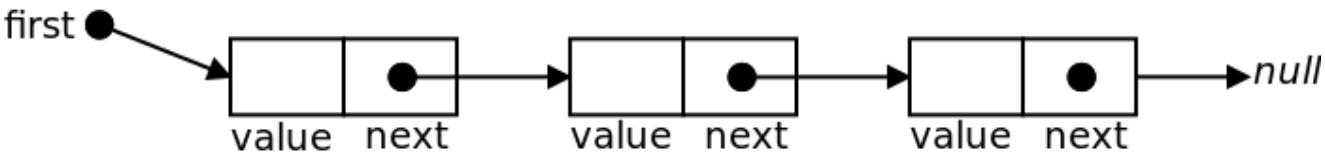
# Listas Ligadas, Pilhas e Filas

Pedro Ribeiro

DCC/FCUP

2018/2019

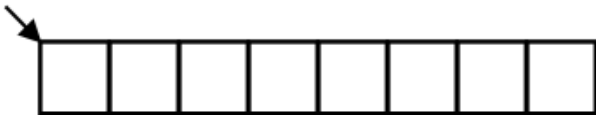



*(baseado e/ou inspirado parcialmente nos slides de Luís Lopes e de Fernando Silva)*

# Estruturas de Dados Sequenciais

- **Estruturas de dados sequenciais**: armazenam **sequências** finitas de valores do mesmo tipo (numa sequência existe **ordem**: 1º valor, 2º valor, 3º valor ). Ex:
  - Números: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, ...
  - Strings: "Portugal", "Espanha", "França", ...
  - Pessoas: ("Ana", 20), ("Carlos", 23), ("Diana", "19")

- Já conhecemos uma estrutura de dados sequencial: o **array**

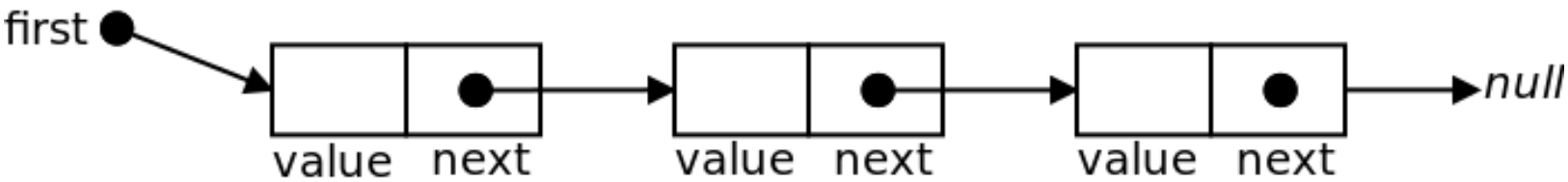


  - Guarda elementos em posições contíguas de memória
  - Algumas **vantagens**:
    - ★ **Fácil** de usar
    - ★ **Acesso rápido** a uma dada posição
  - Algumas **desvantagens**:
    - ★ **Tamanho é fixo** na criação do array (aumentar implica copiar elementos)
    - ★ **Inserções e remoções** podem ser custosas (muitos *shifts* de elementos)

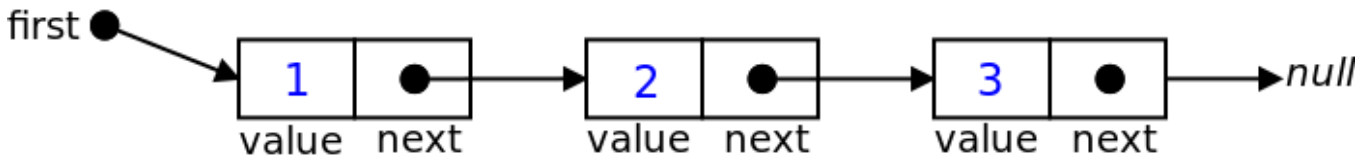
# Listas Ligadas

- Precisamos de uma estrutura de dados que **possa "crescer"** quanto quisermos e que seja **boa para inserir e remover** elementos

- Uma solução: **listas ligadas**
  - Cada **"nó"** da sequência contém não só o **valor** nessa posição, mas também uma referência para o **próximo** elemento da sequência
  - Precisamos de saber onde fica o **primeiro** elemento da lista
  - O último elemento aponta para o **"final"** da lista
    (vamos usar **null** - o objecto nulo - para denotar o final da lista)

