Linguagem C++ III

17/12/2025

Ficheiro ZIP

- Está disponível no Moodle um ficheiro ZIP de suporte aos tópicos de hoje
- Exemplos (simples) de utilização de estruturas de dados (containers): array, vector, deque, stack, queue, set e map

Sumário

- STL – The Standard Template Library
- Sequence Containers: Array, Vector, Deque
- Container Adaptors: Stack, Queue
- Associative Containers: Map, Set

STL
– The Standard Template Library

STL – The Standard Template Library

- Objetivo : facilitar o desenvolvimento de código eficiente
- Conjunto de classes genéricas (template classes) que disponibilizam estruturas de dados (containers) e funcionalidades (algoritmos e iteradores)
- Containers : array, vector, deque, map, set, …
- Algoritmos : searching, sorting, …
- Eficiência : estruturas de dados e funcionalidades baseadas em algoritmos otimizados

STL – Vantagens

- Algoritmos eficientes : funcionalidades e estruturas de dados implementadas usando algoritmos rápidos e otimizados
- Legibilidade e manutenção : API consistente torna o código fácil de compreender, desenvolver e manter
- Reutilização : escrita de código genérico e reutilizável, aplicável a diferentes classes e tipos de dados

STL Sequence Containers

Sequence Containers

- Implementam estruturas de dados que podem ser acedidas de modo sequencial

- **array** : elementos contíguos e **tamanho fixo**
- **vector** : elementos contíguos e **tamanho variável**
- **deque** : double-ended queue
- **forward_list** : lista simplesmente ligada
- **list** : lista duplamente ligada

Array

std::array

```
#include <array>
std::array<some_type,array_size>
std::array<int,4> elems = {1, 2, 3, 4};
```

- **Tamanho fixo**
- Obter o tamanho do array : **.size()**
- Elementos contíguos e com **acesso aleatório**
- Aceder ao elemento numa dada posição : **.at( )** ou **[ ]**
- Aceder ao primeiro elemento (índice = 0) : **.front()**
- Aceder ao último elemento (índice = size – 1) : **.back()**

std::array

```
array<unsigned int, 4> a = {0, 1, 2, 3};

cout << a.size() << endl;
cout << a.front() << endl;
cout << a.back() << endl;

// Replacing !!
a.front() = 9;
a.back() = 10;
```

Iterar sobre todos os elementos

```
for(const auto& e : a) {
  cout << " " << e;
}
cout << endl;

// What is the output?
```

Vector

std::vector

```
#include <vector>
std::vector<some_type>
std::vector<int> elems = {1, 2, 3, 4};
```

- Generalização do array container
- Elementos contíguos + **Acesso aleatório** + **Tamanho variável**
  - Aumenta ou diminui de tamanho, quando se inserem ou apagam elementos
- Métodos eficientes para realizar operações na **cauda** de um vector

- A escolha preferencial, na maioria dos casos. **When in doubt, use a vector !**

std::vector

```
vector<unsigned int> v = {0, 1, 2, 3};

cout << v.size() << endl;
cout << v.front() << endl;
cout << v.back() << endl;

// Replacing !!
v.front() = 9;
v.back() = 10;
```

std::vector – Operações habituais

- `v.push_back(6);`
  - Inserir elemento na cauda do vector
- `v.pop_back();`
  - Remover elemento da cauda do vector

- `v.insert(v.begin(),99);`
  - Inserir elemento antes do primeiro elemento do vector
- `v.erase(v.begin());`
  - Remover o primeiro elemento do vector
- `v.begin()` é um iterador

std::vector

```
v.erase(v.begin());
v.erase(v.begin());
v.insert(v.begin(), 0);
v.insert(v.begin(), 1);
v.pop_back();
v.push_back(0);
v.push_back(1);
v.at(2) = 9;

// What are the contents of the vector?
```

Deque – Double-ended Queue

Deque – Double-ended Queue

[java2novice.com]

std::deque

```
#include <deque>
std::deque<some_type>
std::deque<int> elems = {1, 2, 3, 4};
```

- Outra generalização
- Elementos contíguos + Acesso aleatório + Tamanho variável
  - Aumenta ou diminui de tamanho, quando se inserem ou apagam elementos
- Métodos eficientes para realizar operações na **frente** e na **cauda**

- Usar quando são frequentes as operações nas **duas extremidades** !

