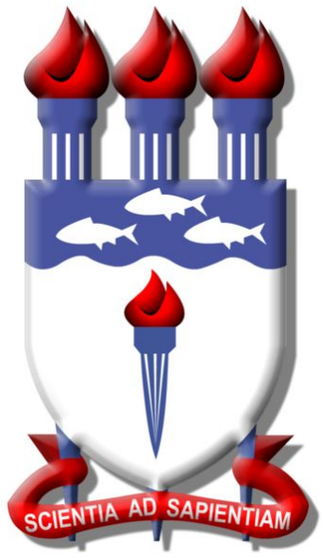


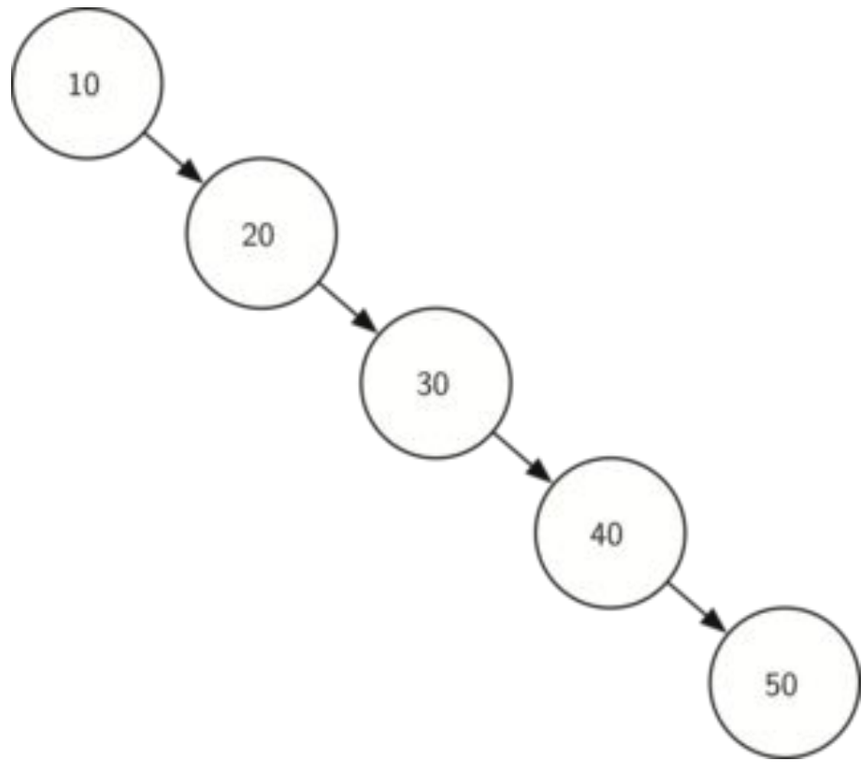
Árvore Rubro-Negra

Vinicius Monteiro, Luis Antônio, Lucas Montenegro, João Messias

https://github.com/lucas-montenegro/projeto_p2

Motivação

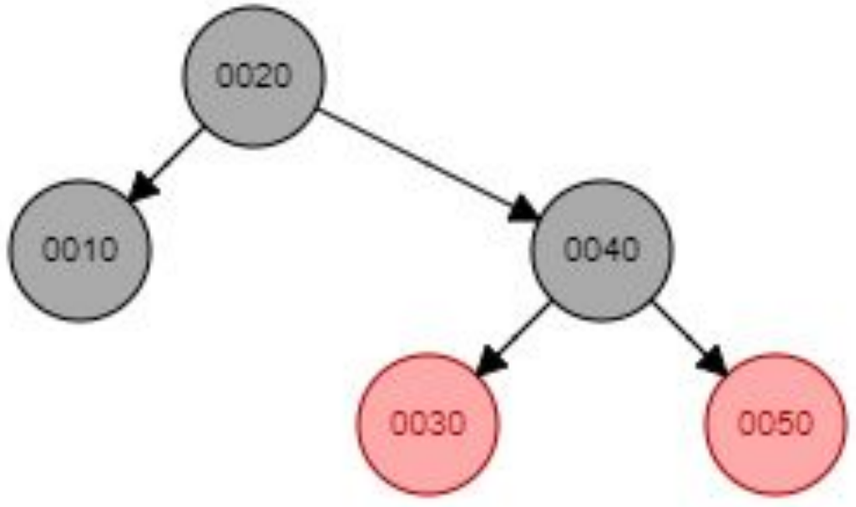
Queremos buscas com garantia de O(log n)



É possível fazer busca em *O(log n)* nessa árvore ?

