Aula 05

Robustez

Gestão de Falhas

Programação II, 2018-2019

v1.9, 08-03-2018

DETI, Universidade de Aveiro

Objectivos:
- Excepções em `Java`;
- Gestão de Falhas em Módulos.
- Gestão de Falhas em Programas.

Conteúdo

1 Mecanismo de Excepções

1.1 Fundamentos

- Durante a execução de um programa, por vezes ocorrem *eventos anómalos* ou imprevistos, que interrompem o fluxo normal de execução. É o que chamamos de *excepções*.
- Esses eventos podem ser causados por *erros internos* do programa, que poderiam ter sido previstos e evitados pelo programador, como aceder a um indíce inexistente num array, dividir por zero, etc.
- Ou podem ser devidos a *erros externos*, imprevisíveis, como um erro na leitura de um ficheiro, dados mal formatados, falta de memória, etc.
- Quando estes erros acontecem, é importante *interromper* imediatamente o fluxo de execução. Dessa forma evitamos que os erros afetem os resultados do programa com efeitos imprevisíveis.

- Por outro lado, se for possível rectificar a situação, é conveniente ter uma forma de *retomar a execução* normal do programa. Assim, podemos ter código robusto que detecta situações de erro e corrige-as, permitindo que o programa prossiga normalmente.
- O *mecanismo de excepções* serve precisamente estes dois propósitos.

05.3

O mecanismo de excepções em `Java` funciona assim:

- Quando a excepção ocorre, a instrução que estava a ser executada não termina e a *execução é interrompida*. O programa não avança para a instrução seguinte.
- É criado um tipo especial de objeto que contém informação sobre a excepção, incluindo o seu tipo, o local onde ocorreu e outros dados.
- Este *objeto-excepção* vai sendo propagando para blocos sucessivamente mais exteriores até interromper o bloco do método `main` ou até ser interceptado (ou "apanhado").
- Existe uma instrução – *`throw`* – que permite "lançar" excepções.
- Existe uma instrução composta – *`try/catch/finally`* – que permite interceptar excepções. Ou seja, permite retomar o modo de execução normal.

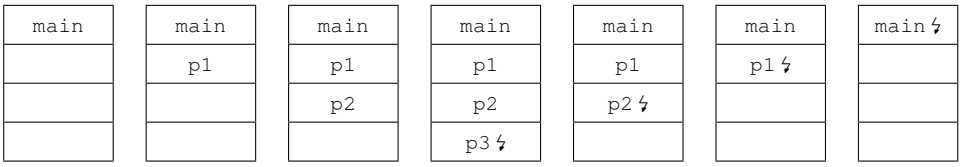
05.4

```
public class Example {
   public static void main(String[] args) {
      ...; p1(); ↯ ...;      ← não chega a ser executado (4)
   }

   static void p1() {
      ...; p2(); ↯ ...;      ← não chega a ser executado (3)
   }

   static void p2() {
      ...; p3(); ↯ ...;      ← não chega a ser executado (2)
   }

   static void p3() {
      ...; throw ↯ ...;      ← não chega a ser executado (1)
   }
}
```



05.5

1.2 Apanhar Excepções

- Delegação do erro ("lançar" excepção):

```
if (t == null)
  throw new NullPointerException();
  // throw new NullPointerException("t null");
```

- Tratamento do erro no contexto local ("apanhar" excepções):

```
try {
   /* O que se pretende fazer */
}
catch (Errortype a) {
   /* O que fazer em caso de erro */
}
```

05.6

Controlo de Excepções

A manipulação de excepções é feita através da instrução `try/catch/finally`:

```
try {
   // Código que pode gerar excepções do tipo Type1,
   // Type2 ou Type3
} catch(Type1 id1) {
   // Gerir excepção do tipo Type1
} catch(Type2 id2) {
   // Gerir excepção do tipo Type2
} catch(Type3 id3) {
   // Gerir excepção do tipo Type3
} finally {
   // Bloco executado independentemente de haver
   // ou não uma excepção
}
```