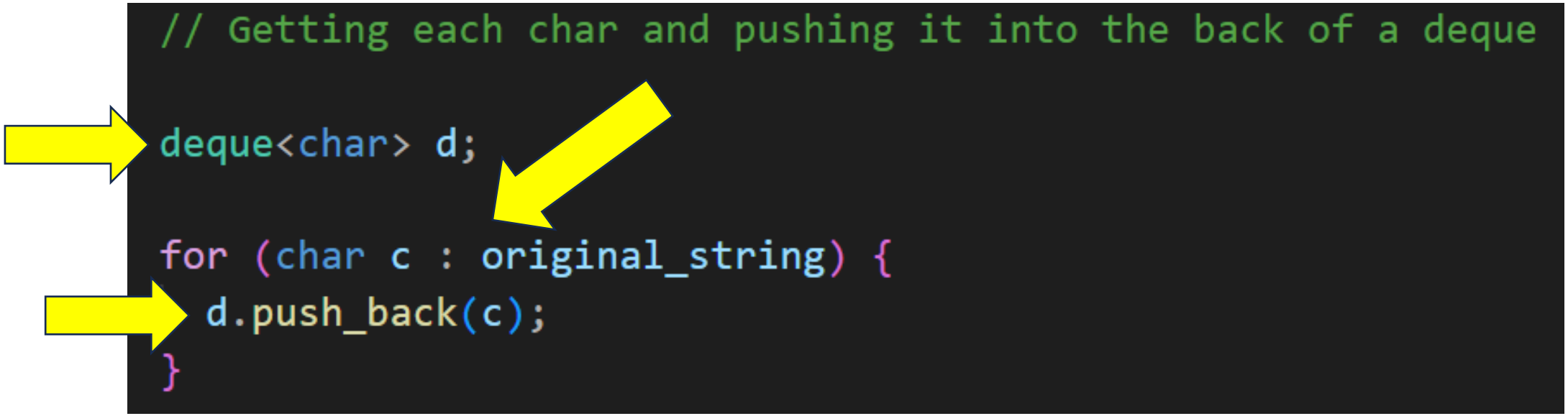
std::deque – Operações habituais

- `d.push_back(6);`
  - Inserir elemento na cauda do deque
- `d.pop_back();`
  - Remover elemento da cauda do deque

- `d.push_front(99);`
  - Inserir elemento antes do primeiro elemento do deque
- `d.pop_front();`
  - Remover o primeiro elemento do deque

- `d.empty();`
  - Devolve true, se o deque não tiver elementos; false, no caso contrário

Deque – Exemplo – Capicua ?



```
// Getting each char and pushing it into the back of a deque

deque<char> d;

for (char c : original_string) {
 d.push_back(c);
}
```

Deque – Exemplo – Capicua ?

```
// Is it a palindrome ?
// Read from both ends of the deque

bool answer = true;

while (answer && (d.size() > 1)) {
  if (d.front() != d.back())
    answer = false;
  } else {
    d.pop_front();
    d.pop_back();
  }
}

cout << "The string \"" << original_string << "\""
     << (answer ? " is " : " is NOT ") << "a palindrome !!" << endl;
```

