Método de Busca

• O problema da busca (ou pesquisa) - Dado um conjunto de elementos, onde cada um é identificado por uma chave, o objetivo da busca é localizar, nesse conjunto, o elemento que corresponde a uma chave específica.

• Vários métodos e estruturas de dados podem ser empregados para se fazer busca.

• Certos métodos de organização/ordenação de dados podem tornar o processo de busca mais eficiente

TIPO DE BUSCA

O conjunto de registros pode ser:
- **Um vetor de registros**
- **Uma lista encadeada**
- **Uma árvore**
- **Etc.**

O conjunto de registros pode ficar:
- **Totalmente na memória (busca interna)**
- **Totalmente no armazenamento auxiliar (busca externa)**
- **Dividida entre ambos**

TIPO DE BUSCA

1. Busca Seqüencial
2. Busca Binária
3. Arvore de Busca Binária
4. Hash

BUSCA SEQUENCIAL

Compara a chave com cada item na array ou lista, até encontrar um item de dado cujo valor é igual o valor da chave.

Coleção de Dados:

10 3 16 0 -1 104 23 -7 88 6 4 1000

Chave: 0

Exercício: Escreve uma função de busca seqüencial em C.

BUSCA SEQUENCIAL

Algoritmo de busca seqüencial em um vetor A, com N posições (0 até N-1), sendo x a chave procurada

```
for (i=0; i<n; i++)
    if (A[i]==x)
        return(i); /*chave encontrada*/
return(-1); /*chave não encontrada*/
```

BUSCA SEQUENCIAL

Outra maneira de implementar o algoritmo é usar um sentinela

- **Sentinela: consiste em adicionar um elemento de valor x no final da tabela**
- **O sentinela garante que o elemento procurado será encontrado, o que elimina uma expressão condicional, melhorando a performance do algoritmo**

```
A[N]=x;
for(i=0; x!=A[i]; i++);
if (i<n) return(i); /*chave encontrada*/
else return(-1); /*sentinela encontrado*/
```

BUSCA SEQUENCIAL

- **Limitações do vetor**
  - **Tamanho fixo**
  - **Pode desperdiçar ou faltar espaço**

- **Alternativa**
  - **Lista encadeada**

    O que muda na busca seqüencial?

Exercício

Escrever em C a sub-rotina de busca de um elemento em uma lista encadeada

BUSCA SEQUENCIAL

Complexidade

- **Se o registro for o primeiro: 1 comparação**
- **Se o registro procurado for o último: N comparações**
- **Se for igualmente provável que o argumento apareça em qualquer posição da tabela, em média: (n+1)/2 comparações**
- **Se a busca for mal sucedida: N comparações**
- **Logo, a busca seqüencial, no pior caso, é O(n)**

BUSCA SEQUENCIAL

Para aumentar a eficiência

- **Reordenar continuamente a lista de modo que os registros mais acessados sejam deslocados para o início**

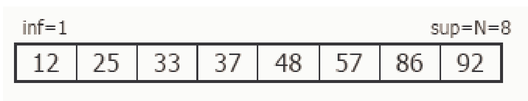
BUSCA BINÁRIA

Se os dados estiverem ordenados em um arranjo, pode-se tirar vantagens dessa ordenação - Busca binária

O elemento buscado é comparado ao elemento do meio do arranjo
- **Se igual, busca bem-sucedida**
- **Se menor, busca-se na metade inferior do arranjo**
- **Se maior, busca-se na metade superior do arranjo**