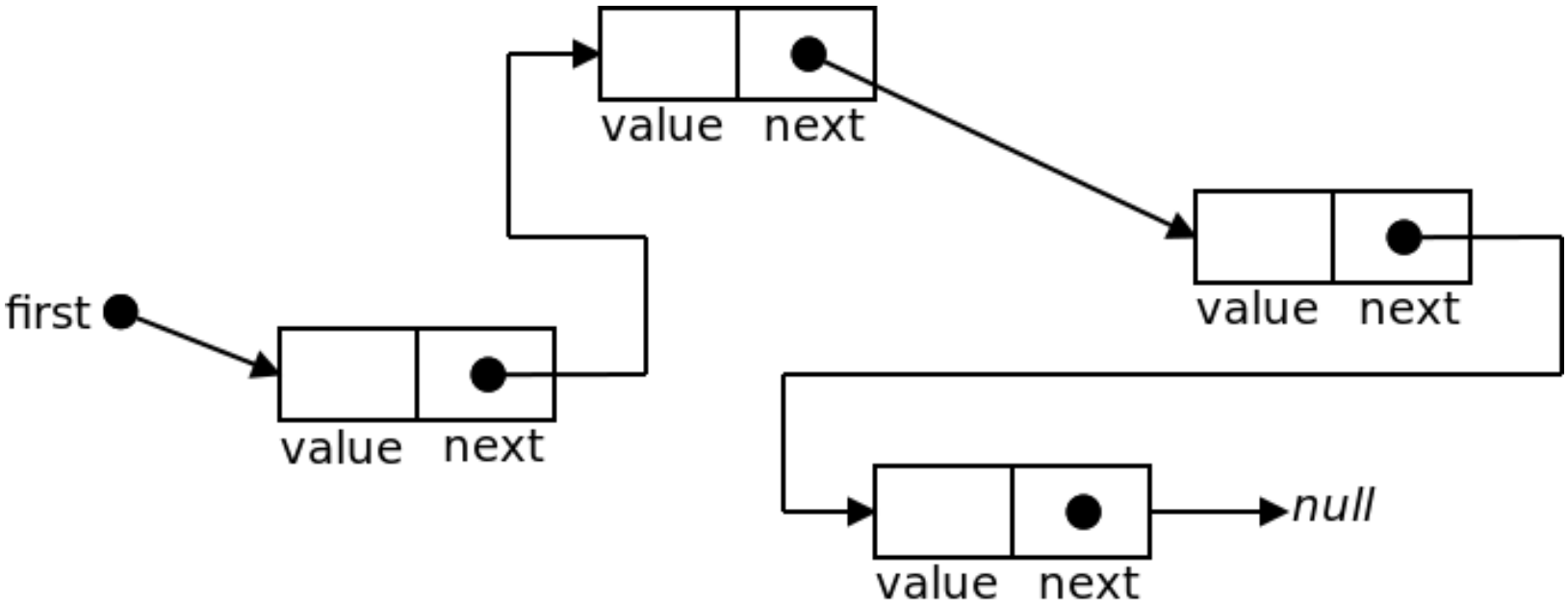



No atributo valor guardamos o "conteúdo" da sequência.
Por exemplo, uma lista ligada de inteiros poderia ser:



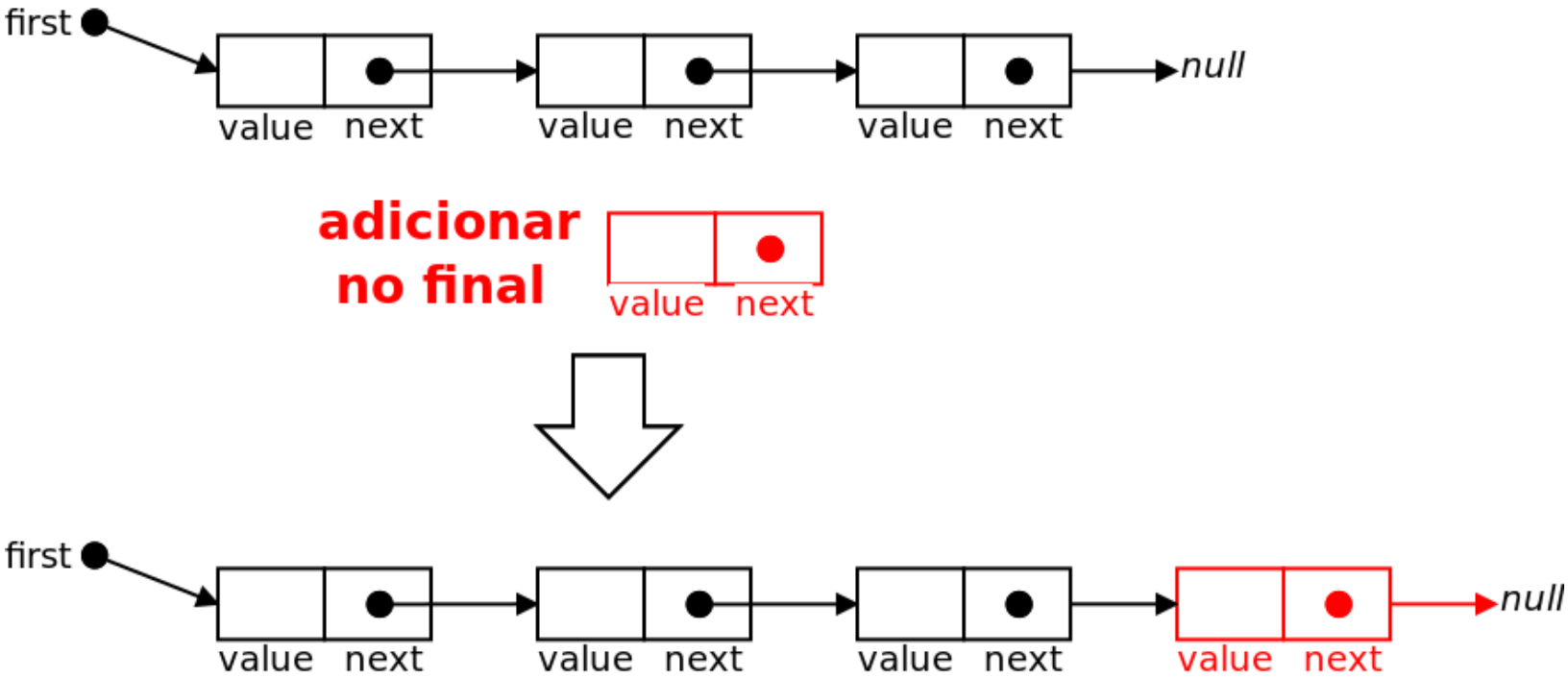
# Listas Ligadas - Representação em memória

- As posições de memória da lista não têm de ser contíguas (porque cada nó "aponta" para o seguinte)



