Hierarquia de Classes e Herança

- ***(Grady Booch) The Meaning of Hierarchy:***
  - *"Abstraction is a good thing, but in all except the most trivial applications, we may find many more different abstractions than we can comprehend at one time. Encapsulation helps manage this complexity by hiding the inside view of our abstractions. Modularity helps also, by giving us a way to cluster logically related abstractions. Still, this is not enough. A set of abstractions often forms a hierarchy, and by identifying these hierarchies in our design, we greatly simplify our understanding of the problem."*
- Logo*, "Hierarchy is a ranking or ordering of abstractions."*

- Até agora só temos visto classes que estão ao mesmo nível hierárquico. No entanto...
- A colocação das classes numa hierarquia de especialização (do mais genérico ao mais concreto) é uma característica de muitas linguagens da POO
- Esta hierarquia é importante:
  - ao nível da ***reutilização*** de variáveis e métodos
  - da compatibilidade de tipos

- No entanto, a tarefa de criação de uma hierarquia de conceitos (classes) é complexa, porque exige que se **classifiquem** os conceitos envolvidos

- A criação de uma hierarquia é do ponto de vista operacional um dos mecanismos que temos para criar novos conceitos a partir de conceitos existentes

  - notem que a este propósito já utilizamos a composição de classes

- Exemplos de composição de classes
  - um segmento de recta é composto por duas instâncias de Ponto
  - um Triângulo pode ser definido como composto por três segmentos de recta ou por um segmento e um ponto central, ou ainda por três pontos
  - uma Turma é composta por uma colecção de alunos

- Uma outra forma de criar classes a partir de classes já existentes é através do mecanismo de herança.
- Considere-se que se pretende criar uma classe que represente um Ponto 3D
  - quais são as alterações em relação ao Ponto que codificamos anteriormente?
    - mais uma v.i. e métodos associados

- A classe Ponto (incompleta):

```java
/**
 * Classe que implementa um Ponto num plano2D.
 * As coordenadas do Ponto são inteiras.
 *
 * @author  MaterialPOO
 * @version 20180212
 */
public class Ponto {

  //variáveis de instância
  private int x;
  private int y;

  /**
   * Construtores da classe Ponto.
   * Declaração dos construtores por omissão (vazio),
   * parametrizado e de cópia.
   */
```

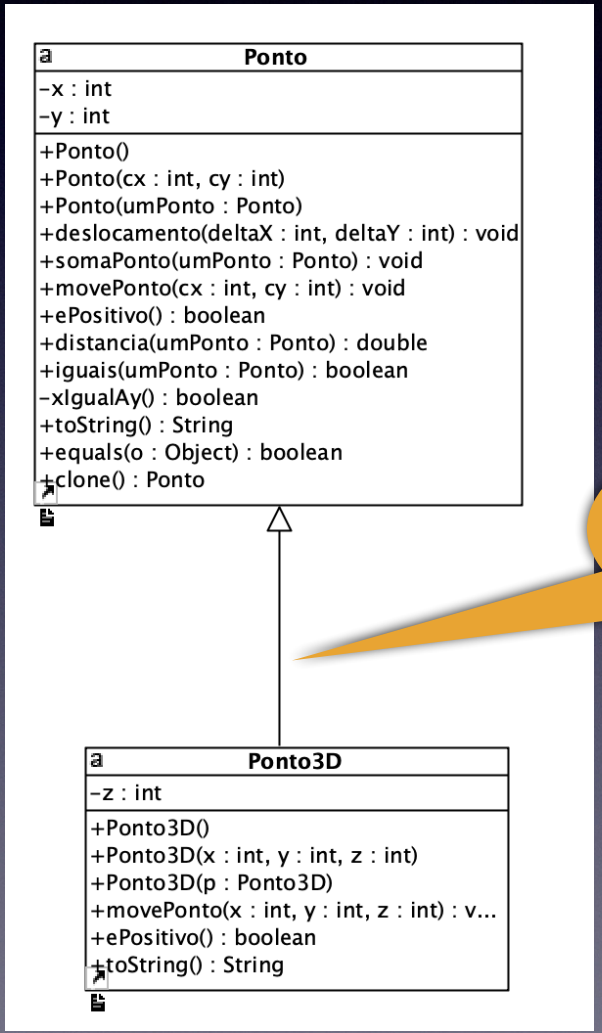
- o esforço de codificação consiste em acrescentar uma v.i. (z) e getZ() e setZ()

- O mecanismo de herança proporciona um esforço de programação diferencial
  - ou seja, para ter um Ponto3D precisamos de tudo o que existe em Ponto e acrescentar um *delta de informação* que consiste nas características novas
  - logo, a classe Ponto3D aumenta, refina, detalha, especializa a classe Ponto

- Como se faz isto?

1. de forma ad-hoc, sem suporte, através de um mecanismo de copy&paste 😤😱
2. usando composição, isto é, tendo como v.i. de Ponto3D um Ponto 🤔
3. *mais importante*, através de um mecanismo existente de base nas linguagens por objectos que é a noção de hierarquia e herança 👍

Diagrama de classe com herança

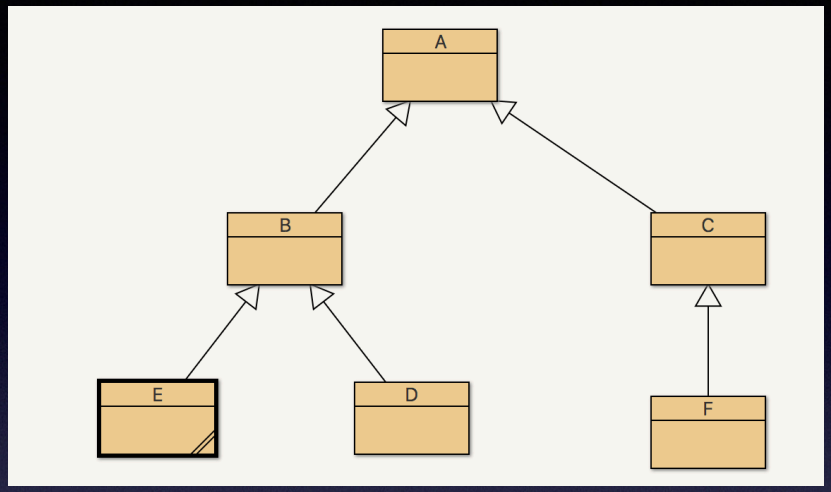


Denota a relação de herança e de especialização

```java
/**
 * Classe que representa um Ponto 3D.
 * @author MaterialPOO
 * @version 20180323
 */
public class Ponto3D extends Ponto {
    private int z;

    public Ponto3D() {
      super();
      this.z = 0;
    }

    public Ponto3D(int x, int y, int z) {
      super(x,y);
      this.z = z;
    }

    public Ponto3D(Ponto3D p) {
      super(p);
      this.z = p.getZ();
    }
```

