

Introdução à Linguagem Java

Pedro Ribeiro

DCC/FCUP

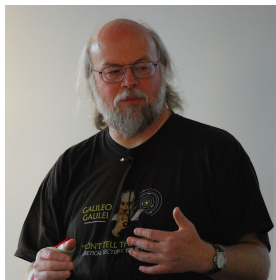
2022/2023



(baseado e/ou inspirado parcialmente nos slides de Luís Lopes e de Fernando Silva)

Um pouco de História sobre a Linguagem Java











- desenvolvida pela Sun Microsystems
- início em 1991 (com o nome de Oak)
- disponibilizada em 1995 com o nome Java
- fundamental no desenvolvimento da Web (applets)
- passou para a Oracle em 2010
- orientada a objectos (Object Oriented/OO)



(James Gosling, autor original do Java - imagem da Wikipedia)

- JDK 1.0 (Jan, 1996)
- JDK 1.1 (Feb, 1997)
- J2SE 1.2 (Dec, 1998)
- J2SE 1.3 (May, 2000)
- J2SE 1.4 (Feb, 2002)
- J2SE 5.0 (Sept, 2004)
- Java SE 6 (Dec, 2006)
- Java SE 7 (Jul, 2011)
- **Java SE 8 LTS** (Mar, 2014)
- Java SE 9 (Sept, 2017)
- Java SE 10 (Mar, 2018)
- **Java SE 11 LTS** (Sept, 2018)
- Java SE 12 (Mar, 2019)
- Java SE 13 (Sept, 2019)
- Java SE 14 (Mar, 2020)
- Java SE 15 (Sept, 2020)
- Java SE 16 (Mar, 2021)
- **Java SE 17 LTS** (Sept, 2021)
- Java SE 18 (Mar, 2022)
- Java SE 19 (Sept, 2022)

TIOBE Index: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>

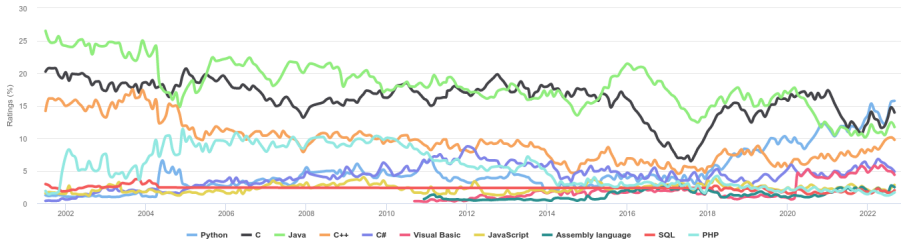
Sep 2022	Sep 2021	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	2	▲	 Python	15.74%	+4.07%
2	1	▼	 C	13.96%	+2.13%
3	3		 Java	11.72%	+0.60%
4	4		 C++	9.76%	+2.63%
5	5		 C#	4.88%	-0.89%
6	6		 Visual Basic	4.39%	-0.22%
7	7		 JavaScript	2.82%	+0.27%
8	8		 Assembly language	2.49%	+0.07%
9	10	▲	 SQL	2.01%	+0.21%
10	9	▼	 PHP	1.68%	-0.17%

(Setembro de 2022)

TIOBE Index: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>

TIOBE Programming Community Index

Source: www.tiobe.com



(Setembro de 2022)

- **Portabilidade**

- ▶ compilada para bytecode
- ▶ executado por uma máquina virtual (**JVM**)
- ▶ independente dos sistemas de operação, basta ter a JVM instalada para executar qualquer programa Java

- **Segurança e Robustez**

- ▶ verificação de tipos estática
- ▶ gestão automática de memória (alocação de memória, reclamação de memória, etc)
- ▶ exceções para tratar erros em tempo de execução

- **Ferramentas de Desenvolvimento (JDK)**

- ▶ compilador: javac
- ▶ interpretador de bytecode: java
- ▶ ferramentas (jar, javadoc, ...)
- ▶ Application Programming Interfaces (APIs)

Modelo de Programação

- programa é composto por um conjunto de classes (mais sobre classes durante as próximas aulas)
- cada classe x deve estar num ficheiro $x.java$
- (apenas) uma das classes deve ter o método `main()`

```
public class HelloWorld {  
    public static void main(String[] args) {  
        System.out.println("Hello World!");  
    }  
}
```

- para compilar e executar este programa na linha de comando:

```
$ javac HelloWorld.java  
$ java HelloWorld
```

- comentários de uma linha começam com "//"
- comentários de várias linhas iniciam com "/*" e terminam com "*/"

```
/*
*****
Estruturas de Dados - CC1007
Pedro Ribeiro (DCC/FCUP)
-----
HelloWorld - um primeiro programa em Java
*****/

public class HelloWorld {
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println("Hello World!"); // A minha primeira instrução
    }
}
```