STL Container Adaptors

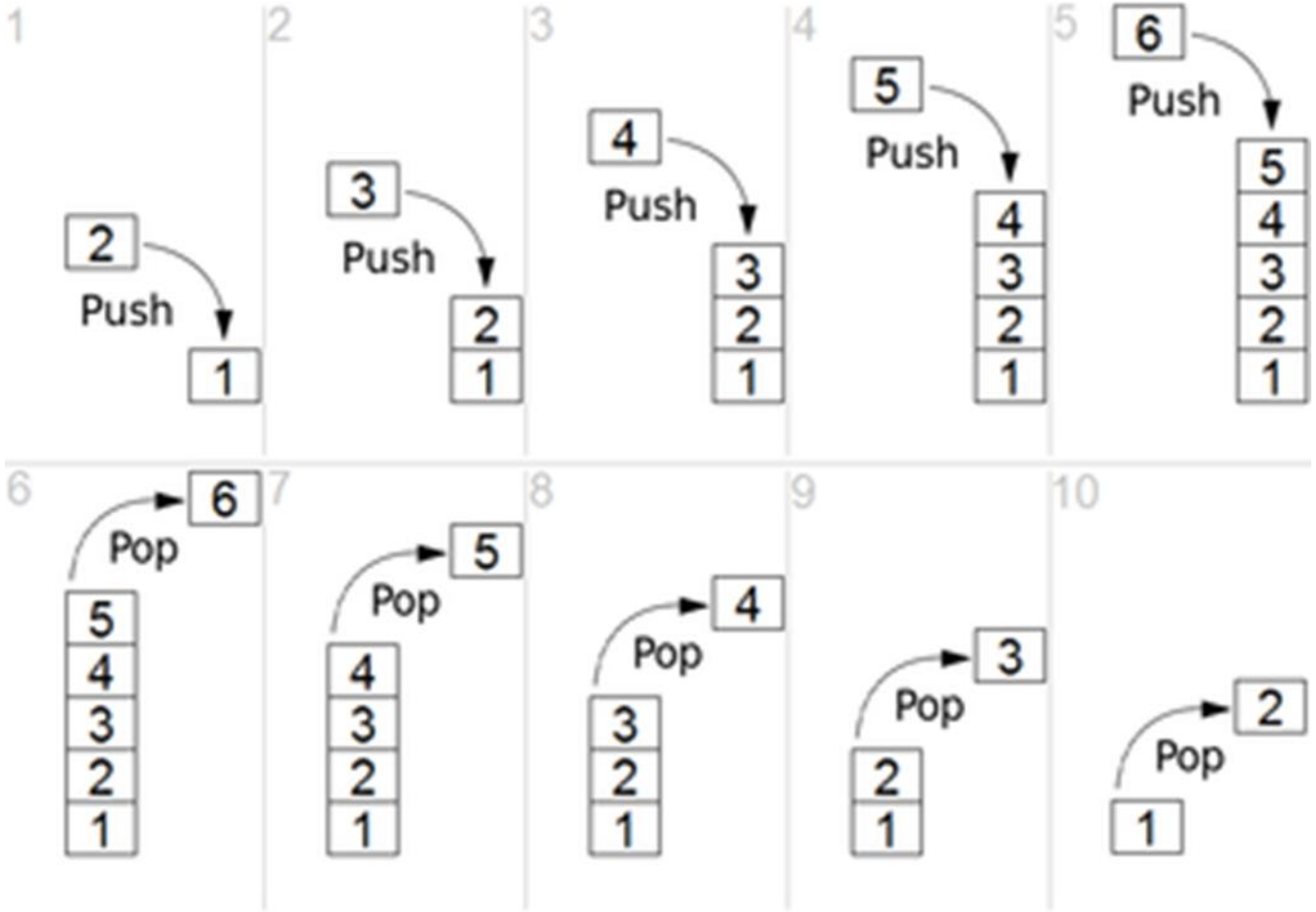
Container Adaptors

- Fornecem uma **API mais restrita**, para um sequence container, apenas com algumas funcionalidades
- O sequence container de base está instanciado por omissão (default)

- **stack**
- **queue**
- **priority_queue**

Stack – Pilha

Stack – LIFO: Last-in First-Out



[Wikipedia]

std::stack

```
#include <stack>
std::stack<some_type>
std::stack<unsigned> s;
```

- Acesso limitado ao último element inserido na pilha
- Tamanho variável + **SEM acesso aleatório**

std::stack – Operações habituais

- `s.push(6);`
  - Adicionar elemento no topo da pilha
- `s.top();`
  - Devolve uma referência para o elemento no topo da pilha
- `s.pop();`
  - Remover o elemento do topo da pilha

