

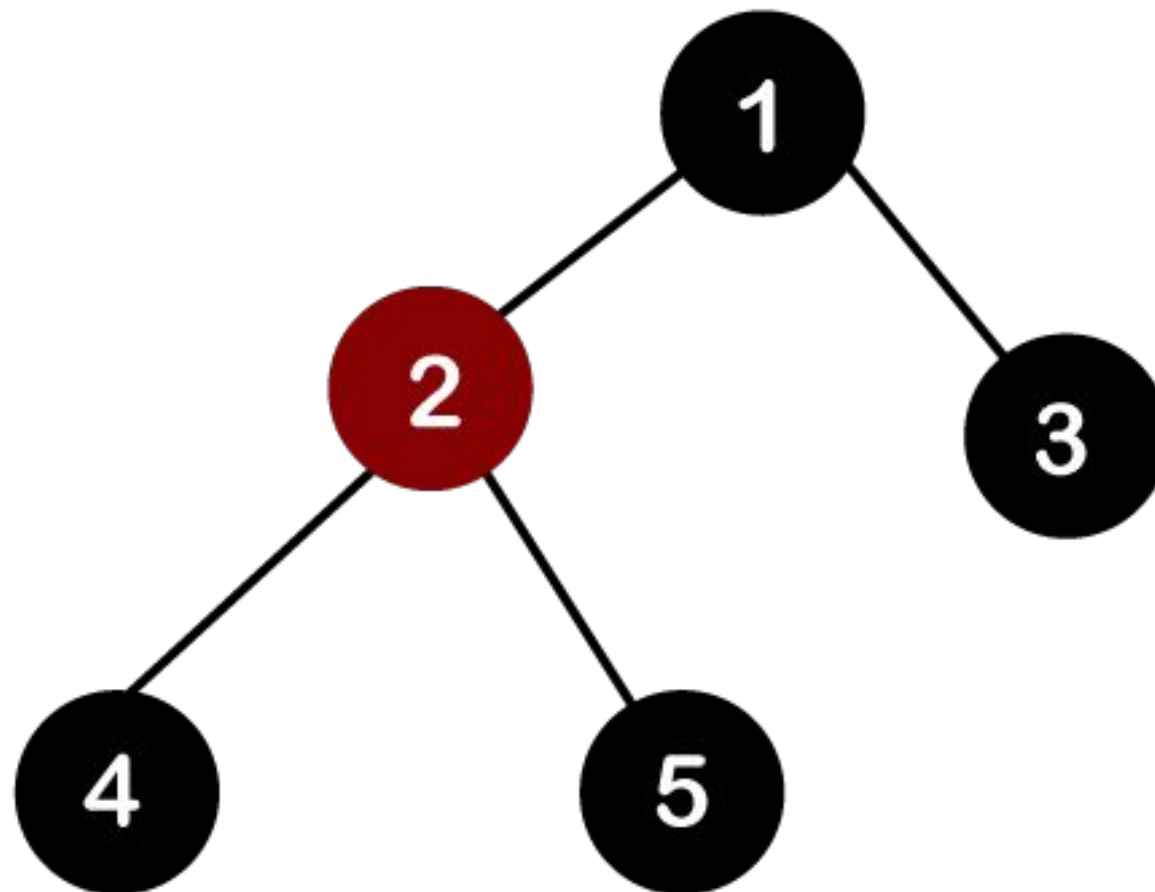
Árvore Rubro-Negra

José Félix e Gabriela Pontes

github.com

Motivação

- Bibliotecas, bancos de dados, compiladores
- Inserção e remoção garantidamente em tempo logarítmico $O(\log n)$;