- Tipos básicos (ou primitivos): são manipulados diretamente pela máquina virtual
 - ▶ inteiros (byte, short, int, long)
 - ▶ vírgula flutuante (float, double)
 - ▶ verdadeiro/falso (boolean)
 - ▶ caracteres (char)

```
int    i = 2;  
float  f = 3.192;  
boolean b = true;  
char   c = 'a';
```

Tipos de dados básicos

- **Inteiros**

byte	8 bits	$[-2^7 : 2^7 - 1]$
short	16 bits	$[-2^{15} : 2^{15} - 1]$
int	32 bits	$[-2^{31} : 2^{31} - 1]$
long	64 bits	$[-2^{63} : 2^{63} - 1]$

- **Vírgula flutuante (norma IEEE 754)**

float	32 bits	$[-3.4029E + 38 : +3.4029E + 38]$
double	64 bits	$[-1.79769E + 308 : +1.79769E + 308]$

- **Outros**

boolean	depende JVM	valor booleano (true ou false)
char	16 bits	ISO Unicode char set

Exemplo de atribuição de tipos

```
public class TestBasicTypes {
    public static void main(String[] args) {
        boolean flag = true;
        char      ch = 'A';
        byte      b = 12;
        short     s = 24;
        int       i = 257;
        long      l = 2147483648L; // sem a letra é interpretado como int
        float     f = 3.1415f;    // sem a letra é interpretado como double
        double    d = 2.1828;

        System.out.println("flag = " + flag);
        System.out.println("ch = "   + ch);
        System.out.println("b = "   + b);
        System.out.println("s = "   + s);
        System.out.println("i = "   + i);
        System.out.println("l = "   + l);
        System.out.println("f = "   + f);
        System.out.println("d = "   + d);
    }
}
```

Conversão entre tipos

- É possível converter entre tipos "compatíveis"
 - ▶ De menor precisão para maior precisão é sempre possível
 - ▶ No sentido inverso é preciso fazer *casting* explícito

```
double d1 = 3.2;
double d2 = 3.9;

// Casting explícito
int    i1 = (int)d1;    // i1 fica com o valor de 3
int    i2 = (int)d2;    // i2 fica com o valor de 3
double d3 = (double)i2; // d3 fica com o valor de 3.0

// Casting implícito
int    i3 = 42;
double d4 = i3;        // d4 fica com o valor de 42.0
int    i4 = d4;        // erro: "possible loss of precision"

// Conversão entre char e int
char   ch1 = 'A';
int    i5 = ch1;      // i5 fica com 65 (código ascii de 'A')
char   ch2 = 66;      // ch2 fica com 'B' (código ASCII 66)

// Exemplo de tipos incompatíveis: boolean e int
boolean b1 = i1;      // erro: "incompatible types"
```

Exemplo com limites de tipos numéricos

```
public class TestLimits {
    public static void main(String args[]) {
        // inteiros
        byte   largestByte = Byte.MAX_VALUE;
        short  largestShort = Short.MAX_VALUE;
        int    largestInteger = Integer.MAX_VALUE;
        long   largestLong = Long.MAX_VALUE;

        // virgula flutuante
        float  largestFloat = Float.MAX_VALUE;
        double largestDouble = Double.MAX_VALUE;

        // mostrar limites
        System.out.println("Largest byte value: " + largestByte);
        System.out.println("Largest short value: " + largestShort);
        System.out.println("Largest integer value: " + largestInteger);
        System.out.println("Largest long value: " + largestLong);

        System.out.println("Largest float value: " + largestFloat);
        System.out.println("Largest double value: " + largestDouble);
    }
}
```

Âmbito das variáveis

- Variáveis podem ser declaradas em qualquer ponto do código (não necessariamente no início do procedimento/função)

```
class TestDeclare {
    public static void main(String[] args) {
        int num1 = 10;
        System.out.println(num1);
        int num2 = 20; // variável pode ser declarada em qualquer ponto
        System.out.println(num2);
    }
}
```

- Variáveis só são válidas no bloco de código (entre chavetas) onde foram criadas

```
class TestScope {
    public static void main(String[] args) {
        for (int i=0; i<10; i++) {
            System.out.println("Iteracao " + i);
        }
        System.out.println(i); // linha dá erro porque i já "não existe"
    }
}
```

Aritméticos:

+	adição	-	subtração
*	multiplicação	/	divisão
%	módulo	++	incremento
--	decremento		

Lógicos:

!	NOT lógico
&&	AND lógico
	OR lógico

Bits:

~	NOT binário	&	AND binário
	OR binário	^	XOR binário
<<	shift binário esquerda	>>	shift binário direita

Relacionais ou de comparação:

==	igualdade	!=	diferente
<	menor que	<=	menor ou igual que
>	maior que	>=	maior ou igual que

