

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

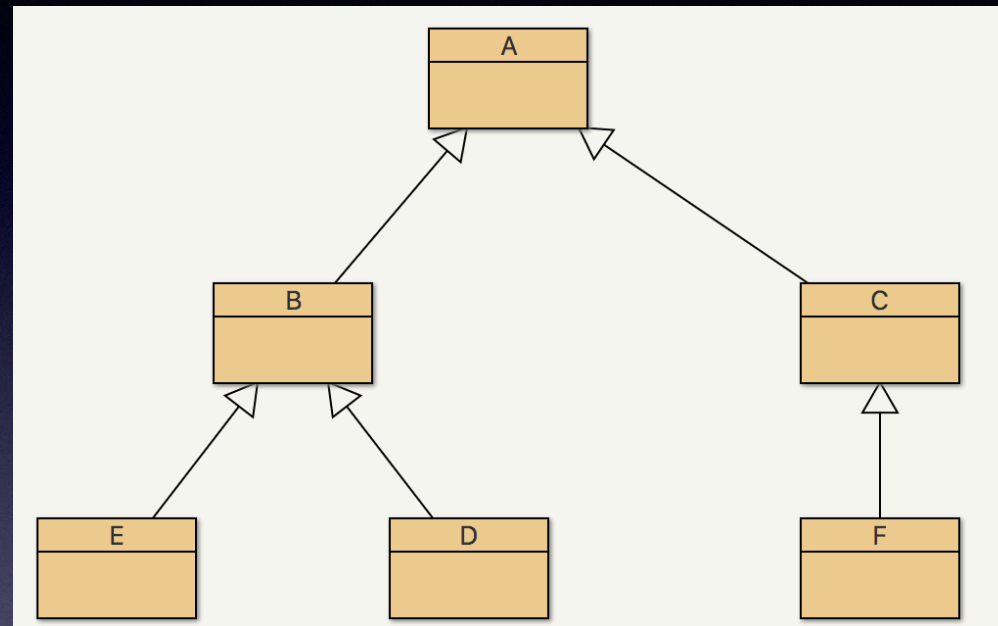
```
ClasseA a1, a2;  
  
a1 = new ClasseA();  
a2 = new ClasseB();
```

- 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
 - ***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:

```

public class A {
    private int x;

    public A() {
        this.x = 0;
    }

    public int sampleMethod(int y) {
        return this.x + y;
    }
}

```

```

public class B extends A {
    private int x;

    public B() {
        this.x = 10;
    }

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

```

```

public class C extends A {
    private int x;

    public C() {
        this.x = 20;
    }

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

```

```

public class E extends B {
    private int x;

    public E() {
        this.x = 100;
    }

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

```

```

public class D extends B {
    private int x;

    public D() {
        this.x = 100;
    }

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