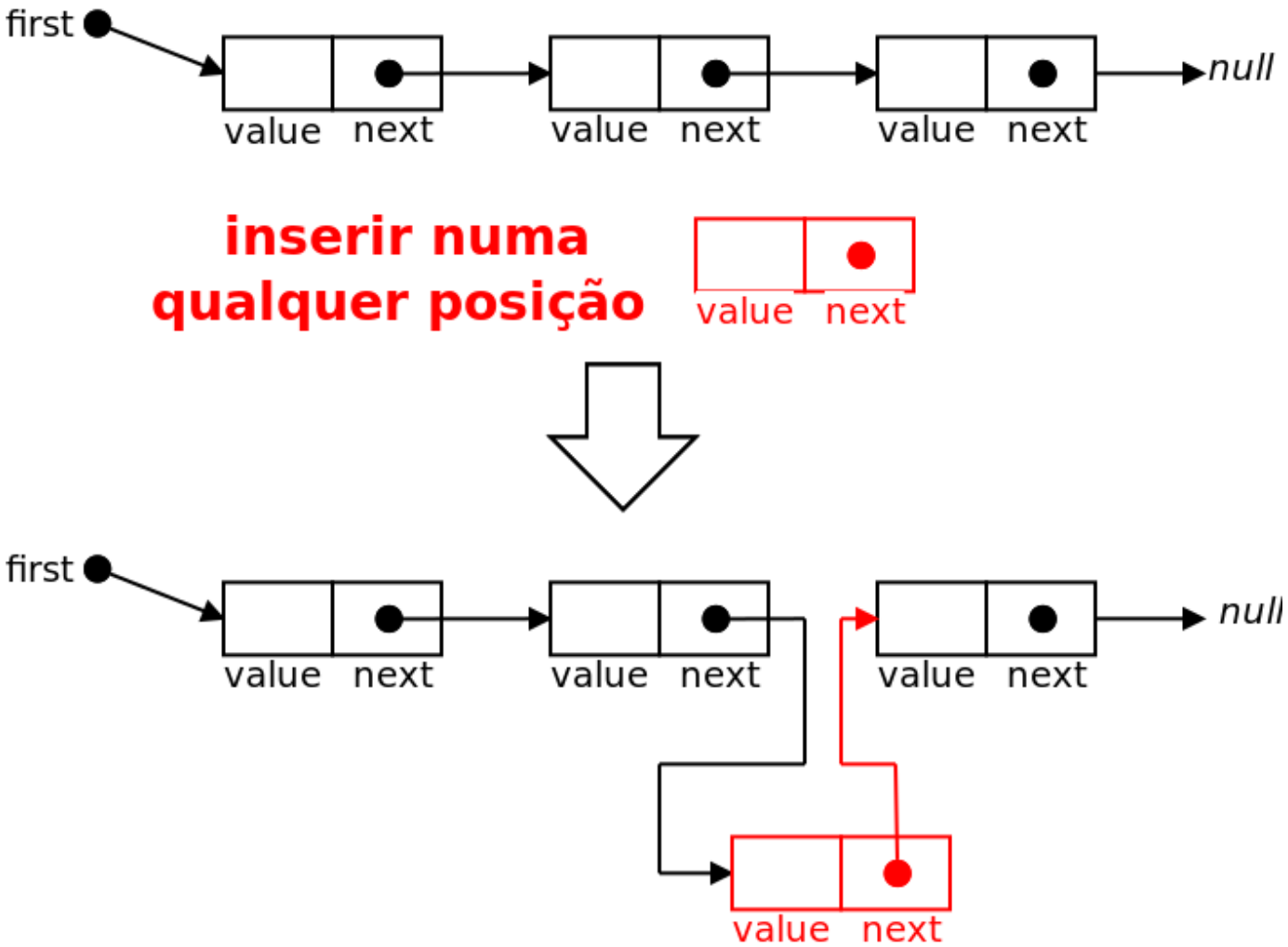
# Listas Ligadas - Operações

- A listas facilitam operações como a **adição no final**:



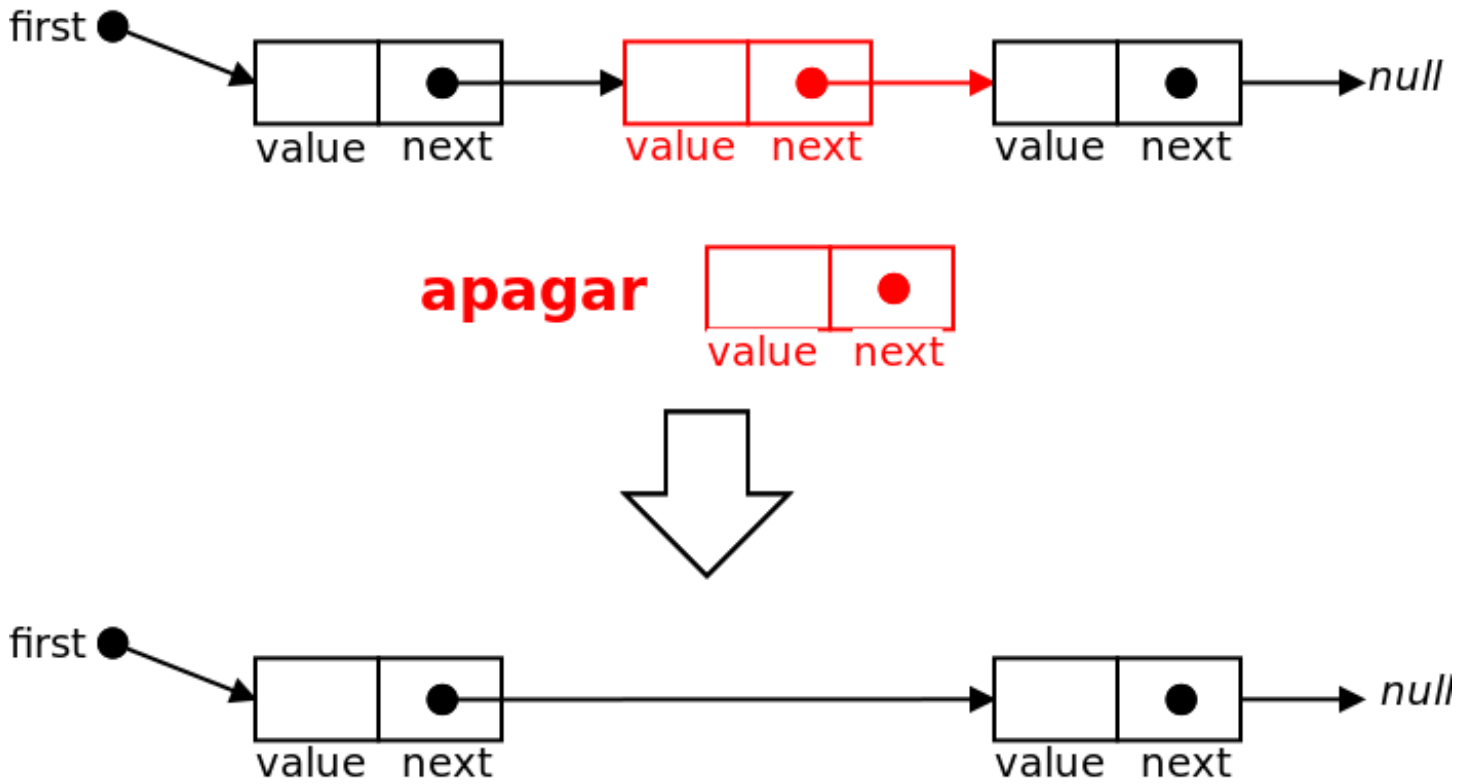
# Listas Ligadas - Operações

- **Inserção numa qualquer posição**:



# Listas Ligadas - Operações

- **Remoção de um elemento**:



# Listas Ligadas - Implementação com "live coding"

- Nas aulas teóricas fiz alguns dos métodos "ao vivo", durante a aula, para que pudessem acompanhar e ver como surge o código e o que vai acontecendo

- Nos slides está disponível uma implementação "completa"
(o código está disponível no website)

# Listas Ligadas - Implementação de um Nó

- Usaremos **genéricos**, para suportar qualquer tipo:
  - Pode ser uma lista de inteiros, ou uma lista de caracteres, ou uma lista de strings, ou uma lista de qualquer tipo
- Um nó da lista ficará na classe `Node<T>` que tem atributos:
  - `T value` → o valor a guardar no nó
  - `Node<T> value` → referência para o nó seguinte da lista

```
public class Node<T> {
   private T value;       // Valor guardado no nó
   private Node<T> next; // Referência para o próximo nó da lista

   // Construtor
   Node(T v, Node<T> n) {
      value = v;
      next = n;
   }

   // Getters e Setters
   public T getValue() { return value; }
   public Node<T> getNext()  { return next; }
   public void setValue(T v) { value=v; }
   public void setNext(Node<T> n) { next = n; }
}
```

# Listas Ligadas - Implementação

- A lista em si ficará numa classe chamada `SinglyLinkedList<T>`
  - `Singly` para indicar que é uma lista ligada simples (vamos falar também de listas duplamente ligadas e de listas circulares)
  - Isto permite também distinguir da `LinkedList<T>` do próprio Java
- A lista precisa de uma referência para o primeiro nó da lista. Vamos também guardar o tamanho da lista. Os atributos são portanto:
  - `Node<T> first`
  - **`int`** `size`
- Métodos padrão para os quais vou dar implementação feita são:
  - **`int`** `size()` - devolve número de elementos na lista
  - **`boolean`** `isEmpty()` - devolve **`true`** se a lista está vazia, **`false`** caso contrário
  - **`void`** `addFirst(T value)` - adiciona um elemento ao início da lista
  - **`void`** `addLast(T value)` - adiciona um elemento ao final da da lista
  - `T getFirst()` - devolve o primeiro elemento da lista
  - `T getLast()` - devolve o último elemento da lista
  - **`void`** `removeFirst()` - remove o primeiro elemento da lista
  - **`void`** `removeLast()` - remove o último elemento da lista
  - `String toString()` - representação em String (para impressão)

# Listas Ligadas - Implementação

- A declaração da classe e do construtor padrão é simples e intuitiva
  - O tamanho de uma lista vazia é zero
  - O elemento inicial é *null*
  - Vamos colocar os atributos como privados, seguindo a política de que só "abrimos" o que for mesmo necessário

```
public class SinglyLinkedList<T> {
   private Node<T> first;     // Primeiro nó da lista
   private int size;          // Tamanho da lista

   // Construtor (cria lista vazia)
   SinglyLinkedList() {
      first = null;
      size = 0;
   }

   // (...)
}
```

- Nos próximos slides vêm métodos a incluir dentro desta classe

# Listas Ligadas - Implementação

- O método para devolver o tamanho é simplesmente um *getter*:

```
// Retorna o tamanho da lista
public int size() {
    return size;
}
```

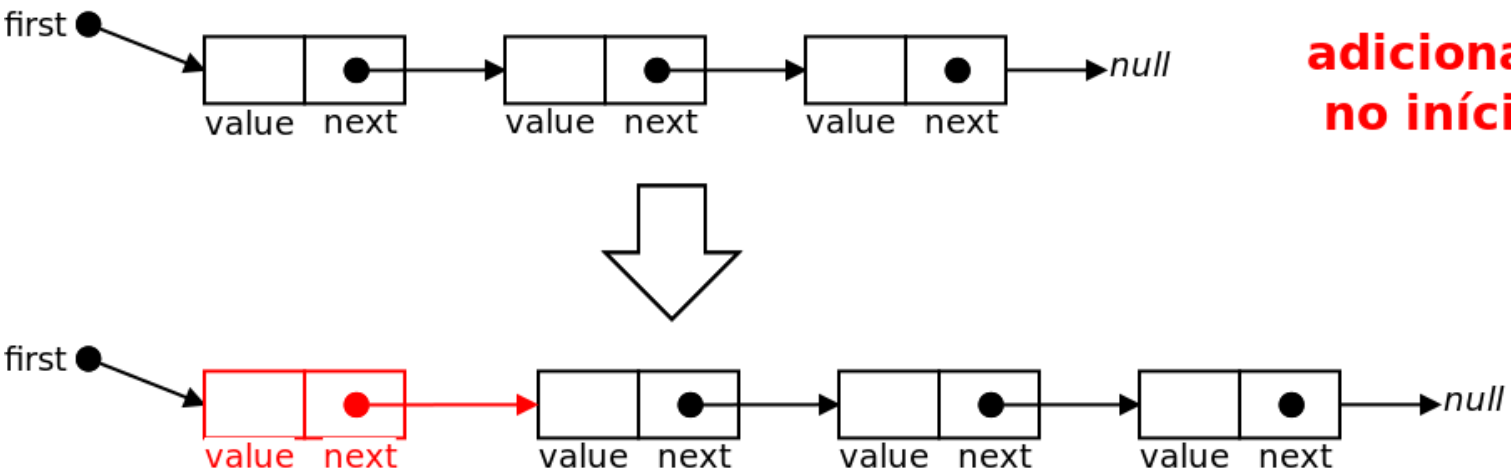
- Para verificar se uma lista está vazia, basta ver se o tamanho é zero:

```
// Devolve true se a lista estiver vazia ou falso caso contrário
public boolean isEmpty() {
    return (size == 0);
}
```

