
- Zandler, A. "A Preliminary Software Engineering Theory as Investigated by Published Experiments," *Empirical Software Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 161-180, 2001.