```

```

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...

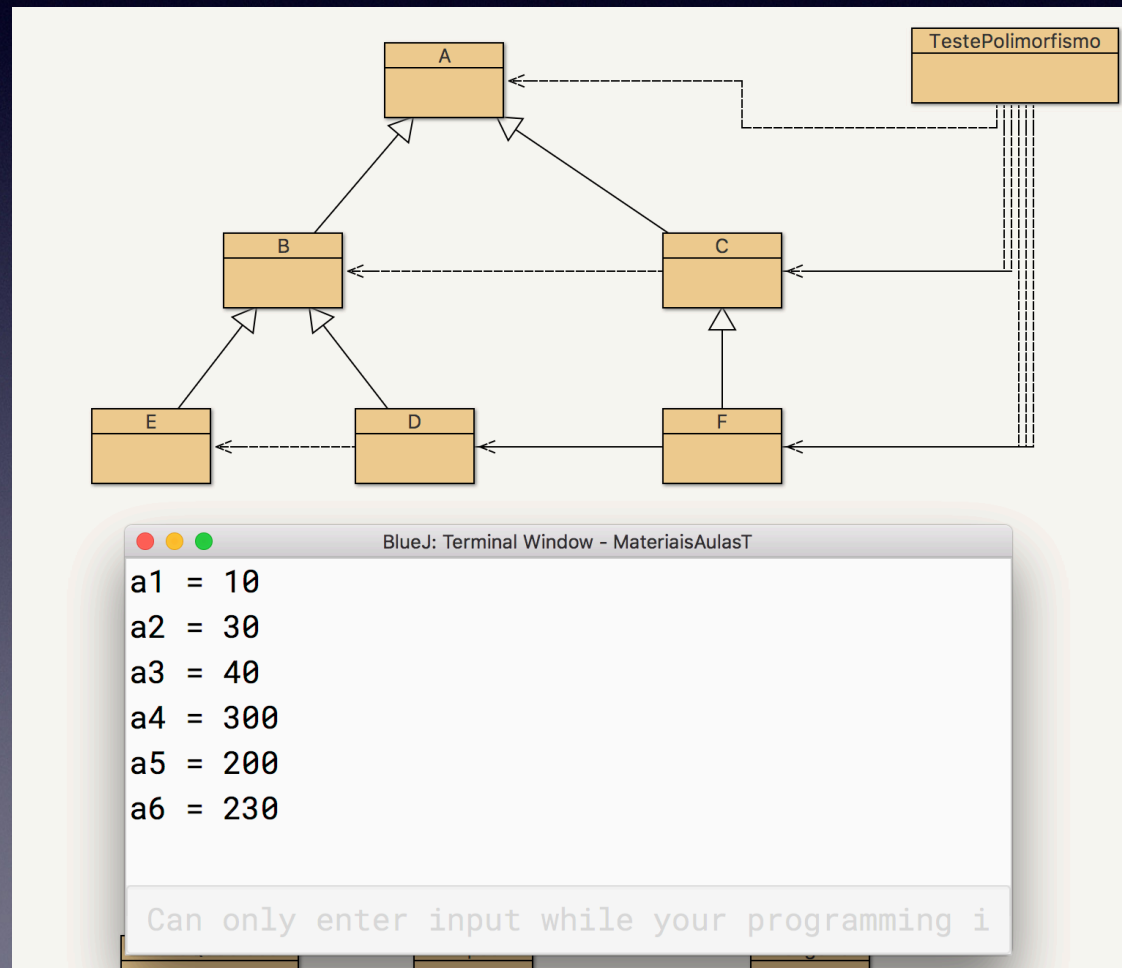
- considere-se o seguinte programa teste:

```
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

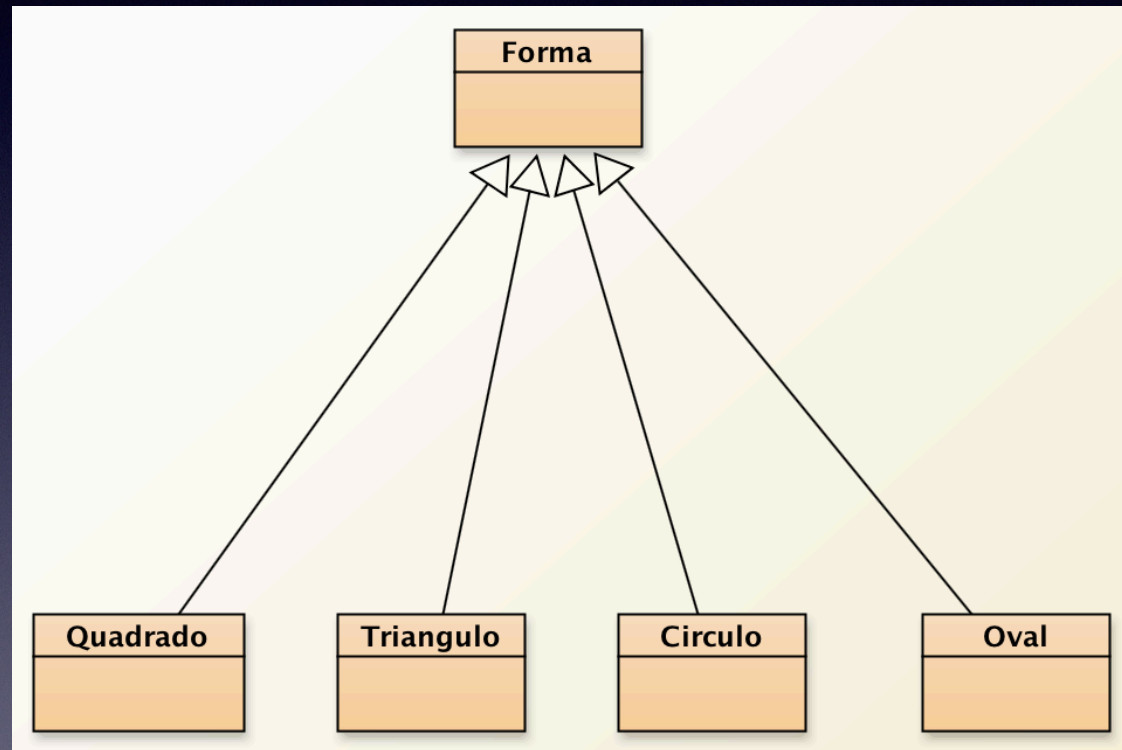
- como o interpretador executa o algoritmo de procura dinâmica de métodos, executando `sampleMethod()` em cada uma das classes, então o resultado é:



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

Hierarquia das Formas Geométricas



- todas as formas respondem a `area()` e a `perimetro()`

- sendo assim é possível tratar de forma igual as diversas instâncias de Forma

```
public double totalArea() {  
    double total = 0.0;  
    for (Forma f: this.formas)  
        total += f.area();  
    return total;  
}
```

Collection<Forma> formas;

```
public int qtsCirculos() {  
    int total = 0;  
    for (Forma f: this.formas)  
        if (f instanceof Circulo) total++;  
    return total;  
}
```

```
public int qtsDeTipo(String tipo) {  
    int total = 0;  
    for (Forma f: this.formas)  
        if ((f.getClass().getSimpleName()).equals(tipo))  
            total++;  
    return total;  
}
```

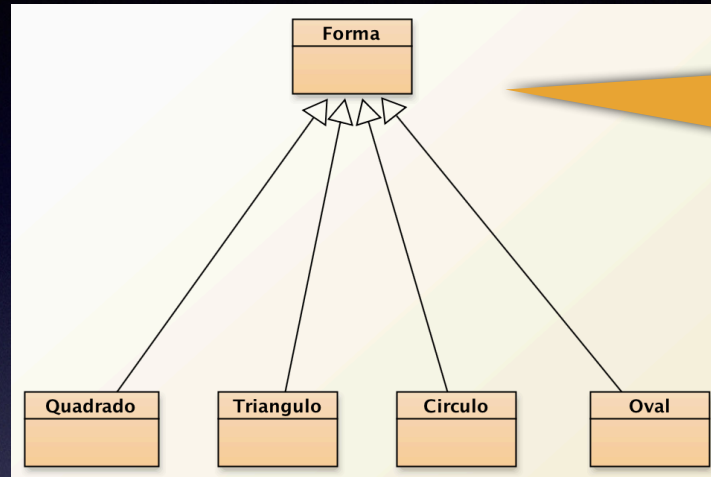

- Apesar de termos muitas vantagens em tratar objectos diferentes da mesma forma, por vezes existe a necessidade de saber qual é a natureza de determinado objecto:
- determinar qual é a classe de um objecto em tempo de execução
- usando `instanceof` ou `getClass().getSimpleName()`

Classes Abstractas

- até ao momento todas as classes definiram completamente todo o seu estado e comportamento
- no entanto, na concepção de soluções por vezes temos situações em que o código de uma classe pode não estar completamente definido
- esta é uma situação comum em POO e podemos tirar partido dela para criar soluções mais interessantes

- consideremos que precisamos de manipular forma geométricas (triângulos, quadrados e círculos)
- no entanto podemos acrescentar, com o evoluir da solução, mais formas geométricas
- torna-se necessário uniformizar a API que estas classes tem de respeitar
 - p. exemplo, todos devem possuir `area()` e `perimetro()`

- Seja então a seguinte hierarquia:



Qual a
motivação para criar
esta hierarquia??

- conceptualmente correcta e com capacidade de extensão através da inclusão de novas subclasses de Forma
- mas qual é o estado e comportamento de Forma?