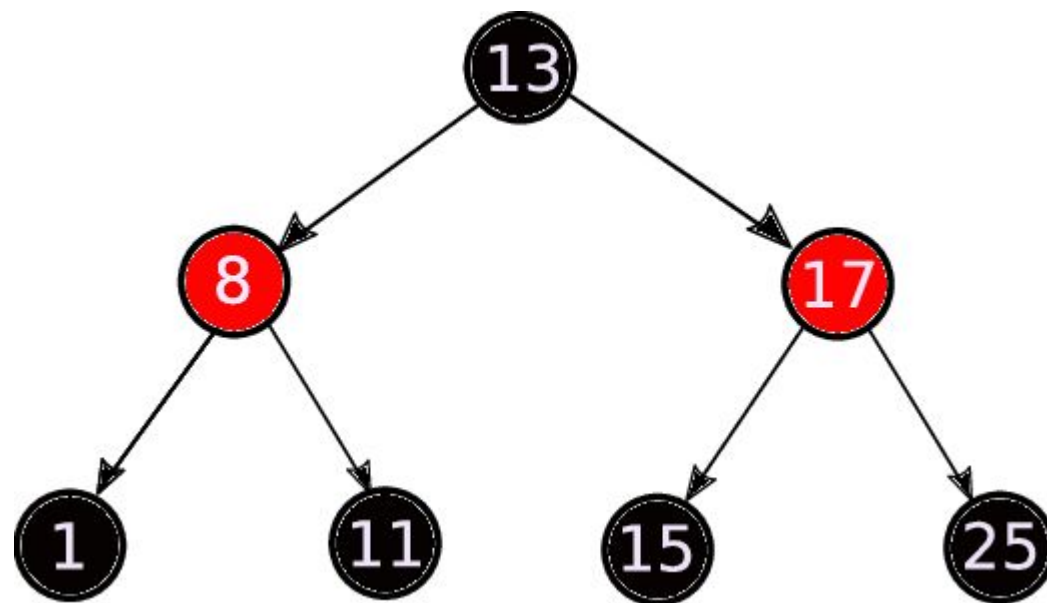


Árvore Rubro-Negra

- É um tipo de árvore binária balanceada que utiliza um esquema de **coloração dos nós** para manter o balanceamento da árvore;
- Originalmente criada em 1972 por Rudolf Bayer chamada de árvores binárias simétricas, e posteriormente em um trabalho de Leonidas J. Guibas e Robert Sedgwick em 1978, adquiriu o nome atual;
- Possui esse nome pois cada em nó dela existe um atributo de cor (além dos ponteiros para os filhos), sendo essas cores o vermelho ou o preto;

Árvore Rubro-Negra

- Possui algumas propriedades que devem ser seguidas:
 - . Todo nó é **vermelho** ou **preto**;
 - . A raíz é sempre preta;
 - . Todo nó folha(NULL) é preto;
 - . Não existem nós vermelhos consecutivos;
 - . Para cada nó, todos os caminhos desse nó para os nós folhas descendentes contém o mesmo número de nós pretos.



Árvore Rubro-Negra Caída para a Esquerda

- Em 2008, Robert Sedgwick, desenvolveu a **árvore rubro-negra caída para a esquerda**, que é uma variante da árvore rubro negra;
- Garante a mesma complexidade de operações, mas possui uma implementação ainda mais simples na inserção e remoção de nós;
- Possui uma propriedade extra: se um nó é vermelho, então ele é o filho esquerdo do seu pai;

Definições

- Seja “ARB” uma árvore rubro-negra e “a” e “b” nós de ARB;
- todo nó é uma folha se não possuir nenhum filho;
- raíz é o nó que está no nível mais acima de ARB;
- todo nó que não é uma folha é um nó interno;
- uma aresta é a conexão entre dois nós;
- um caminho é uma sequência de arestas que conectam dois nós, e o comprimento do caminho é o número de arestas desse caminho
- a altura de um nó é o comprimento do caminho desse nó até uma folha;
- a profundidade de um nó é o comprimento do caminho desse nó até a raíz

Tipo Abstrato de Dados (ADT)

```
ArvRB* create_ArvRB();  
void free_ArvRB(ArvRB* raiz);  
ArvRB* insert_ArvRB(ArvRB* raiz, int valor);  
ArvRB* remove_ArvRB(ArvRB* raiz, int valor);  
int isEmpty_ArvRB(ArvRB* raiz);  
int search_ArvRB(ArvRB* raiz);  
void preOrder_ArvRB(ArvRB* raiz);  
void inOrder_ArvRB(ArvRB* raiz);  
void posOrder_ArvRB(ArvRB* raiz);
```

