

# Aula 11

## Árvore Binária de Busca (ABB)

### Estruturas de Dados Avançadas

Professor Eurinardo Rodrigues Costa  
Universidade Federal do Ceará  
Campus Russas

2021.1

# Sumário

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

## 1 Aulas Passadas

## 2 Árvore Binária de Busca (ABB)

- Algoritmos
  - Busca
  - Inserção
  - Remoção

# Aulas Passadas

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

# Aulas Passadas

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

## ● Árvores

# Aulas Passadas

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

- Árvores
  - Toda árvore possui folha

# Aulas Passadas

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

- Árvores
  - Toda árvore possui folha
  - Toda árvore  $G = (V, E)$ , temos que  $|E| = |V| - 1$

# Aulas Passadas

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

- Árvores
  - Toda árvore possui folha
  - Toda árvore  $G = (V, E)$ , temos que  $|E| = |V| - 1$
  - Toda AB  $G = (V, E)$ , temos que  $|V| + 1$  ponteiros nulos

- Árvores

- Toda árvore possui folha
- Toda árvore  $G = (V, E)$ , temos que  $|E| = |V| - 1$
- Toda AB  $G = (V, E)$ , temos que  $|V| + 1$  ponteiros nulos
- Conversão de uma floresta em uma AB



# Aulas Passadas

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

- Árvores

- Toda árvore possui folha
- Toda árvore  $G = (V, E)$ , temos que  $|E| = |V| - 1$
- Toda AB  $G = (V, E)$ , temos que  $|V| + 1$  ponteiros nulos
- Conversão de uma floresta em uma AB
- Árvore Binária de Busca

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

## Definição (Árvore Binária de Busca)

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

## Definição (Árvore Binária de Busca)

*AB em que cada nó  $v$  temos que*

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

## Definição (Árvore Binária de Busca)

*AB em que cada nó  $v$  temos que*

$$v.esq.chave < v.chave < v.dir.chave$$

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

## Definição (Árvore Binária de Busca)

*AB em que cada nó  $v$  temos que*

$$v.esq.chave < v.chave < v.dir.chave$$

*OBS.: considere os elementos distintos*

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

**Busca**

Inserção

Remoção

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

**Busca**

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 2:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 

---



# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

**Busca**

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 3:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

---

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

**Busca**

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 4:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 5:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 6:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

1 **se**  $pt = \lambda$  **então**

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 7:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

1 **se**  $pt = \lambda$  **então**  $f \leftarrow 0$

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 8:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

1 **se**  $pt = \lambda$  **então**  $f \leftarrow 0$ ;

2 **senão**

|

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 9:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

1 **se**  $pt = \lambda$  **então**  $f \leftarrow 0$ ;

2 **senão**

3     **se**  $pt.chave = x$  **então**

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 10:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada $pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$ 

1 **se**  $pt = \lambda$  **então**  $f \leftarrow 0$ ;

2 **senão**

3     **se**  $pt.chave = x$  **então**  $f \leftarrow 1$ ;



# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 11:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

1 **se**  $pt = \lambda$  **então**  $f \leftarrow 0$ ;

2 **senão**

3     **se**  $pt.chave = x$  **então**  $f \leftarrow 1$ ;

4     **senão**

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 12:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

```
1 se  $pt = \lambda$  então  $f \leftarrow 0$ ;  
2 senão  
3   se  $pt.chave = x$  então  $f \leftarrow 1$ ;  
4   senão  
5     se  $x < pt.chave$  então
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 13:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada $pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$ 

```
1 se  $pt = \lambda$  então  $f \leftarrow 0$ ;  
2 senão  
3   se  $pt.chave = x$  então  $f \leftarrow 1$ ;  
4   senão  
5     se  $x < pt.chave$  então  
6       se  $pt.esq = \lambda$  então
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 14:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

```
1 se  $pt = \lambda$  então  $f \leftarrow 0$ ;  
2 senão  
3   se  $pt.chave = x$  então  $f \leftarrow 1$ ;  
4   senão  
5     se  $x < pt.chave$  então  
6       se  $pt.esq = \lambda$  então  $f \leftarrow 2$ ;
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 15:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