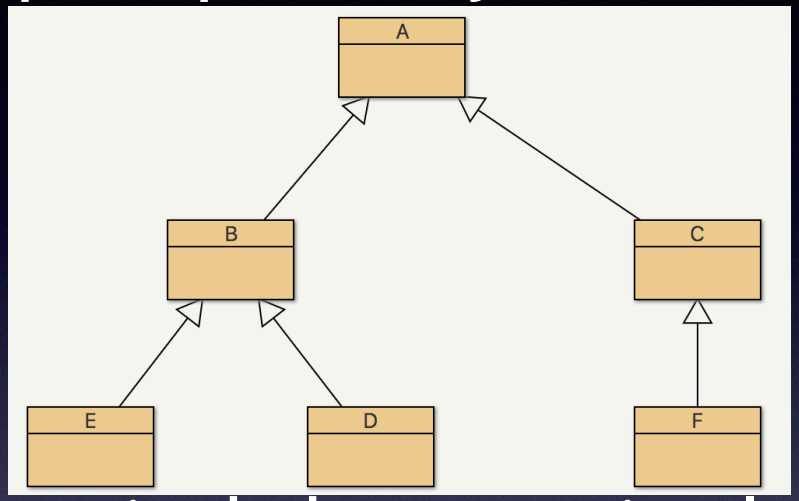
Invocação do construtor da superclasse (Ponto)

- Hierarquia:



- A é superclasse de B.
- A é superclasse de C.
- B é superclasse de D e E
- D e E são subclasses de B
- F é subclasse de C
- B especializa A, D e E especializam B (e A!)

- Hierarquia típica em Java:

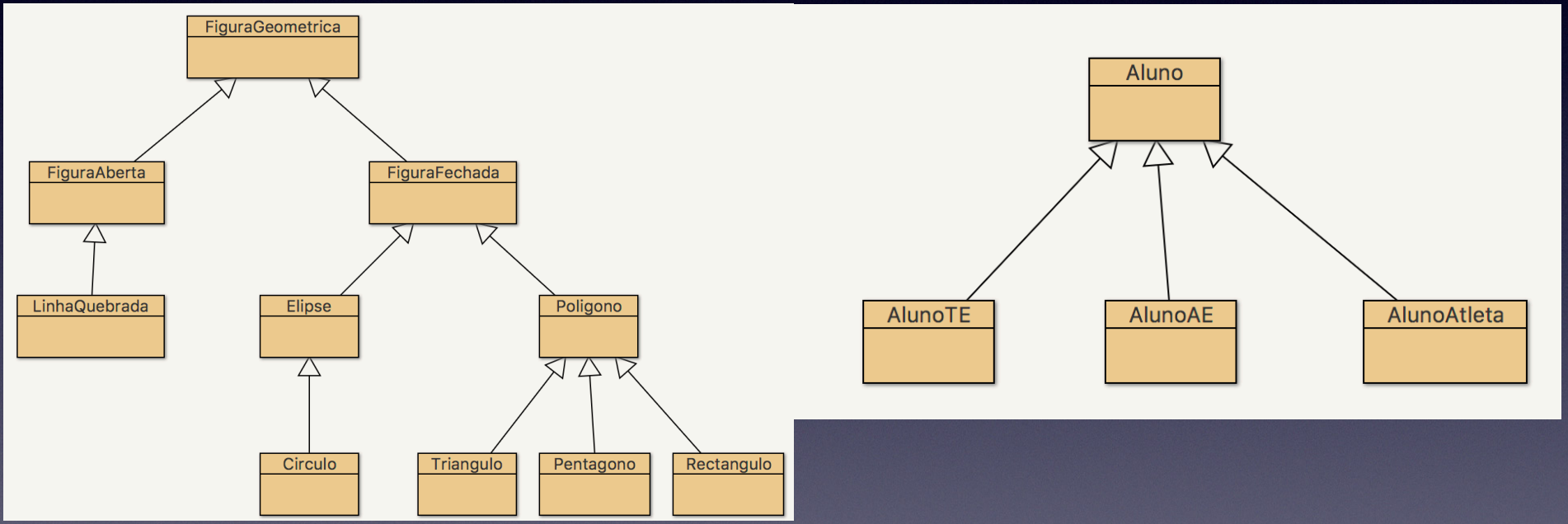


  - hierarquia de herança simples (por oposição, p.ex., a C++)

- O que significa do ponto de vista semântico dizer que duas classes estão hierarquicamente relacionadas?

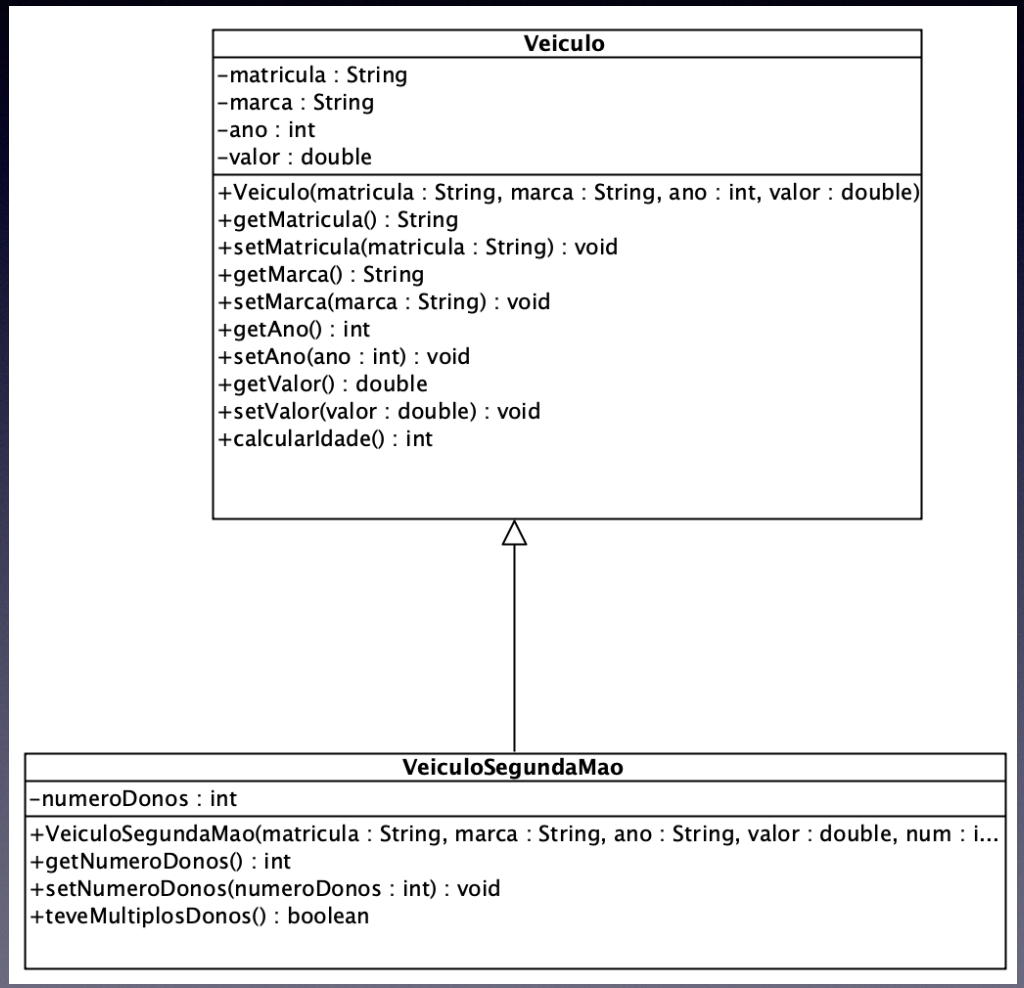
- no paradigma dos objectos a hierarquia de classes é uma hierarquia de especialização
  - uma subclasse de uma dada classe constitui uma especialização, sendo por definição mais detalhada que a classe que lhe deu origem
  - isto é, possui **mais** estado e **mais** comportamento

