Engenharia de Software

Verificação e Teste

Luís Morgado

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
Departamento de Engenharia de Electrónica e Telecomunicações e de Computadores

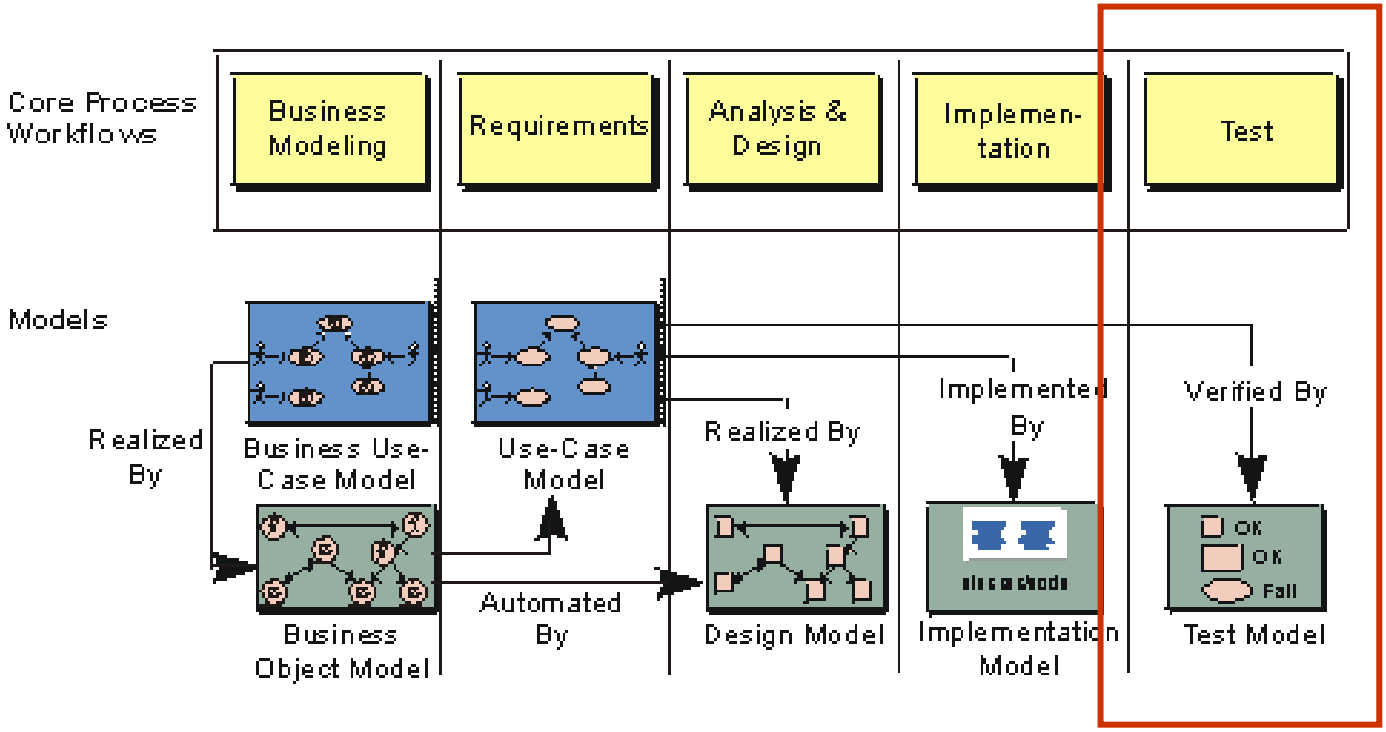
Processo de Desenvolvimento

- **Análise**
- **Concepção**
- **Construção**
- **Verificação**
  - Verificar e testar o software produzido, obtendo novo conhecimento, no sentido de corrigir deficiências ou de melhorar características desse software

Teste de Software

O *teste de software* é uma actividade que tem por objectivo identificar possíveis problemas de funcionamento de um sistema, em particular, aferir se os respectivos requisitos são garantidos

Num processo de desenvolvimento guiado por casos de utilização, o *modelo de teste* é composto por *casos de teste* que, entre outros aspectos, concretizam os fluxos especificados nos cenários dos casos de utilização, simulando a interacção entre os utilizadores e o sistema, de modo a verificar se as respectivas funcionalidades são realizadas com sucesso