```
1 se  $pt = \lambda$  então  $f \leftarrow 0$ ;  
2 senão  
3   se  $pt.chave = x$  então  $f \leftarrow 1$ ;  
4   senão  
5     se  $x < pt.chave$  então  
6       se  $pt.esq = \lambda$  então  $f \leftarrow 2$ ;  
7       senão
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 16:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

```
1 se  $pt = \lambda$  então  $f \leftarrow 0$ ;  
2 senão  
3   se  $pt.chave = x$  então  $f \leftarrow 1$ ;  
4   senão  
5     se  $x < pt.chave$  então  
6       se  $pt.esq = \lambda$  então  $f \leftarrow 2$ ;  
7       senão  
8          $pt \leftarrow pt.esq$ 
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 17:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

```
1 se  $pt = \lambda$  então  $f \leftarrow 0$ ;  
2 senão  
3   se  $pt.chave = x$  então  $f \leftarrow 1$ ;  
4   senão  
5     se  $x < pt.chave$  então  
6       se  $pt.esq = \lambda$  então  $f \leftarrow 2$ ;  
7       senão  
8          $pt \leftarrow pt.esq$   
9          $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 18:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

```
1 se  $pt = \lambda$  então  $f \leftarrow 0$ ;  
2 senão  
3   se  $pt.chave = x$  então  $f \leftarrow 1$ ;  
4   senão  
5     se  $x < pt.chave$  então  
6       se  $pt.esq = \lambda$  então  $f \leftarrow 2$ ;  
7       senão  
8          $pt \leftarrow pt.esq$   
9          $\text{buscar}(x, pt, f)$   
10    senão
```



# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 19:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

```
1 se  $pt = \lambda$  então  $f \leftarrow 0$ ;  
2 senão  
3   se  $pt.chave = x$  então  $f \leftarrow 1$ ;  
4   senão  
5     se  $x < pt.chave$  então  
6       se  $pt.esq = \lambda$  então  $f \leftarrow 2$ ;  
7       senão  
8          $pt \leftarrow pt.esq$   
9          $\text{buscar}(x, pt, f)$   
10      senão  
11      se  $pt.dir = \lambda$  então
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 20:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

```
1 se  $pt = \lambda$  então  $f \leftarrow 0$ ;  
2 senão  
3   se  $pt.chave = x$  então  $f \leftarrow 1$ ;  
4   senão  
5     se  $x < pt.chave$  então  
6       se  $pt.esq = \lambda$  então  $f \leftarrow 2$ ;  
7       senão  
8          $pt \leftarrow pt.esq$   
9         buscar( $x, pt, f$ )  
10    senão  
11      se  $pt.dir = \lambda$  então  $f \leftarrow 3$ ;
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 21:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

```
1 se  $pt = \lambda$  então  $f \leftarrow 0$ ;  
2 senão  
3   se  $pt.chave = x$  então  $f \leftarrow 1$ ;  
4   senão  
5     se  $x < pt.chave$  então  
6       se  $pt.esq = \lambda$  então  $f \leftarrow 2$ ;  
7       senão  
8          $pt \leftarrow pt.esq$   
9          $\text{buscar}(x, pt, f)$   
10      senão  
11        se  $pt.dir = \lambda$  então  $f \leftarrow 3$ ;  
12        senão
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinando

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 22:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

```
1 se  $pt = \lambda$  então  $f \leftarrow 0$ ;  
2 senão  
3   se  $pt.chave = x$  então  $f \leftarrow 1$ ;  
4   senão  
5     se  $x < pt.chave$  então  
6       se  $pt.esq = \lambda$  então  $f \leftarrow 2$ ;  
7       senão  
8          $pt \leftarrow pt.esq$   
9          $\text{buscar}(x, pt, f)$   
10      senão  
11        se  $pt.dir = \lambda$  então  $f \leftarrow 3$ ;  
12        senão  
13           $pt \leftarrow pt.dir$ 
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 23:**  $\text{buscar}(x, pt, f)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave procurada