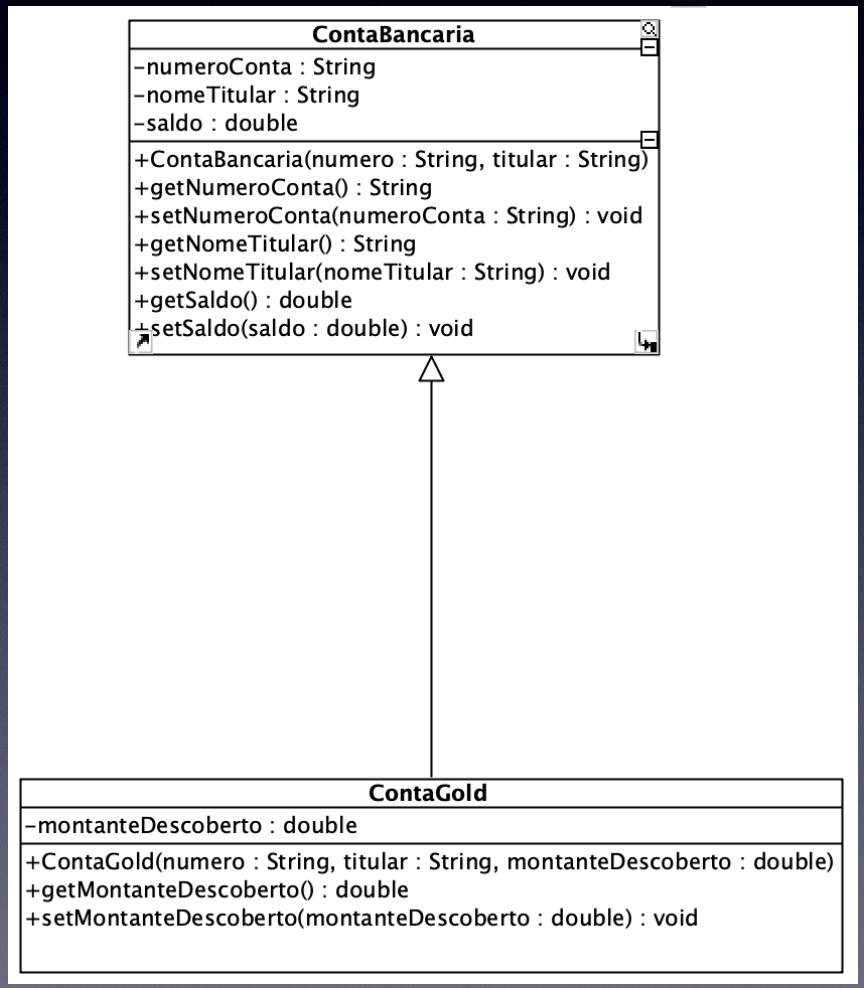
- A exemplo de outras taxonomias, a classificação do conhecimento é realizada do geral para o particular



- a especialização pode ser feita nas duas vertentes: estrutural (variáveis) e comportamental (métodos)

Mais exemplos…





(adaptado de "Java in Two Semesters", Q. Charatan, A. Kans)

O mecanismo de herança

- se uma classe B é subclasse de A, então:
  - B é uma especialização de A
  - este relacionamento designa-se por "*é um*" ou "*é do tipo*", isto é, uma instância de B pode ser designada como sendo um A
    - implica que aos atributos e métodos de A se acrescentou mais informação

- Se uma classe B é subclasse de A:
  - se B **pertence** ao mesmo package de A, B herda e pode aceder directamente a todas as variáveis e métodos de instância que não são private.
  - se B **não pertence** ao mesmo package de A, B herda e pode aceder directamente a todas as variáveis e métodos de instância que não são private ou package. Herda automaticamente tudo o que é public ou protected.

- B pode **definir** novas variáveis e métodos de instância próprios
- B pode **redefinir** variáveis e métodos de instância herdados (fazer override)
- variáveis e métodos de classe são herdados mas...
  - se forem redefinidos são *hidden*, não são *overridden*.
- métodos construtores não são herdados

- na definição que temos utilizado nesta unidade curricular, as variáveis de instância são declaradas como **private**
- que impacto é que isto tem no mecanismo de herança?
  - vamos deixar de poder referir as v.i. da superclasse que herdamos pelo nome
  - …, mas vamos utilizar os métodos de acesso, *getX()* (no caso do Ponto), para aceder aos seus valores

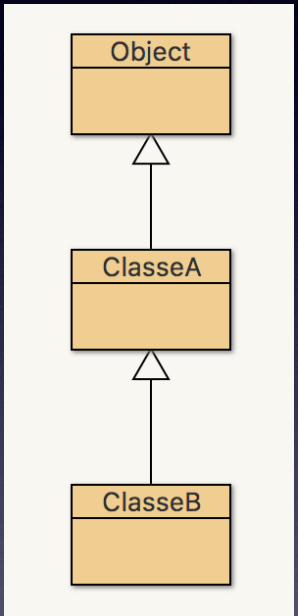
- Para percebermos a dinâmica do mecanismo de herança, vamos prestar especial atenção aos seguintes aspectos:
  - criação de instâncias das subclasses
  - redefinição de variáveis e métodos
  - procura de métodos

