

# Unidade I: Introdução - Algoritmos de Pesquisa



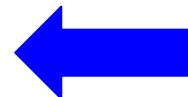
Instituto de Ciências Exatas e Informática  
Departamento de Ciência da Computação

# Agenda

- Pesquisa sequencial
- Pesquisa binária

# Agenda

- **Pesquisa sequencial**



- Pesquisa binária

# Pesquisa Sequencial

```
boolean resp = false;  
  
for (int i = 0; i < n; i++){  
    if (array[i] == x){  
        resp = true;  
        i = n;  
    }  
}
```

# Pesquisa Sequencial

```
boolean resp = false;  
  
for (int i = 0; i < n; i++){  
    if (array[i] == x){  
        resp = true;  
        i = n;  
    }  
}
```

1º) Qual é a operação relevante?

R: Comparação entre elementos do array

2º) Quantas vezes ela será executada?

# Pesquisa Sequencial

```
boolean resp = false;  
  
for (int i = 0; i < n; i++){  
    if (array[i] == x){  
        resp = true;  
        i = n;  
    }  
}
```

1º) Qual é a operação relevante?

R: Comparação entre elementos do array

2º) Quantas vezes ela será executada?

R: Em qual dos casos?

# Pesquisa Sequencial

```
boolean resp = false;  
  
for (int i = 0; i < n; i++){  
    if (array[i] == x){  
        resp = true;  
        i = n;  
    }  
}
```

1º) Qual é a operação relevante?

R: Comparação entre elementos do array

2º) Quantas vezes ela será executada?

R: Melhor caso:  $f(n) = 1$

Pior caso:  $f(n) = n$

Caso médio:  $f(n) = (n + 1) / 2$

# Exercício Resolvido (1)

- Quando acontece o melhor e o pior caso do algoritmo de pesquisa sequencial?

# Exercício Resolvido (1)

- Quando acontece o melhor e o pior caso do algoritmo de pesquisa sequencial?



**Resposta:**

**Melhor caso:** Elemento procurado está na primeira posição

**Pior caso:** Ele está na última posição OR não está no array

# Exercício Resolvido (2)

- Supondo que temos uma informação extra sobre o *array*: que ele está ordenado. Conseguimos fazer algo mais eficiente? Como?

## Exercício Resolvido (2)

- Supondo que temos uma informação extra sobre o *array*: que ele está ordenado. Conseguimos fazer algo mais eficiente? Como?



**Resposta:** Sim.

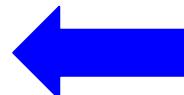
Pesquisamos a partir da metade do *array*. Se o elemento procurado for maior que o da metade, descartamos a primeira metade do *array*; senão, a segunda metade. Repetimos o processo com a metade não descartada

Essa é a pesquisa binária

# Agenda

- Pesquisa sequencial

- **Pesquisa binária**



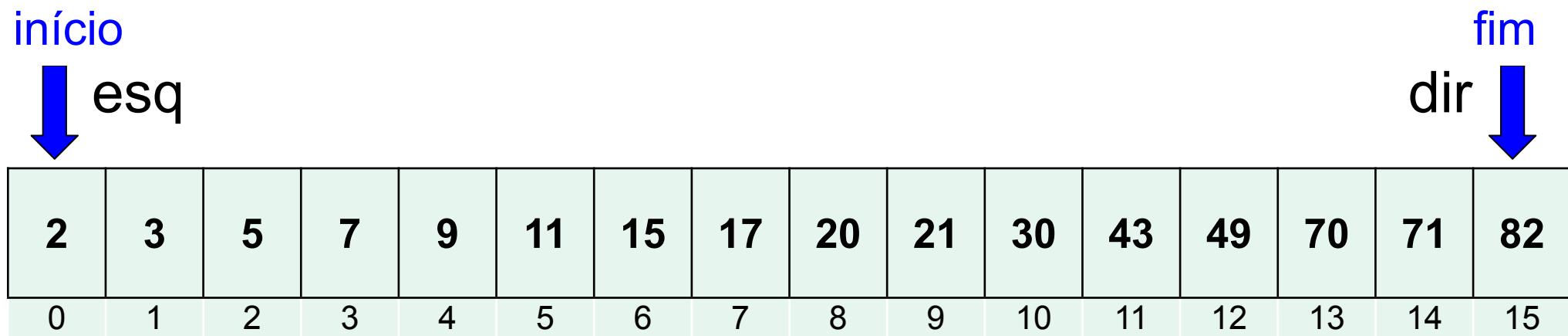
# Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