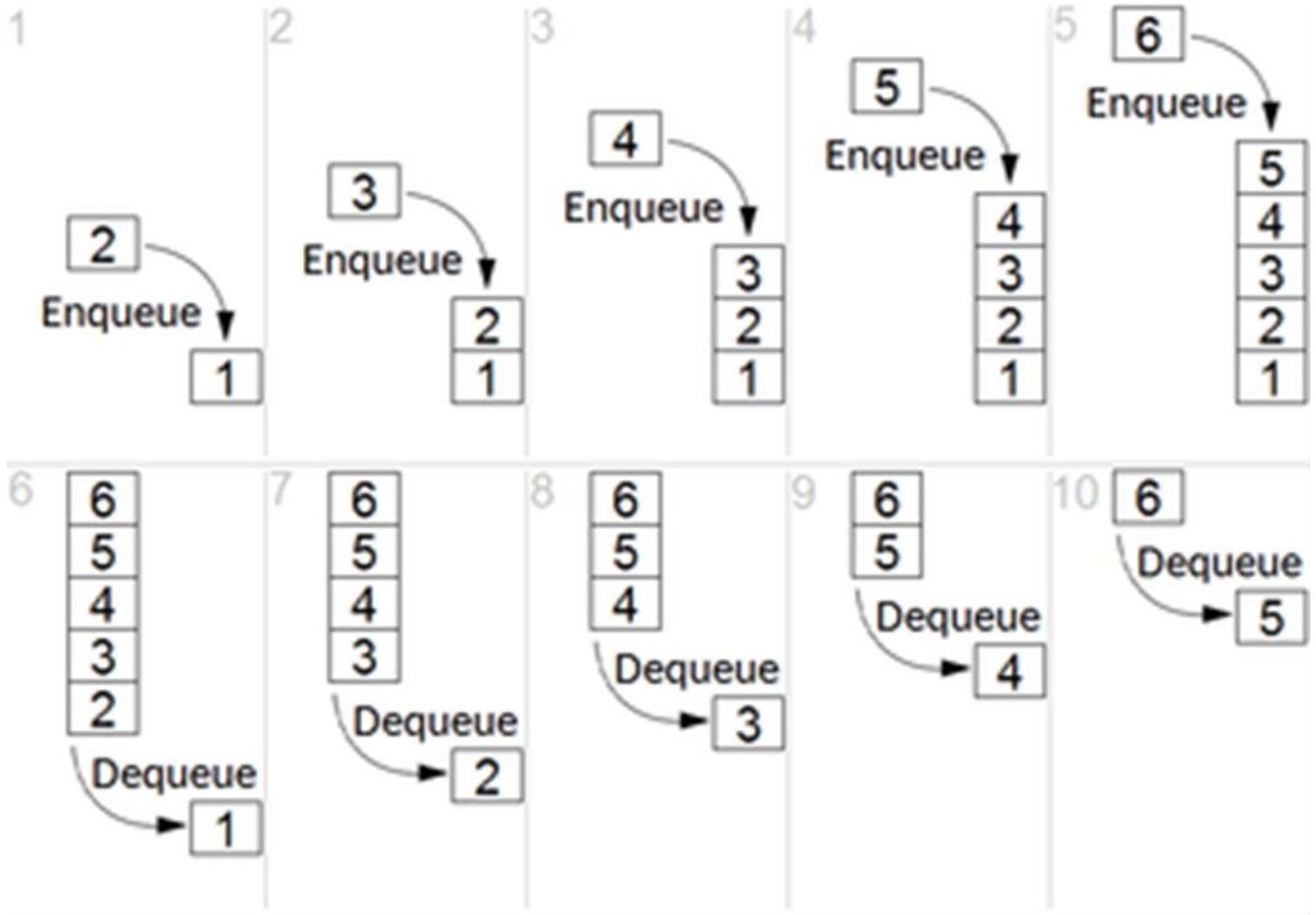
- `s.size();`
  - Devolver o número de elementos da pilha
- `s.empty();`
  - Devolve true, se a pilha não tiver elementos; false, no caso contrário

std::stack

```
stack<size_t> uint_stack;
for (size_t i = 0; i < 10; ++i) {
  uint_stack.push(i);
}
while (!uint_stack.empty()) {
  cout << uint_stack.top() << endl;
  uint_stack.pop();
}
// What is the output ?
```

Queue – Fila

Queue – FIFO: First-in First-Out



[Wikipedia]

std::queue

```
#include <queue>
std::queue<some_type>
std::queue<unsigned> q;
```