Criação das instâncias das subclasses

- em Java é possível definir um construtor à custa de um construtor da mesma classe, ou seja, à custa de **this()**
- fica agora a questão de saber se é possível a um construtor de uma subclasse invocar os construtores da superclasse
    - como vimos atrás os construtores não são herdados

- quando temos uma subclasse B de A, sabe-se que B herda todas as v.i. de A a que tem acesso.
- assim cada instância de B é constituída pela "soma" das partes:
  - as v.i. declaradas em B
  - as v.i. herdadas de A

- em termos de estrutura interna, podemos dizer que temos:




```
public class ClasseA extends Object {

  private int a1;
  private String a2;
```

```
public class ClasseB extends ClasseA {

  private int b1;
  private String b2;
```

- como sabemos que B tem pelo menos um construtor definido, B(), as v.i. declaradas em B (b1 e b2) são inicializadas

- ... mas quem inicializa as variáveis que foram declaradas em A?
  - resposta evidente: os métodos encarregues de fazer isso em A, ou seja, os construtores de A
  - dessa forma, o construtor de B deve invocar o construtor de A para inicializar as v.i. declaradas em A

- em Java, para que seja possível a invocação do construtor de uma superclasse, esta deve ser feita logo no início do construtor da subclasse
  - recorrendo a **super(...)**, em que a verificação do construtor a invocar se faz pelo matching dos parâmetros e respectivos tipos de dados
- de facto a invocação de um construtor numa subclasse, cria uma cadeia transitiva de invocações de construtores

- Exemplo classe Ponto3D, subclasse de Ponto

- os construtores de Ponto3D delegam nos construtores de Ponto a inicialização das v.i. declaradas em Ponto

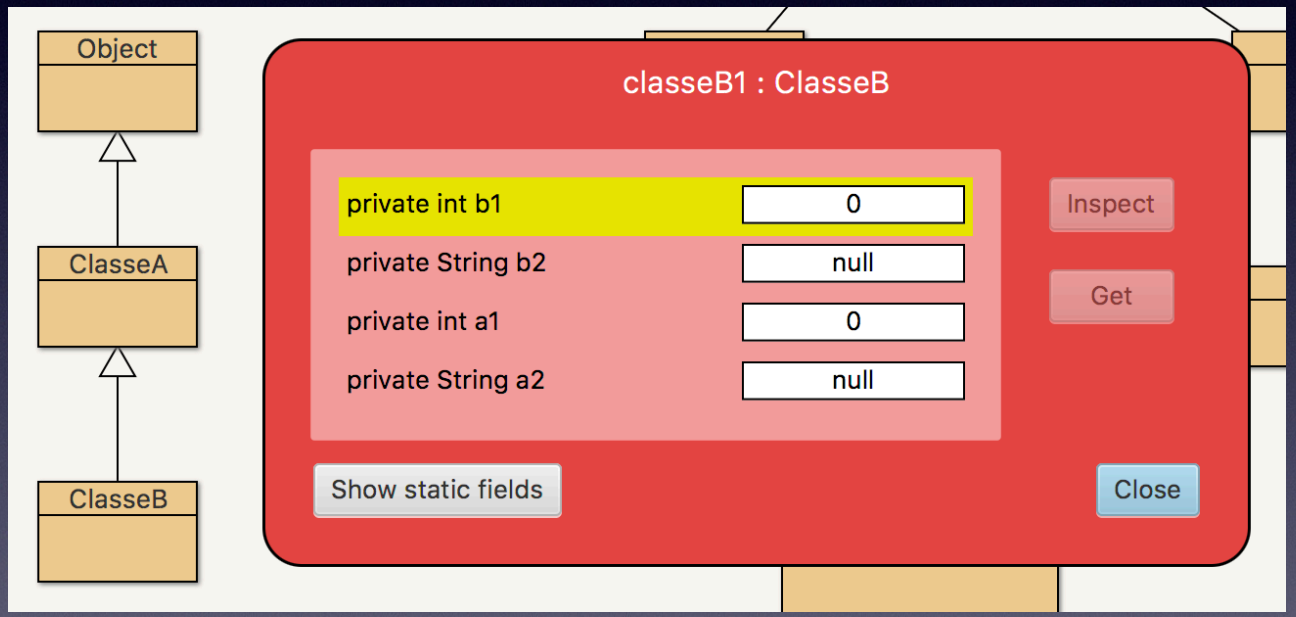
```
public Ponto3D() {
  super();
  this.z = 0;
}
public Ponto3D(int x, int y, int z) {
  super(x,y);
  this.z = z;
}
public Ponto3D(Ponto3D p) {
  super(p);
  this.z = p.getZ();
}
```

construtor parametrizado de Ponto

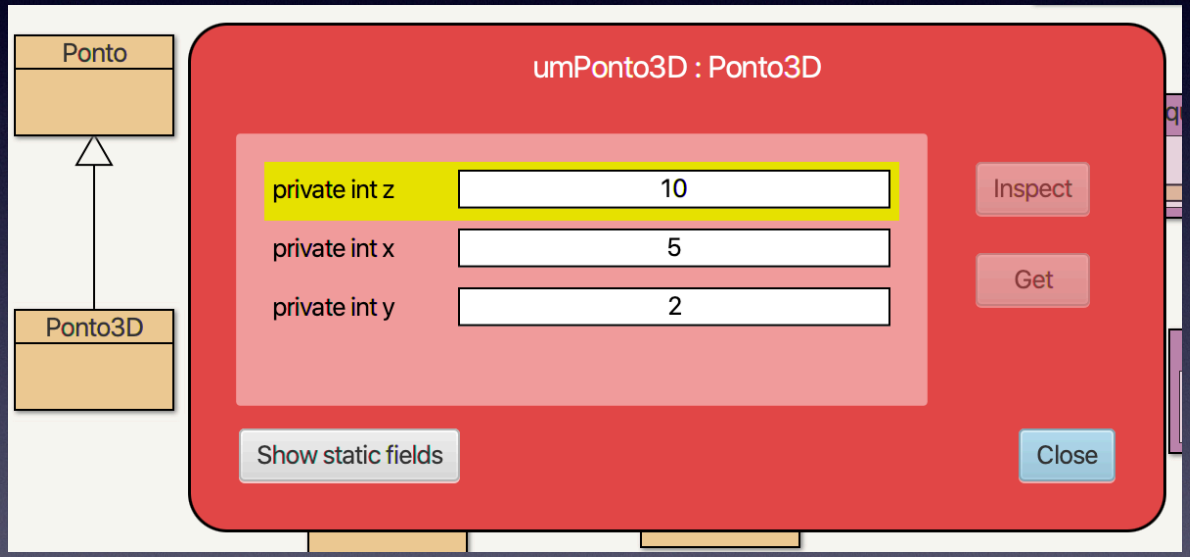
construtor de cópia de Ponto

- a cadeia de construtores é implícita e na pior das hipóteses usa os construtores que por omissão são definidos em Java.
  - por isso em Java são disponibilizados por omissão construtores vazios
- por aqui se percebe o que Java faz quando cria uma instância: aloca espaço e inicializa todas as v.i. que são criadas pelas diversas classes até Object