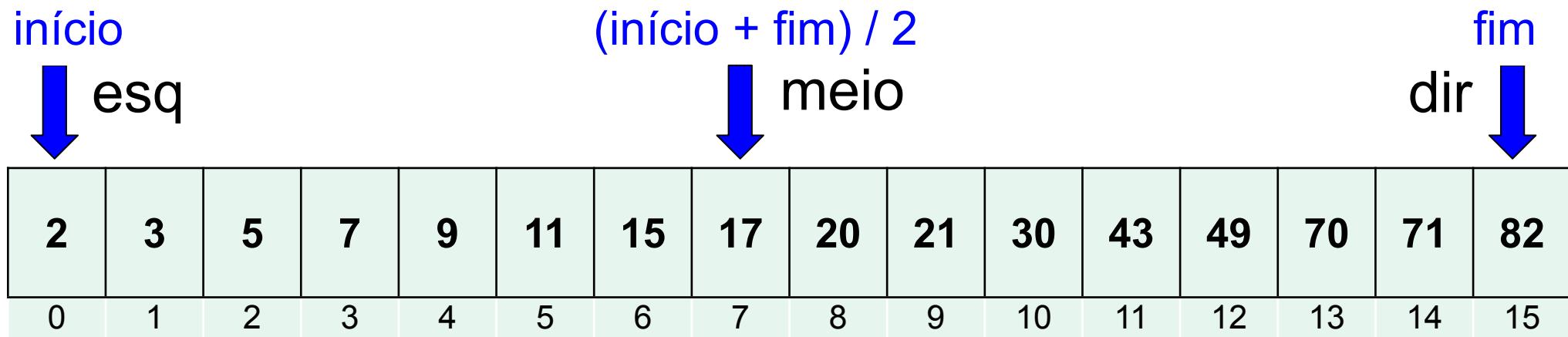
## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35



## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35



## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```
boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}
```

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```
boolean resp = false;  
int dir = n - 1, esq = 0, meio;  
while (esq <= dir) {  
    meio = (esq + dir) / 2;  
    if (x == array[meio]) {  
        resp = true;  
        esq = n;  
    } else if (x > array[meio]) {  
        esq = meio + 1;  
    } else {  
        dir = meio - 1;  
    } } }
```

resp false

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

resp  
false

esq

dir

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

(0 <= 15): true

resp  
false

esq

dir

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

$$(0 + 15) / 2: 7$$

resp  
false

esq

meio

dir

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

(35 == 17): false

resp  
false

esq

meio

dir

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

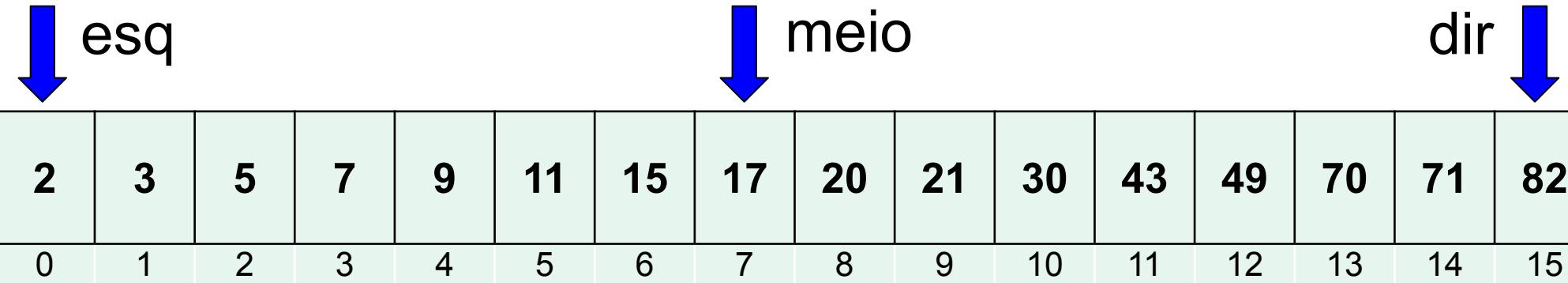
```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

(35 > 17): true

resp  
false



## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

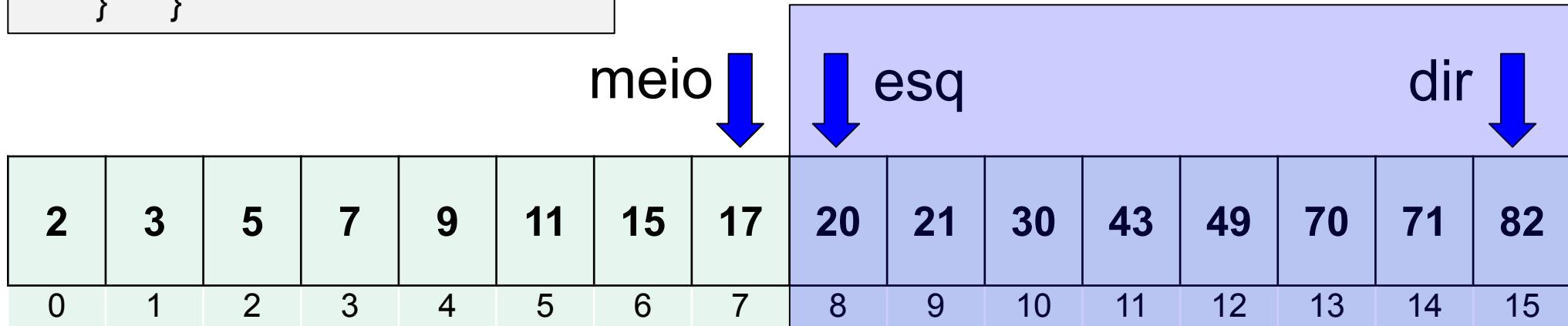
```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