- A classe Forma pode definir algumas v.i., como um ponto central (um Ponto), a espessura da linha, etc., mas se quisermos definir os métodos `area()` e `perimetro()` como é que podemos fazer?
- Solução I: não os definir deixando isso para as subclasses
 - as subclasses podem nunca definir estes métodos e aí perde-se a capacidade de dizer que todas as formas respondem a esses métodos

- Solução 2: definir os métodos `area()` e `perimetro()` com um resultado inútil, para que sejam herdados e redefinidos (!!?) - isto é uma solução? 🙄
- Solução 3: aceitar que nada pode ser escrito que possa ser aproveitado pelas subclasses e que a única declaração que interessa é a assinatura do método a implementar
 - a maioria das linguagens por objectos aceitam que as definições possam ser incompletas

- em POO designam-se por **classes abstractas** as classes nas quais, pelo menos, um método de instância não se encontra implementado, mas apenas declarado
 - são designados por **métodos abstractos** ou virtuais
 - uma classe 100% abstracta tem apenas assinaturas de métodos

- no caso da classe Forma não faz sentido definir os métodos area() e perimetro(), pelo que escrevemos apenas:

```
public abstract double area();  
public abstract double perimetro();
```

- como os métodos não estão definidos, a classe será também abstracta e não é possível criar instâncias de classes abstractas

- apesar de ser uma classe abstracta, o mecanismo de herança mantém-se e dessa forma uma classe abstracta é também um (novo) tipo de dados
 - compatível com as instâncias das suas subclasses
 - torna válido que se faça
Forma `f = new Triangulo()`

- uma classe abstracta ao não implementar determinados métodos, **obriga** a que as suas subclasses os implementem
- se não o fizerem, ficam como abstractas
- para que servem métodos abstractos?
- para garantir que as subclasses respondem àquelas mensagens de acordo com a implementação desejada

- Em resumo, as classes abstractas são um mecanismo muito importante em POO, dado que permitem:
- escrever especificações sintáticas para as quais são possíveis múltiplas implementações
- fazer com que futuras subclasses decidam como querem implementar esses métodos

- Na classe Circulo temos:

```
public double area() {  
    return Math.PI * Math.pow(this.raio,2);  
}  
  
public double perimetro() {  
    return 2 * Math.PI * this.raio;  
}
```

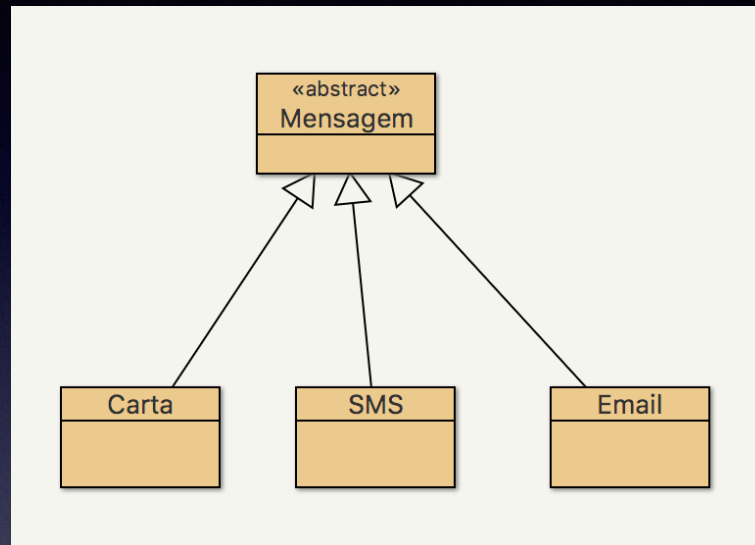
- e em Rectangulo:

```
public double area() {  
    return this.ladoL * this.ladoA;  
}  
  
public double perimetro() {  
    return 2 * this.ladoL + 2 * this.ladoA;  
}
```


- Podemos aproveitar a capacidade que os métodos abstractos proporcionam para impor comportamento às subclasses:

```
public abstract double area();  
public abstract double perimetro();  
public abstract String toString();  
public abstract FiguraGeometrica clone();
```


- Seja a seguinte hierarquia:



- cada uma das classes representa uma forma de mensagem. O que é comum a todas é a existência de uma variável “texto”


```
public abstract class Mensagem {  
    private String texto;  
  
    public Mensagem() {  
        this.texto = "";  
    }  
  
    public Mensagem(String texto) {  
        this.texto = texto;  
    }  
  
    public abstract String processa();  
  
    public String getTexto() {  
        return this.texto;  
    }  
  
    public void setTexto(String texto) {  
        this.texto = texto;  
    }  
}
```



```
public class Carta extends Mensagem {  
    private String enderecoOrigem;  
    private String enderecoDestino;  
  
    public Carta() {  
        super();  
        this.enderecoOrigem = "";  
        this.enderecoDestino = "";  
    }  
  
    public Carta(String remetente, String destinatario, String texto) {  
        super(texto);  
        this.enderecoOrigem = remetente;  
        this.enderecoDestino = destinatario;  
    }  
  
    public String processa() {  
        return "CARTA: Destinatário: " + this.enderecoOrigem  
            + "\nRemetente: " + "Mensagem: " + this.getTexto();  
    }  
}
```



```
public class SMS extends Mensagem {  
    private String numeroOrigem;  
    private String numeroDestino;  
  
    public SMS() {  
        super();  
        this.numeroOrigem = "";  
        this.numeroDestino = "";  
    }  
  
    public SMS(String nOrig, String nDest, String texto) {  
        super(texto);  
        this.numeroOrigem = nOrig;  
        this.numeroDestino = nDest;  
    }  
  
    public String processa() {  
        return ""+ this.numeroOrigem + ">> "  
            + this.numeroDestino + "SMS: " + this.getTexto();  
    }  
}
```



```

public class Email extends Mensagem {
    private String emailOrigem;
    private String emailDestino;
    private String assunto;
    public Email() {
        super();
        this.emailOrigem = ""; this.emailDestino = ""; this.assunto = "";
    }
    public Email(String emailOrig, String emailDest, String assunto, String texto) {
        super(texto);
        this.emailOrigem = emailOrig;
        this.emailDestino = emailDest;
        this.assunto = assunto;
    }
    public String processa() {
        return "From :" + this.emailOrigem + "\nTo: " + this.emailDestino
            + "\nSubject: " + this.assunto + "\nTexto: " + this.getTexto();
    }
}

```



```
public class SistemaMensagens {  
    private List<Mensagem> mensagens;  
  
    public SistemaMensagens() {  
        this.mensagens = new ArrayList<>();  
    }  
  
    // ...  
  
    public int qtsEmails() {  
        return (int) this.mensagens.stream().filter(m -> m instanceof Email).count();  
    }  
  
    public int qtsDeTipo(String tipo) {  
        return (int) this.mensagens.stream().  
            filter(m -> m.getClass().getSimpleName().equals(tipo)).count();  
    }  
}
```


- o método `todasAsMensagens()` invoca o método polimórfico `processa()`, que é implementado de forma diferente em todas as classes

```
public String todasAsMensagens() {  
    StringBuilder sb = new StringBuilder();  
    sb.append("Todas as mensagens a enviar:\n");  
    for (Mensagem m: this.mensagens)  
        sb.append(m.processa()+"\n");  
  
    return sb.toString();  
}
```


- Classe de teste:

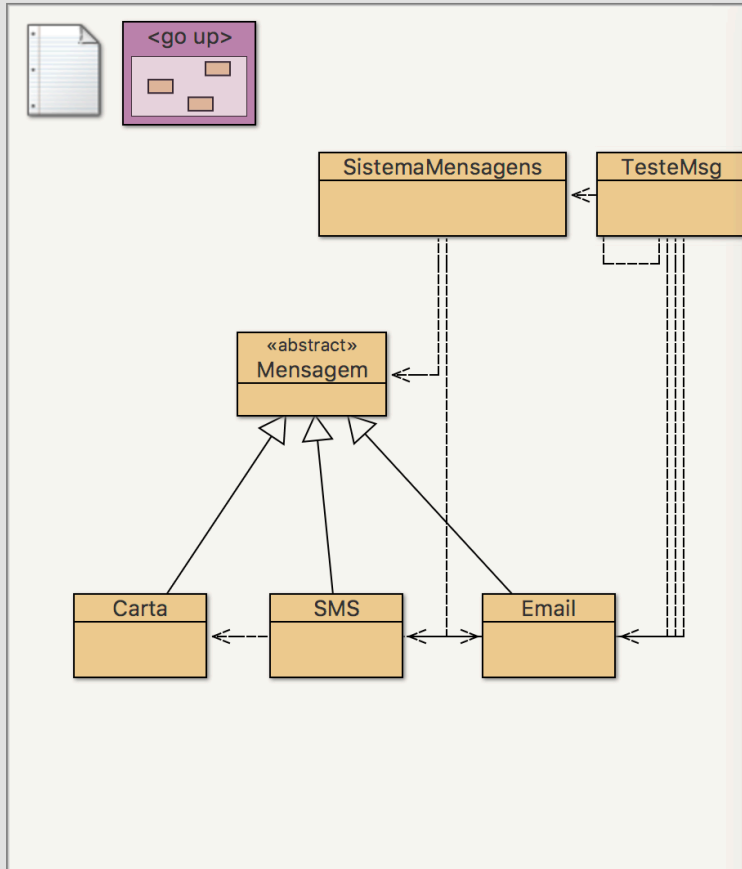
```
public static void main(String[] args) {
    SistemaMensagens sm = new SistemaMensagens();

    Carta c1 = new Carta("José Francisco", "Pedro Xavier", "Em anexo a proposta de compra.");
    Carta c2 = new Carta("Produtos Estrela", "Joana Silva", "Junto enviamos factura.");
    SMS s1 = new SMS("961234432", "929745228", "Estou à espera!");
    SMS s2 = new SMS("911254535", "939541928", "Hoje não há aula...");
    Email e1 = new Email("anr", "jfc", "Teste P00", "Junto envio o enunciado.");
    Email e2 = new Email("a77721", "a55212", "Apontamentos", "Onde estão as fotocópias?");
    Email e3 = new Email("anr", "a43298", "Re: Entrega Projecto", "Recebido.");

    sm.addMensagem(c1); sm.addMensagem(c2);
    sm.addMensagem(s1); sm.addMensagem(s2);
    sm.addMensagem(e1); sm.addMensagem(e2); sm.addMensagem(e3);

    System.out.println("Número de Emails: " + sm.qtsEmails());
    System.out.println("Número de SMS: " + sm.qtsDeTipo("SMS"));

    System.out.println(sm.todasAsMensagens());
}
```