05.7

Classe `Throwable`

- Podemos usar a excepção `java.lang.Throwable` para capturar qualquer tipo de excepção:

```
catch(Throwable e) { // "Apanha" todas as excepções
  exit(1);
}
```

- Podemos gerar nova excepção de forma a ser tratada num nível superior:

```
catch(Throwable e) {
  ...(faz qualquer coisa)
  throw e; // A excepção vai ser relançada
}
```

05.8

1.3 Especificar Excepções em Métodos

- A linguagem `Java` permite que se associe à assinatura dos métodos uma lista de excepções que os mesmos podem lançar:

```
void m() throws TooBigException,
                TooSmallException,
                DivByZeroException {
   //...
}
```

- Desta forma, o (eventual) lançamento destas excepções passa a fazer parte da informação sintáctica sobre o método. Para certos tipos de excepções, como se verá já a seguir, passa mesmo e ser obrigatório lidar com as excepções (apanhando ou propagando explicitamente).

05.9

1.4 Classificação de Excepções

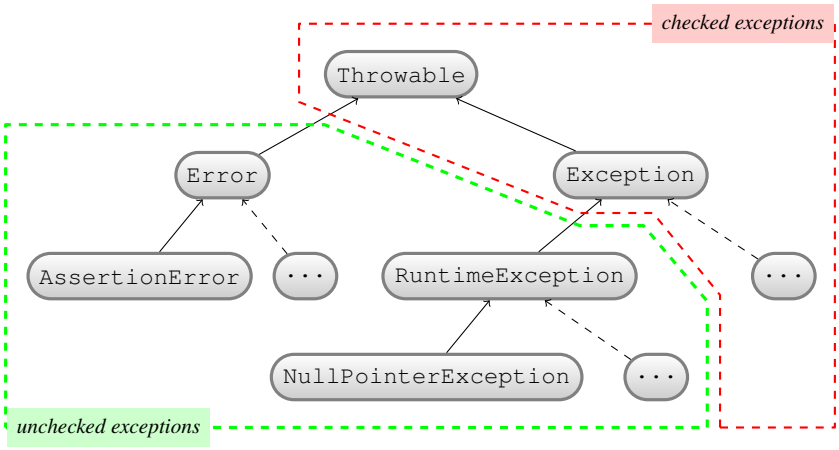
A linguagem `Java` agrupa as excepções em dois tipos: as *checked* e as *unchecked exceptions*.

- As *excepções checked* obrigam o programador a apanhá-las ou a especificar que as propaga.
- Assim, qualquer excerto de código que possa lançar uma excepção *checked* tem de estar:
  1. dentro de um bloco `try` com um `catch` que *apanhe* esse tipo de excepção, ou então
  2. dentro de um método que *especifique* que pode propagar esse tipo de excepção, através de uma cláusula `throws` na declaração do método.

- As *excepções unchecked* diferem das anteriores apenas pelo facto de não imporem essa obrigação.
- Ou seja, as excepções *unchecked* não são ignoradas. Funcionam da mesma forma que as outras:
  1. Podem ser apanhadas (com `catch`).
  2. Se não forem apanhadas, são propagadas automaticamente.

05.10

- As excepções organizam-se numa hierarquia de tipos e subtipos.



- As *unchecked exceptions* são todas aquelas que derivam das classes `RunTimeExceptions` ou `Error`.
- Todas as outras são *checked exceptions*.

05.11

O conceito de *subtipo* está relacionado com o mecanismo de *herança* que é uma característica do paradigma de programação orientada por objectos e sai fora do âmbito desta disciplina. No entanto, para saber ao certo o tipo de uma qualquer excepção basta ver o cabeçalho da respectiva documentação. Em baixo do nome da excepção aparece uma lista de classes. Se nessa lista for apresentada a classe `Error` ou a classe `RuntimeException`, então estamos na presença de uma excepção *unchecked*.