- Exemplo de criação de uma instância da classe ClasseB, recorrendo ao construtor vazio:



- Exemplo de criação de um objecto da classe Ponto3D



Redefinição variáveis e métodos

- o mecanismo de herança é automático e total, o que significa que uma classe herda obrigatoriamente da sua superclasse directa , e superclasses por transitividade, um conjunto de variáveis e métodos
- no entanto, uma determinada subclasse pode pretender modificar localmente uma definição herdada
  - *a definição local é sempre a prioritária*

- na literatura quando um método é redefinido, é comum dizer que ele é reescrito ou *overriden*
- quando uma variável de instância é re-declarada na subclasse diz-se que a da superclasse é escondida (*hidden* ou *shadowed*)
- A questão é saber se ao redefinir estes conceitos se perdemos, ou não, o acesso ao que foi herdado!

- considere-se a classe ClasseA

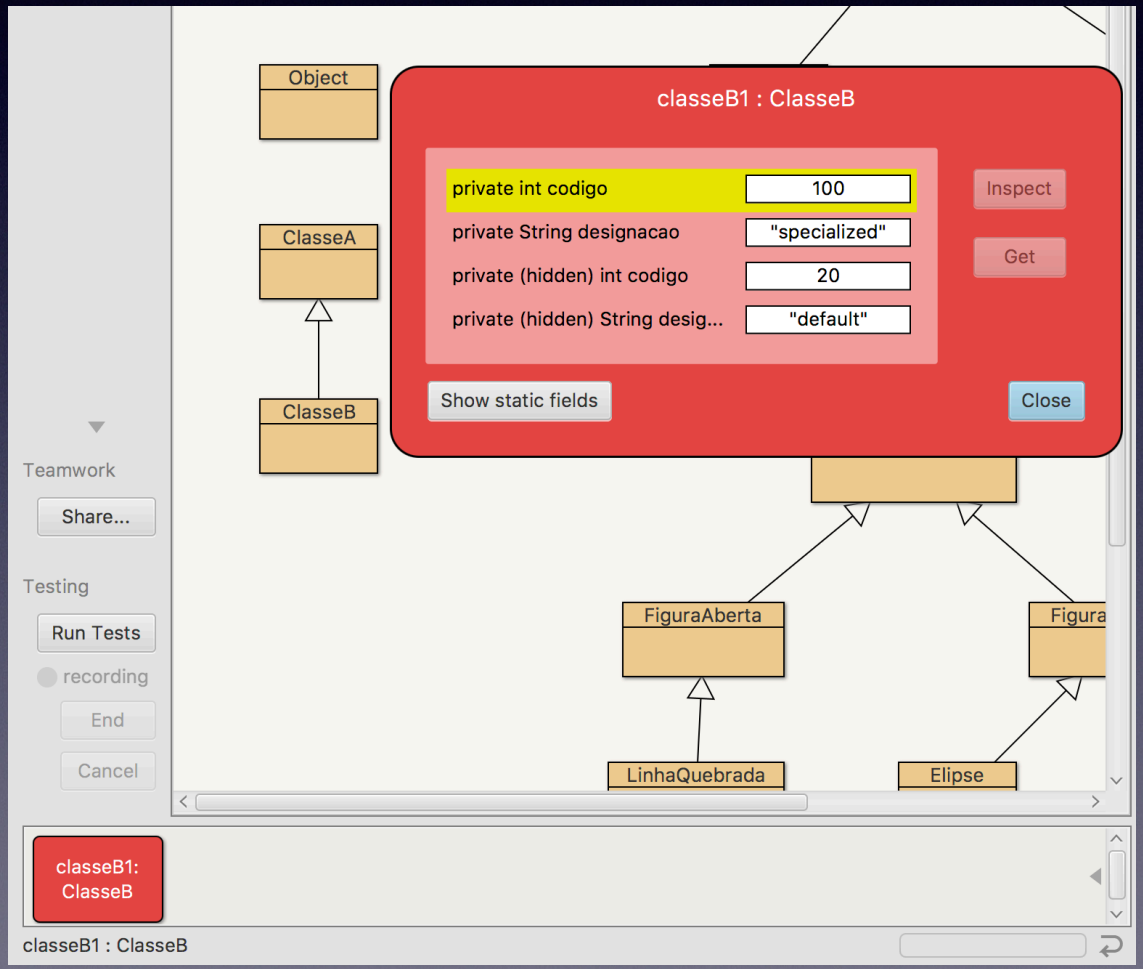
```java
public class ClasseA {
  private int codigo;
  private String designacao;

  public ClasseA() {
    this.codigo = 20;
    this.designacao = "default";
  }
  public int getCodigo() { return this.codigo;}
  public String getDesignacao() {return this.designacao;}
  public int metodo() {return this.getCodigo();}
  public int resultado() {return this.getCodigo();}
}
```

