IPS Instituto Politécnico de Setúbal

Escola Superior de Tecnologia de Setúbal

Programação Avançada 2021-22

[2c] ADT Map | Impl. com Árvore Binária de Pesquisa

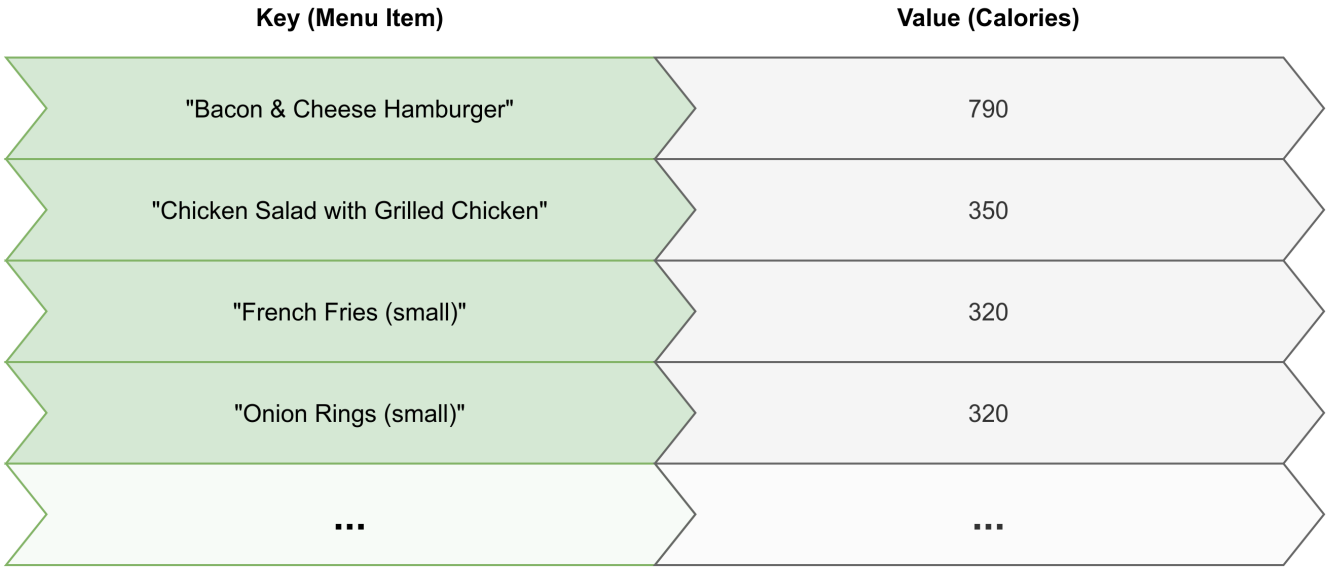
Bruno Silva, Patrícia Macedo

Sumário 📝

- ADT Map
- Interface `Map<K,V>`
  - Implementação (fornecida) com `List` e exemplo
  - Implementação (a finalizar) com BST
    - Motivação
    - Algoritmos recursivos
- Exercícios

ADT Map

- O ADT Map consiste num contentor de mapeamentos *chave:valor*, vulgarmente também chamado de *dicionário*.
  - Não permite chaves duplicadas;
  - O mesmo valor pode estar associado a múltiplas chaves.



Interface `Map<K,V>`

A especificação do ADT Map na linguagem Java é descrito numa *interface*:

```java
package pt.pa.adts;


/**
 * An object that maps keys to values. A map cannot contain duplicate keys; each key can map to at most one value.
 * @param <K> the type of keys maintained by this map
 * @param <V> the type of mapped values
 */
public interface Map<K, V> {
    V put(K key, V value) throws NullPointerException;
    V get(K key) throws NullPointerException;
    V remove(K key) throws NullPointerException;
    boolean containsKey(K key) throws NullPointerException;
    Collection<K> keys();
    Collection<V> values();
    int size();
    boolean isEmpty();
    void clear();
}
```

Versão comentada da interface disponível no projeto base:

https://github.com/estsetubal-pa-geral/ADTMap_Template

Implementação (fornecida) com `List` e exemplo

- No **projeto base** (faça *git clone*) é fornecida uma implementação completa na classe `MapList` e um exemplo de utilização que mapeia números para o seu número de ocorrências.

```
int[] numbers = {1,4,3,7,4,8,9,1,4,6,4,7,6,9,5,3,6,8,4,6,9};

Map<Integer, Integer> uniqueCount = new MapList<>();

for(int num : numbers) {
    if(uniqueCount.containsKey(num)) {
        int curCount = uniqueCount.get(num);
        uniqueCount.put(num, curCount + 1);
    } else {
        uniqueCount.put(num, 1);
    }
}
//Do not use .toString() for this!
//TODO: 1. show only unique numbers
//TODO: 2. show unique numbers and how many times they occur
```

- ❓ Complete o código em falta, utilizando as operações de `Map`.