$pt \rightarrow$  ponteiro para raiz da ABB

**Saída:**  $f \leftarrow \begin{cases} 0 & , \text{ se } pt = \lambda \\ 1 & , \text{ se } x \text{ está na ABB} \\ 2 & , \text{ se } pt.esq = \lambda \\ 3 & , \text{ se } pt.dir = \lambda \end{cases}$

```
1 se  $pt = \lambda$  então  $f \leftarrow 0$ ;  
2 senão  
3   se  $pt.chave = x$  então  $f \leftarrow 1$ ;  
4   senão  
5     se  $x < pt.chave$  então  
6       se  $pt.esq = \lambda$  então  $f \leftarrow 2$ ;  
7       senão  
8          $pt \leftarrow pt.esq$   
9         buscar( $x, pt, f$ )  
10      senão  
11        se  $pt.dir = \lambda$  então  $f \leftarrow 3$ ;  
12        senão  
13           $pt \leftarrow pt.dir$   
14          buscar( $x, pt, f$ )
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

**Inserção**

Remoção

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

---

**Algoritmo 25:**  $\text{inserir}(x, \text{ptr}aiz)$ 

---

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

**Inserção**

Remoção

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

**Inserção**

Remoção

---

**Algoritmo 26:**  $\text{inserir}(x, \text{ptrain})$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

---



# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
**Inserção**  
Remoção

---

**Algoritmo 27:**  $\text{inserir}(x, \text{ptraz})$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$\text{ptraz} \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
**Inserção**  
Remoção

---

**Algoritmo 28:**  $\text{inserir}(x, \text{ptraz})$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$\text{ptraz} \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $\text{ptraz} \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
**Inserção**  
Remoção

---

**Algoritmo 29:**  $\text{inserir}(x, p_{\text{raiz}})$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$p_{\text{raiz}} \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $p_{\text{raiz}} \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

1  $pt \leftarrow p_{\text{raiz}}$

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 30:**  $\text{inserir}(x, ptraiz)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$ptraiz \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $ptraiz \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

- 1  $pt \leftarrow ptraiz$
- 2  $\text{buscar}(x, pt, f)$

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 31:**  $\text{inserir}(x, \text{ptraiz})$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$\text{ptraiz} \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $\text{ptraiz} \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

- 1  $pt \leftarrow \text{ptraiz}$
- 2  $\text{buscar}(x, pt, f)$
- 3 **se**  $f = 1$  **então**

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 32:**  $\text{inserir}(x, ptraiz)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$ptraiz \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $ptraiz \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

- 1  $pt \leftarrow ptraiz$
- 2  $\text{buscar}(x, pt, f)$
- 3 **se**  $f = 1$  **então** “elemento já existe”;

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 33:**  $\text{inserir}(x, ptraiz)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$ptraiz \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $ptraiz \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

- 1  $pt \leftarrow ptraiz$
- 2  $\text{buscar}(x, pt, f)$
- 3 **se**  $f = 1$  **então** “elemento já existe”;
- 4 **senão**

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 34:**  $\text{inserir}(x, ptraiz)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$ptraiz \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $ptraiz \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

- 1  $pt \leftarrow ptraiz$
- 2  $\text{buscar}(x, pt, f)$
- 3 **se**  $f = 1$  **então** “elemento já existe”;
- 4 **senão**
- 5      $\text{criarNó}(\text{novo})$



# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 35:**  $\text{inserir}(x, \text{ptraiz})$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$\text{ptraiz} \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $\text{ptraiz} \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

```
1  $pt \leftarrow \text{ptraiz}$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f = 1$  então “elemento já existe”;
4 senão
5      $\text{criarNó}(\text{novo})$ 
6      $\text{novo.chave} \leftarrow x$ 
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 36:**  $\text{inserir}(x, \text{ptraz})$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$\text{ptraz} \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $\text{ptraz} \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

```
1  $pt \leftarrow \text{ptraz}$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f = 1$  então "elemento já existe";
4 senão
5    $\text{criarNó}(\text{novo})$ 
6    $\text{novo.chave} \leftarrow x$ 
7    $\text{novo.esq} \leftarrow \text{novo.dir} \leftarrow \lambda$ 
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 37:**  $\text{inserir}(x, \text{ptraiz})$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$\text{ptraiz} \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $\text{ptraiz} \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