- e uma sua subclasse, ClasseB

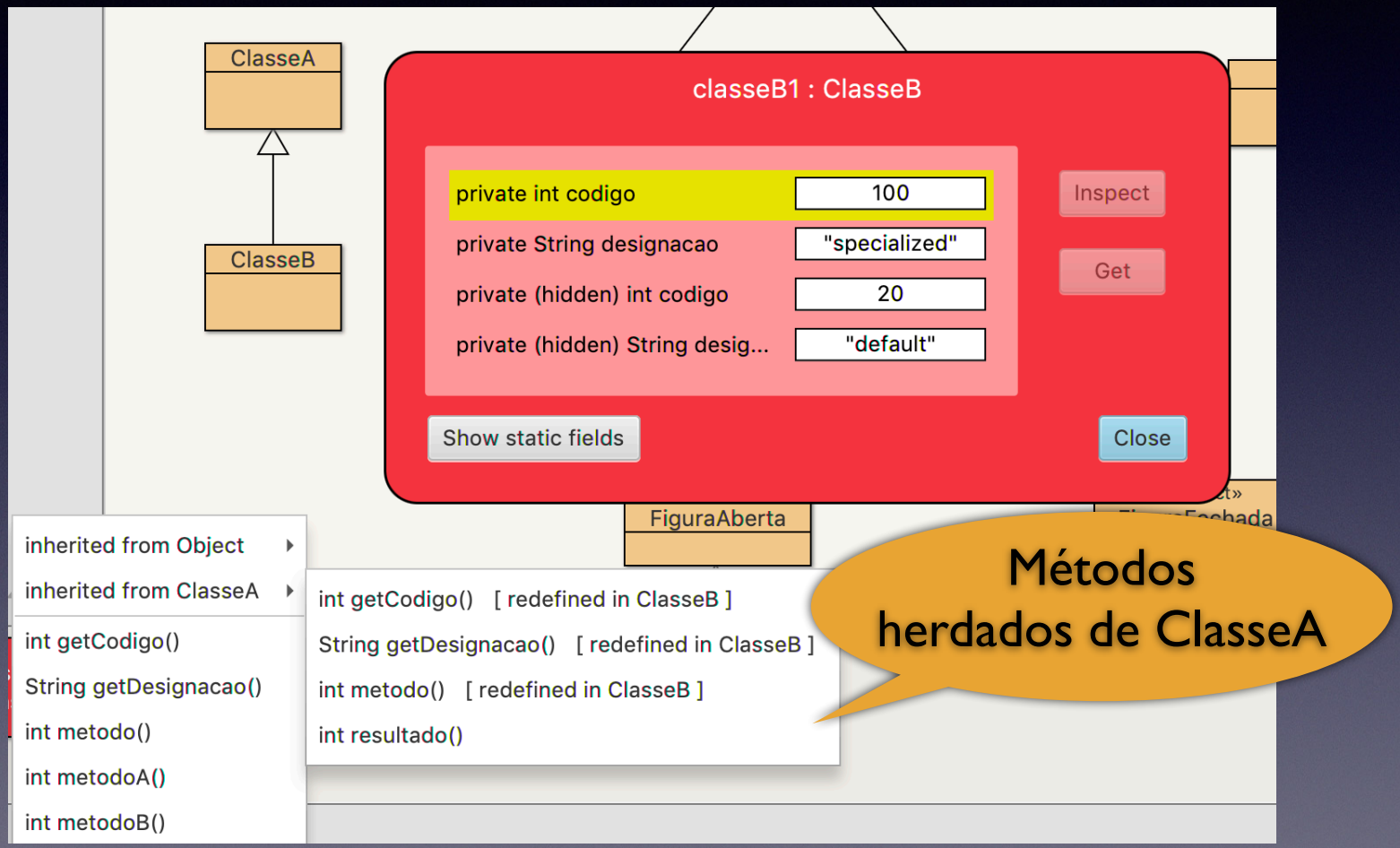
```java
public class ClasseB extends ClasseA {

  private int codigo; // esconde a v.i. de ClasseA
  private String designacao; //esconde a v.i. de ClasseA

  public ClasseB() {
    this.codigo = 100;
    this.designacao = "specialized";
  }
  public int getCodigo() {return this.codigo;}
  public String getDesignacao() {return this.designacao;}
  public int metodo() {return this.getCodigo();}
  public int metodoA() {return super.metodo();}
  public int metodoB() {return metodoA();}
}
```

- o que é a referência **super**?
  - um identificador que permite que a procura seja remetida para a superclasse
  - ao fazer **super.m()**, a procura do método **m()** é feita na superclasse e não na classe da instância que recebeu a mensagem
  - apesar da sobreposição (*override*), tanto o método local como o da superclasse estão disponíveis

- veja-se o inspector BlueJ de um objecto da Classe B



- é também possível visualizar os métodos definidos na classe e os herdados da(s) superclasse(s)



- o que acontece quando enviamos à instância classeB1 (imagem anterior) a mensagem resultado**()**?
  - **resultado()** é uma mensagem que não foi definida na subclasse
  - o algoritmo de procura vai encontrar a definição na superclasse
  - o código a executar é `return this.getCodigo()`

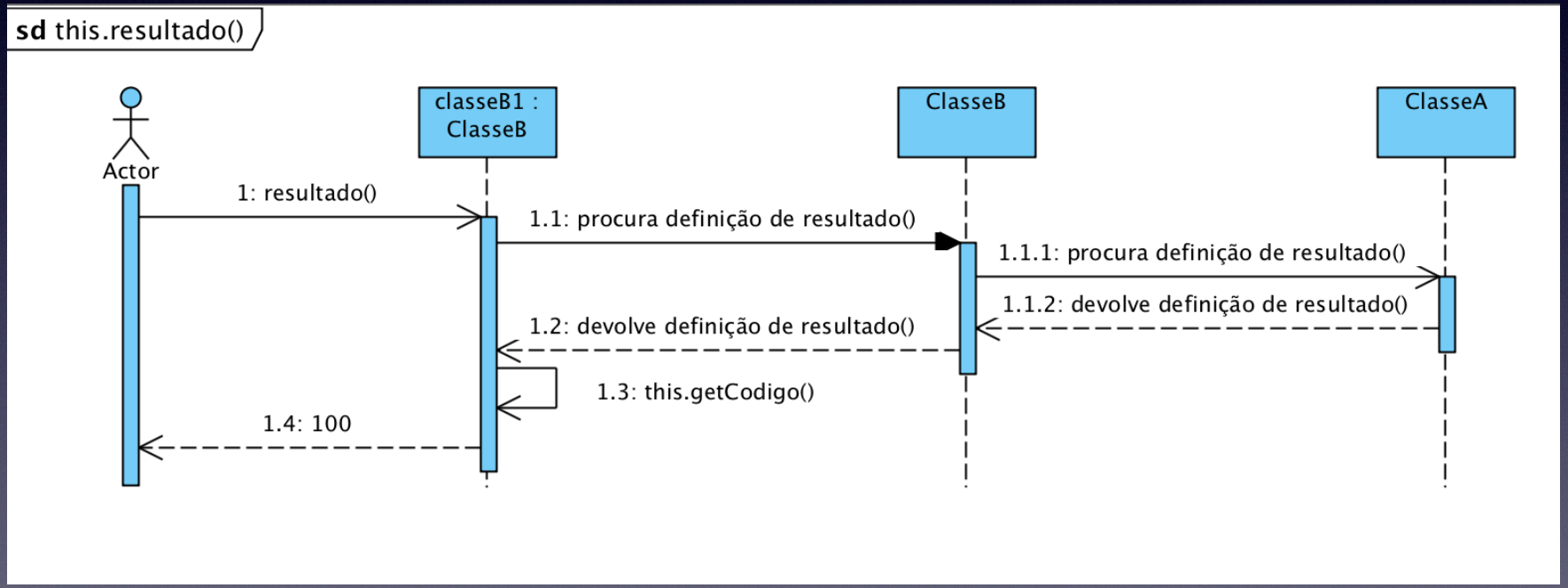
- em ClasseA o valor de codigo é 20, enquanto que em ClasseB o valor é 100.
  - qual é o contexto de execução de **this.getCodigo()**?
  - a que instância é que o **this** se refere?
- Vejamos o algoritmo de procura e execução de métodos...