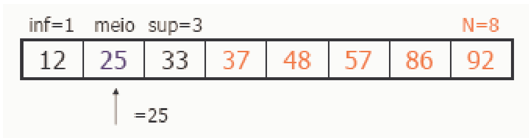
BUSCA BINÁRIA

Busca-se por 25

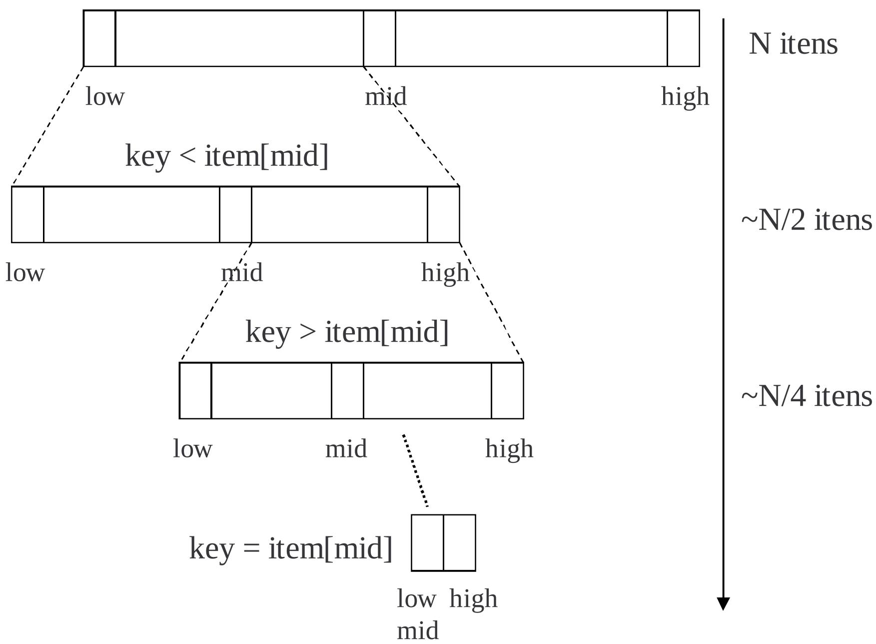


BUSCA BINÁRIA

Busca-se por 25



Em cada passo, o tamanho do arranjo em que se busca é dividido por 2



BUSCA BINÁRIA

Exercício

Escrever em C uma sub-rotina de busca binária por um elemento em um arranjo ordenado

BUSCA BINÁRIA

Bin-Search(collection *c*, *low*, *high*, *k*)
int *mid*;
if *low* > *high*
    then return NIL;
mid = (*high*+*low*)/2;
if *k* = *key*[*mid*]
    then return *key*[*mid*];
    else if *k* < *key*[*mid*]
        then return Bin_search(*c*, *low*, *mid*-1, *k*);
        else return Bin_search(*c*, *mid*+1, *high*, *k*);

BUSCA BINÁRIA

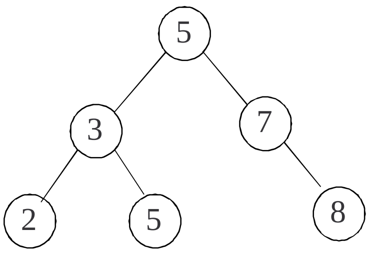
Complexidade?

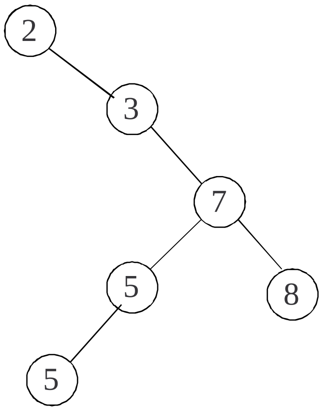
- O(log(n)), pois cada comparação reduz o número de possíveis candidatos por um fator de 2.