Struct

```
typedef struct node
{
    int data;
    struct node *left;
    struct node *right;
    int color;
} ArvRB;
```


Código - Inserção

```
int insert_ArvLLRB(ArvLLRB **root, int value)
{
    int check; //variável de controle
    *root = insertNode(*root, value, &check);

    if (*root != NULL)
    {
        (*root)->color = BLACK;
    }

    return check; // se der errado, retorna 0. Senão, 1
}
```

Código - Inserção

```
ArvLLRB *insertNode(ArvLLRB *root, int value, int *check)
{
    if (root == NULL)
    {
        ArvLLRB *newNode;
        newNode = (ArvLLRB *)malloc(sizeof(ArvLLRB));

        if (newNode == NULL) //Se a alocação der errado
        {
            *check = 0;
            return NULL;
        }

        newNode->data = value;
        newNode->color = RED;
        newNode->right = NULL;
        newNode->left = NULL;
        *check = 1;
        return newNode;
    }
}
```

Código - Inserção

```
if (value == root->data)
{
    *check = 0; // O valor está duplicado na árvore
}

else
{
    if (value < root->data) //O valor é menor
    {
        root->left = insertNode(root->left, value, check);
    }
    else //O valor é maior
    {
        root->right = insertNode(root->right, value, check);
    }
}
```

Código - Inserção

```
// Verifica se o filho da esquerda é preto o filho da direita é
vermelho
if (color(root->right) == RED && color(root->left) == BLACK)
{
    root = rotateLeft(root); //Rotaciona para esquerda
}

// Verifica se o filho da esquerda e o neto da esquerda são vermelhos
if (root->left != NULL && color(root->left) == RED
    && color(root->left->left) == RED)
{
    root = rotateRight(root); //Rotaciona para direita
}

// Verifica se os dois filhos são vermelhos
if (color(root->left) == RED && color(root->right) == RED)
{
    changeColor(root); //Muda a cor dos nós da raiz atual e dos
seus filhos
}

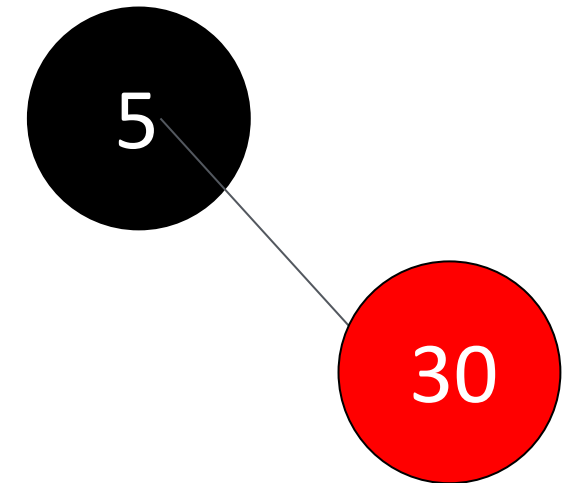
return root;
}
```

