Arrays

Roland Teodorowitsch

Fundamentos de Programação - Escola Politécnica - PUCRS

4 de maio de 2023

Objetivos

- Coletar elementos usando *arrays*
- Aprender os algoritmos comuns para processamento de *arrays*
- Trabalhar com *arrays* bidimensionais

Conteúdos

- *Arrays*
- Algoritmos Comuns para *Arrays*
- Usando *Arrays* com Métodos
- Tópicos Especiais
- Solução de Problemas
  - Combinando Algoritmos
  - Usando Objetos Reais
- *Arrays* Bidimensionais
- Sumário
- Humor
- Tópicos complementares
- Referências

Arrays

- Um programa de computador frequentemente necessita armazenar uma lista de valores para então processá-los
- Por exemplo:
  - Cálculo de variância ou desvio padrão
  - Divisão das despesas de uma festa entre um grupo de amigos
  - etc.
- Se você tiver uma lista de valores (por exemplo, 32, 54, 67,5, 29, 35, 80, 115, 44,5, 100, 65), quantas variáveis seriam necessárias?
  - `double input1, input2, input3, ...`
- *Arrays* resolvem este problema
- Um *array* armazena sequências de valores do mesmo tipo

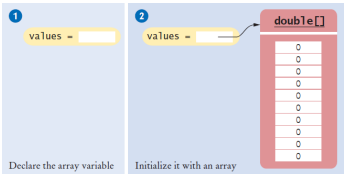
Declarando um *Array*

- Declarar um *array* envolve 2 etapas
  1. Declarar a variável *array*

```
double[] values;
```

  2. Inicializar o *array*

```
values = new double[10];
```



- O *array* não pode ser utilizado até que o compilador saiba qual o tamanho do *array* na etapa 2

Declarando um *Array* (Etapa 1)

- As seguintes partes devem ser especificadas

Type	Square Braces	Array name	semicolon
double	[ ]	values	;

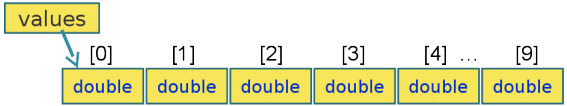
- Esta declaração especfica que
  - Há um *array* chamado `values`
  - Que os seus elementos são do tipo `double`
  - E que (AINDA) não foi definido quantos elementos ele poderá armazenar
- Outras considerações
  - *Arrays* podem ser declarados em qualquer lugar onde também seja possível declarar uma variável
  - Não use palavras-reservadas ou nomes que já estejam em uso

Declarando um *Array* (Etapa 2)

- Reserva-se memória para todos os elementos

Array name		Keyword	Type	Size	semicolon
values	=	new	double	[10]	;

- Agora o compilador sabe que o *array* chamado `values` necessita de `[10]` elementos do tamanho do tipo `double`
- O *array* também está sendo inicializado: cada elemento do *array* recebe o valor 0
- Não se pode alterar o tamanho do *array* depois da sua declaração!



Declaração de um *Array* em uma Linha

- Declaração e criação em 1 linha

  - Está sendo feita a declaração de um *array* chamado `values` para armazenar elementos do tipo `double`
  - Está sendo reservada memória para armazenamento de `[10]` elementos do tipo `double`
  - Os elementos estão sendo inicializados com 0

Declaração e Inicialização de um *Array*

- Pode-se declarar e definir os conteúdos iniciais de todos os elementos de um *array* usando:

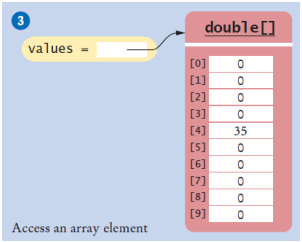
Type	Braces	Array name	contents list	semi
int	[ ]	primes =	{ 2, 3, 5, 7}	;

- Está sendo declarado que:
  - O *array* `primes` conterá elementos do tipo `int`
  - Haverá espaço para 4 elementos (automaticamente contados pelo compilador) que conterão os seguintes valores iniciais: 2, 3, 5 e 7
  - O par de chaves determina uma lista de valores iniciais para o *array*

Acessando Elementos de um *Array*

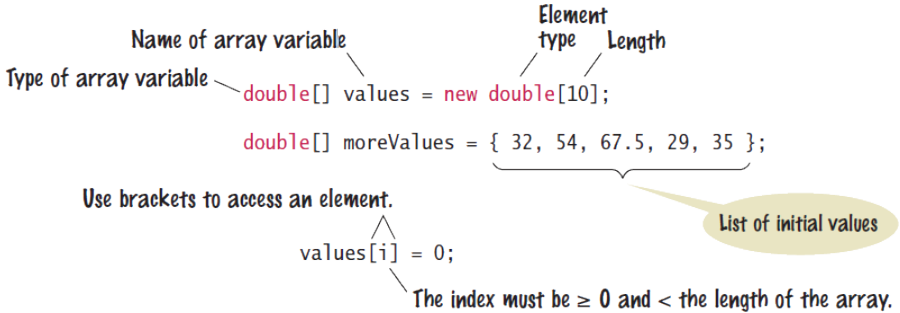
- Cada elemento de um *array* é numerado:
  - Este número é chamado de índice
  - Acessa-se um elemento especificando o nome do *array* e o índice numérico
- Elementos no *array* `values` são acessados por um índice inteiro `i`, usando a notação `values[i]`

```
public static void main(String[] args) {
   double[] values;
   values = new double[10];
   values[4] = 35;
}
```



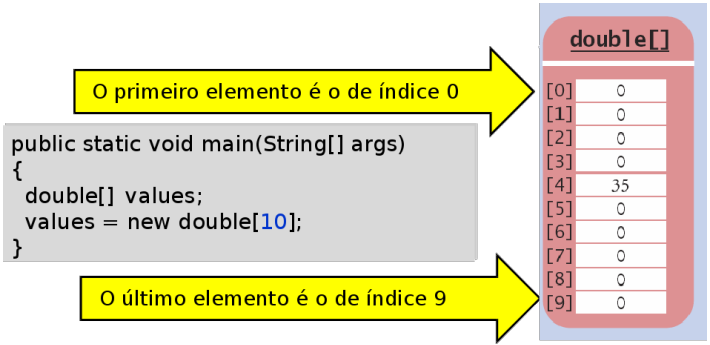
Sintaxe de *Arrays*

- Para declarar um *array*, especifique
  - O nome da variável *array*
  - O tipo de seus elementos
  - O tamanho (número de elementos)