- qual o resultado de invocar `resultado()` numa instância de `ClasseB`?

```java
public class ClasseA {
  private int codigo;
  private String designacao;

  public ClasseA() {
    this.codigo = 20;
    this.designacao = "default";
  }
  public int getCodigo() { return this.codigo;}
  public String getDesignacao() {return this.designacao;}
  public int metodo() {return this.getCodigo();}
  public int resultado() {return this.getCodigo();}
}
```

```java
public class ClasseB extends ClasseA {

  private int codigo; // esconde a v.i. de ClasseA
  private String designacao; //esconde a v.i. de ClasseA

  public ClasseB() {
    this.codigo = 100;
    this.designacao = "specialized";
  }
  public int getCodigo() {return this.codigo;}
  public String getDesignacao() {return this.designacao;}
  public int metodo() {return this.getCodigo();}
  public int metodoA() {return super.metodo();}
  public int metodoB() {return metodoA();}
}
```

- algoritmo de execução da invocação de resultado() no objecto classeB1:



- na execução do código, a referência a ***this*** corresponde sempre ao objecto que recebeu a mensagem
  - neste caso, a instância classeB1
- sendo assim, o método **getCodigo()** é o método de ClasseB, que é a classe do receptor da mensagem
  - logo, independentemente do contexto "subir e descer", o **`this`** refere sempre o receptor da mensagem!

- E qual o resultado da invocação em classeB1 (instância de ClasseB) dos seguintes métodos?

```
public int metodo() {return this.getCodigo();}
public int metodoA() {return super.metodo();}
public int metodoB() {return metodoA();}
```

Regra para avaliaçao de this.m()

- de forma geral, a expressão **this.m()**, onde quer que seja encontrada no código de um método de uma classe (independentemente da localização na hierarquia), corresponde sempre à execução do método **m()** da classe do receptor da mensagem

Modificadores e redefinição de métodos

- a possibilidade de redefinição de métodos está condicionada pelo tipo de modificadores de acesso do método da superclasse (private, public, protected, package) e do método redefinidor
- o método redefinidor não pode diminuir o nível de acessibilidade do método redefinido

- os métodos public podem ser redefinidos por métodos public
- métodos protected por public ou protected
- métodos package por public ou protected ou package

Compatibilidade entre classes e subclasses

- uma das vantagens da construção de uma hierarquia é a reutilização de código, mas...
- os aspectos relacionados com a criação de tipos de dados são também não negligenciáveis
- as classes são associadas estaticamente a tipos
  - uma classe é um tipo de dados

- é preciso saber qual a compatibilidade entre os tipos das diferentes classes (superclasses e subclasses)
  - a questão determinante é saber se uma classe é compatível com as suas subclasses!
- é importante reter o princípio da substituição de Liskov(*) que diz que...

(*) "Family Values: a behavioral notion of subtyping", Barbara Liskov & Jeanette Wing

- “se uma variável é declarada como sendo de uma dada classe (tipo), é admissível que lhe seja atribuído um valor (instância) dessa classe ou de qualquer das suas subclasses”
  - existe compatibilidade de tipos no sentido ascendente da hierarquia (eixo da generalização)
  - ou seja, uma instância de uma subclasse pode ser atribuída a uma instância da superclasse (`Forma f = new Triangulo()`)

- seja o código

```
ClasseA a1, a2;

a1 = new ClasseA();
a2 = new ClasseB();
```

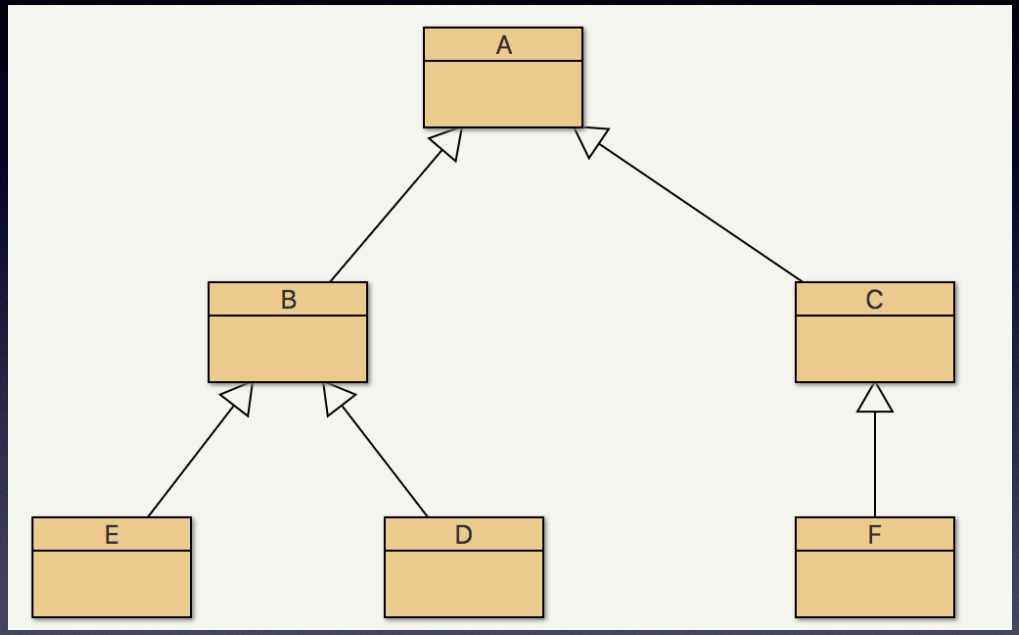
- ambas as declarações estão correctas, tendo em atenção a declaração de variável e a atribuição de valor
  - ClasseB é uma subclasse de ClasseA, pelo que está correcto
- mas o que acontece quando se executa `a2.m()`?