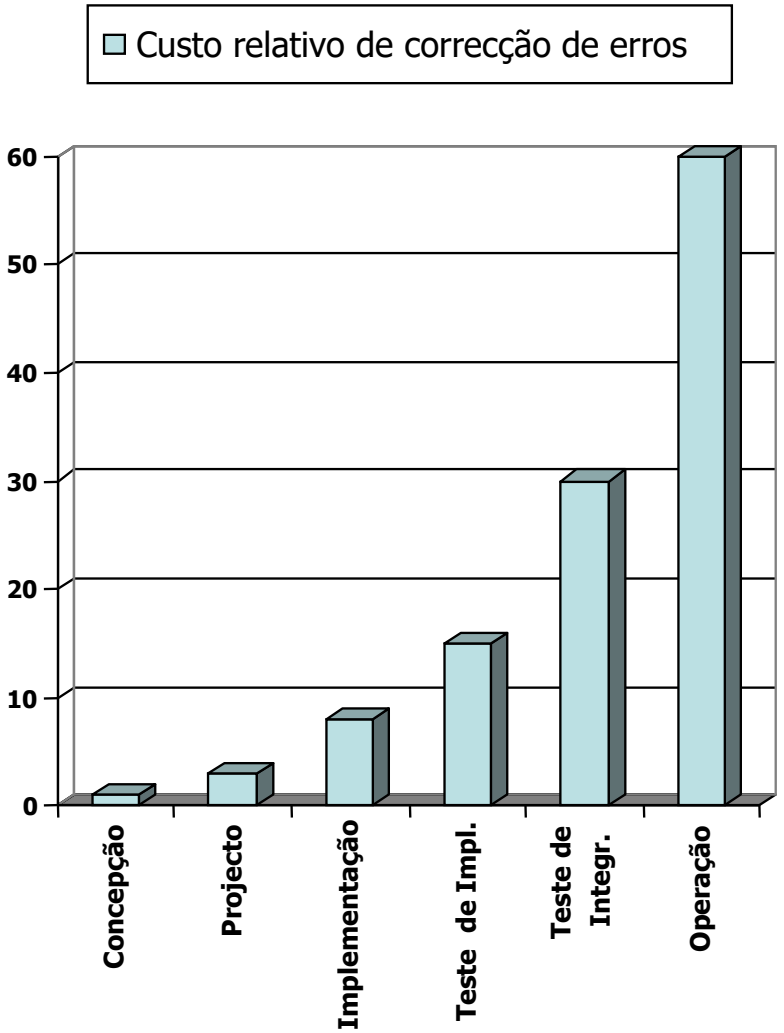


[Rational , 2003]

Custos de Correcção de Erros

Ao longo do processo de desenvolvimento, o custo relativo de correcção de erros cresce exponencialmente, devido ao crescimento da complexidade associada à concretização do detalhe do sistema

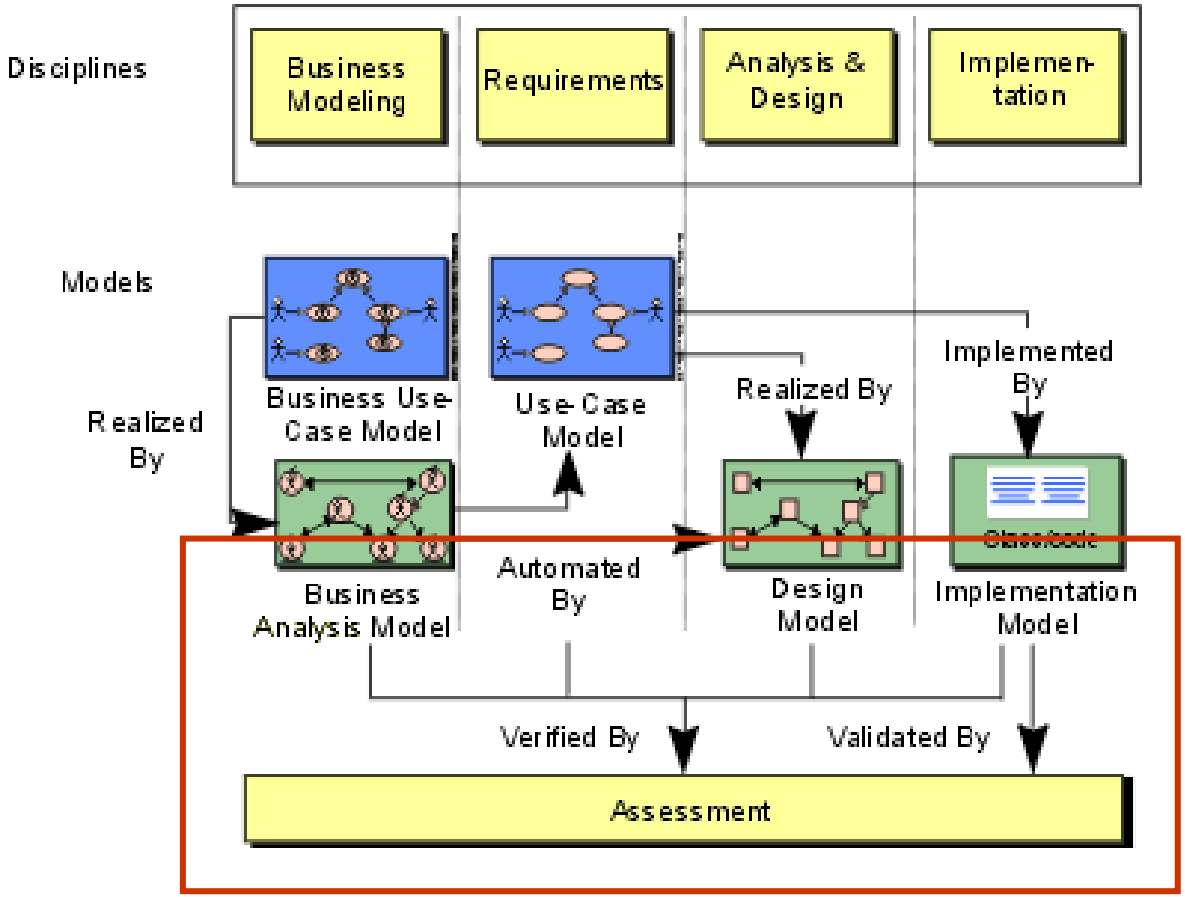
A actividade de *teste de software* abrange as partes executáveis do sistema, mas antes da implementação dessas partes, uma outra vertente importante de aferição dos requisitos de um sistema é a actividade de *verificação*, a qual consiste na validação dos requisitos, da arquitectura e da implementação, por revisão sistemática dos artefactos produzidos, num processo de *verificação contínua e progressiva* do software desenvolvido



