

**Estruturas de Dados**  
**Lista de exercícios 3**

1. Seja  $T$  uma árvore binária de busca inicialmente vazia. Desenhe a árvore  $T$  após cada uma das seguintes operações: Inserção de 10, 20, 30, 40, 50, 5, 15, 25, 35, 45, 1, 11, 21, 31, 41 e Remoção de 30, 10.
  2. Uma árvore de estatística de ordem é uma variante das árvores binárias de busca que contém as seguintes operações adicionais:
    - Tree-Select( $i$ ): encontra o  $i$ -ésimo menor elemento da árvore;
    - Tree-Order( $x$ ): encontra a ordem em que se encontra um elemento com chave  $x$ .
- Implemente essa estrutura de dados de modo a comportar essas operações em tempo de execução  $O(h)$ , onde  $h$  é a altura da árvore. **Dica:** Incluir mais uma informação em cada nó, alterar as operações Tree-Insert e Tree-Delete e depois implementar as operações Tree-Select e Tree-Order.
3. Faça alterações na estrutura e nas operações das árvores binárias de busca de modo a sempre ser possível saber a altura de qualquer nó da árvore. As operações devem continuar sendo em tempo  $O(h)$ , onde  $h$  é a altura da árvore.
  4. Seja  $T$  uma árvore vermelho-preto inicialmente vazia. Desenhe a árvore  $T$  (mostrando as cores) após cada uma das seguintes operações: Inserção de 10, 20, 30, 40, 50, 5, 15, 25, 35, 45, 1, 11, 21, 31, 41 e Remoção de 30, 10.
  5. Encontre uma árvore binária de busca, uma árvore vermelho-preto e uma árvore-B de ordem três com a inserção da sequência de números a seguir: 91, 8, 43, 94, 78, 74, 74, 92, 98, 59.
  6. Escreva o pseudo-código de Right-Rotate.