Número de Emails: 3

Número de SMS: 2

Todas as mensagens a enviar:

CARTA: Destinatário: José Francisco

Remetente: MENSAGEM: Em anexo a proposta de compra.

CARTA: Destinatário: Produtos Estrela

Remetente: MENSAGEM: Junto enviamos factura.

961234432>> 929745228SMS: Estou à espera!

911254535>> 939541928SMS: Hoje não há aula...

From :anr

To: jfc

Subject: Teste P00

Texto: Junto envio o enunciado.

From :a77721

To: a55212

Subject: Apontamentos

Texto: Onde estão as fotocópias?

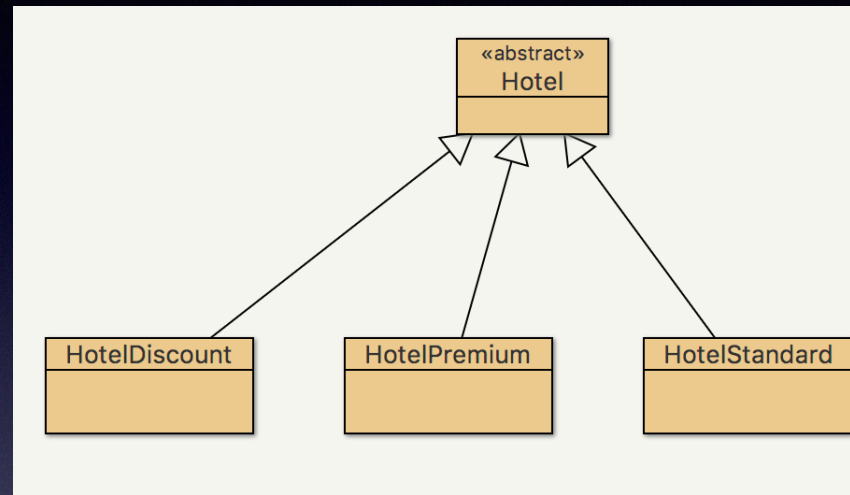
From :anr

To: a43298

Subject: Re: Entrega Projecto

Texto: Recebido.

- Na hierarquia:



- ...o método que determina o preço de um quarto é abstracto. A sua concretização é feita em cada uma das subclasses.

```
/**
 * Método que determina o valor de uma noite de um quarto.
 * Este método é abstracto na classe Hotel e implementado em
 * cada uma das subclasses.
 */
public abstract double precoNoite();
```


- HotelStandard:

```
/**
 * Calcula o preço de uma noite no hotel
 * @return valor aumentado da taxa de época alta (se for o caso)
 */

public double precoNoite() {
    return getPrecoBaseQuarto() + (epocaAlta?20:0);
}
```

- HotelDiscount:

```
/**
 * Calcula o preço de uma noite no hotel
 * @return valor do preço base afectado pela ocupação.
 */

public double precoNoite() {
    return getPrecoBaseQuarto() * 0.75 + getPrecoBaseQuarto() * 0.25 * ocupacao;
}
```


○ equals, novamente...