# Listas Ligadas - Implementação

- Adicionar um elemento no início resume-se a:
  - Criar um novo nó (`newNode`) com o valor desejado e o atributo `next` a apontar para o anterior primeiro
  - Dizer que esse novo nó passa a ser o primeiro da lista
  - Não esquecer de aumentar o tamanho da lista

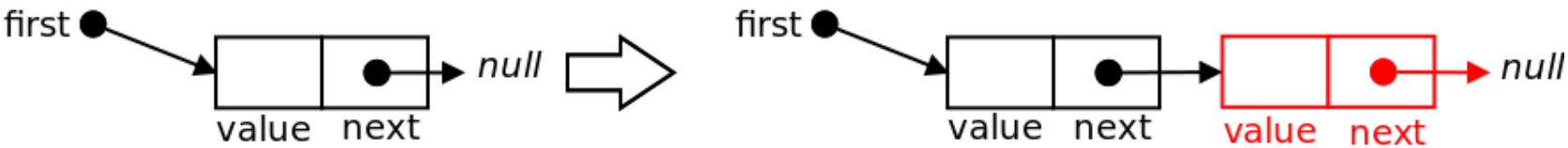
```
// Adiciona v ao início da lista
public void addFirst(T v) {
    Node<T> newNode = new Node<T>(v, first);
    first = newNode;
    size++;
}
```



# Listas Ligadas - Implementação

- Adicionar um elemento no final é mais complicado:
  - É preciso percorrer a lista até chegar ao final
    *(poderia ser evitado se tivessemos sempre referência para o último)*
  - É necessário parar "antes" do último para poder mexer no `next` respectivo *(não temos referência para o anterior)*
  - Temos de ter cuidado com a lista vazia (caso excepcional)

```
// Adiciona v ao final da lista
public void addLast(T v) {
    Node<T> newNode = new Node<T>(v, null);
    if (isEmpty()) {
        first = newNode;
    } else {
        Node<T> cur = first;
        while (cur.getNext() != null)
            cur = cur.getNext();
        cur.setNext(newNode);
    }
    size++;
}
```



# Listas Ligadas - Implementação

- Devolver o primeiro valor é trivial:
  *(só temos de ter cuidado com o excepção da lista vazia)*

```
// Retorna o primeiro valor da lista (ou null se a lista for vazia)
public T getFirst() {
    if (isEmpty()) return null;
    return first.getValue();
}
```

- Devolver o último valor não é muito complicado, mas implica percorrer a lista:

```
// Retorna o último valor da lista (ou null se a lista for vazia)
public T getLast() {
    if (isEmpty()) return null;
    Node<T> cur = first;
    while (cur.getNext() != null)
        cur = cur.getNext();
    return cur.getValue();
}
```

# Listas Ligadas - Implementação

- Remover o primeiro elemento é trivial:

```
// Remove o primeiro elemento da lista (se for vazia não faz nada)
public void removeFirst() {
    if (isEmpty()) return;
    first = first.getNext();
    size--;
}
```

- Remover o último é mais complicado, porque temos de parar antes (passa também a ser excepção o caso da lista só ter um elemento):

```
// Remove o último elemento da lista (se for vazia não faz nada)
public void removeLast() {
    if (isEmpty()) return;
    if (size == 1) { first = null; }
    else { // Ciclo com for e size para mostrar alternativa ao while
        Node<T> cur = first;
        for (int i=0; i<size-2; i++) cur = cur.getNext();
        cur.setNext(cur.getNext().getNext());
        // Também se poderia fazer simplesmente cur.setNext(null);
    }
    size--;
}
```

# Listas Ligadas - Implementação

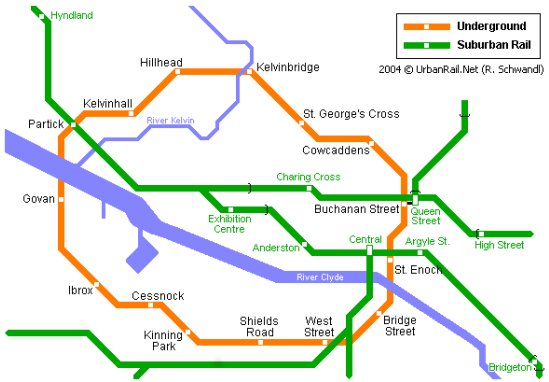
- Criar uma String com os elementos delimitada por chavetas não é muito complicado e basta ir concatenando enquanto se percorre a lista
- Cuidado para colocar vírgulas somente entre elementos (o *if* adiciona sempre uma vírgula depois excepto no caso do último elemento)

```
// Converte a lista para uma String
public String toString() {
    String str = "{";
    Node<T> cur = first;
    while (cur != null) {
        str += cur.getValue();
        cur = cur.getNext();
        if (cur != null) str += ",";
    }
    str += "}";
    return str;
}
```