- Quando dividimos por inteiros, o quociente é inteiro.

```
double d1 = 3/2;    // dá 1 e não 1.5 (int/int dá um int)
double d2 = 3.0/2;  // dá 1.5 (double/int dá um double)
double d3 = 3/2.0;  // dá 1.5 (int/double dá um double)

int i1 = 3;
double d4 = i1/2;   // dá 1 e não 1.5 (int/int)

double d5 = 3;
int i2 = d5/2;     // resultado da divisão é 1.5 mas depois
                  // dá erro "possible loss of precision"
                  // (double/int = double)
```

- Divisão por zero dá um erro durante a execução

```
int i1 = 3/0; // Erro: "java.lang.ArithmeticException: / by zero"
```


- O operador % calcula o resto da divisão inteira.
 - ▶ $18 \% 4$ dá 2
 - ▶ $59 \% 5$ dá 4
- Exemplos de aplicações do operador %:
 - ▶ obter o dígito menos significativo de um número: $12345 \% 10$ é 5
 - ▶ obter os três dígitos menos significativos: $734528 \% 1000$ é 528
 - ▶ verificar se um número é par: $9 \% 2$ é 1 e $16 \% 2$ é 0

Precedência: ordem de avaliação dos operadores.

- a regra geral é a avaliação da esquerda para a direita.
 - ▶ $5-2-7$ é igual a $(5-2)-7$ que é -4
- mas os operadores $*$ / $\%$ têm maior precedência que $+$ -
 - ▶ $5+2*3$ é $5+6$ que dá 11
 - ▶ $5+10/2*3$ é $5+5*3$ que dá 20
- os parênteses forçam a ordem de avaliação
 - ▶ $(5+2)*3$ é $7*3$ que dá 21

Regras de precedência entre operadores

Tabela retirada do livro recomendado (*Data Structures and Algorithms in Java*):

Operator Precedence		
	Type	Symbols
1	array index method call dot operator	[] () .
2	postfix ops prefix ops cast	<i>exp</i> ++ <i>exp</i> -- ++ <i>exp</i> -- <i>exp</i> + <i>exp</i> - <i>exp</i> ~ <i>exp</i> ! <i>exp</i> (<i>type</i>) <i>exp</i>
3	mult./div.	* / %
4	add./subt.	+ -
5	shift	<< >> >>>
6	comparison	< <= > >= instanceof
7	equality	== !=
8	bitwise-and	&
9	bitwise-xor	^
10	bitwise-or	
11	and	&&
12	or	
13	conditional	<i>booleanExpression</i> ? <i>valueIfTrue</i> : <i>valueIfFalse</i>
14	assignment	= += -= *= /= %= <<= >>= >>>= &= ^= =

Operadores de incremento/decremento

- operadores incremento (++) e decremento (--) têm significado diferente consoante posição em relação à variável
- Primeiro usar o valor da variável e só depois incrementar/decrementar:
 - ▶ `variavel++`; \iff `variavel = variavel + 1`;
 - ▶ `variavel--`; \iff `variavel = variavel - 1`;
- Primeiro incrementar/decrementar e só depois usar o valor da variável:
 - ▶ `++variavel`; \iff `variavel = variavel + 1`;
 - ▶ `--variavel`; \iff `variavel = variavel - 1`;
- Cuidado com o uso destes operadores sobre variáveis no meio de expressões. Consideremos o seguinte:

```
int x = 5, y = 3, z;  
x++; // incrementa x (i.e., x = x+1)  
--y; // decrementa y (i.e., y = y-1)  
  
z = x-- * ++y; // Com que valores ficam x, y, e z?
```

- operadores modifica-e-atribui:

- ▶ `variavel += valor;` \iff `variavel = variavel + valor;`
- ▶ `variavel -= valor;` \iff `variavel = variavel - valor;`
- ▶ `variavel *= valor;` \iff `variavel = variavel * valor;`
- ▶ `variavel /= valor;` \iff `variavel = variavel / valor;`

- Exemplos:

- ▶ `x -= 1;` \iff `x--;` \iff `x= x-1;`
- ▶ `y /= 2;` \iff `y = y/2;`
- ▶ `x *= y+2;` \iff `x= x*(y+2);`

Instrução condicional if-else

- Exemplo de uso:

```
class TestIfElse {
    public static void main(String[] args) {
        int testscore = 76;
        char grade;

        if (testscore >= 90) {
            grade = 'A';
        } else if (testscore >= 80) {
            grade = 'B';
        } else if (testscore >= 70) {
            grade = 'C';
        } else if (testscore >= 60) {
            grade = 'D';
        } else {
            grade = 'F';
        }

        System.out.println("Grade = " + grade);
    }
}
```

Instrução condicional switch-case

- Exemplo de uso:

```
public class TestSwitch {
    public static void main(String[] args) {
        int month = 2;
        String monthString;
        switch (month) {
            case 1: monthString = "January";
                    break;
            case 2: monthString = "February";
                    break;
            case 3: monthString = "March";
                    break;
            ...
            case 12: monthString = "December";
                    break;
            default: monthString = "Invalid month";
                    break;
        }
        System.out.println(monthString);
    }
}
```