resp false

Com uma comparação, reduzimos o espaço de busca pela metade



## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

(8 <= 15): true

resp  
false

esq

dir

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

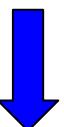
```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

$$(8 + 15) / 2: 11$$

resp  
false

esq  meio  dir 

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

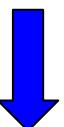
```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

(35 == 43): false

resp  
false

esq  meio  dir 

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

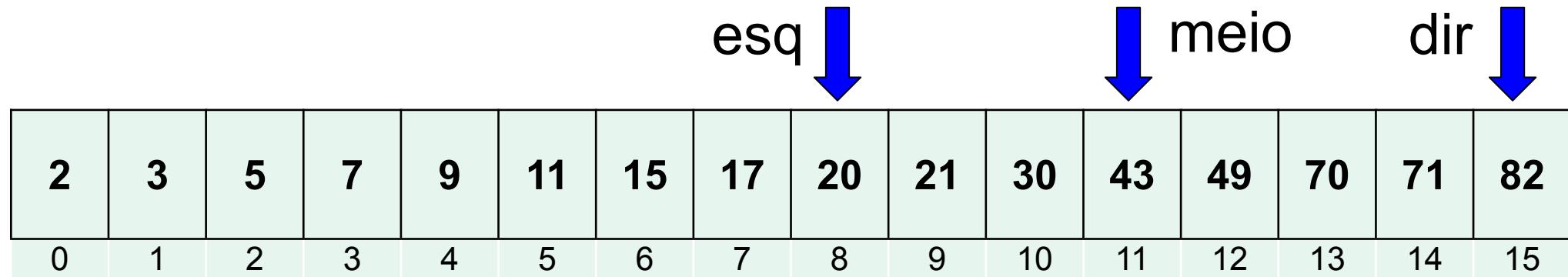
# Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```
boolean resp = false;  
int dir = n - 1, esq = 0, meio;  
while (esq <= dir) {  
    meio = (esq + dir) / 2;  
    if (x == array[meio]) {  
        resp = true;  
        esq = n;  
    } else if (x > array[meio]) {  
        esq = meio + 1;  
    } else {  
        dir = meio - 1;  
    }  
}
```

resp false

**(35 > 43): false**



## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

resp  
false

dir

esq

meio

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

(8 <= 10): true

resp  
false

dir

esq

meio

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

$$(8 + 10) / 2: 9$$

resp false

meio  
esq      meio      dir

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

(35 == 21): false

resp  
false

meio  
esq      meio      dir

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

resp  
false

(35 > 21): true

meio  
esq      meio      dir

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

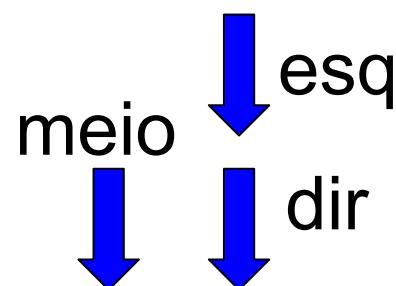
- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

resp  
false



2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

(10 <= 10): true

resp  
false

esq  
dir

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

$$(10 + 10) / 2: 10$$

resp      false

meio  
esq  
dir

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

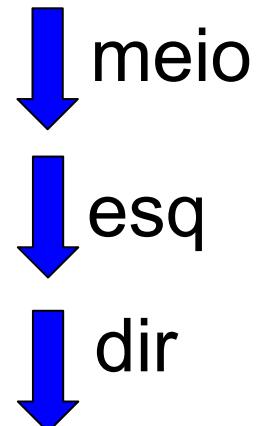
```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