# Dados Circulares

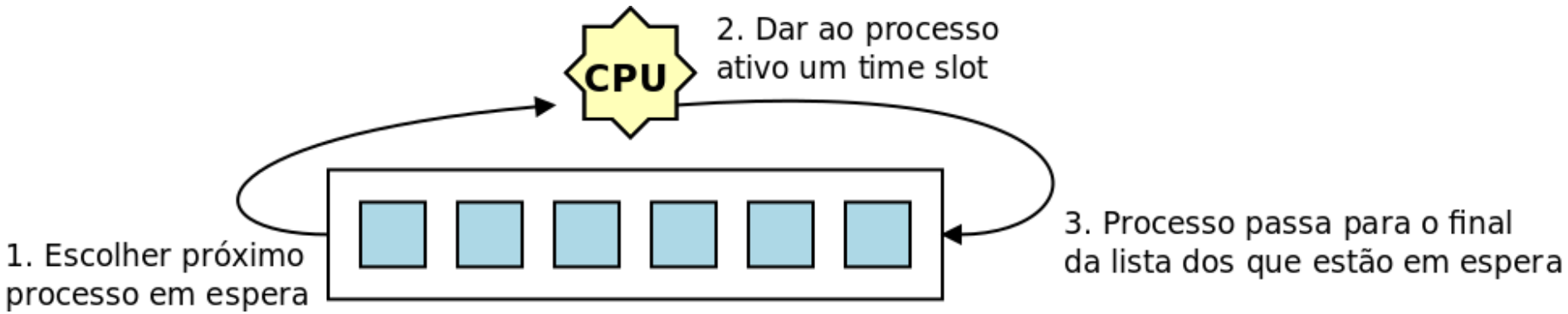
- Tipicamente listas guardam sequência de um **início** até a um **fim**
- Em algumas aplicações, os dados podem mais naturalmente ser vistos como tendo **ordem cíclica**: cada elemento tem um anterior e um seguinte, mas não existe um princípio ou fim bem definido.
- Exemplos:
  - **Jogo por turnos:** joga jogador A, depois jogador B, depois jogador C e por aí adiante até voltar ao jogador A e continuar (ex: jogos de cartas)

  - **Rotas de Transportes:** algumas rotas de transportes são circulares (ex: metro numa sequência definida, mas em *loop* contínuo)



# Escalonamento Round-Robin

- **Multitasking**: um sistema operativo moderno (SO) tem a capacidade de ter vários processos a serem executados *"em simultâneo"*
- Como suportar tantos processos quantos os necessários?
- SOs permite partilha de tempo (*time-sharing*) do CPU tipicamente usando um algoritmo de escalonamento do tipo **round-robin**.
  - Cada processo recebe um pequeno intervalo de tempo (*time slot*)
  - No final desse intervalo desse *time slot* o processo é parado (mesmo que não tenha terminado)
  - Outro processo vai ficando activo e recebendo à vez um *time slot* seguindo uma **ordem cíclica**.
  - Novos processos podem ir sendo adicionados e os processos que terminam vão sendo removidos

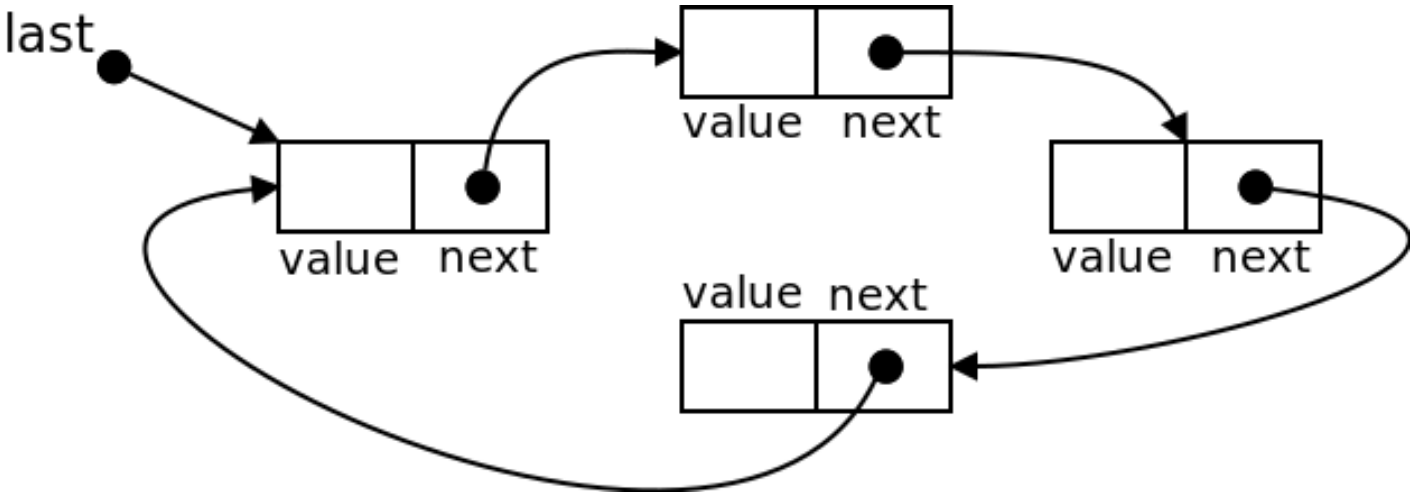


# Implementação de Round-Robin

- Como implementar um algoritmo de round-robin?
- Uma hipótese seria usar uma lista ligada simples (`SinglyLinkedList<Process> list`) e repetidamente fazer o seguinte:
  - `Process p = list.getFirst(); list.removeFirst()`
  - Dar um *time slot* ao processo *p*
  - `list.addLast(p);`
- Não é o mais "natural": obriga a ir retirando e depois novamente a criar um novo nó igual ao que dantes existia (e mexer em atributos como *size*)
- Vamos mostrar como uma pequena alteração à nossa lista ligada tornaria tudo mais simples
  *(mostrando também a vantagem de conhecer as estruturas de dados e poder adaptá-las às nossas necessidades)*

# Listas Ligadas Circulares

- Uma **Lista Ligada Circular** é essencialmente uma lista ligada onde o último nó aponta para o primeiro
- Vamos implementá-la: `CircularLinkedList<T>`
  - Os nós são iguais aos da lista ligada simples: `Node<T>`
  - Também para mostrar uma variante, ao invés de uma referência para o primeiro, vamos manter apenas uma referência para o último
    *(o primeiro é sempre o seguinte ao último)*