Por exemplo, na documentação da excepção `NullPointerException` aparece o seguinte texto:

```
java.lang
Class NullPointerException

java.lang.Object
  extended by java.lang.Throwable
      extended by java.lang.Exception
          extended by java.lang.RuntimeException   <-- unchecked exception
              extended by java.lang.NullPointerException
```

1.5 Discussão

Vantagens das Excepções

Algumas vantagens das excepções relativamente à implementação do tratamento de erros no código normal são as seguintes:

- Alguma separação entre o código regular e o código de tratamento de erros;
- Propagação dos erros em chamadas sucessivas;
- Agrupamento de erros por tipos;
- Facilita a implementação de código tolerante a falhas.

05.12

2 Gestão de Falhas em Módulos

Por forma a definirmos metodologias sistemáticas de lidar com falhas em programas, vamos primeiramente analisar o problema da gestão de falhas em módulos (métodos e classes) dentro de um programa.

Existem basicamente três possibilidades:

- **Técnica da avestruz**:
  - Ignorar o problema.
  - *Não aconselhável!*

- **Programação Defensiva**:
  - Aceitar todas as situações, ter código específico para detectar e lidar com erros.
- **Programação por Contrato**:
  - Associar contratos ao módulo;
  - O módulo só tem de cumprir a sua parte do contrato;
  - Associar asserções aos contratos para detecção de falhas em tempo de execução (as falhas são consideradas erros do programa).

05.13

2.1 Técnica da Avestruz

Nesta "estratégia", de uso inacreditavelmente frequente por muitos programadores, o módulo é construído presumindo a inexistência de erros (quer internos ao módulo, quer externos resultantes de utilizações erradas).

```
public class Data {

  public Data(int dia,int mes,int ano) {
    aDia = dia; aMes = mes; aAno = ano;
  }

  public static int diasDoMes(int mes,int ano) {
    final int[] dias = {31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31};
    int result = dias[mes-1];
    if (mes == 2 && anoBissexto(ano))
      result++;
    return result;
  }

  private int aDia,aMes,aAno;
}
```

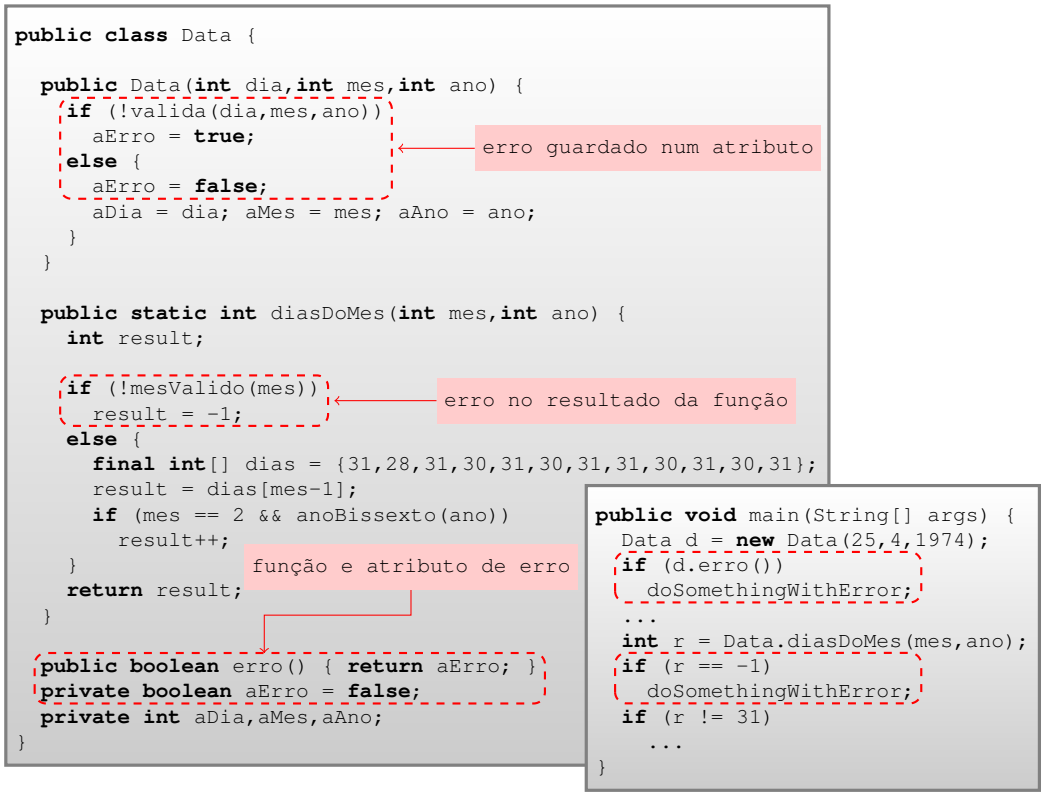
```
public void main(String[] args) {
  Data d = new Data(25,4,1974);
  ...
  if (Data.diasDoMes(mes,ano) != 31)
     ...
}
```