[Boehm, 1981]

Verificação Contínua e Progressiva

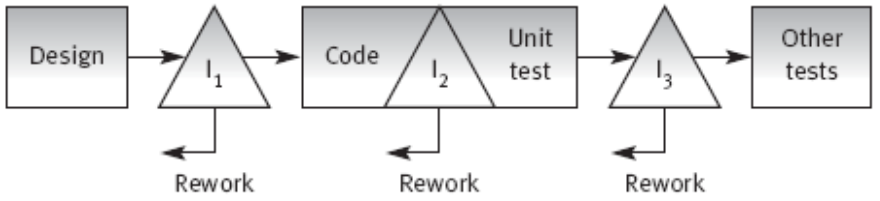
A verificação contínua e progressiva de software, consiste numa aferição dos artefactos produzidos, realizada ao longo do seu desenvolvimento, de modo a garantir a satisfação dos requisitos do sistema



[Rational , 2003]

Revisão e Inspecção de Software

- **Funcionam como um filtro de todo o processo de desenvolvimento**

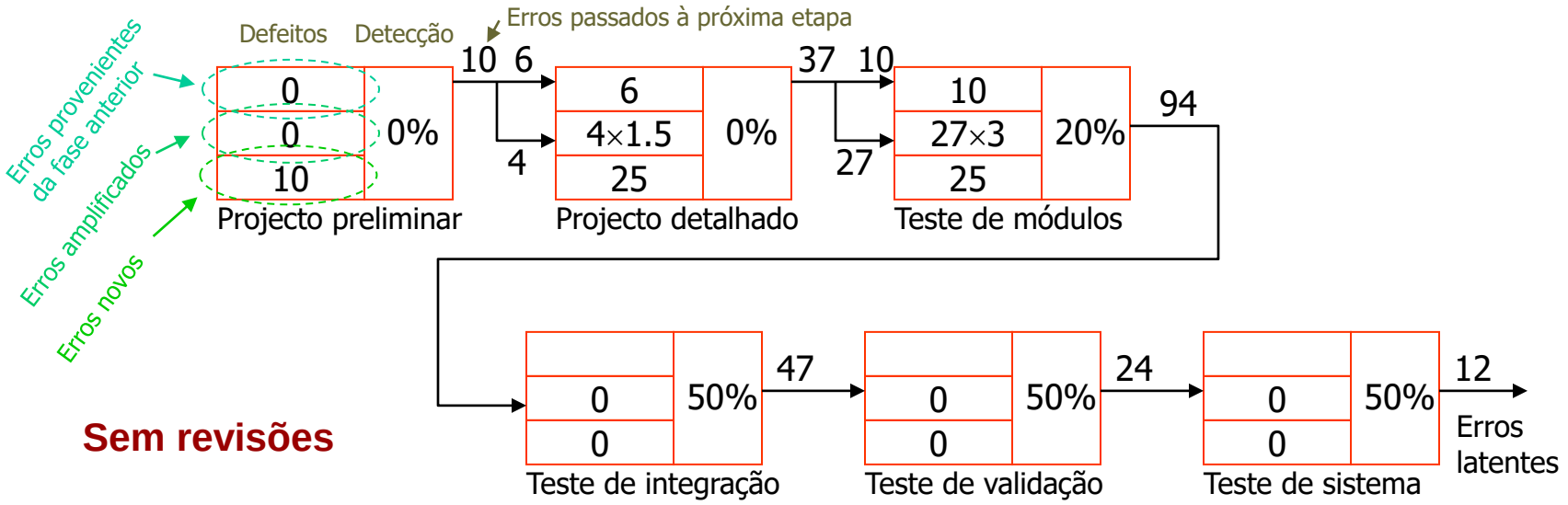


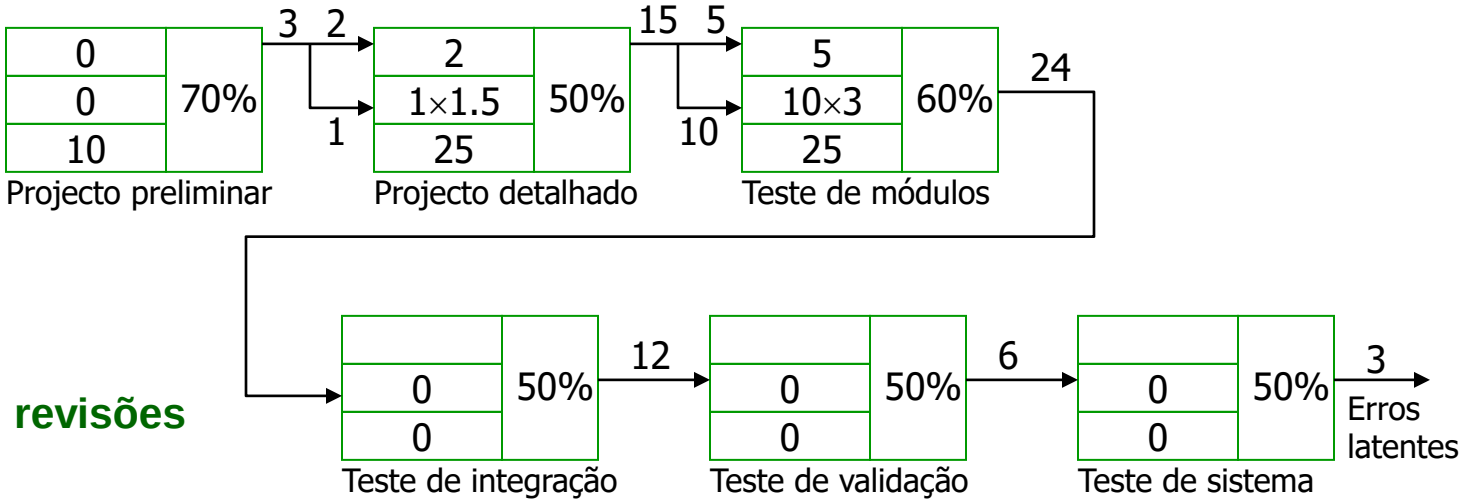
[Endres & Romback, 2003]

- **Revisões individuais**
  - **Frequentes**
  - **No papel**
  - **Atitude de abertura a potenciais problemas ou soluções alternativas**
- **Inspecções**
  - Apesar das pessoas conseguirem detectar alguns dos erros cometidos, grandes grupos de **erros escapam mais facilmente a quem os produz**, do que a outras pessoas
  - São uma forma de **utilizar a diversidade de um grupo de pessoas** para:
    - **Identificar necessidades de introdução de melhoramentos** nos produtos de uma pessoa ou de uma equipa
    - **Conseguir um trabalho de qualidade mais uniforme**, ou pelo menos **mais previsível**, do que seria possível sem revisões

Revisões e Detecção e Remoção de Erros

Exemplo comparativo do número de erros latentes num processo sem revisões e com revisões





Exemplos de aspectos a considerar

- **Declaração de dados**:
  - Todas as variáveis foram declaradas?
  - *Arrays* e *Strings* têm valores iniciais correctos?
  - Dimensões e tipos de dados correctos nas variáveis de armazenamento de dados?
  - Existem variáveis com nomes idênticos?

Inspecção de Software

- **Referências de dados**:
  - São utilizadas variáveis antes de serem afectadas?
  - Indexações ocorrem dentro dos limites ?
  - Definições de estruturas de dados são consistentes entre módulos ?

Inspecção de Software

- **Cálculos**:
  - Cálculos envolvem variáveis não numéricas ?
  - Cálculos envolvem variáveis de diferentes tipos ou dimensões ?
  - Variável destino de dimensão inferior à dimensão do valor de afectação ?
  - Precedência de operadores é clara ?
  - Divisão por zero ?

Inspecção de Software

- **Comparações**:
  - Comparação entre variáveis inconsistentes ?
  - Relações de comparação correctas ?
  - Expressões lógicas correctas ?
  - Precedência de operadores é clara ?
  - A avaliação de expressões lógicas é clara ?