Números de Índices de *Arrays*

- Números de índices de *arrays* iniciam em 0 e os demais são números inteiros positivos
- Um *array* com 10 elementos tem índices de 0 até 9: **NÃO há elemento 10**



Verificação de Limites de *Arrays*

- Um *array* sabe quantos elementos ele pode armazenar
  - `values.length` é o tamanho de um *array* chamado `values`
  - Trata-se de um valor inteiro que corresponde ao índice do último elemento + 1
- Usa-se isto para verificar e prevenir erros de acesso fora dos limites
- *Strings* e *arrays* usam sintaxes diferentes para encontrar os seus tamanhos
  - *Strings*: `name.length()`
  - *Arrays*: `values.length`

```
public static void main(String[] args) {
  int i = 10, value = 34;
  double[] values;
  values = new double[10];
  if (0 <= i && i < values.length) {  // length is 10
    values[i] = value;
  }
}
```

Exemplos de Declaração *Arrays* (1/2)

Declaração	Explicação
`int[] numeros = new int[10];`	Um *array* de 10 inteiros. Todos os elementos inicializados com zero.
`final int TAMANHO = 10;` `int[] numeros = new int[TAMANHO];`	É uma boa ideia usar uma constante, em vez de um número constante.
`int tamanho = in.nextInt();` `double[] dados = new double[tamanho];`	O tamanho não precisa ser uma constante.

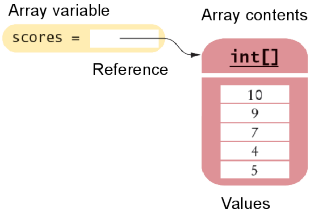
Exemplos de Declaração *Arrays* (2/2)

Declaração	Explicação
`int[] quadrados = { 0, 1, 4, 9, 16 };`	Um *array* de 5 inteiros, com valores iniciais.
`String[] amigos = { "Joao", "Maria", "Paulo" };`	Um *array* com 3 *strings*.
`double[] data = new int[10]; // ERRO`	**ERRO!** Não se pode inicializar uma variável `double[]` com um *array* do tipo `int[]`.

Referências a *Arrays*

- É preciso perceber que há uma diferença entre:
  - Variável *array*: chamada de “manipulador” do *array*
  - Conteúdos do *array*: memória onde os valores estão armazenados
- Uma variável *array* contém uma referência aos conteúdos do *array*
- A referência é a localização dos conteúdos do *array* (na memória)

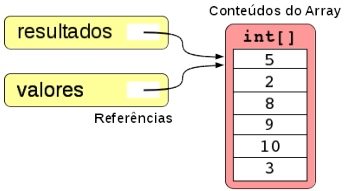
```
int[] scores = { 10, 9, 7, 4, 5 };
```



“Apelidos” para *Arrays*

- Pode-se fazer uma variável *array* referenciar os mesmos conteúdos de outra variável *array*
- Uma variável *array* especifica a localização de um *array*
- Copiar uma referência corresponde a se ter uma segunda referência para o mesmo conteúdo

```
int[] resultados = { 5, 2, 8, 9, 10, 3 };
int[] valores = resultados;  // Copia da referencia do array
```



Arrays Parcialmente Preenchidos

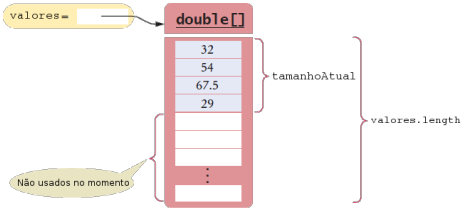
- Um *array* não pode ter o seu tamanho alterado durante a execução
  - O programador pode necessitar obter valores até o número máximo de elementos necessário
  - É uma boa ideia usar uma constante para o número máximo escolhido
  - Usa-se uma variável (`tamanhoAtual` no exemplo a seguir) para controlar quantos elementos já foram obtidos

```
final int TAMANHO = 100;
double[] valores = new double[TAMANHO];
int tamanhoAtual = 0;
Scanner in = new Scanner(System.in);
while (in.hasNextDouble()) {
  if (tamanhoAtual < valores.length) {
    valores[tamanhoAtual] = in.nextDouble();
    tamanhoAtual++;
  }
}
```

Percorrendo um *Array* Parcialmente Preenchido

- No exemplo, usa-se `tamanhoAtual` (e não `valores.length`) para determinar qual o último elemento
- Um laço `for` é uma escolha natural para percorrer um *array*

```
for (int i = 0; i < tamanhoAtual; i++) {
  System.out.println(valores[i]);
}
```



Erros Comuns (1)

Erro nos limites de *arrays*

- Índices de *arrays* iniciam em 0 e terminam em tamanho - 1
- Acessar um elemento que não existe é um erro bastante comum
- Resultado: exceção lançada em tempo de execução (`java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException`)

```
public class OutOfBounds {
  public static void main(String[] args) {
    double[] values;
    values = new double[10];
    values[10] = 100; // ERRO=EXCECAO
  }
}
```

Erros Comuns (2)

Arrays não inicializados

- Não se esqueça de inicializar variáveis *array*
- O compilador vai gerar um erro como “variable values might not have been initialized”

```
double[] values;
...
values[0] = 29.95; // ERRO!
```

```
double[] values;
values = new double[10];
values[0] = 29.95; // Sem erro!
```

Algoritmos Comuns para Arrays

- Preencher um *array*
- Soma e média de valores
- Encontrar máximo e mínimo
- Saída de elementos com separadores
- Busca linear
- Remoção de um elemento
- Inserção de um elemento
- Troca de elementos
- Cópia de *arrays*
- Aumento de tamanho de *arrays*
- Leitura da entrada