Instrução de ciclo while

- Exemplo de uso:

```
class TestWhile {  
  
    public static void main(String[] args) {  
        System.out.println("isPrime(19) = " + isPrime(19));  
    }  
  
    public static boolean isPrime(int n) {  
        int divisor = 2;  
        while (divisor*divisor <= n) {  
            if ( (n % divisor) == 0 )  
                return false;  
            divisor++;  
        }  
        return true;  
    }  
}
```


Instrução de ciclo for

- Exemplo de uso:

```
class TestFor {
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println("isPrime(19) = " + isPrime(19));
    }

    public static boolean isPrime(int n) {
        for(int divisor = 2; divisor < n/2; divisor++)
            if ( (n % divisor) == 0 )
                return false;
        return true;
    }
}
```

Instrução de ciclo do-while

- Exemplo de uso:

```
class TestDoWhile {
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println("isPrime(19) = " + isPrime(19));
    }

    public static boolean isPrime(int n) {
        int divisor = 2;
        do {
            if ( (n % divisor) == 0 )
                return false;
            divisor++;
        } while (divisor*divisor <= n);
        return true;
    }
}
```

Instruções de controle de fluxo em ciclos

Válidas para as instruções de ciclo for, while ou do-while.

- **break** sai do ciclo mais interno onde está.

Continua a execução na linha a seguir ao ciclo

```
class TestBreak {
    public static void main(String[] args) {
        for (int i=1; i<=2; i++) {
            for (int j=1; j<=10; j++) {
                if (j == 3) break;
                // Linha seguinte só será executada quando j < 3
                System.out.println("ciclo j = " + j + " | i = " + i);
            }
            System.out.println("ciclo i = " + i);
        }
    }
}
```

```
ciclo j = 1 | i = 1
ciclo j = 2 | i = 1
ciclo i = 1
ciclo j = 1 | i = 2
ciclo j = 2 | i = 2
ciclo i = 2
```

Instruções de controle de fluxo em ciclos

Válidas para as instruções de ciclo for, while ou do-while.

- **continue** passa à próxima iteração do ciclo mais interno onde está. Continua a execução no topo do ciclo, ignorando as restantes linhas na iteração actual.

```
class TestContinue {
    public static void main(String[] args) {
        for (int i=1; i<=4; i++) {
            System.out.println("[antes] i = " + i);
            if (i > 2) continue;
            // Linha seguinte só será executada quando i <= 2
            System.out.println("[depois] i = " + i);
        }
    }
}
```

```
[antes] i = 1
[depois] i = 1
[antes] i = 2
[depois] i = 2
[antes] i = 3
[antes] i = 4
```

- Em Java um "tipo não básico" é uma **classe**
- Uma variável do tipo de uma classe é apenas uma **referência**, um endereço de memória que refere uma zona de memória ("semelhante" a um apontador em C)
- A uma instância de uma classe chamamos de **objecto**.
- Para criar um objecto de uma classe usamos o operador **new**
- Às variáveis de uma classe chamamos de **atributos**.
- Para aceder aos atributos de um objecto usamos o operador **ponto**

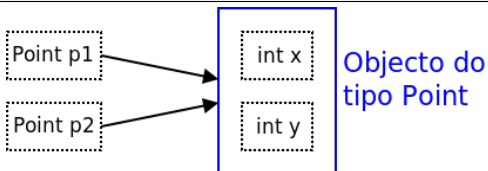
Um primeiro exemplo de classe só com atributos

```
class Point {
    int x;
    int y;
}

class TestPoint {
    public static void main(String[] args) {
        Point p1 = new Point(); // Criação de um objecto do tipo Point
        p1.x = 42;              // Atribui um valor ao atributo x
        System.out.println(p1.x); // Escreve 42

        Point p2 = p1;         // p2 é referência para o mesmo objecto de p1
        System.out.println(p2.x); // Escreve 42

        System.out.println(p1); // Escreve referência (endereço de memória),
        // e não o conteúdo de p1
    }
}
```



Classes - Métodos

- A um procedimento/função de uma classe chamamos de **método**

```
class Point {
    int x;
    int y;

    // Método para mostrar o conteúdo das variáveis x e y
    void show() {
        System.out.println("(" + x + "," + y + ")");
    }
}

class TestPoint {
    public static void main(String[] args) {

        Point p = new Point();
        p.x = 42;
        p.y = 13;

        p.show(); // Escreve "(42,13)"
    }
}
```