Motivação

É possível resolver esse problema com Árvore Rubro-Negra !



Árvore Rubro-Negra

- É uma Árvore de Busca Binária balanceada.
- É muito utilizada para fazer buscas, inserções e remoções em *O(log n)*.

Definições

- Assim como uma Árvore de Busca Binária, uma Árvore Rubro-Negra possui raíz, nós internos e folhas.

- Propriedades da Árvore Rubro-Negra:
  - Cada nó possui uma cor: vermelho ou preto.
  - Sua raíz é preta.
  - Todos os nós nulos são pretos.
  - Todos os filhos de um nó vermelho são pretos.
  - Todos os caminhos de um dado nó até o nó nulo têm a mesma quantidade de nós pretos.

Árvore Rubro-Negra ADT

```
rbt *create_empty_red_black_tree();

rbt *create_red_black_tree(
int item, rbt *left_child, rbt *right_child, rbt *parent);

rbt *left_rotation(rbt **root, rbt *r_b_t);

rbt *right_rotation(rbt **root, rbt *r_b_t);

rbt* add(rbt **r_b_t, rbt *parent, int item);
```

Árvore Rubro-Negra ADT

```
rbt* search(rbt *r_b_t, int item);

void red_uncle(rbt *parent_node, rbt *uncle);

void black_uncle(
rbt **root, rbt *r_b_t, rbt *parent_node, rbt *uncle);

void fix(rbt **root, rbt *r_b_t);

rbt *add_and_fix(rbt *root, int item);

void print_tree_pre_order(rbt *r_b_t);
```

Struct

```
struct red_black_tree {
        bool color;
        int item;
        rbt *parent;
        rbt *right_child;
        rbt *left_child;
};
```