Preencher um *Array*

- Inicializar um *array* com um conjunto de valores calculados
- Por exemplo: preencher um *array* com os quadrados de 0 até 10

```
int[] quadrados = new int[11];
for (int i = 0; i < quadrados.length; i++) {
  quadrados[i] = i * i;
}
```

Soma e Média de Valores

- Nunca se esqueça de evitar a divisão por zero

```
if (valores.length > 0) {
   double total = 0, media = 0;
   for (int i=0; i<valores.length; ++i)
      total = total + valores[i];
   media = total / valores.length;
}
```

Encontrar máximo e mínimo

- Defina que o maior ou menor é o primeiro elemento e teste os outros elementos usando `for`

```
// Laco tipico para encontrar o maximo
double maior = valores[0];
for (int i = 1; i < valores.length; i++)
    if  (valores[i] > maior)
        maior = valores[i];
```

```
// Laco tipico para encontrar o minimo
double menor = valores[0];
for (int i = 1; i < valores.length; i++)
    if  (valores[i] < menor)
        menor = valores[i];
```

- Às vezes também é desejável localizar o índice do maior ou menor elemento

```
// Localizar o indice do maior
int iMaior = 0;
for (int i = 1; i < valores.length; i++)
    if  (valores[i] > valores[iMaior])
        iMaior = i;
```

```
// Localizar o indice do menor
int iMenor = 0;
for (int i = 1; i < valores.length; i++)
    if  (valores[i] < valores[iMenor])
        iMenor = i;
```

Saída de Elementos com Separadores

- Imprime-se o separador antes de todos os elementos, com exceção do primeiro

```
double[] valores = {32, 54, 67.5, 29, 35};
for (int i = 0; i < valores.length; i++) {
  if (i > 0) {
    System.out.print(" | ");
  }
  System.out.print(valores[i]);
}
```

  - Resultado:

    `32 | 54 | 67.5 | 29 | 35`

- Ou usa-se o método `Arrays.toString()` (muito útil para depuração)

```
import java.util.*;
// ...
double[] valores = {32, 54, 67.5, 29, 35};
System.out.println(Arrays.toString(valores));
```

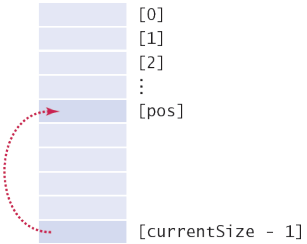
Busca Linear

- Busca-se um valor específico em um *array*
- Inicia-se pelo primeiro elemento e para-se quando/se o valor for encontrado
- Usa-se uma variável booleanda `achou` para controlar o final do laço

```
int valorBuscado = 100;  int pos = 0;
boolean achou = false;
while (pos < valores.length && !achou) {
   if (valores[pos] == valorBuscado) {
      achou = true;
   }
   else {
      pos++;
   }
}
if (achou)
   System.out.println("Encontrado na posicao: " + pos);
else
   System.out.println("Nao encontrado");
```

Remoção de um Elemento

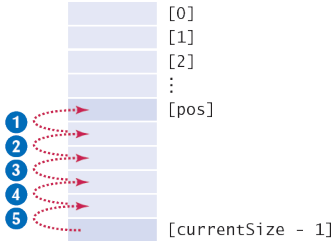
- Exige que se mantenha uma variável com o tamanho atual (número de elementos válidos)
- Não se pode deixar um “buraco” no *array*
- Se NÃO é preciso manter o *array* ordenado: copie o último elemento sobre o elemento atual e atualize o tamanho atual




```
if ( pos>=0 && pos<=valores.length-1 ) {
   if ( tamanhoAtual > 1 ) {
      valores[pos] = valores[tamanhoAtual - 1];
   }
   tamanhoAtual--;
}
```

Remoção de um Elemento (Continuação)

- Se é preciso manter o *array* **ordenado**: mova todos os elementos que estão após `pos` uma posição (em direção ao início do *array*) e atualize o tamanho atual



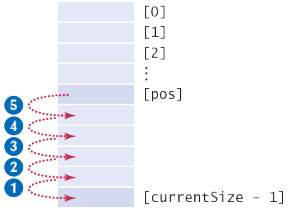

```
if ( pos>=0 && pos<=valores.length-1 ) {
   for (int i = pos; i < tamanhoAtual - 1; i++) {
      valores[i] = valores[i + 1];
   }
   tamanhoAtual--;
}
```

Inserção de um Elemento

- Se não é preciso manter a ordenação, apenas adiciona-se o novo valor no final e atualiza-se o tamanho

```
if ( tamanhoAtual < valores.length ) {
   valores[tamanhoAtual] = novoValor;
   tamanhoAtual++;
}
```

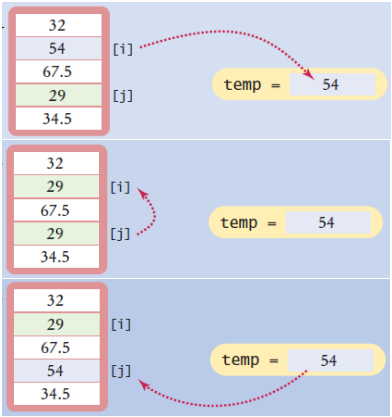
- Se é preciso manter a ordem, localiza-se a posição correta para o novo elemento, move-se todos os elementos válidos uma posição (em direção ao final do *array*) e atualiza-se o tamanho




```
if (tamanhoAtual < valores.length) {
   tamanhoAtual++;
   for (int i = tamanhoAtual - 1; i > pos; i--) {
     valores[i] = valores[i - 1];  // move p/ inicio
   }
   valores[pos] = novoValor;      // preenche buraco
}
```

Troca de Elementos

- São usados 3 passos com uma variável auxiliar

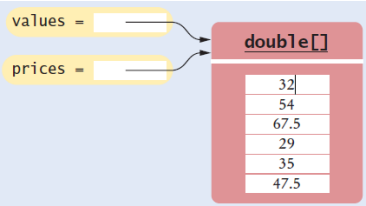



```
double temp = valores[i];
valores[i] = valores[j];
valores[j] = temp;
```

Cópia de *Arrays*

- Copiar *arrays* não é a mesma coisa que copiar apenas a referência
  - A cópia de *arrays* cria 2 conjuntos de conteúdos
  - Exemplo de cópia de referência:

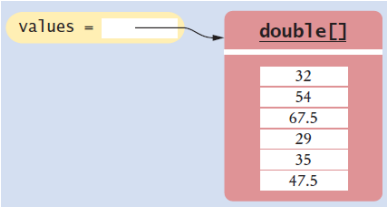
```
double[] values = { 32, 54, 67.5, 29, 35, 47.5 };
// Copia de referencia
double[] prices = values;
```

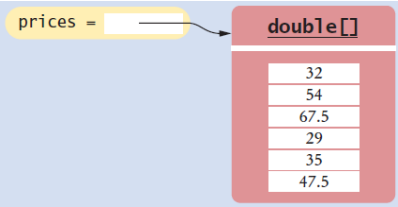


Cópia de *Arrays* (2)

- Pode-se usar o método `Arrays.copyOf` (Java 6):

```
double[] values = { 32, 54, 67.5, 29, 35, 47.5 };
// copyOf cria uma nova copia, retornando a referencia
double[] prices = Arrays.copyOf(values, values.length);
```



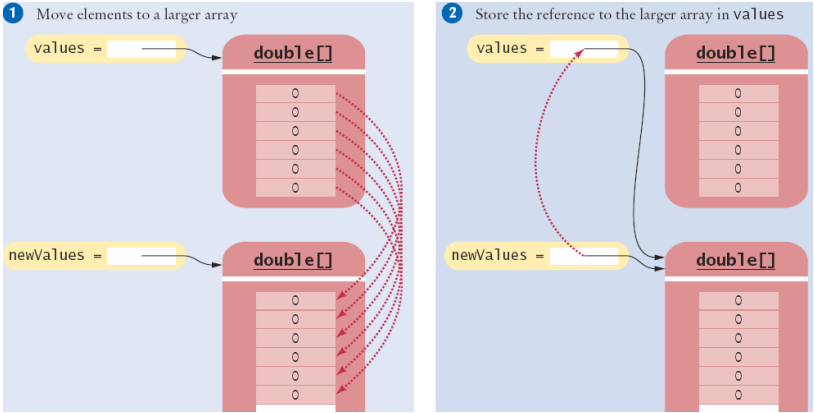


Aumento de Tamanho de *Arrays*

- Não é possível mudar o atributo correspondente ao tamanho de um *array*, mas é possível criar outra área de memória com `copyOf` e fazer a variável *array* apontar para ela
- Por exemplo, para duplicar o tamanho de um *array* existente:

```
double[] values = { 32, 54, 67.5, 29, 35, 47.5 };
double[] newValues = Arrays.copyOf(values, 2 * values.length);
values = newValues;
```

Aumento de Tamanho de *Arrays* (2)



Leitura da Entrada

- Sabendo-se previamente o tamanho exato do *array*:

```
double[] entradas = new double[NUM_ENTRADAS];
for (i = 0; i < entradas.length; i++) {
   entradas[i] = in.nextDouble();
}
```

- Sem saber o tamanho exato, pode-se usar um tamanho máximo, mantendo-se o *array* parcialmente preenchido:

```
double[] entradas = new double[MAX_ENTRADAS];
int tamanhoAtual = 0;
while (in.hasNextDouble() && tamanhoAtual < entradas.length) {
   entradas[tamanhoAtual] = in.nextDouble();
   tamanhoAtual++;
}
```

LargestInArray.java (HORSTMANN, 2013, p. 265-266)

```java
import java.util.Scanner;
/**
   This program reads a sequence of values and prints them, marking the largest value.
*/
public class LargestInArray {
   public static void main(String[] args) {
      final int LENGTH = 100;
      double[] values = new double[LENGTH];
      int currentSize = 0;
      // Read inputs
      System.out.println("Please enter values, Q to quit:");
      Scanner in = new Scanner(System.in);
      while (in.hasNextDouble() && currentSize < values.length) {
         values[currentSize] = in.nextDouble();
         currentSize++;
      }
      // Find the largest value
      double largest = values[0];
      for (int i = 1; i < currentSize; i++) {
         if (values[i] > largest) {
            largest = values[i];
         }
      }
```

LargestInArray.java (HORSTMANN, 2013, p. 265-266)

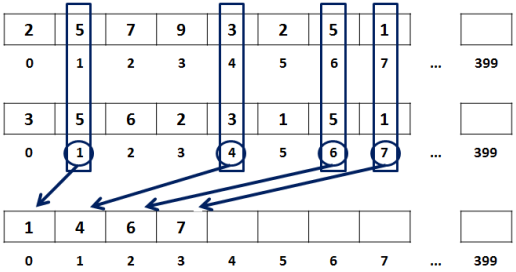
```
      // Print all values, marking the largest
      for (int i = 0; i < currentSize; i++) {
         System.out.print(values[i]);
         if (values[i] == largest) {
            System.out.print(" <== largest value");
         }
         System.out.println();
      }
   }
}
```

Resultado da execução:

```
Please enter values, Q to quit:
35 80 115 44.5 Q
35
80
115 <== largest value
44.5
```

Exercícios (1/2)

- Construa um programa em Java que leia dados para dois vetores do tipo inteiro de 400 posições cada (`vetorA` e `vetorB`) e preencha um terceiro vetor (`vetorRes`), também de 400 posições e também do tipo inteiro, da seguinte maneira: quando o conteúdo dos elementos de mesma posição dos vetores `vetorA` e `vetorB` for igual, a posição (índice) destes elementos deve ser armazenada no vetor `vetorRes`, conforme ilustração abaixo. Devem ser utilizadas posições consecutivas de `vetorRes` para inserção dos valores desejados e, ao final do programa, devem ser escritas somente as posições preenchidas de `vetorRes`. [Adaptado do material da professora Milene Selbach Silveira]



Exercícios (2/2)

- Considere um *array* parcialmente preenchido
  `double[] valores = new double[100];`
  com valores até
  `int tamAtual;`
  E escreva um trecho de programa em Java para eliminar todos os valores zero deste *array*, sem criar um novo *array*.
- Considere um *array* de inteiros chamado `valores` e escreva um programa em Java para inverter este *array* (ou seja, troca o primeiro elemento pelo último, o segundo pelo penúltimo, e assim sucessivamente).