```
1  $pt \leftarrow \text{ptraiz}$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f = 1$  então "elemento já existe";
4 senão
5    $\text{criarNó}(\text{novo})$ 
6    $\text{novo.chave} \leftarrow x$ 
7    $\text{novo.esq} \leftarrow \text{novo.dir} \leftarrow \lambda$ 
8   se  $f = 0$  então
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 38:**  $\text{inserir}(x, ptraiz)$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$ptraiz \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $ptraiz \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

```
1  $pt \leftarrow ptraiz$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f = 1$  então "elemento já existe";
4 senão
5    $\text{criarNó}(\text{novo})$ 
6    $\text{novo.chave} \leftarrow x$ 
7    $\text{novo.esq} \leftarrow \text{novo.dir} \leftarrow \lambda$ 
8   se  $f = 0$  então  $ptraiz \leftarrow \text{novo};$ 
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 39:**  $\text{inserir}(x, \text{ptraz})$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$\text{ptraz} \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $\text{ptraz} \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

```
1  $pt \leftarrow \text{ptraz}$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f = 1$  então "elemento já existe";
4 senão
5    $\text{criarNó}(\text{novo})$ 
6    $\text{novo.chave} \leftarrow x$ 
7    $\text{novo.esq} \leftarrow \text{novo.dir} \leftarrow \lambda$ 
8   se  $f = 0$  então  $\text{ptraz} \leftarrow \text{novo}$ ;
9   se  $f = 2$  então
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 40:**  $\text{inserir}(x, p_{\text{raiz}})$ 

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$p_{\text{raiz}} \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $p_{\text{raiz}} \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

```
1  $pt \leftarrow p_{\text{raiz}}$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f = 1$  então "elemento já existe";
4 senão
5    $\text{criarNó}(\text{novo})$ 
6    $\text{novo.chave} \leftarrow x$ 
7    $\text{novo.esq} \leftarrow \text{novo.dir} \leftarrow \lambda$ 
8   se  $f = 0$  então  $p_{\text{raiz}} \leftarrow \text{novo}$ ;
9   se  $f = 2$  então  $pt.\text{esq} \leftarrow \text{novo}$ ;
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 41:**  $\text{inserir}(x, ptraiz)$ 

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$ptraiz \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $ptraiz \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

```
1  $pt \leftarrow ptraiz$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f = 1$  então "elemento já existe";
4 senão
5    $\text{criarNó}(\text{novo})$ 
6    $\text{novo.chave} \leftarrow x$ 
7    $\text{novo.esq} \leftarrow \text{novo.dir} \leftarrow \lambda$ 
8   se  $f = 0$  então  $ptraiz \leftarrow \text{novo}$ ;
9   se  $f = 2$  então  $pt.\text{esq} \leftarrow \text{novo}$ ;
10  se  $f = 3$  então
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 42:**  $\text{inserir}(x, \text{ptraz})$

---

**Entrada:**  $x \rightarrow$  chave para inserir na ABB

$\text{ptraz} \rightarrow$  ponteiro para a raiz da ABB

**Saída:**  $\text{ptraz} \leftarrow$  ponteiro para raiz da ABB com  $x$   
inserido

```
1  $pt \leftarrow \text{ptraz}$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f = 1$  então "elemento já existe";
4 senão
5    $\text{criarNó}(\text{novo})$ 
6    $\text{novo.chave} \leftarrow x$ 
7    $\text{novo.esq} \leftarrow \text{novo.dir} \leftarrow \lambda$ 
8   se  $f = 0$  então  $\text{ptraz} \leftarrow \text{novo}$ ;
9   se  $f = 2$  então  $pt.\text{esq} \leftarrow \text{novo}$ ;
10  se  $f = 3$  então  $pt.\text{dir} \leftarrow \text{novo}$ ;
```

---



# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

**Remoção**

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 44:** `remover( $x$ ,  $ptr_{raiz}$ )`

---

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 45:** `remover( $x$ ,  $ptr_{raiz}$ )`