Inspecção de Software

- **Fluxo de controlo**:
  - Todos os ciclos terminam ?
  - Existem condições que possam impedir a execução de ciclos ?
  - Início e fim de instruções correctamente definido ?
  - Existem decisões não exaustivas ?

Inspecção de Software

- **Verificação geral**:
  - O programa é fácil de perceber ?
  - A arquitectura geral é adequada e clara ?
  - A arquitectura detalhada é adequada e clara ?
  - Ser-nos-á fácil alterar o programa ?
  - Estamos satisfeitos com o programa ?

Inspecção de Software

- **Forma muito eficaz de detectar erros**
  - Inspecções individuais (*desk checking*)
  - Inspecções por outros elementos da equipa de desenvolvimento
  - Inspecções guiadas por listas de verificação
  - Inspecções em grupo

Aspectos a ter em conta

- **Rever o produto**, não quem o produz
- **Definir uma agenda** e manter essa agenda
- **Limitar o debate**
- **Definir as áreas a analisar**, mas não tentar resolver todos os problemas referidos
- Tomar **notas escritas**
- **Limitar o número de participantes** e insistir na preparação prévia da reunião
- **Definir uma lista de tópicos a contemplar para cada produto** a rever
- Garantir que no planeamento do projecto são contemplados os **recursos e o escalonamento necessário às revisões**
- Garantir **formação adequada** a todos os elementos participantes nas revisões
- **Rever as revisões** preliminares

Teste de Sistemas

- Todos os testes devem ser **relacionáveis com os requisitos** base do sistema
- O **planeamento dos testes** deve ser realizado à medida que é feita a análise e projecto do sistema em causa
- Há que ter em conta que, tipicamente, **80% dos erros detectados** durante os testes serão provavelmente **relacionáveis apenas com 20%** dos módulos que constituem o sistema. **O problema está em identificar esses módulos e realizar o seu teste pormenorizado**
- Inicialmente, os testes devem ter um **âmbito local** (subsistemas) e progressivamente adquirir um **âmbito global** (sistema)
- **Testes exaustivos não são praticáveis**
- Para terem maior eficácia, os **testes devem ser conduzidos por elementos que não tenham participado na concepção do sistema**

Não é possível provar que um sistema não falhará

É contudo possível reduzir drasticamente a probabilidade de falha

Princípios de Teste de Sistemas

- **Princípio 1**: Definir resultados esperados
  - Um aspecto essencial de um caso de teste é a definição dos *resultados esperados*, de modo a ser possível aferir os resultados observados
  - Psicologia humana:
    - Vemos o que estamos predispostos para ver
    - Desejo subconsciente de ver o resultado correcto
  - Um **caso de teste** deve ser composto por:
    - Uma **descrição das entradas** a fornecer ao sistema
    - Uma **descrição precisa do que serão os resultados correctos** mediante essas entradas

Princípios de Teste de Sistemas

2. Um programador deve **evitar testar o seu próprio programa**
3. **Observar pormenorizadamente os resultados** de cada teste
4. Devem ser escritos casos de teste não são só para condições de entrada inválidas ou inesperadas, mas **também para condições válidas e esperadas**
5. Examinar um programa para **detectar se ele não faz o que é suposto fazer** é apenas metade do trabalho; a outra metade é **detectar se ele faz o que não é suposto fazer**
6. Não planear os testes **assumindo que não serão encontrados erros**
7. A probabilidade de se encontrarem mais erros num troço de um programa é **proporcional ao número de erros já encontrados nesse troço**

Níveis de Teste

- ***Teste de Unidades*** (“***Unit Testing***”) :

  Cada **módulo do sistema** (classe, mecanismo, subsistema) é **testado individualmente**

- ***Teste de Integração*** (“***Integration Testing***”) :

  Permite verificar se as **diferentes unidades que compõem o sistema funcionam correctamente em conjunto**. Os *Casos de Teste* utilizados podem ser idênticos aos anteriores, contudo o objectivo é diferente. A utilização dos *Casos de Utilização* como guia para a elaboração destes testes é fundamental

- ***Teste do Sistema*** (“***System Testing***”) :

  Abrange todo o sistema, utilizando a **perspectiva dos utilizadores finais**, e realizando as acções que estes realizariam.