- Acesso limitado à frente e à cauda da fila
- Tamanho variável + **SEM acesso aleatório**

std::queue – Operações habituais

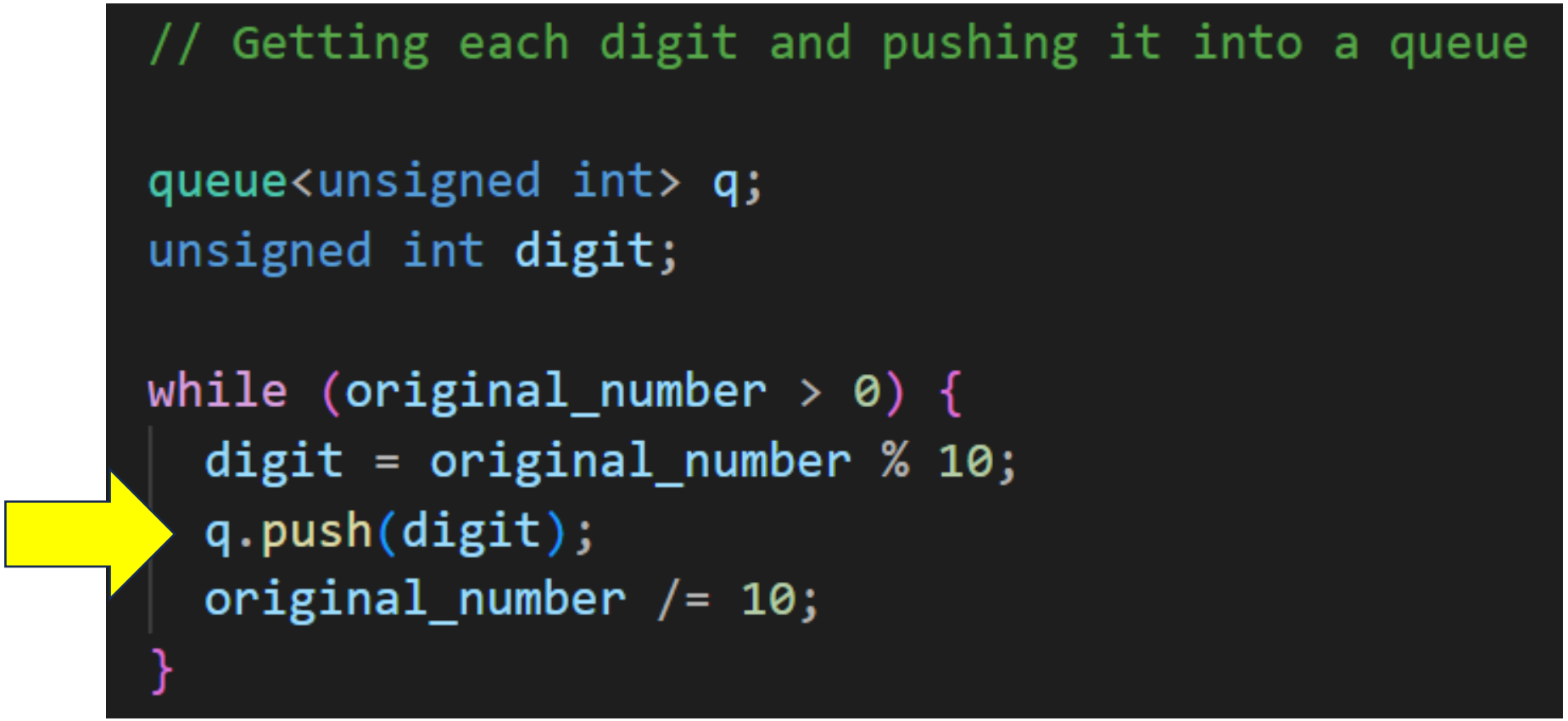
- `q.front();`
  - Devolve uma referência para o primeiro elemento, na frente da fila
- `q.back();`
  - Devolve uma referência para o último elemento, na cauda da fila
- `q.pop();`
  - Remover o elemento na frente da fila
- `q.push(10);`
  - Juntar um elemento à cauda da fila

- `q.size();`
- `q.empty();`

std::queue

```
queue<size_t> uint_queue;
for (size_t i = 0; i < 10; ++i) {
  uint_queue.push(i);
}
while (!uint_queue.empty()) {
  cout << uint_queue.front() << endl;
  uint_queue.pop();
}
// What is the output ?
```