---

1  $pt \leftarrow ptr_{raiz}$

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 46:**  $\text{remover}(x, \text{ptraiz})$ 

---

- 1  $pt \leftarrow \text{ptraiz}$
- 2  $\text{buscar}(x, pt, f)$

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção

---

**Algoritmo 47:**  $\text{remover}(x, ptraiz)$ 

---

```
1  $pt \leftarrow ptraiz$   
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$   
3 se  $f \neq 1$  então
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 48:**  $\text{remover}(x, \text{ptraiz})$ 

---

- 1  $pt \leftarrow \text{ptraiz}$
- 2  $\text{buscar}(x, pt, f)$
- 3 **se**  $f \neq 1$  **então** “elemento não existe”;

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 49:**  $\text{remover}(x, ptraiz)$ 

---

```
1  $pt \leftarrow ptraiz$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f \neq 1$  então “elemento não existe”;
4 senão
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 50:**  $\text{remover}(x, ptraiz)$ 

---

```
1  $pt \leftarrow ptraiz$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f \neq 1$  então “elemento não existe”;
4 senão
5    $aux \leftarrow pt$ 
```



# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 51:**  $\text{remover}(x, \text{ptraiz})$ 

---

```
1  $pt \leftarrow \text{ptraiz}$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f \neq 1$  então "elemento não existe";
4 senão
5    $aux \leftarrow pt$ 
6   se  $pt.\text{esq} = \lambda$  então
     |
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 52:**  $\text{remover}(x, \text{ptraiz})$ 

---

```
1  $pt \leftarrow \text{ptraiz}$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f \neq 1$  então "elemento não existe";
4 senão
5    $aux \leftarrow pt$ 
6   se  $pt.\text{esq} = \lambda$  então
7      $pt \leftarrow pt.\text{dir}$ 
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

## Algoritmo 53: $\text{remover}(x, \text{pt}raiz)$

---

```
1  $pt \leftarrow \text{pt}raiz$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f \neq 1$  então "elemento não existe";
4 senão
5    $aux \leftarrow pt$ 
6   se  $pt.esq = \lambda$  então
7      $pt \leftarrow pt.dir$ 
8   senão
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 54:**  $\text{remover}(x, \text{ptraiz})$ 

---

```
1  $pt \leftarrow \text{ptraiz}$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f \neq 1$  então "elemento não existe";
4 senão
5    $aux \leftarrow pt$ 
6   se  $pt.\text{esq} = \lambda$  então
7      $pt \leftarrow pt.\text{dir}$ 
8   senão
9     se  $pt.\text{dir} = \lambda$  então
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

**Algoritmo 55:**  $\text{remover}(x, \text{ptraiz})$ 

---

```
1  $pt \leftarrow \text{ptraiz}$ 
2  $\text{buscar}(x, pt, f)$ 
3 se  $f \neq 1$  então "elemento não existe";
4 senão
5    $aux \leftarrow pt$ 
6   se  $pt.\text{esq} = \lambda$  então
7      $pt \leftarrow pt.\text{dir}$ 
8   senão
9     se  $pt.\text{dir} = \lambda$  então
10       $pt \leftarrow pt.\text{esq}$ 
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

## Algoritmo 56: remover( $x$ , $pt_{raiz}$ )

---

```
1  $pt \leftarrow pt_{raiz}$ 
2 buscar( $x$ ,  $pt$ ,  $f$ )
3 se  $f \neq 1$  então "elemento não existe";
4 senão
5      $aux \leftarrow pt$ 
6     se  $pt.esq = \lambda$  então
7          $pt \leftarrow pt.dir$ 
8     senão
9         se  $pt.dir = \lambda$  então
10              $pt \leftarrow pt.esq$ 
11     senão
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