Classes - Métodos construtores

- O método **construtor** serve para criar um objecto.
 - ▶ Método tem o nome da classe e não tem retorno.

```
class Point {
    int x;
    int y;

    // Construtor que recebe o conteúdo a colocar nos atributos
    Point(int xvalue, int yvalue) {
        x = xvalue;
        y = yvalue;
    }

    // Método para mostrar o conteúdo das variáveis x e y
    void show() {
        System.out.println("(" + x + "," + y + ")");
    }
}

class TestPoint {
    public static void main(String[] args) {
        Point p = new Point(42, 13);
        p.show(); // Escreve "(42,13)"
    }
}
```


Classes - Métodos construtores

- Se não for criado nenhum construtor existe apenas um construtor padrão sem argumentos que serve apenas para a criação do objeto.
- Criando um construtor qualquer, deixa de existir o construtor padrão...

```
class Point {
    int x;
    int y;

    // Construtor que recebe o conteúdo a colocar nos atributos
    Point(int xvalue, int yvalue) {
        x = xvalue;
        y = yvalue;
    }
}

class TestPoint {
    public static void main(String[] args) {
        Point p = new Point(); // Erro: não existe construtor sem argumentos
    }
    // Apenas existe um que recebe int, int
}
```

Classes - Overload de Métodos

- Java permite **overload** de métodos (métodos com o mesmo nome mas lista de argumentos diferente)

```
class Point {
    int x;
    int y;

    Point() { // Construtor padrão (sem argumentos)
        x = 0;
        y = 0;
    }

    Point(int xvalue, int yvalue) { // Construtor para 2 ints
        x = xvalue;
        y = yvalue;
    }
}

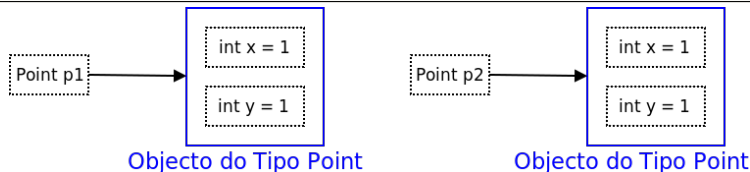
class TestPoint {
    public static void main(String[] args) {
        Point p1 = new Point(); // p1 fica com (0,0)
        Point p2 = new Point(42,13); // p2 fica com (42,13)
    }
}
```

Classes - Comparação de objectos

- Comparar directamente com `==` duas variáveis do tipo de uma classe, compara as referências e não o conteúdo!
(normalmente as classes têm um método "equals" para comparar)

```
class Point {
    int x, y;
    Point(int xvalue, int yvalue) { x = xvalue; y = yvalue;}
}

class TestPoint {
    public static void main(String[] args) {
        Point p1 = new Point(1,1); // p1 fica com (1,1)
        Point p2 = new Point(1,1); // p2 fica com (1,1)
        System.out.println(p1==p2); // escreve false, porque são referências
    } // para objectos diferentes, embora tenham
    // conteúdos iguais
}
```



Classes - Variáveis e métodos estáticos

- Se quisermos que uma variável (ou método) seja acessível para todos os objectos da mesma classe podemos declará-la como **static**

```
class Point {
    static int npoints = 0; // Variavel estática com nr pontos criados
    int x, y;

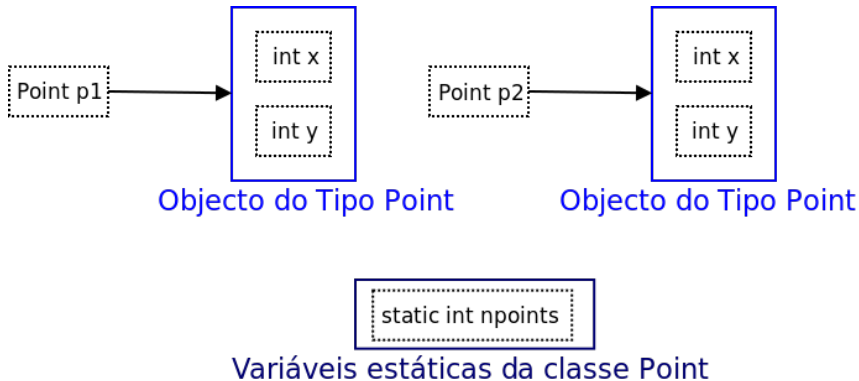
    Point() { npoints++; } // Construtor

    static void showNumPoints() { // mostra conteudo da variavel estatica
        System.out.println("npoints = " + npoints);
    }
}

class TestPoint {
    public static void main(String[] args) {
        // É possível chamar método estático mesmo sem objectos criados
        Point.showNumPoints(); // Escreve npoints = 0
        Point p1 = new Point();
        Point.showNumPoints(); // Escreve npoints = 1
        Point p2 = new Point();
        Point.showNumPoints(); // Escreve npoints = 2
    }
}
```

Classes - Variáveis e métodos estáticos

- Um esquema de como fica em memória o programa anterior:



Classes - Variáveis e métodos estáticos

- Um método estático só pode chamar variáveis estáticas (como saberia de qual objecto chamar a variável? Até pode ser chamado antes de ser criado qualquer objecto dessa classe...)

```
class Point {
    int x;
    int y;

    static void showX() {
        // Erro: non-static variable x cannot be referenced from a static context
        System.out.println(x);
    }
}
```