Nunca esquecer

- Subestimar o tamanho de um conjunto de dados é um erro comum
  - O programador não pode prever como as pessoas usarão o seu programa
  - Deve-se ter o cuidado escrever código que rejeita o excesso de dados na entrada de forma elegante, principalmente quando se usa tamanhos fixos

Usando *Arrays* com Métodos

- Métodos podem ser declarados para receber referências a *arrays* como variáveis paramétricas
- Isto permite declarar, por exemplo, um método para somar todos os elementos de um vetor: o método recebe a referência ao *array* e consegue somar os valores dos elementos de qualquer *array* (do mesmo tipo, é claro)
  - Método:

```
public static double sum(double[] values) {
  double total = 0;
  for (int i=0; i<values.length; ++i)
    total = total + values[i];
  return total;
}
```

  - Chamada:

```
double[] scores = { 32, 54, 67.5, 29, 35, 47.5 };
double scoresTotal = sum(scores);
```

Passando Referências

- Quando se passa uma referência, o método pode **alterar** os valores do *array*
- Exemplo: multiplicar cada elemendo de um *array* por um fator
  - Método:

```
public static void multiply(double[] values, double factor) {
  for (int i = 0; i < values.length; i++)
    values[i] = values[i] * factor;
}
```

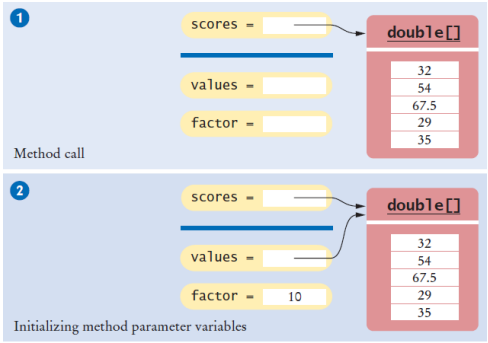
  - Chamada:

```
double[] scores = { 32, 54, 67.5, 29, 35, 47.5 };
multiply(scores, 10);
```

- Em Java, a passagem de parâmetros é sempre por valor (cópia do valor da chamada para a variável paramétrica), mas quando se passa uma referência (o que é o caso de *arrays*) é possível alterar os conteúdos desta referência (mas nunca a referência propriamente dita)

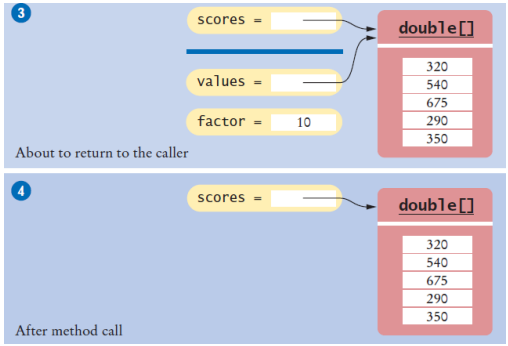
Passagem por Referência (1)

- As variáveis paramétricas são inicializadas com os argumentos que são passados na chamada. Neste exemplo, `values` recebe a mesma referência que `scores` e `factor` é inicializado com 10



Passagem por Referência (2)

- O método multiplica todos os elementos por 10
- O método retorna e suas variáveis paramétricas são destruídas. Entretanto, os valores do *array* permanecem alterados



Método Retornando um *Array*

- Métodos podem ser declarados para retornar um *array*

```
public static int[] squares(int n) {
    int[] result = new int[n];
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        result[i] = i * i;
    }
    return result;
}
```

- Para chamar o método, deve-se criar uma referência a *array* que seja compatível

```
int[] numbers = squares(10);
```

Exercício

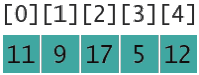
- Implemente uma classe chamada `Vetor` com uma biblioteca de métodos para processamento de vetores de inteiros
- Nesta classe procure implementar todos os algorimos citados até aqui
- Os algoritmos que ainda serão vistos poderão ser incorporados posteriormente
- Use sobrecarga de métodos para permitir que cada método, quando possível, seja executado sobre um vetor completo ou sobre um vetor parcialmente preenchido

```
public class Vetor {  // ESBOCO
    public static void preenche(int[] v, int n) {}
    public static long soma(int[] v) {}
    public static double media(int[] v) {}
    public static int menor(int[] v) {}
    public static int maior(int[] v) {}
    public static boolean busca(int[] v, int n) {}
    public static int conta(int[] v, int n) {}
    public static void le(Scanner in, int [] v) {}
    public static void mostra(int [] v) {}
}
```

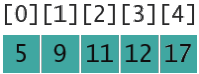
```
public static void preenche(int[] v, int t, int n) {}
public static long soma(int[] v, int t) {}
public static double media(int[] v,int t) {}
public static int menor(int[] v, int t) {}
public static int maior(int[] v, int t) {}
public static boolean busca(int[] v, int t, int n) {}
public static int conta(int[] v, int t, int n) {}
public static void le(Scanner in, int [] v, int t) {}
public static void mostra(int [] v, int t) {}
```

Tópico Especial: Ordenação de *Arrays*

- Quando se armazena valores em um *array*, pode-se:
  - Manter os dados desordenados (ordem aleatória)



  - Ordená-los (de forma ascendente ou descendente)



- Em um *array* ordenado é muito mais fácil encontrar um valor
- A Java API provê um método de ordenação eficiente:

```
Arrays.sort(values);       // Ordena todo o array
Arrays.sort(values, 0, currentSize);  // Parcialm. preen.
```

Tópico Especial: Algoritmos de Ordenação

- Alguns dos algoritmos de ordenação mais conhecidos são:
  - *Bubble Sort*: percorre os dados comparando os elementos da posição i com a posição i+1, e, se o primeiro for maior do que o segundo, inverte eles; simples; pouco eficiente
  - *Selection Sort*: procura o menor elemento e coloca na primeira posição, depois procura o segundo menor e coloca na segunda posição, e assim sucessivamente
  - *Insertion Sort*: percorre os dados da segunda posição até o final, procurando onde o elemento se encaixaria no conjunto à esquerda da posição atual (que já está ordenado); é simples e eficiente quando aplicado a pequenas listas
  - *Quick Sort*: escolhe um pivô e organiza os dados de forma que à esquerda do pivô estejam todos os valores menores do que ele, e à direita, todos os valores maiores do que o pivô, organizando a seguir as duas metades (recursivamente); é considerado o algoritmo de ordenação mais eficiente