ÁRVORES DE BUSCAS BINÁRIAS

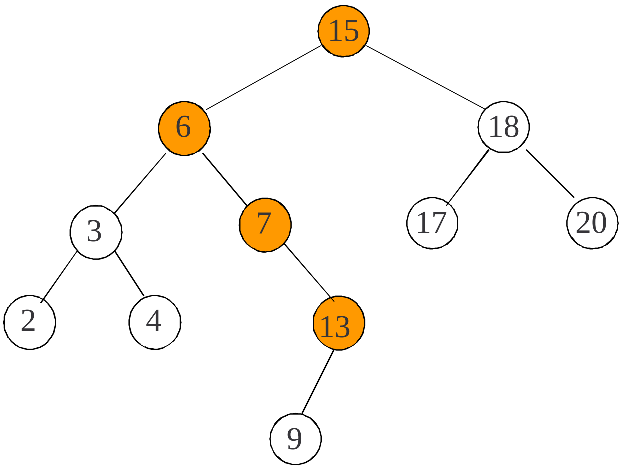
Arvore de busca binária é representada por uma estrutura de dados ligada. Cada nó contem 4 campos:

- *key*: valor do nó;
- *left*: ponteiro que aponta para seu filho esquerdo;
- *right*: ponteiro que aponta para seu filho direito;
- *p*: ponteiro que aponta para seu pai.





PROPRIEDADE:
Suponho que x é um nó da arvore de busca binária, para qualquer nó y, se y está na sub-arvore esquerda do x, então $key[y] \leq key[x]$.
Se y está na sub-arvore direita do x, então $key[x] \leq key[y]$.



Para encontrar a chave 13 na arvore, seguimos o caminho
$15 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 13$

Algoritmo de Busca Geral

Algoritmo Recursivo

Tree-Search(x, k)
if x = NIL or k = key[x]
    then return x
if k < *key*[x]
    then return Tree-Search(*left*[x], k)
    else return Tree-Search(*right*[x], k)

Algoritmo Iterativo

Iterative-Tree-Search(x, k)
while $x \neq$ NIL and $k \neq$ key[x]
    do if k < *key*[x]
        then $x \leftarrow$ *left*[x]
        else $x \leftarrow$ *right*[x]
return x

Algoritmo de Busca do Valor Mínimo

Tree-Minimum(x)
while *left*[x] $\neq$ NIL
    do $x \leftarrow$ *left*[x]
return x

Algoritmo de Busca do Valor Maximo

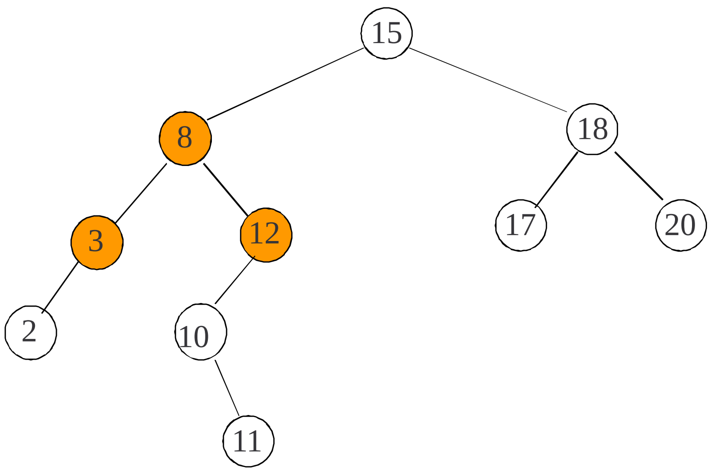
Tree-Maximum(x)
while *right*[x] $\neq$ NIL
    do $x \leftarrow$ *right*[x]
return x

Algoritmo de Busca do Valor Sucessor

O sucessor do nó *x* é o nó com o menor chave maior que *key*[*x*].

Case 1: Se a subarvore direita do nó *x* não for vazio, então, o sucessor do *x* é o nó mais esquerdo na subarvore direita;

Case 2: Se a subarvore direita do nó *x* for vazio, o sucessor do *x* (se *x* é um filho esquerdo) é o antecessor de nível mais baixa ou é o antecessor de nível mais baixa , cujo filho esquerdo também é antecessor do *x* (se *x* é um filho direito) .