(35 == 30): false

resp  
false



2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

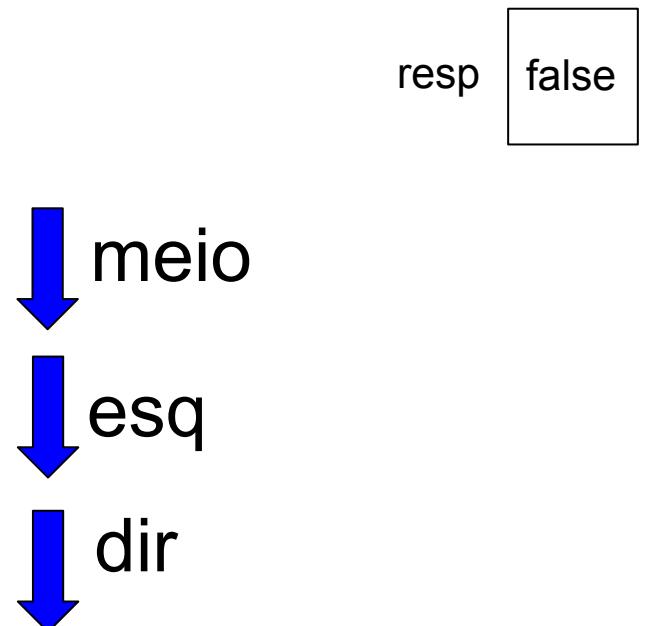
- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

(35 > 30): true



2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

resp  
false

meio  
dir esq

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

## Pesquisa Binária

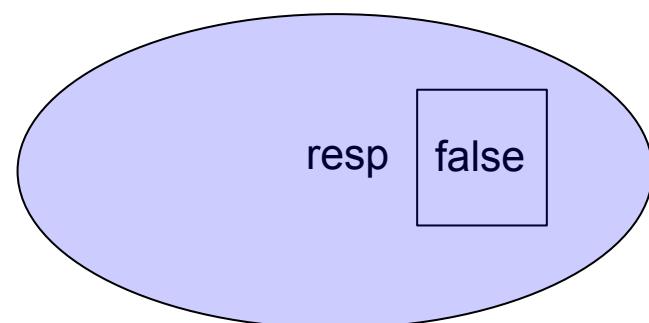
- Exemplo: procurar o 35

```

boolean resp = false;
int dir = n - 1, esq = 0, meio;
while (esq <= dir) {
    meio = (esq + dir) / 2;
    if (x == array[meio]){
        resp = true;
        esq = n;
    } else if (x > array[meio]){
        esq = meio + 1;
    } else {
        dir = meio - 1;
    }
}

```

(11 <= 10): false



dir ↓ esq ↓

2	3	5	7	9	11	15	17	20	21	30	43	49	70	71	82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

# Pesquisa Binária

- Exemplo

```
boolean resp = false;  
int dir = n - 1, esq = 0, meio;  
while (esq <= dir) {  
    meio = (esq + dir) / 2;  
    if (x == array[meio]) {  
        resp = true;  
        esq = n;  
    } else if (x > array[meio]) {  
        esq = meio + 1;  
    } else {  
        dir = meio - 1;  
    }  
}
```

1º) Qual é a operação relevante?

R: Comparação entre elementos do *array*.

2º) Quantas vezes ela será executada?

# Pesquisa Binária

- Exemplo

```
boolean resp = false;  
int dir = n - 1, esq = 0, meio;  
while (esq <= dir) {  
    meio = (esq + dir) / 2;  
    if (x == array[meio]) {  
        resp = true;  
        esq = n;  
    } else if (x > array[meio]) {  
        esq = meio + 1;  
    } else {  
        dir = meio - 1;  
    } } }
```

1º) Qual é a operação relevante?

R: Comparação entre elementos do *array*.

2º) Quantas vezes ela será executada?

R: Melhor caso:  $f(n) = 1 = O(1)$

Pior caso:  $f(n) = 2 \times \lg(n) = O(n)$

# Exercício Resolvido (3)

- Quando acontece o melhor e o pior caso do algoritmo de pesquisa binária?

## Exercício Resolvido (3)

- Quando acontece o melhor e o pior caso do algoritmo de pesquisa binária?



**Resposta:**

**Melhor caso:** Elemento procurado está na metade do *array*

**Pior caso:** Está na última posição de procura ( $\lg n$ ) ou não está no *array*

# Exercício (1)

- A solução apresentada para pesquisa binária faz **duas comparações entre elementos do array** em cada execução da repetição, modifique o código para efetuarmos apenas **uma**