Código - Inserção

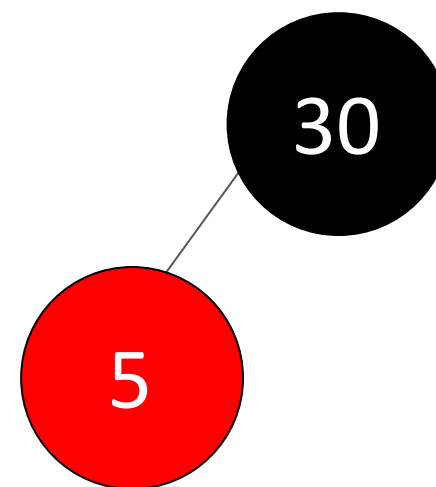
Inserir valor 5



Inserir valor 30

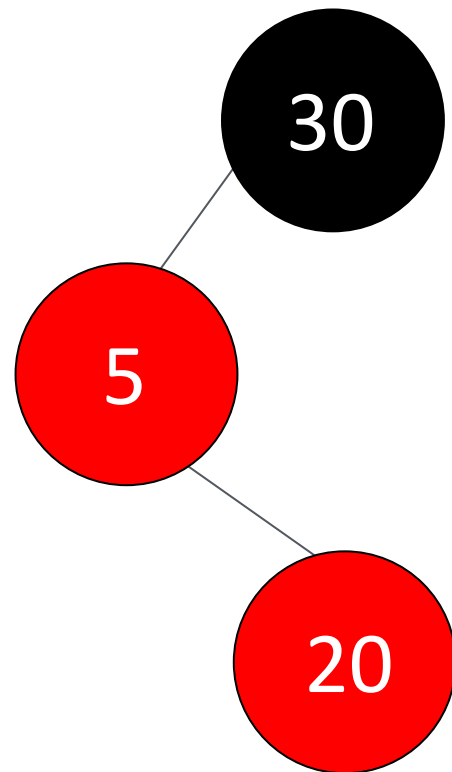


Rotaciona à esquerda em "5"

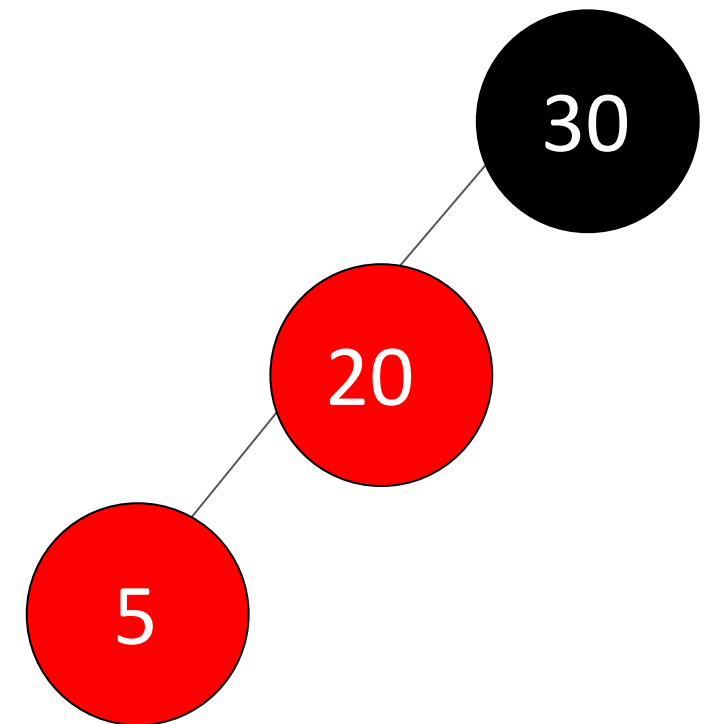


Código - Inserção

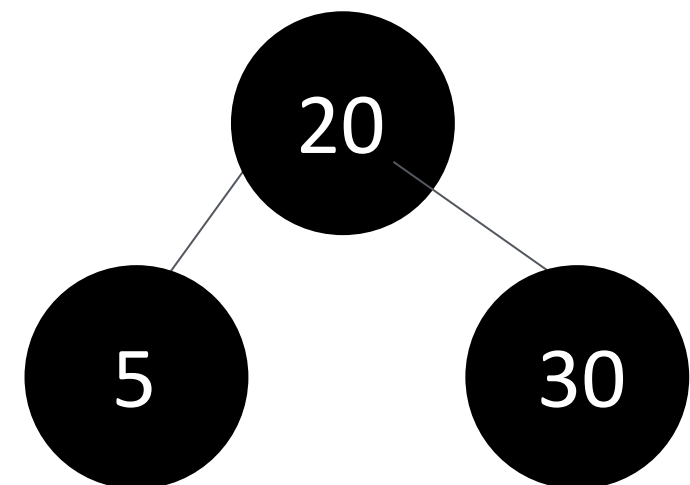
Inserir valor 20



Rotaciona à esquerda em "5"