# Listas Ligadas Circulares - Implementação

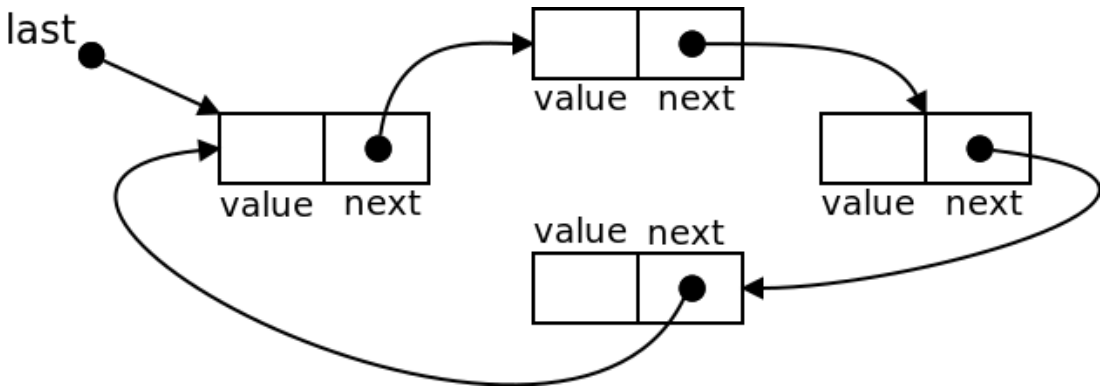
- Construtor, `size()` e `isEmpty()` são essencialmente os mesmos:

```
public class CircularLinkedList<T> {
   private Node<T> last; // Último nó da lista
   private int size;     // Tamanho da lista

   // Construtor (cria lista vazia)
   CircularLinkedList() {
      last = null;
      size = 0;
   }

   // Retorna o tamanho da lista
   public int size() {
      return size;
   }

   // Devolve true se a lista estiver vazia ou falso caso contrário
   public boolean isEmpty() {
      return (size == 0);
   }

   // (..)  O resto dos métodos vêm nos slides a seguir
}
```

# Listas Ligadas Circulares - Implementação

- `getFirst()` e `getLast()` ficam triviais:

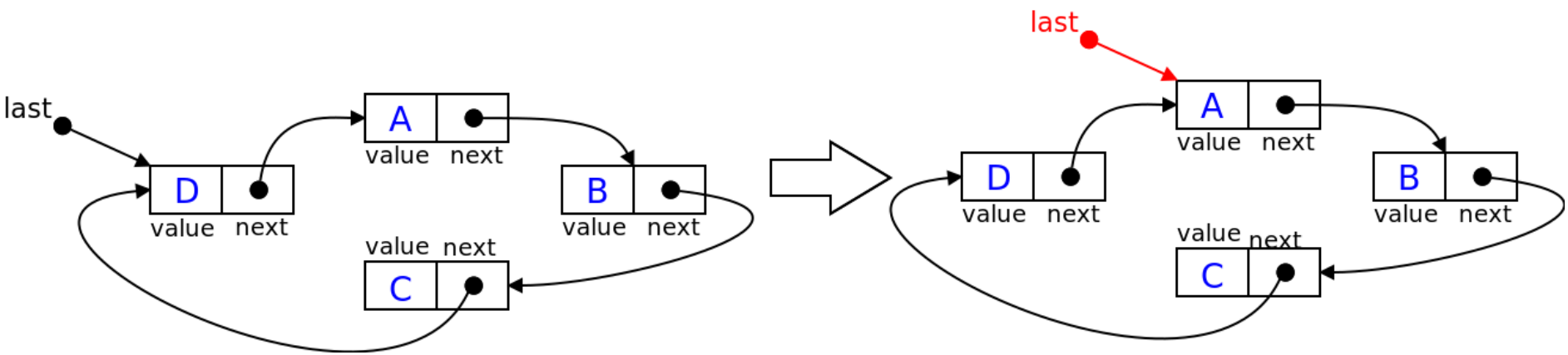
```
// Retorna o primeiro valor da lista (ou null se a lista for vazia)
public T getFirst() {
    if (isEmpty()) return null;
    return last.getNext().getValue();
}

// Retorna o último valor da lista (ou null se a lista for vazia)
public T getLast() {
    if (isEmpty()) return null;
    return last.getValue();
}
```



# Listas Ligadas Circulares - Implementação

- Para poder aplicar *round-robin* vamos implementar um método `rotate()` que essencialmente avança um elemento na lista
- Chamando repetidas vezes `rotate()` temos o desejado *round-robin*!

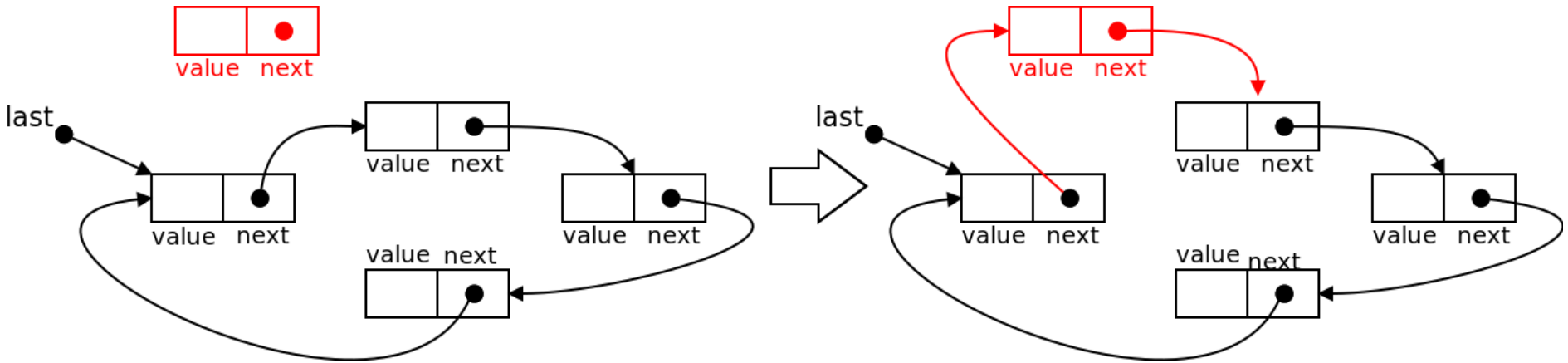
```
// Roda a lista (o primeiro passa a ser o novo ultimo da lista)
public void rotate() {
   if (!isEmpty()) // Se estiver vazia não faz nada
      last = last.getNext();
}
```



# Listas Ligadas Circulares - Implementação

- Adicionar um elemento no início (excepção: lista vazia)