Exemplo – Algarismos pela ordem inversa

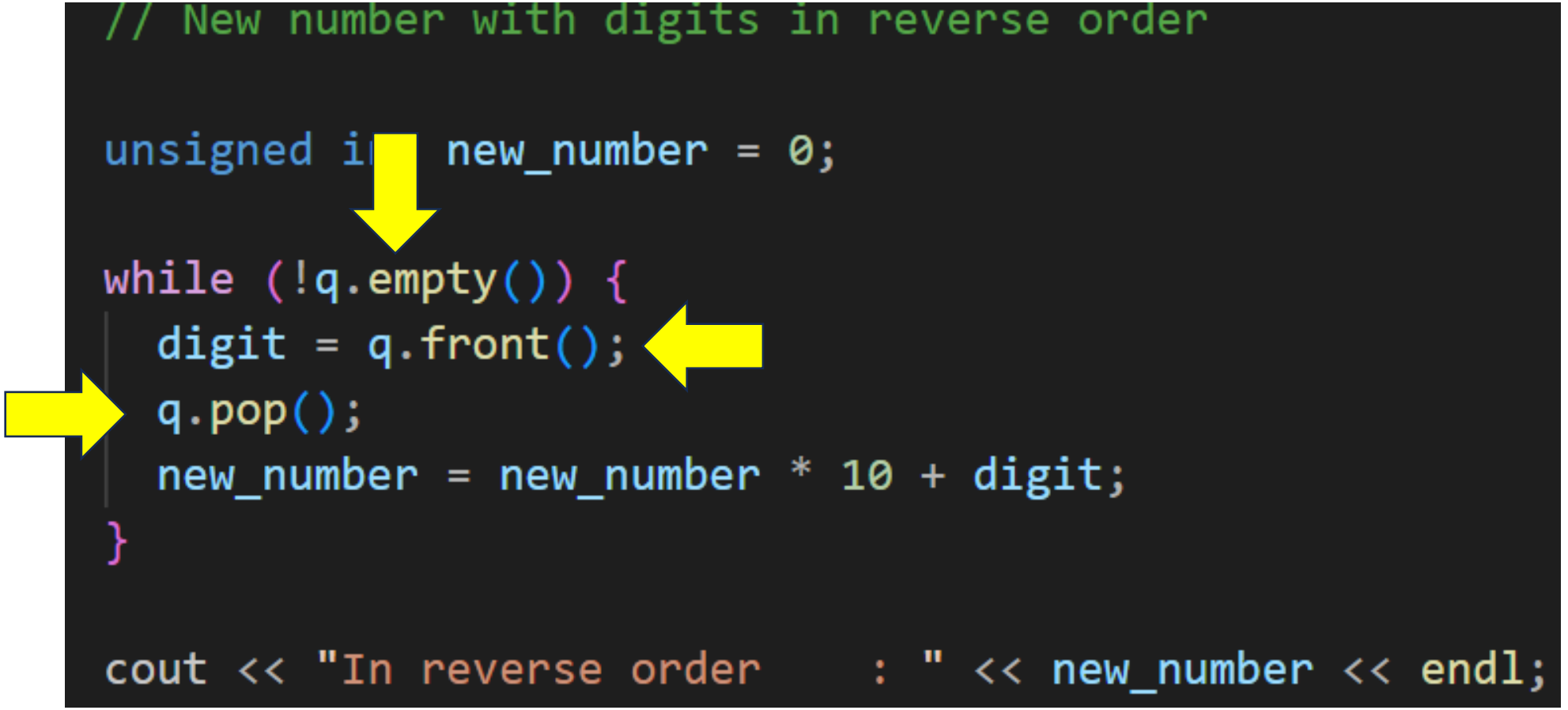


```
// Getting each digit and pushing it into a queue

queue<unsigned int> q;
unsigned int digit;

while (original_number > 0) {
    digit = original_number % 10;
    q.push(digit);
    original_number /= 10;
}
```

Exemplo – Algarismos pela ordem inversa



```
// New number with digits in reverse order

unsigned i  new_number = 0;

while (!q.empty()) {
    digit = q.front();
    q.pop();
    new_number = new_number * 10 + digit;
}

cout << "In reverse order    : " << new_number << endl;
```