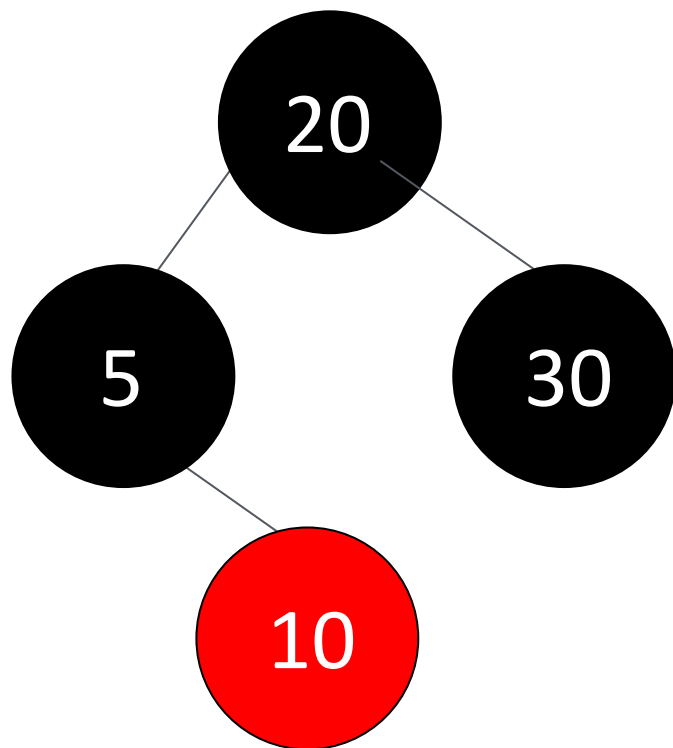


Rotaciona à direita em "20" e muda as cores dos nós

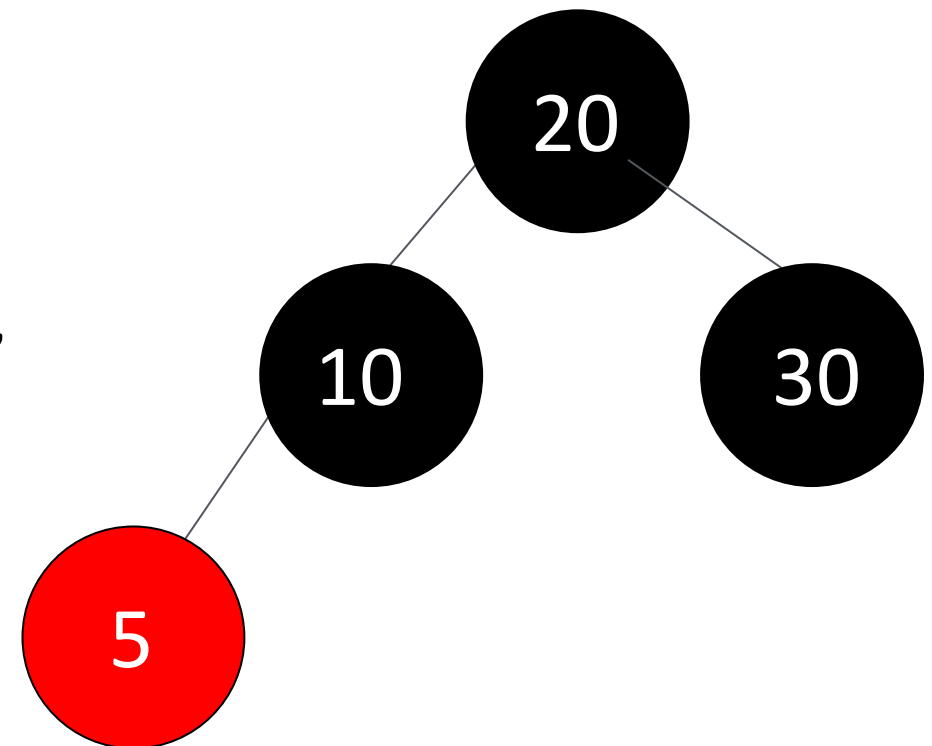


Código - Inserção

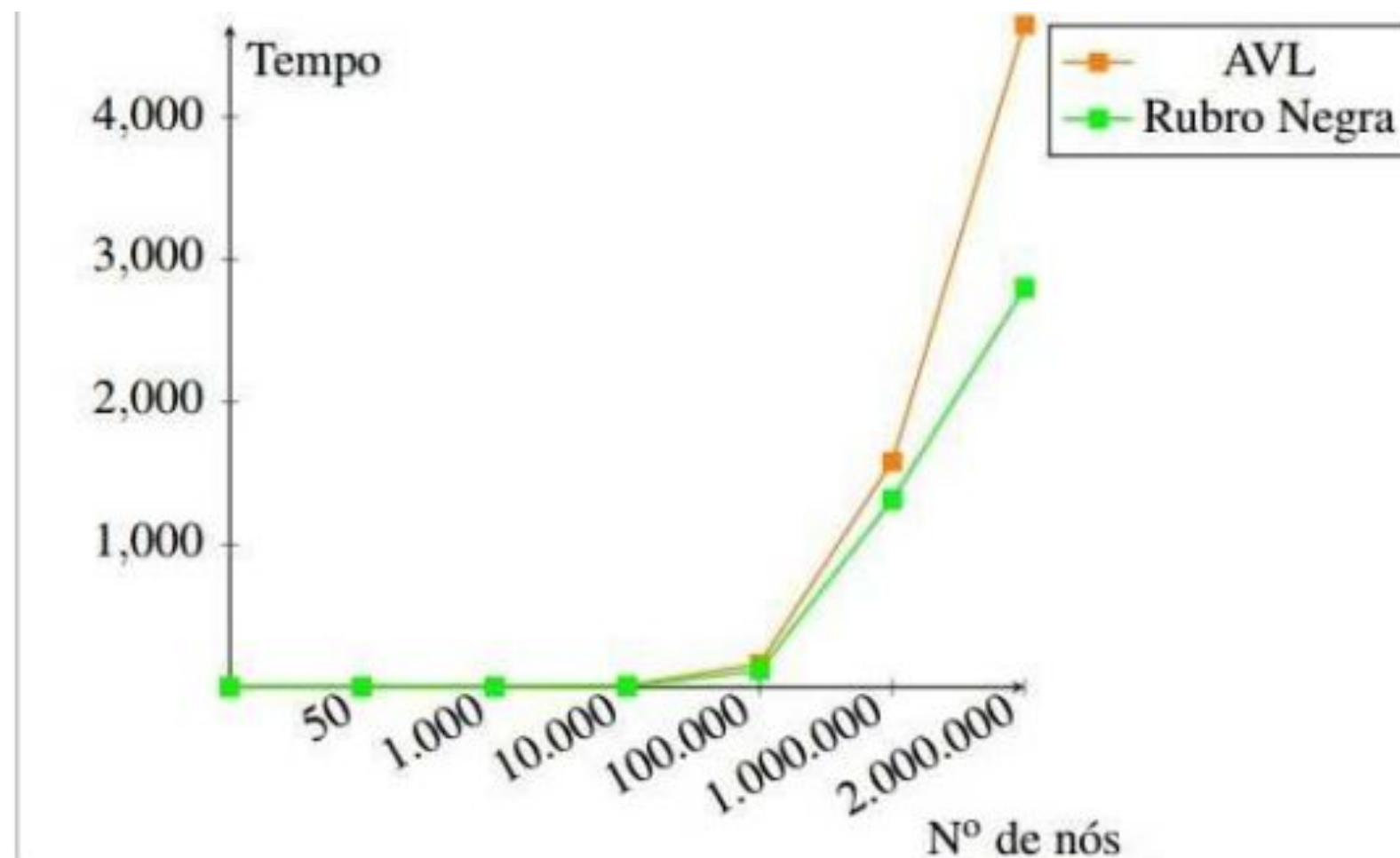