Tópico Especial: Pesquisa

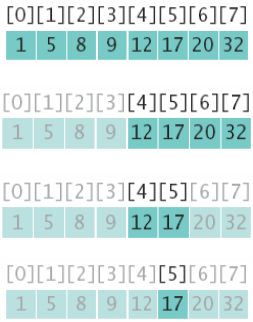
- Já vimos um método de **pesquisa linear**
  - Ele funciona sobre *arrays* ordenados ou desordenados
  - Cada elemento é visitado, partindo do início, ate que o valor procurado seja encontrado ou até que se chegue ao fim do *array*

Pesquisa Binária

- Só funciona se o *array* estiver ordenado
- Compara o valor procurado com o elemento do meio
  - Se for igual, encontrou
  - Se for menor, desconsidera a metade superior
  - Se for maior, desconsidera a metade inferior
- Repete-se o procecimento até que o valor procurado seja encontrado ou até que não se consiga dividir o *array*

Pesquisa Binária: Exemplo

- Encontrar o valor 15



Sorry, 15 is not in this array.

Pesquisa Binária: Implementação

```
boolean found = false;
int pos = 0, low = 0, high = values.length - 1;

while (low <= high && !found) {
   pos = (low + high) / 2; // Ponto central
   if (values[pos] == searchedValue)
      found = true;         // Encontrou!
   else if (values[pos] < searchedValue)
      low = pos + 1;        // Busca na primeira metade
   else
      high = pos - 1;       // Busca na segunda metade
}
if (found)
   System.out.println("Found at position " + pos);
else
   System.out.println("Not found. Insert before position " + pos);
```

Pesquisa Binária: Exercício

Considerando o teste a seguir, monte uma tabela com colunas para cada uma das variáveis envolvidas, apresentando nas linhas os valores que estas variáveis assumem ao longo da execução. Mostre também a saída gerada. Faça 4 execuções, para `valorProc` igual a `2`, `5`, `18` e `20`.

```
boolean achou = false;
int[] valores = { 3, 5, 8, 9, 15, 16, 17, 19};
int pos = 0, inf = 0, sup = valores.length - 1;

int valorProc = in.nextInt();
while (inf <= sup && !achou) {
   pos = (inf + sup) / 2;
   if (valores[pos] == valorProc)
      achou = true;
   else if (valores[pos] < valorProc)
      inf = pos + 1;
   else
      sup = pos - 1;
}
if (achou)
   System.out.println("pos = " + pos);
else
   System.out.println("NAO encontrado");
```

Combinando Algoritmos

- Considere o seguinte problema: o cálculo do escore de um aluno num questionário é a soma dos pontos em cada questão sem contar o menor valor.
- Por exemplo, para os seguintes valores:
  `8 7 8.5 9.5 7 5 10`
  o escore final será `50`.

Abordagem

- Decompor a tarefa em passos:
  - Ler as entradas
  - Calcular o somatório
  - Encontrar o menor valor
  - Subtrair o menor valor do somatório
- Determinar algoritmos para cada passo e implementá-los em métodos
- Montar a soluçao:

```
double[] scores = readInputs();
double total = sum(scores) - minimum(scores);
System.out.println("Final score: " + total);
```

- Revisar o código tratando soluções especiais: dados do enunciado, duas notas com o menor valor (apenas uma deve ser desconsiderada), uma única nota (escore deve ser zero), nenhuma entrada, etc.

Usando Objetos Reais

- Considere o seguinte problema: você tem um *array* cujo tamanho é par, e você deve trocar a primeira metade com a segunda metade
- Por exemplo, para um *array* de 8 posições

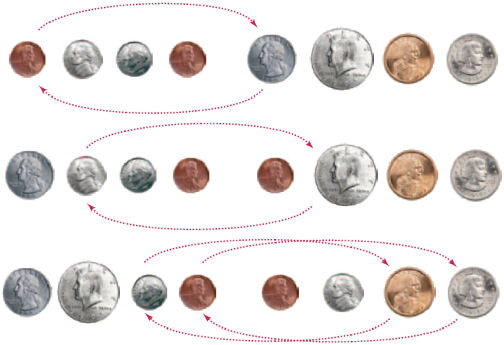
9	13	21	4	11	7	1	3

11	7	1	3	9	13	21	4

- Uma técnica bastante útil para ajudar no desenvolvimento de algoritmos é usar objetos reais
- Pode-se, por exemplo, usar uma linha de objetos (moedas, cartas, pequenos brinquedos, peças de um jogo, etc.) para representar um *array* e assim estudar operações necessárias na implementação de um algoritmo

Manipulando Objetos Reais

- Para resolver o problema proposto, os movimentos (operações) seriam::



Criando o Algoritmo

- É importante identificar:
  - Quantas trocas serão necessárias?
  - Quais os índices dos elementos que deverão ser trocados?
- Estas informações devem estar relacionadas ao tamanho do *array*
- Algoritmo:

```
i = 0
j = size / 2
While (i < size / 2)
    Swap elements at positions i and j
    i++
    j++
```

Exercício

Escreva um método em Java que troque a primeira metade de um *array* de inteiros pela sua segunda metade. Caso o tamanho do *array* seja ímpar, o método não deve fazer nada com o *array*.

