# Busca em Memória Principal

Estrutura de Dados e Algoritmos – Ciência da Computação



Prof. Daniel Saad Nogueira Nunes

IFB – Instituto Federal de Brasília, Campus Taguatinga



### Sumário

- Introdução
- 2 Busca Binária
- Análise



# Sumário

Introdução



# Introdução

- Dada uma sequência de entrada, como buscar um determinado elemento?
- Podemos utilizar um laço de repetição.



# Busca Sequencial

```
int busca_sequencial(int *v, size_t n, int key) {
1
     int i;
     for (i = 0; i < n; i++) {
       if (v[i] == key) {
         return i;
     return -1;
```



# Busca Sequencial

- O algoritmo de busca sequencial funciona.
- No pior caso ele tem que varrer o vetor inteiro.
- Tempo  $\Theta(n)$ .
- Temos como fazer melhor?



# Busca Sequencial Otimizada

- Se a entrada já estiver ordenada, podemos melhor a busca sequencial.
- Assim que encontramos um elemento que é maior do que a chave, sabemos que ela não estará na sequência, pois a entrada está ordenada.



# Busca Sequencial

```
/** Pré-requisitos, v está ordenado **/
    int busca_sequencial_otimizada(int *v, size_t n, int key) {
      int i;
      for (i = 0; i < n; i++) {
        if (key < v[i]) {
          break;
        } else if (v[i] == key) {
          return i;
10
      return -1;
11
12
```



# Busca Sequencial Otimizada

- Conseguimos salvar algum tempo caso detectemos que a chave é menor do que algum elemento durante a varredura na busca sequencial otimizada.
- Contudo, no pior caso, ainda temos que varrer o vetor inteiro.
- Como tirar mais vantagem do fato da entrada estar ordenada?



# Busca Sequencial Otimizada

- Conseguimos salvar algum tempo caso detectemos que a chave é menor do que algum elemento durante a varredura na busca sequencial otimizada.
- Contudo, no pior caso, ainda temos que varrer o vetor inteiro.
- Como tirar mais vantagem do fato da entrada estar ordenada?
- Busca Binária!



# Sumário



- Levando em consideração que o vetor está ordenado, podemos efetuar a busca binária.
- Ela funciona da seguinte forma. Suponha que a sequência V[0,n-1].
- Inicialmente calcula-se o ponto médio da sequência:  $m \leftarrow \lfloor \frac{n}{2} \rfloor$ .
- $\bullet$  Se a chave corresponde à  $V[m], {\tt ent} \tilde{\tt ao}$  encontramos a chave no ponto médio.



- ullet Se a chave não é igual ao elemento V[m], temos duas opções.

  - ② A chave é maior do que V[m].
- No primeiro caso, sabemos que se a chave se encontra em V, ela deve estar no intervalo V[0,m-1].
- No segundo, concluímos que se a chave está em V, ela se encontra em V[m+1,n-1].
- Isso é permitido pois sabemos que o vetor está ordenado. Logo, sabemos que todos os elementos à esquerda de V[m] são menores ou iguais à V[m]. Simetricamente, todos os elementos à direita de V[m] são maiores ou iguais a V[m].



- Caso a chave não corresponda ao elemento V[m], continuamos a busca no subvetor à esquerda de V[m] ou à direita de V[m] utilizando a mesma estratégia!
- Descartamos metade dos elementos com uma única comparação!

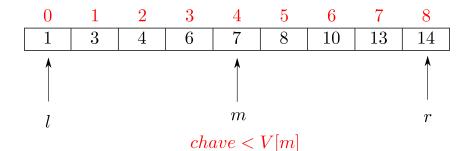


$$chave = 4$$

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	3	4	6	7	8	10	13	14

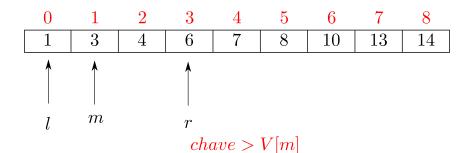


$$chave = 4$$



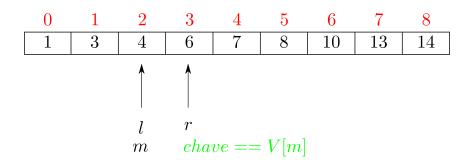


$$chave = 4$$





$$chave = 4$$



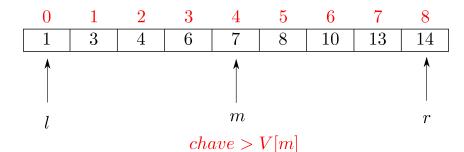


$$chave = 11$$

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	3	4	6	7	8	10	13	14

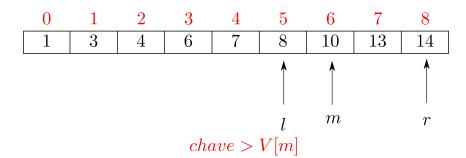


$$chave = 11$$



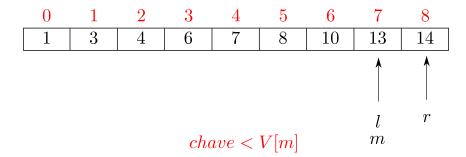


$$chave = 11$$



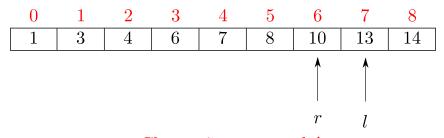


$$chave = 11$$





$$chave = 11$$





```
int busca_binaria(int *v, size_t n, int key) {
 1
       int 1 = 0;
       int r = n - 1;
       while (1 \le r) {
         int mid = 1 + (r - 1) / 2;
         if (chave == v[mid]) {
           return mid; /**Retorna a posição da chave**/
         } else if (chave < v[mid]) {</pre>
           r = mid - 1:
         } else {
10
           1 = mid + 1;
11
12
13
       return -1; /**Chave não encontrada**/
14
15
```



### Busca Binária: Recursão

- Também é possível implementar a busca binária recursivamente.
- Casos base: subvetor vazio ou chave encontrada.



#### Busca Binária: Recursão

```
int busca_binaria_rec(int *v, size_t n, int key) {
   return busca_binaria_rec_helper(v, 0, n - 1, key);
}
```



#### Busca Binária: Recursão

```
int busca_binaria_rec_helper(int *v, int 1, int r, int key) {
1
      if (1 > r) /**Caso base, vetor vazio**/
        return -1;
3
      int mid = 1 + (r - 1) / 2;
      /**Caso base, a chave é iqual ao elemento central**/
      if (key == v[mid])
        return mid;
      if (key < v[mid]) /**Recursão na metade inferior**/
        return busca_binaria_rec_helper(v, 1, mid - 1, key);
      else /**Recursão na metade superior**/
10
        return busca_binaria_rec_helper(v, mid + 1, r, key)
11
12
```



# Sumário

Análise



#### Análise

- No pior caso, a busca binária descarta metade dos elementos a cada comparação.
- ullet  $\Theta(\lg n)$  passos.

Número de Comparações					
$\overline{n}$	Busca Sequencial	Busca Binária			
$2^1$	$2^1 - 1$	2			
$2^2$	$2^2 - 1$	3			
$2^3$	$2^3 - 1$	4			
$2^4$	$2^4 - 1$	5			
$2^{10}$	$2^{10} - 1$	11			
$2^{20}$	$2^{20}-1$	21			
$2^{30}$	$2^{30}-1$	31			