STL Associative Containers

Associative Containers

- Implementam **estruturas de dados ordenadas**, de tamanho variável, e que suportam uma **procura eficiente** – **O(log n)**

- **map** : coleção (dicionário) de pares (chave, valor), sem chaves repetidas, e ordenados de acordo com as chaves
- **multimap** : possíveis chaves repetidas
- **set** : coleção (conjunto) de elementos ordenados, e sem repetições
- **multiset** : possíveis elementos repetidos

Associative Containers

- O tipo das chaves deve suportar o **operador de comparação <,** para permitir a procura e assegurar a ordem dos itens de um dicionário
- O mesmo se passa para o tipo dos elementos de um conjunto
- Esse operador é implícito para os tipos pré-definidos: int, double, etc.
- Sempre que as chaves ou elementos sejam instâncias de uma classe, essa classe deve suportar o operador de comparação <
- Assegurar implementando, se necessário, o **overloaded operator <** para essa classe
- A igualdade (==) é habitualmente inferida usando o operador <
  - P.ex., **!(a < b) && !(b < a)**

Map – Dicionário Ordenado

std::map – Dicionário Ordenado

```
#include<map>
std::map<key_type,value_type>
std::map<int,char> m = {{1,'a'}, {2,'b'}};
```

- O **valor da chave é único** e usado para procurar e ordenar os itens
- O valor de um item pode ser diretamente alterado
- O **valor da chave é constante** e não pode ser alterado

std::map – Operações habituais

- `m.insert({key, value})`
  - Adicionar o elemento (key, value) ao dicionário
- `m.erase(key)`
  - Remover do dicionário o elemento com a chave dada, caso exista
- `m.count(key)`
  - Devolve o número de itens cuja chave é igual à chave dada (0 ou 1)
- `m.at(key)`
  - **Consulta** o elemento com a chave dada, caso exista
- `m[key]`
  - **Consultar / adicionar** um elemento com a chave dada

std::map

```
map<string, unsigned int> m;
m["February"] = 2;
m["April"] = 4;
m.insert({"May", 5});
m.insert({"January", 1});
m.insert({"March", 3});
m["December"] = 12;
cout << "key = January value = " << m.at("January") << endl;
cout << "key = February value = " << m["February"] << endl;
```

Iterar sobre todos os pares (chave, valor)

```
for (const auto& e : m) {
  // Pair with attributes (first, second)
  cout << "key = " << e.first
       << " value = " << e.second << endl;
}

// What is the output?
```

Exemplo – Contar o número de ocorrências

```
map<Fraction, unsigned int> fraction_counter;

for (unsigned int i = 0; i < n; ++i) {
    Fraction frac = Fraction(1 + random(RANGE), 1 + random(RANGE));
    ++fraction_counter[frac];  // Great way of doing it !!
                               // If not in the map, insert with value 0
                               // and then update
}
```

Set – Conjunto Ordenado

std::set – Conjunto Ordenado

```
#include <set>
std::set<some_type>
std::set<int> elems = {1, 2, 3, 4};
```

- **Não** são permitidos **elementos repetidos**!
- Os elementos são **ordenados** de acordo com o seu valor
- O valor de um elemento **não** pode ser **alterado** !
- Apagar elementos desnecessários e inserir novos valores

std::set – Operações habituais

- `s.insert(element)`
  - Adicionar um elemento ao conjunto
- `s.erase(element)`
  - Remover um elemento do conjunto
- `s.count(element)`
  - Devolve o número de elementos iguais ao element procurado (**0 ou 1**)

std::set – O que acontece ?

```
set<string> s;

s.insert("February");
s.insert("April");
s.insert("May");
s.insert("January");
s.insert("March");
s.insert("December");
s.insert("March");
s.erase("March");
```

Iterar sobre todos os elementos

```
for (const auto& e : s) {
   cout << e << endl;
}

// What is the output?
```