- Nota: `main` (procedimento usado para iniciar o programa) é estático, (O Java chama o método `NomeClasse.main` para iniciar o programa sem criar nenhum objecto do tipo `NomeClasse`)

- Java dispõe de muitas classes já implementadas e prontas a usar.
Exemplos:
 - ▶ String
 - ▶ Scanner
 - ▶ Arrays
 - ▶ ...
- Vamos aprendendo algumas aos poucos, mas a documentação de todas as classes está disponível online:
Java API: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/>

API: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/String.html>

- uma string é uma sequência de caracteres
- em Java não são um tipo básico, mas sim instâncias da classe `String`
- não se comportam como arrays, pois são imutáveis
(uma vez criadas não se podem modificar)
- criação/inicialização invocando métodos construtores:
 - ▶ `String c1 = new String("CC");`
- criação simplificada:
 - ▶ `String c2 = "1007";`
- operador de concatenação:
 - ▶ `String c3 = c1 + c2 + " rocks";`
- o valor que fica em `c3` é:
 - ▶ `"CC1007 rocks";`

Strings

- ex: `String s = "algoritmos";`

índice	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
caracter	'a'	'l'	'g'	'o'	'r'	'i'	't'	'm'	'o'	's'

- podemos ler caracteres individuais mas não alterá-los

```
String s = "algoritmos";  
System.out.println(s.charAt(6)); // 't'
```

- tamanho obtido através do método `length()`

```
for(int i = 0; i < s.length(); i++)  
    System.out.print(s.charAt(i));
```

- quando se escreve, o comportamento por omissão é mostrar conteúdo e não apenas a referência

(tem implementado o método `toString()`)

```
String s = "algoritmos";  
System.out.print(s); // Escreve "algoritmos"
```

- comparação de duas strings
 - ▶ usar o método `equals()` e não o habitual operador `"=="`.
- dadas duas strings `s1` e `s2`
 - ▶ `s1 == s2` apenas compara as referências dos dois objectos
 - ▶ `s1.equals(s2)` compara as strings, caracter a caracter

```
String s1= "Hello";
String s2= new String("Hello");
System.out.println(s1.equals(s2)); // true
System.out.println(s1 == s2);      // false

String s3= "Good-bye";
String s4= "HELLO";
System.out.println(s1.equals(s3)); // false
System.out.println(s1.equals(s4)); // false
System.out.println(s1.equalsIgnoreCase(s4)); // true (é um outro método)
```

Strings

API: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/String.html>

A API contém muitos mais métodos que podemos usar. Alguns exemplos:

- O método `s1.compareTo(s2)` compara as strings `s1` e `s2` por ordem lexicográfica
 - ▶ `< 0` se `s1` precede `s2`, `= 0` se forem iguais, `> 0` se `s1` sucede a `s2`

```
String s1 = "algoritmos";  
String s2 = "estruturas";  
s1.compareTo(s2); // < 0
```

- `substring(a,b)` devolve substrings da posição `a` à `b - 1`

```
String s1 = "algoritmos";  
String s2 = s1.substring(2,5); // "gor"
```

- podemos converter strings em arrays de caracteres e vice-versa

```
String s1 = "algoritmos";  
char[] cs = s1.toCharArray();  
String s2 = new String(cs);
```

- mini-exercício: encontrar um método na API que verifique se um carácter ocorre numa String.

Os **arrays** são objectos que guardam, em posições contíguas de memória, um conjunto de valores de um mesmo tipo (primitivo ou não). Os valores são localizados por um índice inteiro ≥ 0 .

- criar variável para guardar a referência para um array de um dado tipo (não reserva espaço em memória!)
 - ▶ `int[] values;`
 - ▶ `Point[] coordinates;`
- o operador `new` cria o array com a capacidade indicada em memória
 - ▶ `int[] values = new int[20];`
 - ▶ `Point[] coordinates = new Point[1024];`
 - ▶ os elementos do array são acessíveis pelo nome da variável e um índice, e.g., `values[17]` ou `coordinates[221]`

- Ao trabalharmos com arrays (e outros objectos) é necessário ter atenção a possíveis exceções e erros que sejam gerados:
- tentar usar uma referência sem a ter inicializado

```
int [] v;  
v[0] = 2; // variable v might not have been initialized  
        // nalguns compiladores pode devolver um NullPointerException
```

- `ArrayIndexOutOfBoundsException` – aceder ao array fora dos limites

```
int [] v = new int [4];  
v[0] = 2;  
v[4] = 5; // ArrayIndexOutOfBoundsException
```

- quando declara um array deve sempre inicializá-lo de imediato
- de resto, este conselho é válido para todas as variáveis
- o atributo `length` de um array retorna o seu tamanho (o número de posições em memória que foram criadas, ou o máximo de elementos que pode conter)