- o compilador tem de verificar se m() existe em ClasseA ou numa sua superclasse (e teria sido herdado)
  - se existir é como se estivesse declarado em ClasseB
  - a expressão é correcta do ponto de vista do compilador
- em tempo de execução terá de ser determinado qual é o método a ser invocado. (cf algoritmo de procura anteriormente apresentado)

- o interpretador, em tempo de execução, faz o ***dynamic binding,*** procurando determinar em função da mensagem qual é o método que deve invocar

- se várias classes da hierarquia implementarem o método m(), então o interpretador executa o método associado ao tipo de dados da **classe do objecto**

- Seja novamente considerada a hierarquia:



- … as implementações das várias classes:

```java
public class A {
    private int x;

    public A() {
        this.x = 0;
    }
    public int sampleMethod(int y) {
        return this.x + y;
    }
}
```

```java
public class B extends A {
    private int x;

    public B() {
        this.x = 10;
    }
    public int sampleMethod(int y) {
        return this.x + 2* y;
    }
}
```

```java
public class C extends A {
    private int x;

    public C() {
        this.x = 20;
    }
    public int sampleMethod(int y) {
        return this.x + 2*y;
    }
}
```

```java
public class E extends B {
    private int x;

    public E() {
        this.x = 100;
    }
    public int sampleMethod(int y) {
        return this.x + 10*y;
    }
}
```

```java
public class D extends B {
    private int x;

    public D() {
        this.x = 100;
    }
    public int sampleMethod(int y) {
        return this.x + 20*y;
    }
}
```

```java
public class F extends C {
    private int x;

    public F() {
        this.x = 200;
    }
    public int sampleMethod(int y) {
        return this.x + 3*y;
    }
}
```

- do ponto de vista dos tipos de dados especificados e da relação entre eles, podemos estabelecer as seguintes relações:
  - um B é um A, um C é um A
  - um E é um B, um D é um B
  - um F é um C
  - ou seja, um D pode ser visto como um B ou um A. Um F pode ser visto como um A, etc...

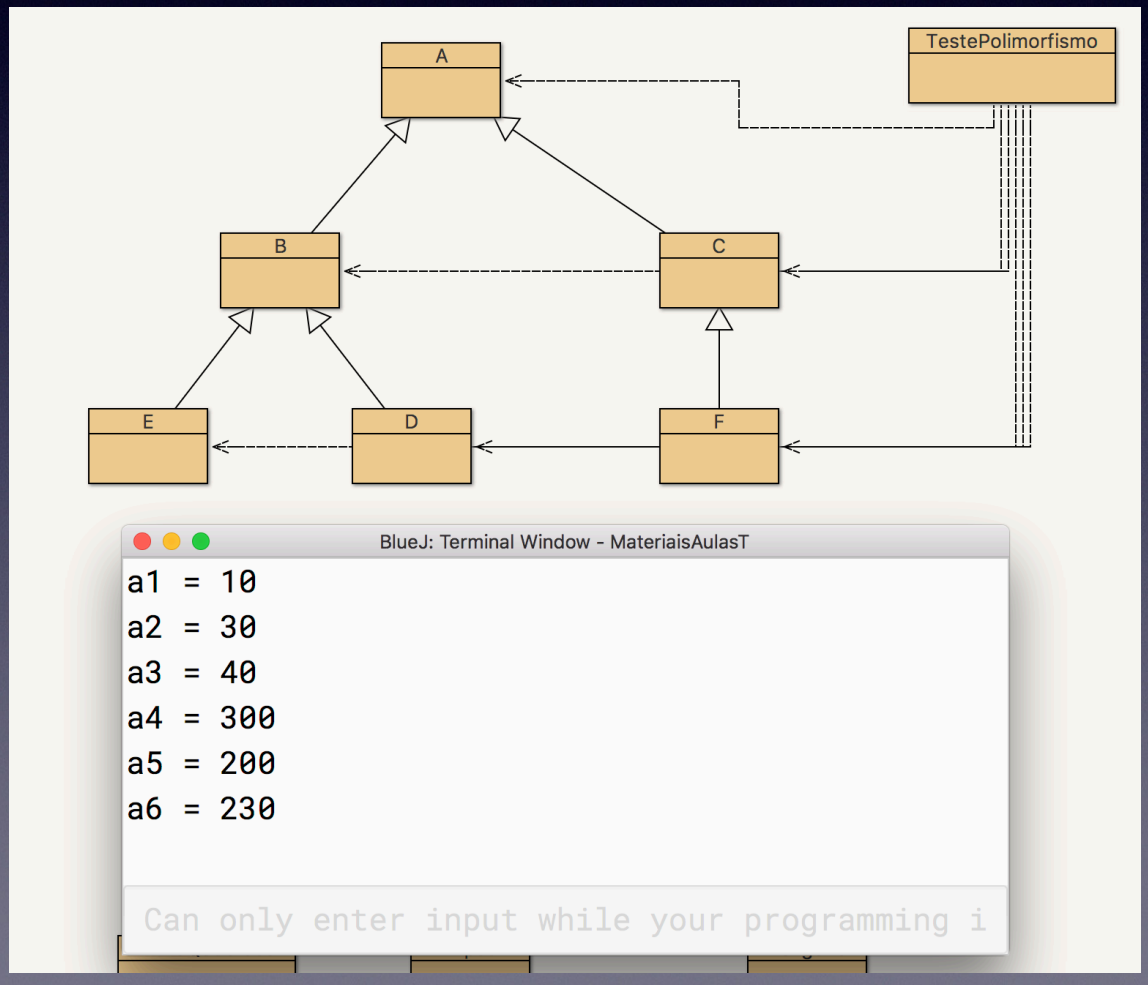
- considere-se o seguinte programa teste:

```
public static void main(String[] args) {

  A a1,a2,a3,a4,a5,a6;
  a1 = new A();
  a2 = new B();
  a3 = new C();
  a4 = new D();
  a5 = new E();
  a6 = new F();

  System.out.println("a1 = " + a1.sampleMethod(10));
  System.out.println("a2 = " + a2.sampleMethod(10));
  System.out.println("a3 = " + a3.sampleMethod(10));
  System.out.println("a4 = " + a4.sampleMethod(10));
  System.out.println("a5 = " + a5.sampleMethod(10));
  System.out.println("a6 = " + a6.sampleMethod(10));
}
```

- qual é o resultado?

- importa distinguir dois conceitos muito importantes:
  - tipo *estático* da variável
    - é o tipo de dados da declaração, tal como foi aceite pelo compilador
  - tipo *dinâmico* da variável
    - corresponde ao tipo de dados associado ao construtor que criou a instância

- como o interpretador executa o algoritmo de procura dinâmica de métodos, executando sampleMethod() em cada uma das classes, então o resultado é:



Polimorfismo

- capacidade de tratar da mesma forma objectos de tipo diferente
  - desde que sejam compatíveis a nível de API
  - ou seja, desde que exista um tipo de dados que os inclua