Tipos de Teste

- **Teste de regressão**: Utilizado quando são feitas alterações para verificar se as funcionalidades anteriores se mantêm
- **Teste operacional**: O sistema é testado em operação normal por um determinado período de tempo, utilizado também para aferir a robustez do sistema em termos de tempo médio entre falhas (MTBF – *Mean Time Between Failure*)
- **Teste de desempenho ou de capacidade**: Tem por objectivo medir o nível de desempenho do sistema com diferentes cargas de utilização
- **Teste de sobrecarga**: Idêntico ao anterior, mas levando o sistema aos seus limites, de forma a verificar o seu desempenho em situações extremas de utilização
- **Teste negativo**: O sistema é testado para além dos limites para os quais foi concebido
- **Teste baseado nos requisitos**: Tem por objectivo a verificação dos requisitos iniciais
- **Teste ergonómico**: Teste das interfaces de utilização, em termos de consistência com os casos de utilização identificados, e da facilidade e comodidade de utilização
- **Teste de documentação**: Um tipo de teste ergonómico onde a documentação do sistema é testada
- **Teste de aceitação**: Corresponde à validação final do sistema, sendo normalmente realizado pela organização que encomendou o sistema

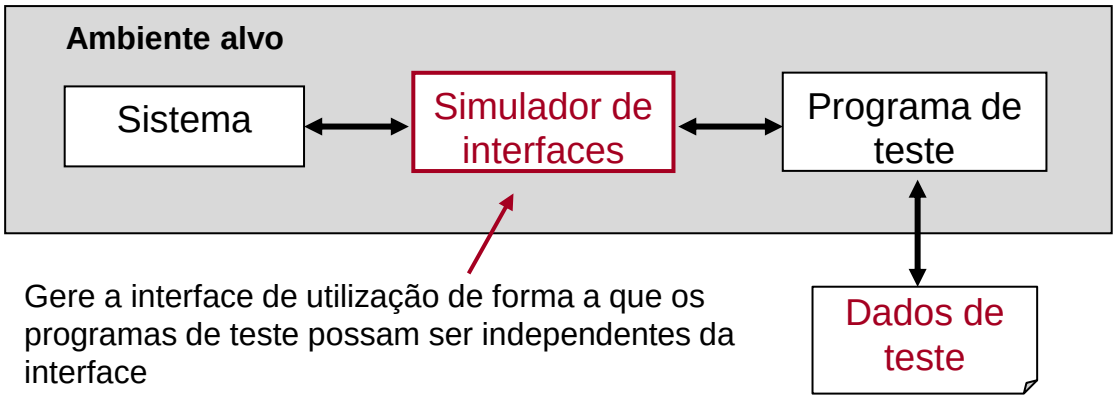
Técnicas de Teste

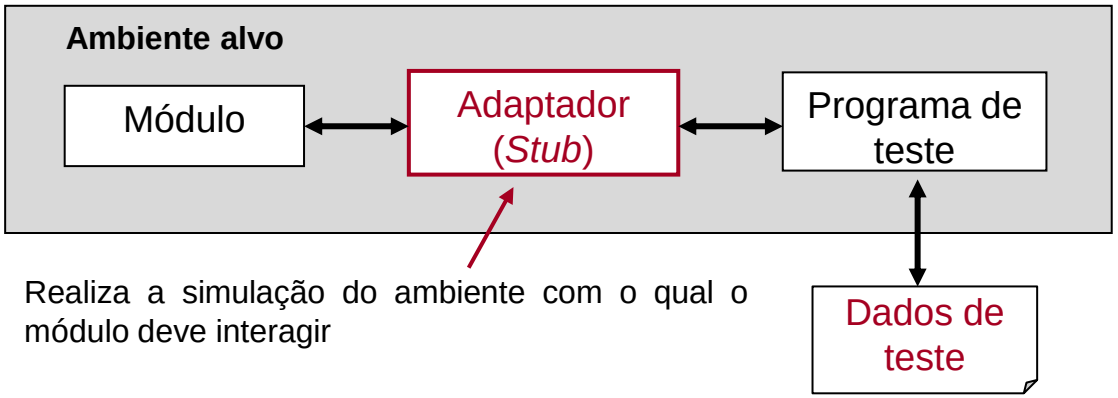
- **Teste de Caixa Fechada** (Black-Box Testing): Os casos de teste são gerados com base na especificação de requisitos sistema
- **Teste de Caixa Aberta** (*White-Box Testing*): Os casos de teste são definidos com base na implementação do sistema
- **Teste de Cobertura** (*Branch Coverage Testing*): Verificação dos vários ramos do fluxo de controlo de um módulo
- **Teste CRUD** (*CRUD Testing*): Teste das operações de criação, leitura, actualização e remoção de base de dados (*Create, Read, Update, Delete*)
- **Teste de Excepções** (*Exception Testing*): Teste dos processos de tratamento de excepções e condições que os desencadeiam
- **Teste Positivo e Negativo** (*Positive and Negative Testing*): São definidos casos de teste para observar a resposta a valores válidos e inválidos para todas as entradas
- **Teste de Transição de Estado** (*State Transition Testing*): São definidos casos de teste observar as evoluções de estado do sistema em função dos eventos definidos

Ambiente de Teste

O ambiente de teste inclui os seguintes tipos de elementos:

- **Simuladores de interfaces**: realizam a simulação de interfaces antes de serem implementadas
- **Adaptadores (“*Stubs*”)**: simulam aspectos do ambiente com o qual um ou mais módulos interagem
- **Dados de teste**: contêm amostras de dados para simulação de processamento