Inserir valor 10



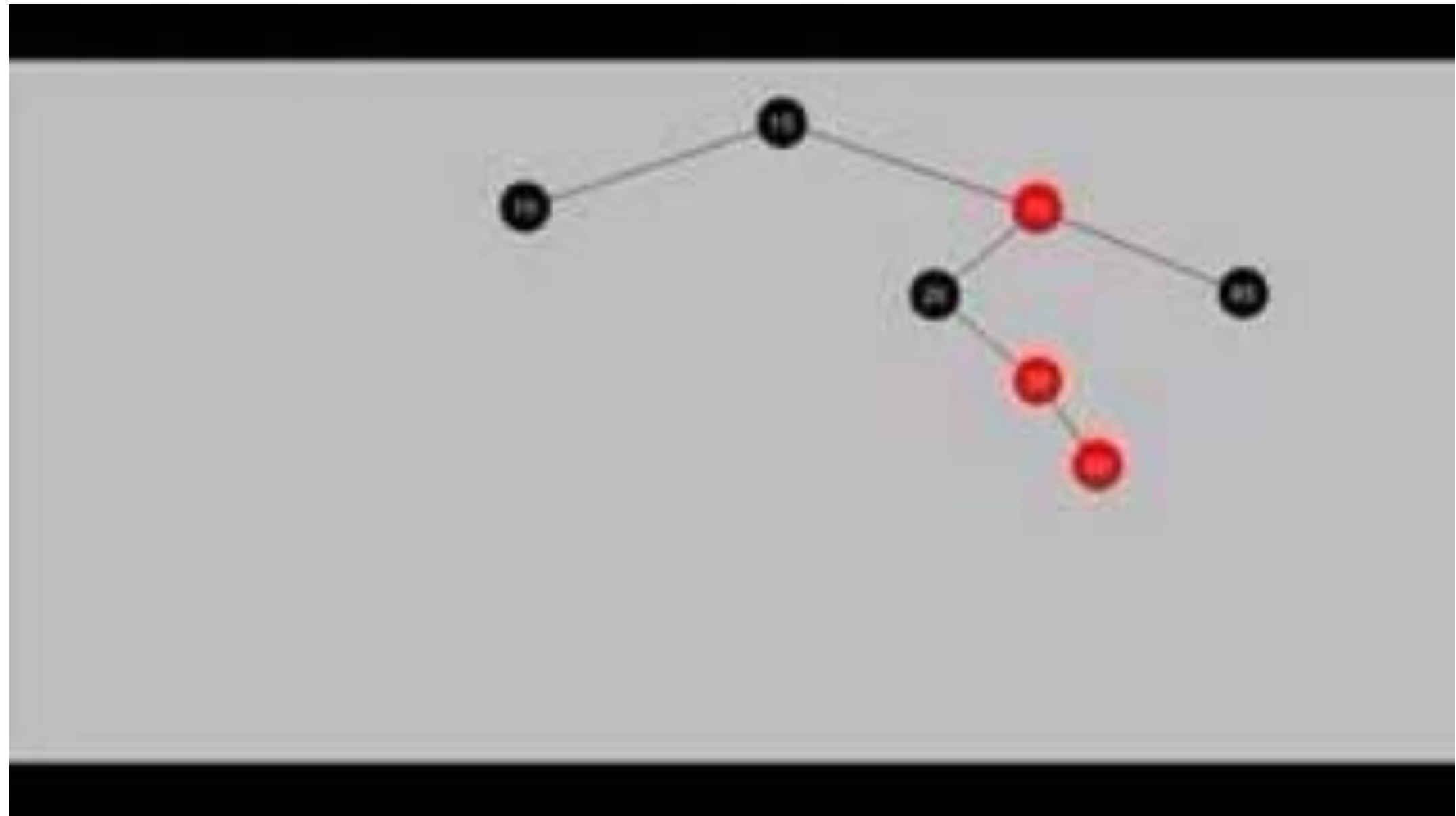
Rotaciona à esquerda em "5"



- Devido aos critérios mais flexíveis (no quesito de rotações) a inserção e a remoção são mais velozes do que utilizando uma AVL



Animacão - Inserção de nós em uma Árvore Rubro-Negra



Fonte: Youtube, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=vDHFF4wjWYU>

Referência



Capítulo 12