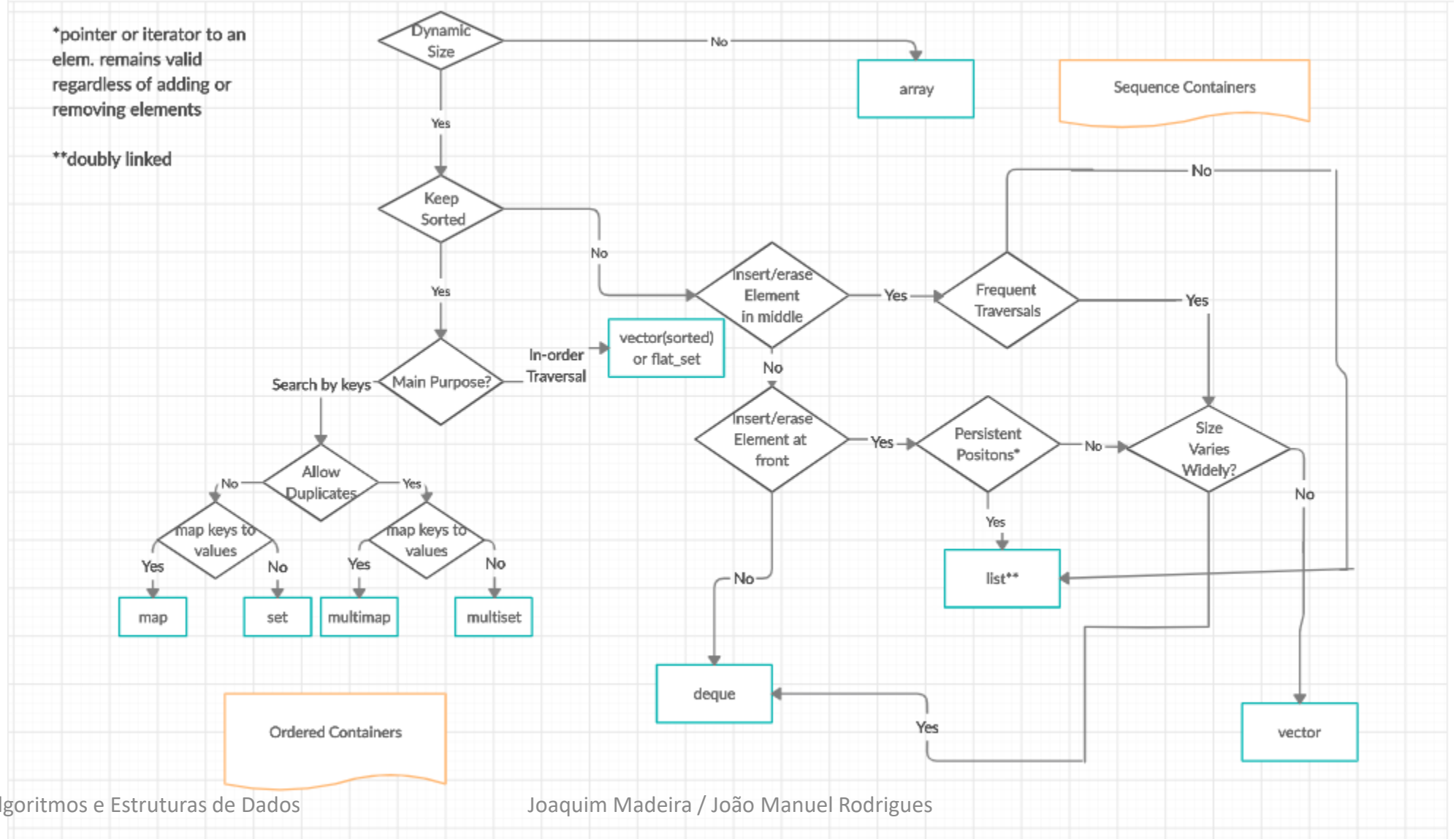
Exemplo – Contar itens distintos/repetidos

```
set<Fraction> fractions_set;

for (unsigned int i = 0; i < n; ++i) {
  Fraction frac = Fraction(1 + random(RANGE), 1 + random(RANGE));
  auto result = fractions_set.insert(frac);
  if (result.second == false) {  // Tried to insert a repeated fraction value
    ++repeated_values;
  }
}
```

STL Containers
– Critérios de Escolha

STL – Sequence and Ordered Containers



STL – Adaptive and Unordered Containers