05.14

2.2 Programação Defensiva (caso 1)

Uma primeira abordagem a uma real gestão de falhas em programas consiste em fazer-se uso dos mecanismos normais das linguagens de programação. No caso de uma função, podemos, por vezes, utilizar o respectivo resultado para indicar situações de falha, ou, no caso de uma classe, podemos criar um atributo de indicação de erro e incluir na interface uma função que pode ser externamente consultada para

verificar essa situação.



05.15

Muito embora a utilização desta estratégia seja suficiente para o módulo se proteger (internamente robusto), o mesmo já não acontece necessariamente para os seus clientes (externamente não robusto). O problema reside no facto de nada obrigar os clientes do módulo a verificarem sistematicamente a existência de erros (quer nos resultados de funções, quer por uso da função indicadora de erro).

2.3 Programação Defensiva (caso 2)

Uma melhor abordagem consiste em combinar a utilização da instrução condicional para testar situações de erro com o lançamento de excepções sempre que estes ocorrem. Desta forma os clientes do módulo já nada têm de fazer para que não haja erros a passar incólumes (externamente mais robusto). É prática frequente em `Java` forçar os clientes dos módulos a lidar com muitas destas excepções fazendo com

que estas sejam do tipo *checked*.

```
public class Data {

  public Data(int dia,int mes,int ano) throws IllegalArgumentException {
    if (!valida(dia,mes,ano))
      throw new IllegalArgumentException();
    aDia = dia; aMes = mes; aAno = ano;
  }

  public static int diasDoMes(int mes,int ano) throws IllegalArgumentException {
    if (!mesValido(mes))
      throw new IllegalArgumentException();
    final int[] dias = {31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31};
    int result = dias[mes-1];
    if (mes == 2 && anoBissexto(ano))
      result++;
    return result;
  }

  private int aDia,aMes,aAno;
}
```

erro lançado como excepção

```
public void main(String[] args) {
  Data d;
  try {
    d = new Data(25,4,1974);
    ...
  }
  catch(IllegalArgumentException e) {
    doSomethingWithError;
  }
  try {
    if (Data.diasDoMes(mes,ano) != 31)
      ...
  }
  catch(IllegalArgumentException e) {
    doSomethingWithError;
  }
}
```

NOTA MUITO IMPORTANTE

No código `catch` deve-se: *terminar o programa*, ou *propagar a excepção*, ou *voltar a tentar* o código `try` (inserindo todo o bloco `try`/`catch` num ciclo). Qualquer outra acção pode gerar problemas de robustez no programa!

05.16

Esta abordagem tem os seguintes problemas:

- Apesar do uso de excepções, não há uma total separação entre o código normal e o código de erro.
- A detecção de erros continua a fazer uso da instrução condicional. Assim, mesmo que haja a forte convicção de que não existem erros, não é possível desactivar (nem total, nem caso a caso) o código de gestão de erros;
- O código normal (que se quer correcto) é contaminado com o código de gestão de erros, situação esta ainda mais agravada quando na presença de excepções do tipo *checked*;
- Por fim, como se chamou a atenção na caixa **NOTA MUITO IMPORTANTE**, é necessário o máximo cuidado na utilização da instrução `try`/`catch` já que nesta facilmente se pode ignorar excepções (situação que nos remete para a técnica da Avestruz).