Teste de Unidades

Cada parte do sistema (classe, mecanismo, subsistema) é testado individualmente

Duas vertentes:

- **Teste estrutural** (*white-box testing*):

  É utilizado o conhecimento que se tem da estrutura interna dos módulos na realização das actividades de teste

- **Teste de especificações** (*black-box testing*):

  Os teste são baseados nas especificações e no comportamento observável (exterior) dos módulos

Teste estrutural e teste de especificações **são vertentes complementares de teste**, pelo que normalmente são utilizadas em conjunto

O **teste de especificações é em geral realizado antes do teste estrutural**, pois este pode levar a alterações da estrutura do sistema

Teste Estrutural

- **Objectivo**:
  - Verificar se a estrutura interna do módulo está correcta
- **É utilizado o conhecimento que se tem da estrutura interna dos módulos na realização das actividades de teste**
  - **Idealmente deveriam ser analisadas todas as combinações possíveis** de parâmetros, valores e caminhos de execução
    - **Na prática raramente isso é possível**, devido ao número elevado de casos de teste necessário
  - Para avaliar a eficácia do teste é utilizada a noção de ***cobertura do teste***
  - **A cobertura mínima** corresponde a **testar cada caminho de execução entre decisões** ("**IF - IF**") **pelo menos uma vez** (assim todos os caminhos são testados, e as decisões avaliadas pelo menos uma vez)
  - Apesar de normalmente um teste de cobertura mínima ser razoável, muitos problemas surgem em **combinações de caminhos menos comuns,** para esse efeito pode **aumentar-se o número de caminhos "IF - IF" testados**, contudo há que ter em conta que o número de casos de teste necessário cresce muito rapidamente.

Teste Estrutural

Exemplo:

```
boolean IntSet::Member(int t)
{
  int l = 0;
  int u = CurDim - 1;

  while(l <= u) {
    int m = (l + u)/2;
    if(t < x[m]) u = m - 1;
    else
      if(t > x[m]) l = m + 1;
      else return true;
  }

  return false;
}
```

while pode ser executado zero ou mais vezes

3 caminhos possíveis

Qual o número total de caminhos ?

Execuções do **while**	Caminhos
0	1
1	3
2	3*3
3	3*3*3
...	...

$$1+\sum_{n>0} 3^n$$

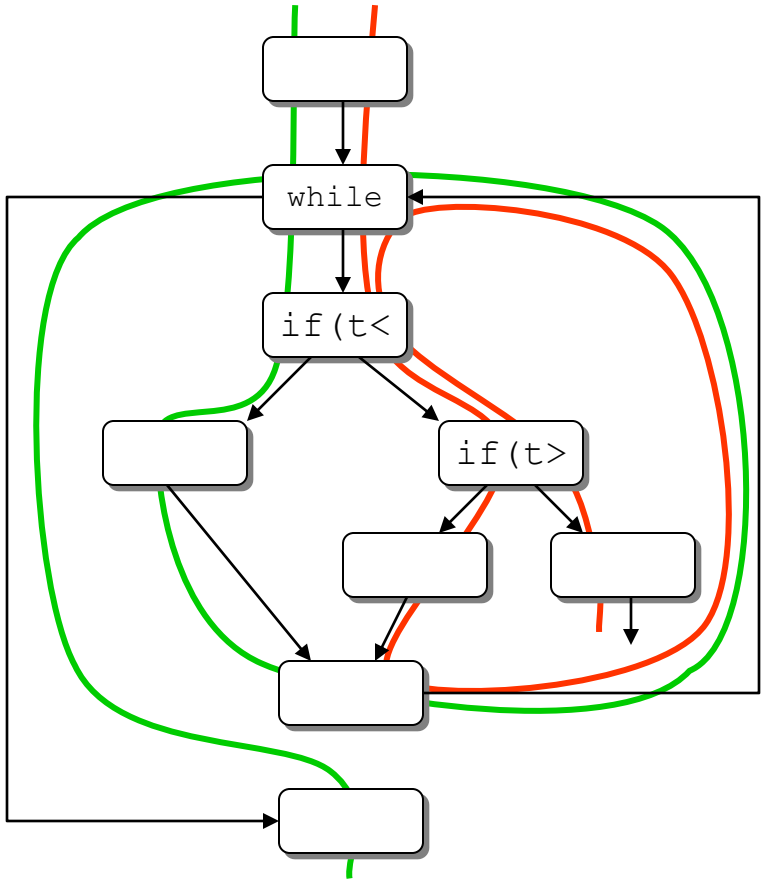
Teste Estrutural

É necessário escolher um conjunto de casos de teste adequados, que permita testar todos os caminhos

Para o exemplo anterior são suficientes 2 casos de teste:

Caso de teste 1

Caso de teste 2



Teste de Especificações

- **Objectivo:**
  - Verificar se o sistema se comporta **de acordo com os requisitos especificados**
- **Procedimento:**
  - São enviados eventos ao sistema, **de acordo com os casos de utilização definidos**, sendo observadas as respectivas respostas
  - Uma vez que os **módulos devem comunicar através de interfaces**, há que identificar as operações suportadas em cada interface, **verificar se o comportamento observado é o esperado**, e se os **dados envolvidos estão correctos**

Não basta verificar o comportamento, é necessário igualmente verificar a correcção dos dados resultantes

Teste Baseado em Estados

- **O teste de operações isoladas não é suficiente, é necessário igualmente verificar o resultado cumulativo dessas operações**:
  - Particularmente importante para objectos com comportamento caracterizado por máquinas de estado
  - É necessário verificar como o sistema evolui em termos dos seus estados (e dos atributos respectivos)
  - Deve ser utilizada a tabela de transição de estados na validação do comportamento do objecto

Estado / Evento	Estado-1	Estado-2	Estado-3	Estado-4
Evento-1		OK	OK	Transição incorrecta
Evento-2	OK	Tempo de resposta longo	OK	OK
Evento-3	Resposta incorrecta	OK		

Teste de Integração

- **Após os módulos isolados terem sido testados é necessário realizar a sua integração, sendo por isso necessário verificar se a sua operação em conjunto corresponde ao especificado**
  - Os testes de integração **abrangem a integração a diferentes níveis** à medida que o sistema vai sendo desenvolvido
  - Apesar de cada módulo já ter sido testado individualmente é **necessário o seu teste em conjunto, uma vez que novas falhas podem surgir da sua operação conjunta**
  - Os **casos de utilização devem servir de base** a todo o processo de teste de integração
  - Cada caso de utilização deve ser **testado individualmente sob duas perspectivas**:
    - **Interna** - baseada nos diagramas de interacção
    - **Externa** - baseada nas descrições do modelo de requisitos

Teste do Sistema

- Após o teste de cada caso de utilização separadamente, o **sistema deve ser testado como um todo**
- Os diferentes **casos de utilização devem ser testados em paralelo**, e o sistema sujeito a diferentes *cargas* de utilização
- O teste do sistema pode ser dividido em 6 tipos de testes:
  - **Testes operacionais**
  - **Testes de desempenho**
  - **Testes de sobrecarga**
  - **Testes negativos**
  - **Testes baseados nos requisitos**
  - **Testes de documentação de utilização**
- Ao testar os casos de utilização do sistema os testes devem ser realizados em paralelo, quer sincronizados, quer não sincronizados

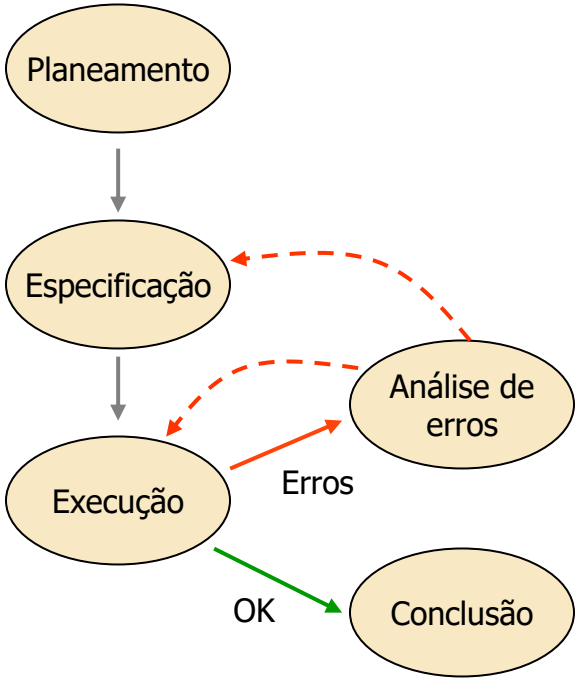
Processo de Teste

Os testes não devem ser um processo informal, devendo antes ser um processo estruturado e incremental, que decorre em paralelo com o restante desenvolvimento do sistema

Principais actividades envolvidas:

- Planeamento
- Especificação
- Execução
- Análise de erros
- Conclusão

- **Testar cedo**
- **Testar frequentemente**
- **Testar tudo**



Bibliografia

[Pressman, 2003]

Roger Pressman, *Software Engineering: a Practitioner's Approach*, McGraw-Hill, 2003

[Myers, 2004]

Glenford Myers, *The Art of Software Testing*, John Wiley & Sons, 2004

[Lewis, 2000]

William Lewis, *Software Testing and Continuous Quality Improvement*, CRC Press, 2000

[Boehm, 1981]

Barry Boehm, *Software Engineering Economics,* Prentice-Hall, 1981