Packages

O java inclui uma série de classes "*built-in*" agrupadas em **packages**.
Exemplos:

- `java.lang` - Classes fundamentais da classe (ex: `String`)
<https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/package-summary.html>
- `java.util` - Classes utilitárias (ex: `Arrays`, `Scanner`)
<https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/package-summary.html>

Para poder usar-se uma classe de um package que não seja do `java.lang`, deve usar-se a palavra-chave **import**. Exemplo:

- **import** `java.util.Scanner;` //importar a classe `Scanner`
- **import** `java.util.*;` //importar todas as classes do package `java.util`

Package Arrays

- Como imprimimos os elementos de um array?
(necessita no início de `import java.util.Arrays;`)

```
int [] primes = {2,3,5,7,11,13}; // Cria e inicializa array
System.out.println(primes);      // Apenas imprime a referência
System.out.println(Arrays.toString(primes)); // Converte para String
```

output:

```
[I@75b84c92
[2, 3, 5, 7, 11, 13]
```

- Como comparámos dois arrays?
 - ▶ usar um ciclo que compara os elementos, um a um
 - ▶ usar o método `Arrays.equals()`

```
int [] a = {1,2,3,4,5};
int [] b = {1,2,3,4,5};
if( Arrays.equals(a,b) )
    System.out.println("same contents");
```

A classe `Arrays` contém muitos mais métodos estáticos úteis:

API: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/Arrays.html>

- Um método pode ter parâmetros na chamada que são arrays e pode dar como resultado um array.
- Exemplo: um método que recebe 2 arrays (de inteiros) de igual tamanho e retorna um array com a soma dos dois

```
int[] addArrays (int[] u, int[] v) {  
    int[] res = new int[u.length];  
    for ( int i = 0 ; i < u.length ; i++ )  
        res[i] = u[i] + v[i];  
    return res;  
}
```


Arrays Multidimensionais

- os arrays podem ser multidimensionais

```
int [][] v = new int [4][4]; // bi-dimensional 4x4
int [][][] u = new int [5][3][7]; // tri-dimensional 5x3x7
```

- Exemplo: multiplicação de uma matriz $a[N][M]$ por um vector $u[M]$ para dar $v[N]$:

i.e.

$$v_i = \sum_{j=0}^{M-1} a_{ij} \times u_j \quad (0 \leq i < N)$$

Exemplo:

1	2	3
4	5	6

 *

7	8	9
---	---	---

 =

1*7+2*8+3*9	4*7+5*8+6*9
-------------	-------------

 =

50	122
----	-----

Multiplicação de matriz por array

```
import java.util.Arrays;

class TestMatrixVectorProduct {
    public static void main(String[] args) {
        int [][] a = {{1,2,3},{4,5,6}};
        int [] u = {7,8,9};
        int [] v = matrixVectorMult(a,u);

        System.out.println(Arrays.toString(v));
    }
    static int [] matrixVectorMult(int [][] a, int [] u) {
        int [] v = new int[a.length];
        for( int i = 0 ; i < v.length ; i++ ) {
            v[i] = 0;
            for( int j = 0 ; j < u.length ; j++ )
                v[i] += a[i][j] * u[j];
        }
        return v;
    }
}
```

As classes mais importantes que lidam com I/O no Java estão definidas nas *packages* `java.io` e `java.lang`

- a leitura e escrita faz-se através de canais (*streams*) que podem representar um qualquer periférico físico.
- a classe **System**, definida em `java.lang`, inclui muitas definições de sistema, nomeadamente 3 canais: **in**, **out**, e **err**.
 - ▶ `InputStream System.in` – objecto que representa o standard input stream (por omissão é o teclado);
 - ▶ `PrintStream System.out` – objecto que representa o standard output stream (por defeito a consola);
 - ▶ `PrintStream System.err` – objecto que representa o standard error stream (consola).

A classe Scanner

- simplifica muito o processamento do input vindo de:

- ▶ teclado (tipo InputStream)

```
Scanner stdIn= new Scanner(System.in);
```

- ▶ através de uma String

```
String line = new String("Hello World!");  
Scanner strIn= new Scanner(line);
```

- ▶ ou de um ficheiro

```
File file= new File(fileName);  
Scanner fileIn= new Scanner(file);
```

- divide input em strings separadas por *delimitadores*.
- `useDelimiter(expr)` permite especificar delimitadores; ex:
`scanner.useDelimiter("\r\n")`

A Classe Scanner

Para se poder usar a classe Scanner é necessário declarar no programa:

- `import java.util.Scanner;`

Alguns métodos relevantes desta classe:

<code>hasNext()</code>	<code>true</code> se e só se existir mais uma palavra no input
<code>next()</code>	retorna a próxima palavra (String) do input
<code>hasNextLine()</code>	<code>true</code> se e só se o input tiver mais uma linha de texto
<code>nextLine()</code>	retorna a próxima linha de texto do input
<code>hasNextType()</code>	<code>true</code> se e só se a próxima palavra for do tipo <code>Type</code> onde <code>Type</code> pode ser qualquer tipo básico: <code>int</code> , <code>float</code> , ...
<code>nextType()</code>	retorna a próxima palavra convertida para o tipo básico definido por <code>Type</code> .