2.4 Programação por Contrato

A melhor abordagem para a gestão de falhas internas a um programa é, sem duvida, a programação por contrato. Nesta, a especificação da correcção das várias partes de um programa é feita recorrendo a

asserções. Um erro num programa é simplesmente o resultado de uma asserção falsa.

```
public class Data {

  public Data(int dia,int mes,int ano) {
    assert valida(dia,mes,ano);
    aDia = dia; aMes = mes; aAno = ano;
  }

  public static int diasDoMes(int mes,int ano) {
    assert mesValido(mes);
    final int[] dias = {31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31};
    int result = dias[mes-1];
    if (mes == 2 && anoBissexto(ano))
      result++;
    return result;
  }

  private int aDia,aMes,aAno;
}
```

asserções

```
public void main(String[] args) {
  Data d = new Data(25,4,1974);
  ...
  if (Data.diasDoMes(mes,ano) != 31)
     ...
}
```

05.17

A separação entre o código normal e o código de erro é total, com a garantia de robustez interna e externa do módulo.

2.5 Discussão

Gestão de falhas em módulos

- **Técnica da Avestruz**:
  - Código *simples*, mas *não robusto*.
- **Programação Defensiva**:
  - Código *internamente robusto*, mas sem garantir que os clientes detectam situações de erro (*externamente não robusto*).
  - No caso 2 (excepções *checked*) o programa pode ser externamente robusto desde que se sigam os conselhos dados na caixa: **NOTA MUITO IMPORTANTE**;
  - Código mais *complexo*.
- **Programação por Contrato**:
  - Código *simples*, *interna e externamente robusto*;
  - No caso de se pretender apanhar a excepção `AssertionError`, então os conselhos dados na caixa **NOTA MUITO IMPORTANTE** são também aplicáveis.

05.18

3 Gestão de Falhas em Programas

- Na construção de programas nem todas as falhas resultam de erros internos a um programa.
- Por exemplo, quando um programa recebe *informação do exterior* através de argumentos do programa, ou de um processo de interacção com o utilizador, ou ainda quando lida com ficheiros; podem ocorrer falhas que escapam ao controlo interno do programa.
- Nestas situações, a utilização da programação por contrato não é a metodologia mais adequada. Já que, erradamente, considera erros de programa situações fora do seu controlo.
- Para este tipo de falhas (externas), a metodologia que deve ser aplicada é a da programação defensiva. Ou seja, aceitar e tratar este tipo de erros fazendo uso dos mecanismos normais da linguagem para controlo de fluxo do programa (condicionais, excepções, etc.).
- Temos assim dois tipos de erros num programa:

Internos: Erros 100% da responsabilidade do programa. A programação por contrato é de longe a melhor metodologia para lidar com estes erros.

Externos: Erros que não sejam completamente da responsabilidade do programa (com origem em factores externos ao programa). Para estes casos a programação defensiva é a opção adequada.

05.19

Falhas Externas

Para facilitar a identificação das *falhas externas* que podem aparecer num programa, apresentam-se alguns dos casos mais frequentes:

- Argumentos do programa (`main(String[] args)`);
  - Quando aplicável, é necessário verificar quantos são, e eventuais problemas de conversão para números, *strings* vazias, etc..
- Entradas do utilizador (`Scanner scin=new Scanner(System.in)`);
  - É necessário verificar eventuais problemas de conversão para números, *strings* vazias, etc..
- Leitura de ficheiros:
  - Lidar com a excepção `FileNotFoundException` (ou se preferir, `IOException`) na criação do `Scanner`;
  - Nas operações de `next...` lidar com as excepções: `InputMismatchException` e `NoSuchElementException`. Pode-se evitar lidar com a excepção `InputMismatchException` se se validar previamente a utilização das operações `next...` com os métodos `hasNext...`.
- Escrita de ficheiros:
  - Lidar com a excepção `FileNotFoundException` (`IOException`) na criação do `PrintWriter`;
  - Após uso de `print...`, testar existência de erros de escrita com o método `checkError`.

Note que, para os objectivos desta unidade curricular, em termos de programação defensiva no uso de ficheiros, considera-se suficiente lidar com a excepção `FileNotFoundException`. 05.20