Implementação (fornecida) com `List` e exemplo

Implementação fornecida utilizando uma estrutura de dados linear:

```
public class MapList<K,V> implements Map<K,V> {

    private final List<KeyValue> mappings;

    public MapList() {
        mappings = new ArrayList<>();
    }

    @Override
    ...

    private class KeyValue {
        private K key;
        private V value;

        public KeyValue(K key, V value) {
            this.key = key;
            this.value = value;
        }
    }
}
```

- Guarda os mapeamentos `KeyValue` numa instância de `ArrayList` (já contém funcionalidades de manipulação de um array).

ADT Map | Impl. com BST

- Se notar, todos os métodos principais de `Map` envolvem a pesquisa de uma chave na estrutura de dados subjacente; aliás, basta olhar para o *javadoc* da interface.
- Como visto anteriormente, as **árvores binárias de pesquisa** permitem acelerar significativamente a pesquisa de elementos.
  - Estrutura de dados linear ➡️ $O(n)$
  - Árvore binária de pesquisa ➡️ $O(log\ n)$
- ❗ Temos então o objetivo de obter uma implementação de `Map` baseada nesta última estrutura de dados.
  - A classe `MapBST` no projeto base contém uma implementação praticamente total.

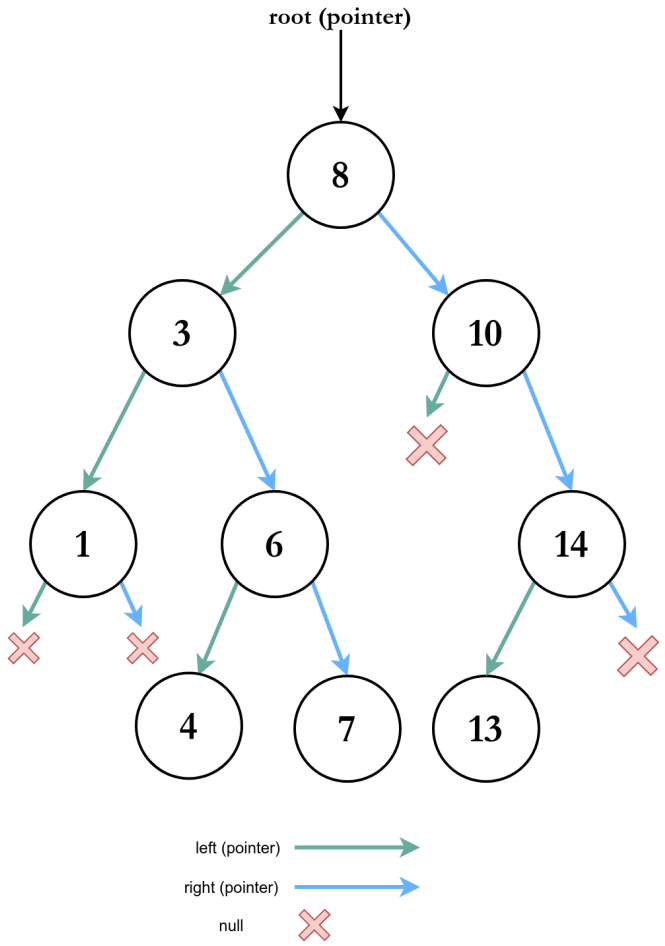
ADT Map | Impl. com BST

- Particularidade desta implementação: **só poderá aceitar chaves que sejam comparáveis** (por motivos que deverão ser óbvios).

```
public class MapBST<K extends Comparable<K>, V> implements Map<K,V> {

    private BSTNode root;

    public MapBST() {
        this.root = null;
    }

    @Override
    ...
    private class BSTNode {
        private K key;
        private V value;

        private BSTNode parent; //útil para operação de remoção
        private BSTNode left;
        private BSTNode right;

        public BSTNode(K key, V value, BSTNode parent, BSTNode left, BSTNode right) {
            ...
        }
    }
```

ADT Map | Impl. com BST

- Exemplo da **estrutura de dados** contendo 9 números (**keys**) ➡️
  - Ponteiros `parent` estão omitidos.
  - **values** estão omitidos.
- ⚠️ A **abstração recursiva** de árvores permitirá a utilização de algoritmos *recursivos* em algumas situações.



ADT Map | Impl. com BST

- Implementações "óbvias":

```
public class MapBST<K extends Comparable<K>, V> implements Map<K,V> {

    private BSTNode root;

    public MapBST() {
        this.root = null;
    }

    @Override
    public boolean isEmpty() {
        return (this.root == null);
    }

    @Override
    public void clear() {
        tis.root = null;
    }

    ...
```