## Algoritmo 57: remover( $x$ , $pt_{raiz}$ )

---

```
1  $pt \leftarrow pt_{raiz}$ 
2 buscar( $x$ ,  $pt$ ,  $f$ )
3 se  $f \neq 1$  então "elemento não existe";
4 senão
5      $aux \leftarrow pt$ 
6     se  $pt.esq = \lambda$  então
7          $pt \leftarrow pt.dir$ 
8     senão
9         se  $pt.dir = \lambda$  então
10             $pt \leftarrow pt.esq$ 
11        senão
12             $s \leftarrow pt.dir$ 
13            se  $s.esq \neq \lambda$  então
14                enquanto  $s.esq \neq \lambda$  faça
15                     $PaiS \leftarrow s$ 
16                     $s \leftarrow s.esq$ 
17                 $PaiS.esq \leftarrow s.dir$ 
18                 $s.dir \leftarrow pt.dir$ 
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

## Algoritmo 58: remover( $x$ , $pt_{raiz}$ )

---

```
1  $pt \leftarrow pt_{raiz}$ 
2 buscar( $x$ ,  $pt$ ,  $f$ )
3 se  $f \neq 1$  então “elemento não existe”;
4 senão
5      $aux \leftarrow pt$ 
6     se  $pt.esq = \lambda$  então
7          $pt \leftarrow pt.dir$ 
8     senão
9         se  $pt.dir = \lambda$  então
10              $pt \leftarrow pt.esq$ 
11         senão
12              $s \leftarrow pt.dir$ 
13             se  $s.esq \neq \lambda$  então
14                 enquanto  $s.esq \neq \lambda$  faça
15                      $PaiS \leftarrow s$ 
16                      $s \leftarrow s.esq$ 
17                  $PaiS.esq \leftarrow s.dir$ 
18                  $s.dir \leftarrow pt.dir$ 
19              $s.esq \leftarrow pt.esq$ 
```



# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

## Algoritmo 59: remover( $x$ , $ptraz$ )

---

```
1   $pt \leftarrow ptraz$ 
2  buscar( $x$ ,  $pt$ ,  $f$ )
3  se  $f \neq 1$  então “elemento não existe”;
4  senão
5       $aux \leftarrow pt$ 
6      se  $pt.esq = \lambda$  então
7           $pt \leftarrow pt.dir$ 
8      senão
9          se  $pt.dir = \lambda$  então
10              $pt \leftarrow pt.esq$ 
11         senão
12              $s \leftarrow pt.dir$ 
13             se  $s.esq \neq \lambda$  então
14                 enquanto  $s.esq \neq \lambda$  faça
15                      $PaiS \leftarrow s$ 
16                      $s \leftarrow s.esq$ 
17                  $PaiS.esq \leftarrow s.dir$ 
18                  $s.dir \leftarrow pt.dir$ 
19              $s.esq \leftarrow pt.esq$ 
20              $pt \leftarrow s$ 
```

# Árvore Binária de Busca (ABB)

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinando

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos  
Busca  
Inserção  
Remoção

---

## Algoritmo 60: remover( $x$ , $pt_{raiz}$ )

---

```
1   $pt \leftarrow pt_{raiz}$ 
2  buscar( $x$ ,  $pt$ ,  $f$ )
3  se  $f \neq 1$  então "elemento não existe";
4  senão
5       $aux \leftarrow pt$ 
6      se  $pt.esq = \lambda$  então
7           $pt \leftarrow pt.dir$ 
8      senão
9          se  $pt.dir = \lambda$  então
10              $pt \leftarrow pt.esq$ 
11         senão
12              $s \leftarrow pt.dir$ 
13             se  $s.esq \neq \lambda$  então
14                 enquanto  $s.esq \neq \lambda$  faça
15                      $PaiS \leftarrow s$ 
16                      $s \leftarrow s.esq$ 
17                  $PaiS.esq \leftarrow s.dir$ 
18                  $s.dir \leftarrow pt.dir$ 
19              $s.esq \leftarrow pt.esq$ 
20              $pt \leftarrow s$ 
21  liberar( $aux$ )
```

# Bibliografia

EDA - Aula 11

Prof.  
Eurinardo

Aulas  
Passadas

Árvore Binária  
de Busca  
(ABB)

Algoritmos

Busca

Inserção

Remoção



SZWARCFITER , Jayme; MARKENZON, Lilian.  
*Estruturas de Dados e Seus Algoritmos.3a edição.*  
LTC, ano 2010. (ISBN 9788521617501).

# Obrigado!