Exercício (Solução)

Escreva um método em Java que troque a primeira metade de um *array* de inteiros pela sua segunda metade. Caso o tamanho do *array* seja ímpar, o método não deve fazer nada com o *array*.

```
public static void trocaMetades(int[] vetor) {
   int tam = vetor.length;
   if ( tam % 2 == 0 ) {
      tam = tam / 2;
      int j = tam;
      for (int i=0; i < tam; ++i) {
         int aux = vetor[i];
         vetor[i] = vetor[j];
         vetor[j] = aux;
         j++;
      }
   }
}
```

Arrays Bidimensionais

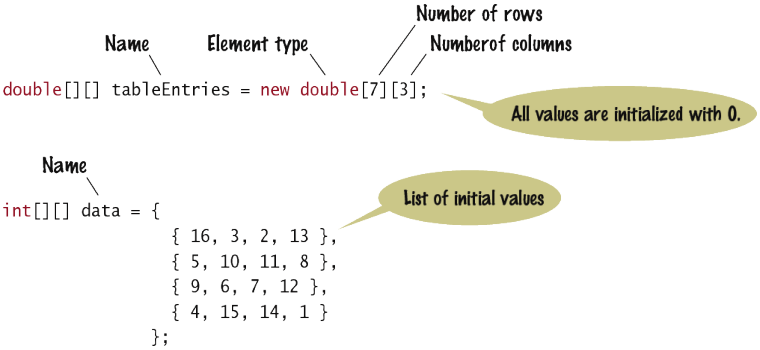
- *Arrays* também podem ser usados para armazenar dados em duas dimensões, como dados de uma tabela
- Neste caso tem-se uma matriz com linhas e colunas
- A declaração é feita com dois pares de colchetes:
  - Usando `new`:

```
const int COUNTRIES = 7;
const int MEDALS = 3;
int[][] counts = new int[COUNTRIES][MEDALS];
```

  - Usando valores inicializados e chaves (neste caso com dois “níveis” de chaves):

```
int[][] counts = {
   { 0, 0, 1 },
   { 1, 0, 0 },
   { 0, 1, 1 },
   { 0, 1, 1 },
   { 1, 1, 0 }
};
```

Sintaxe de *Arrays* Bidimensionais



- O nome do *array* continua a ser a referência para os conteúdos do *array*

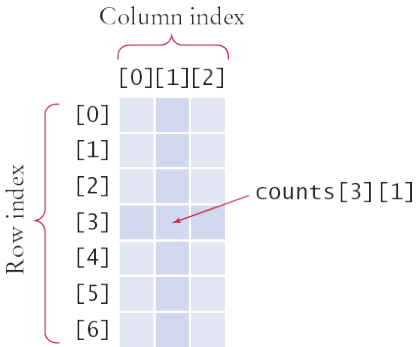
Acessando Elementos

- Usa-se dois valores de índice: linha e coluna

```
int value = counts[3][1];
```

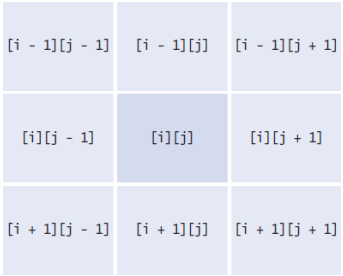
- Para imprimir são usados 2 laços aninhados: o mais externo para linhas (i) e o mais interno para colunas (j)

```
for (int i = 0; i < COUNTRIES; i++) {
   // Process the ith row
   for (int j = 0; j < MEDALS; j++) {
      // Process the jth column in the ith row
      System.out.printf("%8d", counts[i][j]);
   }
   // Start a new line at the end of the row
   System.out.println();
}
```



Localizando Elementos Vizinhos

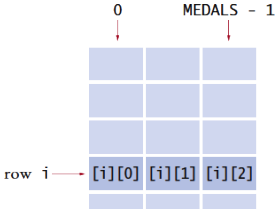
- Alguns programas que trabalham com *arrays* bidimensionais necessitam localizar elementos que estão em posições adjacentes, o que é muito comum em jogos
- Na posição `[i][j]`, os vizinhos são:



- Cuidado com cantos e bordas, pois não há índices negativos (posições fora do tabuleiro, por exemplo)

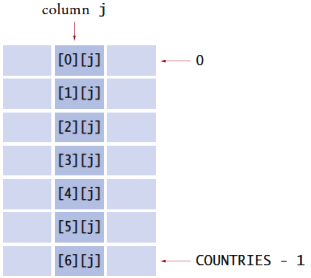
Somando Linhas e Colunas

- Soma linha `i`




```
int total = 0;
for (int j = 0; j < MEDALS; j++) {
  total = total + counts[i][j];
}
```

- Soma coluna `j`




```
int total = 0;
for (int i = 0; i < COUNTRIES; i++) {
  total = total + counts[i][j];
}
```

Medals.java (HORSTMANN, 2013, p. 286-287)

```
/**
   This program prints a table of medal winner counts with row totals.
*/
public class Medals {
   public static void main(String[] args) {
      final int COUNTRIES = 7;
      final int MEDALS = 3;
      String[] countries = {
         "Canada",
         "China",
         "Germany",
         "Korea",
         "Japan",
         "Russia",
         "United States"
      };
      int[][] counts = {
         { 1, 0, 1 },
         { 1, 1, 0 },
         { 0, 0, 1 },
         { 1, 0, 0 },
         { 0, 1, 1 },
         { 0, 1, 1 },
         { 1, 1, 0 }
      };
```

Medals.java (HORSTMANN, 2013, p. 286-287)

```
      System.out.println("        Country    Gold  Silver  Bronze   Total");
      // Print countries, counts, and row totals
      for (int i = 0; i < COUNTRIES; i++) {
         // Process the ith row
         System.out.printf("%15s", countries[i]);
         int total = 0;
         // Print each row element and update the row total
         for (int j = 0; j < MEDALS; j++) {
            System.out.printf("%8d", counts[i][j]);
            total = total + counts[i][j];
         }
         // Display the row total and print a new line
         System.out.printf("%8d\n", total);
      }
   }
}
```

Resultado da execução:

```
        Country    Gold  Silver  Bronze   Total
         Canada       1       0       1       2
          China       1       1       0       2
        Germany       0       0       1       1
          Korea       1       0       0       1
          Japan       0       1       1       2
         Russia       0       1       1       2
  United States       1       1       0       2
```