Sucessor do nó 8?
Sucessor do nó 3?
Sucessor do nó 12?

Algoritmo de Busca do Valor Sucessor

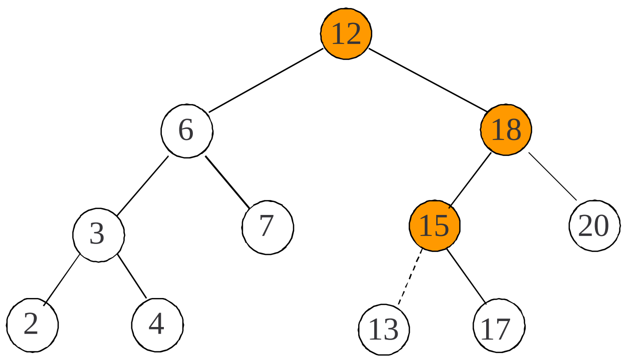
Tree-Successor(x)
if $right[x] \neq$ NIL
    then return Tree-Minimum($right[x]$)
$y \leftarrow p[x]$
while $y \neq$ NIL and $x = right[p[x]]$
    do $x \leftarrow y$
        $y \leftarrow p[y]$
return y

Exercício:

Escreva o algoritmo de busca do valor predecessor de um nó x em uma arvore de busca binária.

Algoritmo de Inserção

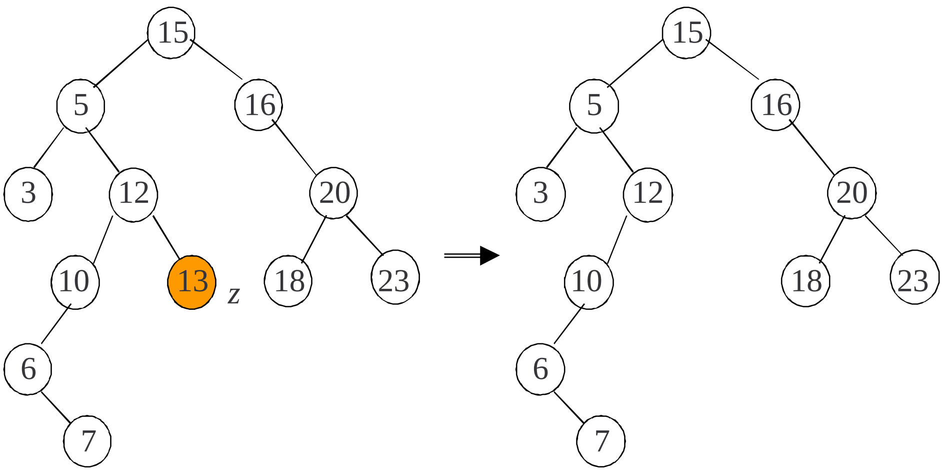
Tree-Insert(T, z)
$y \leftarrow$ NIL
$x \leftarrow root[T]$
while $x \neq$ NIL
    do $y \leftarrow x$
        if $key[z] < key[x]$
            then $x \leftarrow left[x]$
            else $x \leftarrow right[x]$
$p[z] \leftarrow y$
if y = NIL
    then $root[T] \leftarrow z$
    else if $key[z] < key[x]$
        then $left[y] \leftarrow z$
        else $right[y] \leftarrow z$