- de acordo com a estratégia anteriormente apresentada, o método equals de uma subclasse deve invocar o método equals da superclasse, para nesse contexto comparar os valores das v.i. lá declaradas.
- utilização de **super.equals()**

- seja o método equals da classe Aluno (já conhecido de todos)

```
/**
 * Implementação do método de igualdade entre dois Aluno
 *
 * @param umAluno    aluno que é comparado com o receptor
 * ** * @return      booleano true ou false
 * ** */
public boolean equals(Object umAluno) {
    if (this == umAluno)
        return true;

    if ((umAluno == null) || (this.getClass() != umAluno.getClass()))
        return false;
    Aluno a = (Aluno) umAluno;
    return (this.nome.equals(a.getNome()) && this.nota == a.getNota()
        && this.numero == a.getNumero());
}
```


- seja agora o método equals da classe AlunoTE, que é subclasse de Aluno:

```
/**
 * Implementação do método de igualdade entre dois Alunos do tipo T-E
 *
 * @param umAluno  aluno que é comparado com o receptor
 * ** * @return    booleano true ou false
 * ** */
public boolean equals(Object umAluno) {
    if (this == umAluno)
        return true;

    if ((umAluno == null) || (this.getClass() != umAluno.getClass()))
        return false;
    AlunoTE a = (AlunoTE) umAluno;
    return(super.equals(a) & this.nomeEmpresa.equals(a.getNomeEmpresa()));
}
```

- considerando o que se sabe sobre os tipos de dados, a invocação **this.getClass()** continua a dar os resultados pretendidos?

Herança vs Composição

- Herança e composição são duas formas de relacionamento entre classes
- são no entanto abordagens muito distintas e constitui um erro muito comum achar que podem ser utilizadas da mesma forma
- existe uma tendência para se confundir herança com composição

- quando uma classe é criada por composição/agregação de outras, isso implica que as instâncias das classes compostas/agregadas fazem parte da definição do contentor
- é uma relação do tipo “parte de” (part-of)
- qualquer instância da classe vai ser constituída por instâncias das classes compostas/agregadas
 - Exemplo: Círculo tem um ponto central (Ponto)

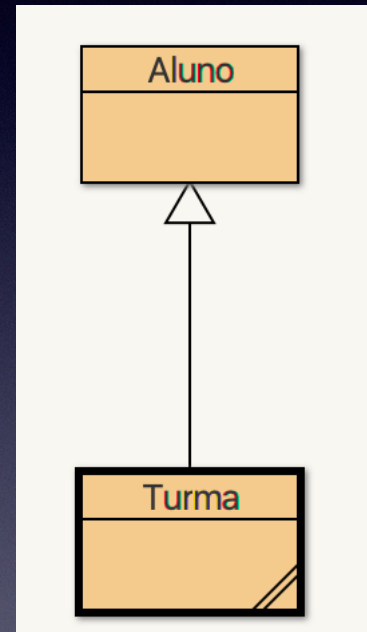
- do ponto de vista do ciclo de vida a relação é fácil de estabelecer:
- (quando é composição) quando a instância contentor desaparece, as instâncias agregadas também desaparecem
- o seu tempo de vida está iminentemente ligado ao tempo de vida da instância de que fazem parte!
- (quando é agregação) desaparece a relação entre os objectos

- esta é uma forma (...e está aqui a confusão!) de criar entidades mais complexas a partir de entidades mais simples:
- Turma é composta por instâncias de Aluno
- Automóvel é composto por Pneu, Motor, Chassis, ...
- Clube é composto por instâncias de Atleta, Funcionario, Dirigente, ...

- quando uma classe (apesar de poder ter instâncias de outras classes no seu estado interno) for uma especialização de outra, então a relação é de **herança**
- quando não ocorrer esta noção de especialização, então a relação deverá ser de **composição/agregação**

- Uma forma simples de testar se faz sentido a relação ser de herança é “ler” o diagrama.

- Por exemplo:



- nunca será possível esta estruturação, pois não é verdade que “uma turma é um aluno”!