Inserção

```
rbt *add_and_fix(rbt *root, int item) {
    rbt *added = NULL;
    added = add(&root, root, item);

    fix(&root, added);

    return root;
}
```

```
rbt* add(rbt **r_b_t, rbt *parent, int item) {
    if(*r_b_t == NULL){
        *r_b_t = create_red_black_tree(item, NULL, NULL,
  parent);
        return *r_b_t;
    }
    else if((*r_b_t) -> item > item) {
        add(&(*r_b_t) -> left_child, *r_b_t, item);
    }
    else {
        add(&(*r_b_t) -> right_child, *r_b_t, item);
    }
}
```

```
void fix(rbt **root, rbt *r_b_t)
{
   rbt *parent_node = r_b_t -> parent;
   if(parent_node != NULL && parent_node -> color == false && parent_node -> parent != NULL) {
      rbt *uncle;

      if(parent_node == parent_node -> parent -> left_child) {
         uncle = parent_node -> parent -> right_child;
      }
      else if (parent_node == parent_node -> parent-> right_child) {
         uncle = parent_node -> parent -> left_child;
      }

      if(uncle != NULL && uncle -> color == false) {
         red_uncle(parent_node, uncle);
         fix(root, parent_node -> parent);
      }
      else if(uncle == NULL || uncle -> color == true) {
         black_uncle(root, r_b_t, parent_node, uncle);
      }
   }
   (*root) -> color = true;
}
```

```
void red_uncle(rbt *parent_node, rbt *uncle) {
    parent_node -> color = true;
    uncle -> color = true;
    parent_node -> parent -> color = false;
}
```

```
void black_uncle(rbt **root, rbt *r_b_t, rbt *parent_node, rbt *uncle) {
    if(parent_node == parent_node -> parent -> left_child && r_b_t == parent_node -> left_child) {
        parent_node = right_rotation(root, parent_node -> parent);
        parent_node -> color = true;
        parent_node -> right_child -> color = false;
    }
    else if(parent_node == parent_node -> parent -> left_child && r_b_t == parent_node -> right_child) {
        parent_node = left_rotation(root, parent_node);
        parent_node = right_rotation(root, parent_node -> parent);
        parent_node -> color = true;
        parent_node -> right_child -> color = false;
    }
    else if(parent_node == parent_node -> parent -> right_child && r_b_t == parent_node -> right_child) {
        parent_node = left_rotation(root, parent_node -> parent);
        parent_node -> color = true;
        parent_node -> left_child -> color = false;
    }
    else if(parent_node == parent_node -> parent -> right_child && r_b_t == parent_node -> left_child) {
        parent_node = right_rotation(root, parent_node);
        parent_node = left_rotation(root, parent_node -> parent);
        parent_node -> color = true;
        parent_node -> left_child -> color = false;
    }
}
```

```
rbt *left_rotation(rbt **root, rbt *r_b_t) {
   rbt *rbt_right_child = NULL;

   if(r_b_t != NULL && r_b_t -> right_child != NULL) {
      rbt_right_child = r_b_t -> right_child;
      r_b_t -> right_child = rbt_right_child -> left_child;
      rbt_right_child -> left_child = r_b_t;
   }
   if(r_b_t -> parent != NULL){
      if(r_b_t == r_b_t -> parent -> left_child)
         r_b_t -> parent -> left_child = rbt_right_child;
      else
         r_b_t -> parent -> right_child = rbt_right_child;
   }
   else
      *root = rbt_right_child;

   rbt_right_child -> parent = r_b_t -> parent;
   r_b_t -> parent = rbt_right_child;
   if(r_b_t -> right_child != NULL)
      r_b_t -> right_child -> parent = r_b_t;

   return rbt_right_child;
}
```

```
rbt *right_rotation(rbt **root, rbt *r_b_t) {
   rbt *rbt_left_child = NULL;

   if(r_b_t != NULL && r_b_t -> left_child != NULL) {
      rbt_left_child = r_b_t -> left_child;
      r_b_t -> left_child = rbt_left_child -> right_child;
      rbt_left_child -> right_child = r_b_t;
   }
   if(r_b_t -> parent != NULL){
      if(r_b_t == r_b_t -> parent -> left_child)
         r_b_t -> parent -> left_child = rbt_left_child;
      else
         r_b_t -> parent -> right_child = rbt_left_child;
   }
   else
      *root = rbt_left_child;

   rbt_left_child -> parent = r_b_t -> parent;
   r_b_t -> parent = rbt_left_child;
   if(r_b_t -> left_child != NULL)
      r_b_t -> left_child -> parent = r_b_t;

   return rbt_left_child;
}
```

Busca

```
rbt* search(rbt *r_b_t, int item) {
    if(r_b_t == NULL)
        return NULL;

    else if(r_b_t -> item == item)
        return r_b_t;

    else if(r_b_t -> item > item)
        search(r_b_t -> left_child, item);

    else
        search(r_b_t -> right_child, item);
}
```

Animação

- Coloque aqui uma animação da estrutura ou da execução do algoritmo

- Pode ser
  - um link externo; ou
  - um vídeo

De volta à Motivação…

- Conseguimos realizar operações com garantia de O(log n), de acordo com as rotações e mudanças de cores que realizávamos ao decorrer da montagem da árvore.

- Por que não usar AVL ?

- Em uma aplicação que envolve muitas inserções e remoções na árvore, a AVL tem uma performance pior que a Árvore Rubro-Negra devido à maior quantidade de rotações realizadas para balanceá-la.

Referências

https://www.geeksforgeeks.org/red-black-tree-set-1-introduction-2/

https://en.wikipedia.org/wiki/Red%E2%80%93black_tree

https://www.cs.usfca.edu/~galles/visualization/RedBlack.html