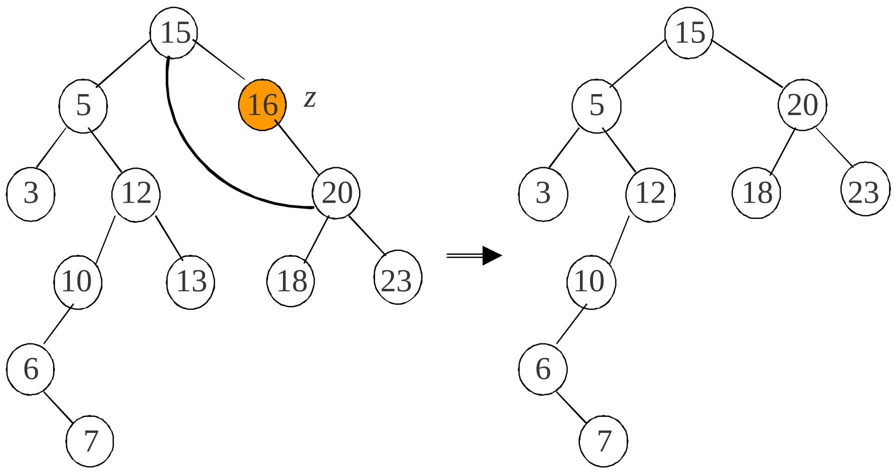
Inserir um nó com chave 13.

Algoritmo de Remoção

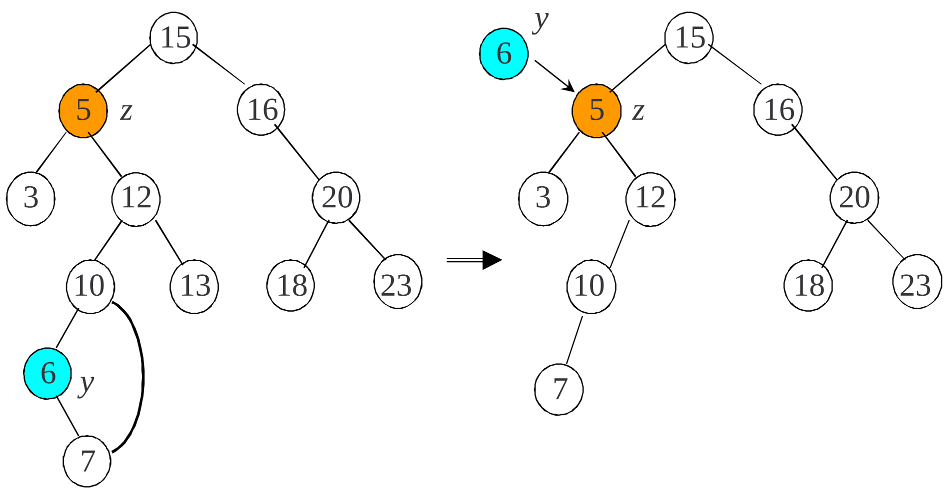
Tree-Delete(T, z)
if *left*[z] = NIL ou *right*[z] = NIL
  then $y \leftarrow$ z
  else $y \leftarrow$ Tree-Successor(z)
if *left*[y] $\neq$ NIL
  then $x \leftarrow$ *left*[y]
  else $x \leftarrow$ *right*[y]
if $x \neq$ NIL
  then $p[y] \leftarrow p[x]$
if $p[y]$ = NIL
  then *root*[T] $\leftarrow x$
  else **if** y = *left*[p[y]]
    then *left*[p[y]] $\leftarrow x$
    else *right*[p[y]] $\leftarrow x$
if $y \neq$ z
  then *key*[z] $\leftarrow$ *key*[y]
return y



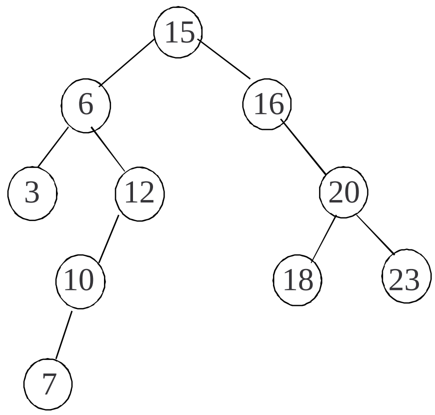
Caso 1: deletar o nó com chave 13.



Caso 2: deletar o nó com chave 16.



Caso 3: deletar o nó com chave 5.



Caso 3: deletar o nó com chave 5.