Scanner: leitura a partir de uma String

```
import java.util.Scanner;

public class TestScannerFromString {
    public static void main (String[] args) {
        Scanner strIn = new Scanner("1 - 2 - 3 - 4 - 5");
        strIn.useDelimiter(" - ");
        while ( strIn.hasNextInt() ) {
            int n = strIn.nextInt();
            System.out.println(n);
        }
    }
}
```

Scanner: leitura a partir da entrada padrão

```
import java.util.Scanner;

class TestScannerFromStdIn {
    public static void main (String[] args) {
        Scanner stdIn = new Scanner(System.in);
        System.out.println("Number of persons: ");

        int n = stdIn.nextInt();
        String[] names = new String[n];
        int[] ages = new int[n];

        for( int i = 0; i < n ; i++ ) {
            System.out.println("input name[space]age: ");
            names[i] = stdIn.next();
            ages[i] = stdIn.nextInt();
        }

        for( int i = 0; i < n ; i++ )
            System.out.println("name:"+names[i]+" age: "+ages[i]);
    }
}
```

Scanner: leitura a partir de um ficheiro

```
import java.io.File;
import java.io.IOException;
import java.util.Scanner;

class TestScannerFromFile {
    public static void main (String args[]) {
        try {
            File file = new File("./example.txt");
            Scanner fileIn = new Scanner(file);
            while( fileIn.hasNextLine() )
                System.out.println(fileIn.nextLine());
        }
        catch (IOException e) { // Mais sobre a instrução catch noutra aula
            System.out.println("Error Opening File");
        }
    }
}
```


Output formatado

O Java permite output formatado ao estilo do `printf` do C.

- usar o método `printf()`

Exemplo: `System.out.printf("pi= %5.3f%n", pi);`

`System.out.printf ("string format", parameters)`

- Uma string de formato contém “encaixes” para inserir os valores dos parâmetros:
 - ▶ `%d` - inteiro base 10
 - ▶ `%x` - inteiro base hexadecimal
 - ▶ `%o` - inteiro base octal
 - ▶ `%f` - número em vírgula flutuante
 - ▶ `%s` - string
 - ▶ `%c` - carácter
- o `printf()` não faz a mudança de linha
- incluir o carácter `'\n'` (*newline*) na string de formato (é usada a maneira de mudar de linha do S.O. onde a JVM está a ser executada)

Formatos especiais (inteiros)

- `%Wd` - inteiro com `W` caracteres de largura, alinhado à direita.
- `%-Wd` - inteiro com `W` caracteres de largura, alinhado à esquerda.

```
long n = 461012;
System.out.printf("%d%n", n);           // --> "461012"
System.out.printf("%8d%n", n);         // --> "__461012"
System.out.printf("%-8d%n", n);        // --> "461012__"
System.out.printf("%08d%n", n);        // --> "00461012"
```

Formatos especiais (floating point)

- `%.Df` - n° real, arredondado para `D` casas decimais.
- `%.W.Df` - n° real, com `W` espaços no total para os dígitos, e `D` casas decimais
- `%.W.Df` - o mesmo que o anterior mas com os dígitos alinhados à esquerda
- exemplo:

```
double pi = Math.PI;

System.out.printf("%f%n", pi);           // --> "3.141593"
System.out.printf("%.3f%n", pi);        // --> "3.142"
System.out.printf("%10.3f%n", pi);      // --> "____3.142"
System.out.printf("%-10.3f%n", pi);     // --> "3.142____"
```

Algumas regras de etiqueta

- nomes de classes são substantivos e começam com maiúscula (ex: `Point`)
- se o nome tiver várias palavras, todas começam com maiúscula (ex: `IntegerPoint`)
- nomes de atributos são substantivos e começam com minúscula (ex: `distance`)
- se o nome tiver várias palavras, apenas a primeira começa com minúscula (ex: `distanceOrigin`)
- nomes de métodos são verbos começam com minúscula (ex: `show`)
- sempre que possível devem ser utilizados nomes por extenso, excepto em casos onde haja convenção (ex: `x`, `y`, `z` para as coordenadas, `i`, `j` para variáveis de iteração num ciclo)

Algumas regras de etiqueta

- há exceções às regras de etiqueta, ex:
 - ▶ `sqrt`
 - ▶ `minus`
 - ▶ `scalarProduct`
 - ▶ `modulus`
- usar o bom senso
- o fundamental é que o nome/verbo transmita com clareza a semântica pretendida