Dica

- Se um *array* tem uma única dimensão, `length` corresponde ao tamanho desta dimensão
- E se *array* for bidimensional? Qual o valor de `length`? Como obter o tamanho da segunda dimensão?
  - Para *arrays* bidimensionais, `length` retorna o número de linhas
  - Para obter o número de colunas de uma linha, deve-se usar o `length` para a linha

```
int mat[][] = new int[2][3];
System.out.println(mat.length);    // 2
System.out.println(mat[0].length); // 3
System.out.println(mat[1].length); // 3
```

Dica avançada

- Pode-se criar um *array* com dimensões “irregulares” (cada linha com um número variável de elementos)

```
int mat[][] = new int[2][];
mat[0] = new int[3];
mat[1] = new int[4];
System.out.println(mat.length);     // 2
System.out.println(mat[0].length); // 3
System.out.println(mat[1].length); // 4
```

Exercício 1

Considere matrizes de inteiros com `l` linhas e `c` colunas e implemente métodos para:

a) Ler todos os elementos da matriz
b) Escrever todos os elementos da matriz
c) Trocar a linha i1 pela linha i2 da matriz
d) Trocar a coluna c1 pela coluna c2 da matriz
e) Inicializar todos os elementos da matriz com valores aleatórios

Exercício 2

Considere matrizes quadradas de inteiros e implemente métodos para calcular:

a) Somatório de todos os elementos da matriz
b) Somatório dos elementos da linha `i` da matriz
c) Somatório dos elementos da coluna `j` da matriz
d) Somatório dos elementos da diagonal principal da matriz
e) Somatório dos elementos acima da diagonal principal da matriz
f) Somatório dos elementos abaixo da diagonal principal da matriz
g) Somatório dos elementos da diagonal secundária da matriz
h) Somatório dos elementos acima da diagonal secundária da matriz
i) Somatório dos elementos abaixo da diagonal secundária da matriz

Sumário: *Arrays*

- Um *array* armazena uma sequência de valores do mesmo tipo
- Elementos individuais em um *array* são acessados por um índice inteiro `i`, usando a notação `values[i]`
- Um elemento de *array* pode ser usado como qualquer outra variável
- Um índice de *array* deve ser no mínimo 0 e menor do que o tamanho do *array*
- Um erro de limite, que ocorre se você não especificar um índice válido de *array*, pode abortar a execução do programa
- Use a expressão `array.length` para encontrar o número de elementos de um *array*
- Uma referência de *array* armazena o endereço do local do conteúdo do *array*
- Copiar uma referência cria uma segunda referência para o mesmo *array*
- Com *arrays* parcialmente preenchidos, deve-se manter uma variável auxiliar com o tamanho atual do *array*

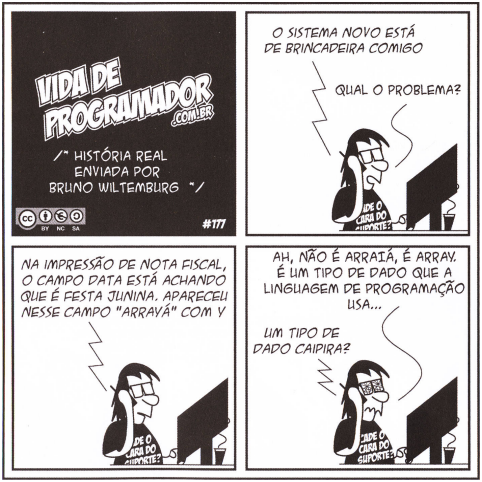
Sumário: *Arrays*

- Uma pesquisa linear inspeciona os elementos em sequência até encontrar o elemento procurado
- Usa-se uma variável temporária quando elementos devem ser trocados
- Usa-se o método `Arrays.copyOf` para copiar os elementos de um *array* para um novo *array*
- *Arrays* podem ser usados como variáveis paramétricas de métodos e podem ser retornados por métodos

Sumário: *Arrays*

- Pode-se resolver tarefas complexas combinando algoritmos básicos
- Deve-se conhecer os algoritmos básicos para reaproveitá-los e, quando necessário, adaptá-los
- Pode-se usar objetos reais para auxiliar no desenvolvimento de algoritmos
- Usa-se *arrays* bidimensionais (matrizes) para armazenar dados de tabelas
- Elementos individuais de um *array* bidimensional são acessados usando dois valores de índice: `values[i][j]`

Vida de Programador (NOEL, 2016, p. 37)



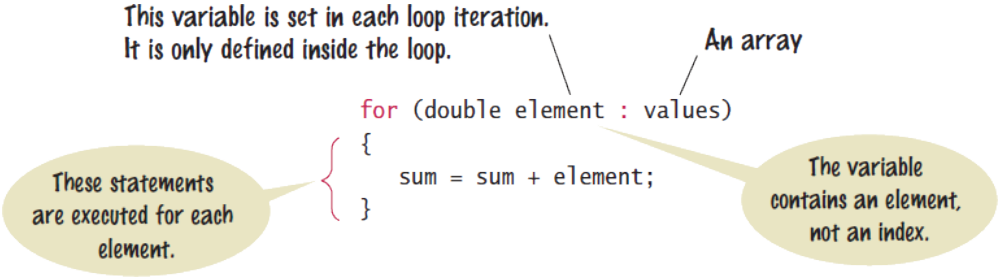
O Laço `for` Abreviado

- Usar laços `for` para percorrer um *array* é bastante comum:
  - O `for` abreviado simplifica este processo
  - Este laço também é chamado de *for each* (“para cada ”)
  - Este código pode ser lido como: “Para cada elemento do *array*”
- À medida que o laço avança, ele:
  - Acessará cada elemento sequencialmente (de 0 até o tamanho -1)
  - Copiará o seu valor para a variável de induçao
  - Executará o corpo do laço
- Não é possível para:
  - Alterar elementos
  - Obter erros de limite

```
double[] values = ...;
double total = 0;
for (double element : values) {
  total = total + element;
}
```

Sintaxe do `for` abreviado

- Use o `for` abreviado quando:
  - For necessário acessar cada elemento de um *array*
  - Não for necessário alterar qualquer elemento do *array*



Referências

HORSTMANN, C. **Java for Everyone – Late Objects**. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2013. xxxiv, 589 p.

NOEL, Andre. **Vida de Programador.com.br - Volume 1**. São Paulo: Novatec, 2016. 118 p.