**10**

**2 15**

**1 5 13**

**Exemplos de Rotações em Árvores AVL**

A seguir estão quatro sequências mínimas que provocam, respectivamente, as quatro rotações básicas em uma árvore AVL.

# 1) Rotação simples à esquerda (caso RR)

Sequência: 10, 20, 30

Motivo: Nó raiz fica pesado à direita e o novo nó entrou à direita do filho direito.

Passo a passo:

1) Insere 10  
10

2) Insere 20 (vai para a direita de 10) — BF(10)= -1 (ok)  
10  
 \  
 20

3) Insere 30 (direita de 20) — agora BF(10)= -2 ⇒ caso RR ⇒ rotateLeft(10)

Antes da rotação:  
**10**  
 \  
 **20**  
 \  
 **30**

Depois da rotação:  
 20  
 / \  
 10 30

# 2) Rotação simples à direita (caso LL)

Sequência: 30, 20, 10

Motivo: Nó raiz fica pesado à esquerda e o novo nó entrou à esquerda do filho esquerdo.

Passo a passo:

1) Insere 30  
30

2) Insere 20 (esquerda de 30) — BF(30)= +1 (ok)  
 30  
 /  
20

3) Insere 10 (esquerda de 20) — BF(30)= +2 ⇒ caso LL ⇒ rotateRight(30)

Antes da rotação:  
 **30**  
 /  
 **20**  
 /  
**10**

Depois da rotação:  
 20  
 / \  
 10 30

# 3) Rotação esquerda–direita (caso LR)

Sequência: 30, 10, 20

Motivo: Nó raiz fica pesado à esquerda, mas o novo nó entrou à direita do filho esquerdo.

Passo a passo:

1) Insere 30  
30

2) Insere 10 (esquerda de 30) — BF(30)= +1 (ok)  
 30  
 /  
10

3) Insere 20 (direita de 10) — BF(30)= +2 ⇒ caso LR ⇒ rotações: rotateLeft(10) depois rotateRight(30)

Antes das rotações:  
 30  
 /  
 **10**  
 \  
 **20**

Após rotateLeft(10):  
 **30**  
 /  
 **20**  
 /  
**10**

Após rotateRight(30):  
 **20**  
 / \  
 **10** **30**

# 4) Rotação direita–esquerda (caso RL)

Sequência: 10, 30, 20

Motivo: Nó raiz fica pesado à direita, mas o novo nó entrou à esquerda do filho direito.

Passo a passo:

1) Insere 10  
10

2) Insere 30 (direita de 10) — BF(10)= -1 (ok)  
10  
 \  
 30

3) Insere 20 (esquerda de 30) — BF(10)= -2 ⇒ caso RL ⇒ rotações: rotateRight(30) depois rotateLeft(10)

Antes das rotações:  
10  
 \  
 **30**  
 /  
 **20**

Após rotateRight(30):  
**10**  
 \  
 **20**  
 \  
 **30**

Após rotateLeft(10):  
 **20**  
 / \  
 **10** **30**

# Observações

- As decisões no método balanceTree seguem os quatro casos: LL → rotateRight, RR → rotateLeft, LR → rotateLeftRight, RL → rotateRightLeft.  
- Certifique-se de que getKey() é comparável numericamente ao esperado.