ADT Map | Impl. com BST

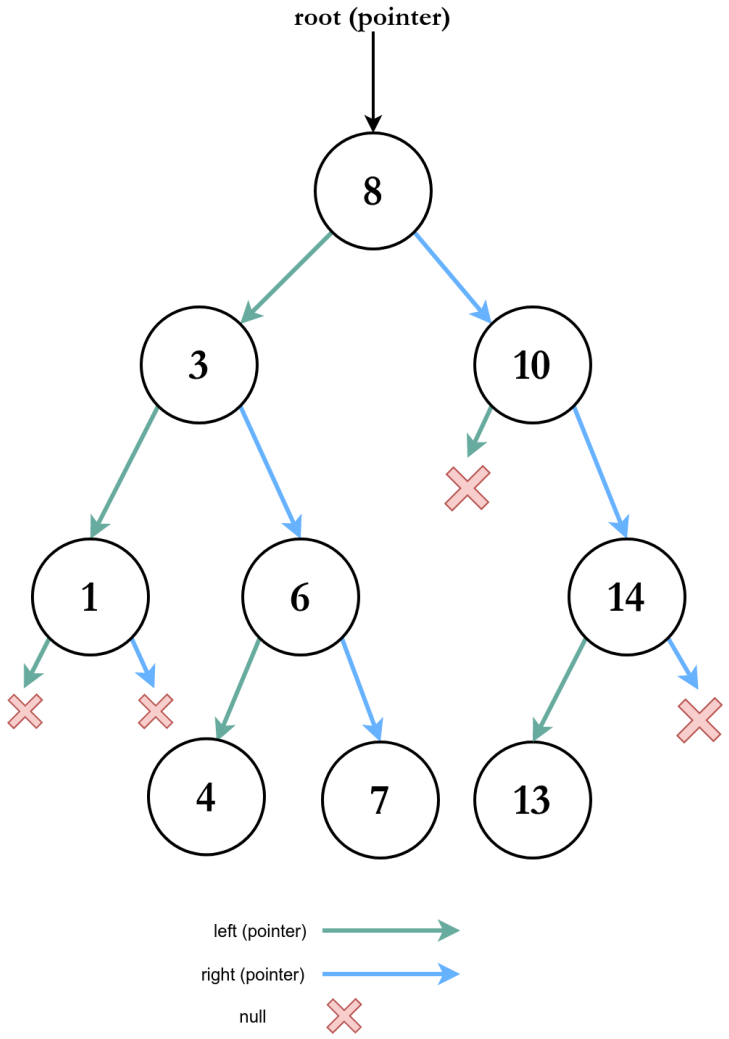
- Implementação *recursiva* de `size()`
  [ver pseudocódigo nos slides 2a]:

```
public class MapBST<K extends Comparable<K>, V> implements Map<K,V> {

    @Override
    public int size() {
        return size(this.root);
    }

    private int size(BSTNode treeRoot) {
        if(treeRoot == null) return 0;
        else return 1 + size(treeRoot.left) + size(treeRoot.right);
    }

    ...
```

- ❗ Note que a utilização de um atributo `int size` é mais eficiente. O propósito aqui é o de **introduzir/utilizar a abstração recursiva**.

ADT Map | Impl. com BST

- Implementação *recursiva* de `size()`:
  - Simule o algoritmo anterior no diagrama.



ADT Map | Impl. com BST

- ❓ Por forma a poder testar a implementação da classe `MapBST` forneça a implementação dos seguintes dois métodos auxiliares:
  - `private BSTNode searchNodeWithKey(K key, BSTNode treeRoot)`
    - Dada a raiz de uma (sub-)árvore, pesquisa o nó que contém essa chave; `null` se não existir. **Forneça uma implementação recursiva**.
  - `private BSTNode getLeftmostNode(BSTNode treeRoot)`
    - Dada a raiz de uma (sub-)árvore, pesquisa o seu nó mais à esquerda (*contém a chave "mínima"*); `null` se não existir. **Forneça uma implementação recursiva ou iterativa**.

ADT Map | Impl. com BST

- ❓ Execute o método `main()` utilizando a implementação completa de `MapBST`;
- ❓ Utilize o método `MapBST.toString()` que irá mostrar uma representação textual da árvore subjacente:

```
MapBST of size = 8:
│            ┌── {key=9, value=3
│        ┌── {key=8, value=2
│    ┌── {key=7, value=2
│    │   └── {key=6, value=4
└── {key=5, value=2
     │   ┌── {key=4, value=5
     │   │   └── {key=3, value=2
     └── {key=1, value=2
```

- ❓ Teste a remoção de mapeamentos, verificando as árvores resultantes.

Exercícios | Implementação 🖋️

1. Altere a implementação por forma a que os métodos `keys()` e `values()` utilizem uma *travessia* **em-ordem** da árvore.
    - No caso de `keys()`, dado que são as chaves da árvore, a coleção irá conter esses elementos ordenados.

Exercícios | Implementação ✏️

2. Adicione ao *output* do método `toString()` informação sobre a **altura da árvore**, e.g.:

```
MapBST of size = 8 and height = 3:
│            ┌── {key=9, value=3
│        ┌── {key=8, value=2
│    ┌── {key=7, value=2
│    │   └── {key=6, value=4
└── {key=5, value=2
     │   ┌── {key=4, value=5
     │   │   └── {key=3, value=2
     └── {key=1, value=2
```

- Implemente/utilize um método auxiliar recursivo:
  - `private int height(BSTNode treeRoot)`

Exercícios | Utilização 🖋️

3. Crie uma classe `MainMenu` que, no método `main()` replique numa instância de ADT Map o menu de calorias apresentado no início da aula.
    - Adicionalmente, e utilizando as operações de `Map`, mostre apenas os *items* do menu com calorias superiores a um *threshold* t.