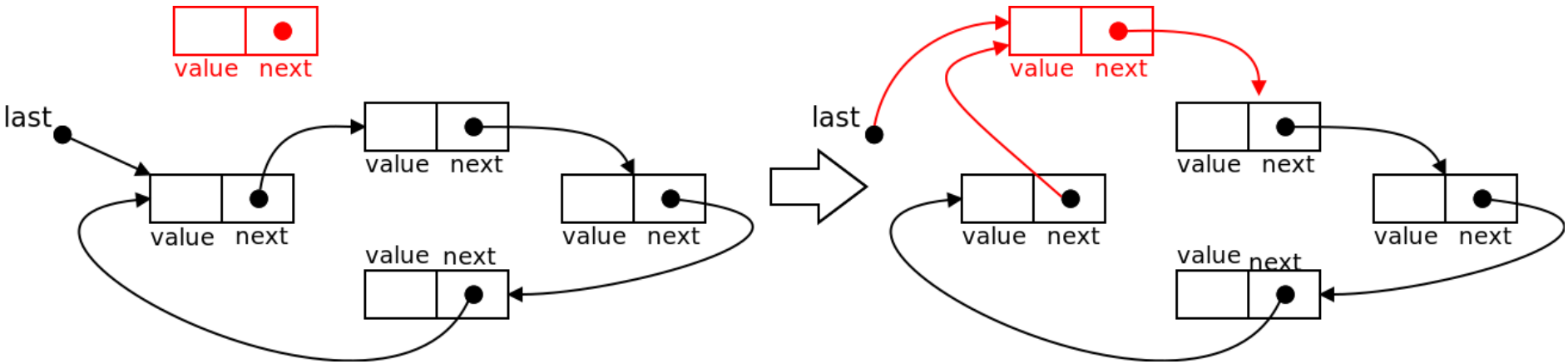
```
// Adiciona v ao início da lista
public void addFirst(T v) {
    if (isEmpty()) {
        last = new Node<T>(v, null);
        last.setNext(last); // Apontar para si próprio em "loop"
    } else {
        Node<T> newNode = new Node<T>(v, last.getNext());
        last.setNext(newNode);
    }
    size++;
}
```



# Listas Ligadas Circulares - Implementação

- Adicionar no final pode ser feito... usando o `addFirst`

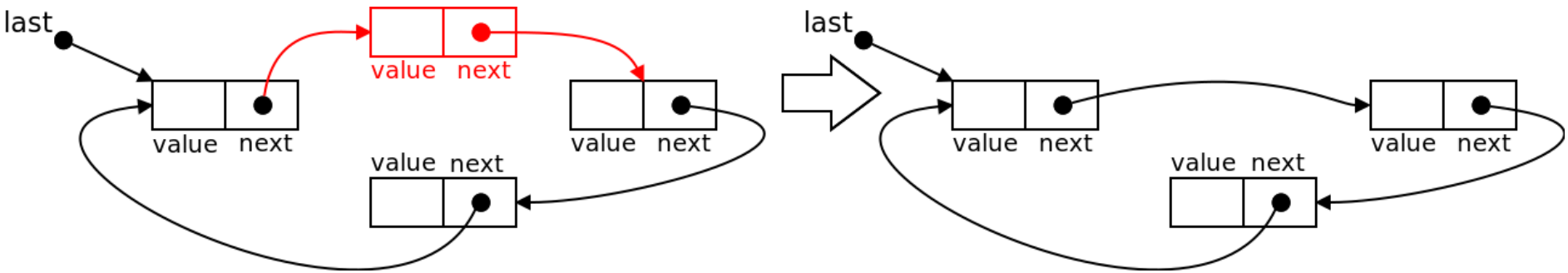
```
// Adiciona v ao final da lista
public void addLast(T v) {
    addFirst(v);
    last = last.getNext();
}
```



# Listas Ligadas Circulares - Implementação

- Para remover o primeiro, basta actualizar para quem o último nó aponta:

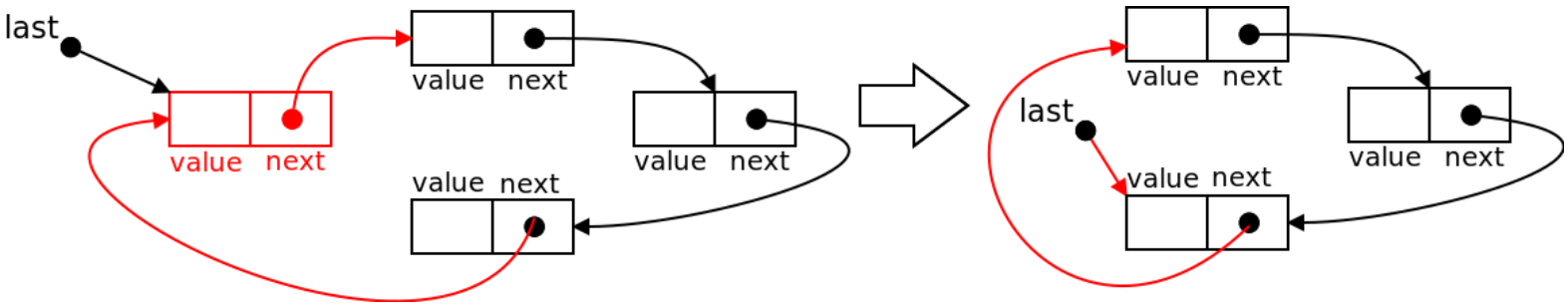
```
// Remove o primeiro elemento da lista (se for vazia não faz nada)
public void removeFirst() {
    if (isEmpty()) return;
    if (size == 1) last = null;
    else last.setNext(last.getNext().getNext());
    size--;
}
```



# Listas Ligadas Circulares - Implementação

- Remover o último é mais complicado porque temos de conseguir chegar à penúltima posição (para a actualizar)

```
// Remove o último elemento da lista (se for vazia não faz nada)
public void removeLast() {
    if (isEmpty()) return;
    if (size == 1) {
        last = null;
    } else {
        Node<T> cur = last.getNext();
        for (int i=0; i<size-2; i++)
            cur = cur.getNext();
        last = cur;
        last.setNext(last.getNext().getNext());
    }
    size--;
}
```



# Listas Ligadas Circulares - Implementação

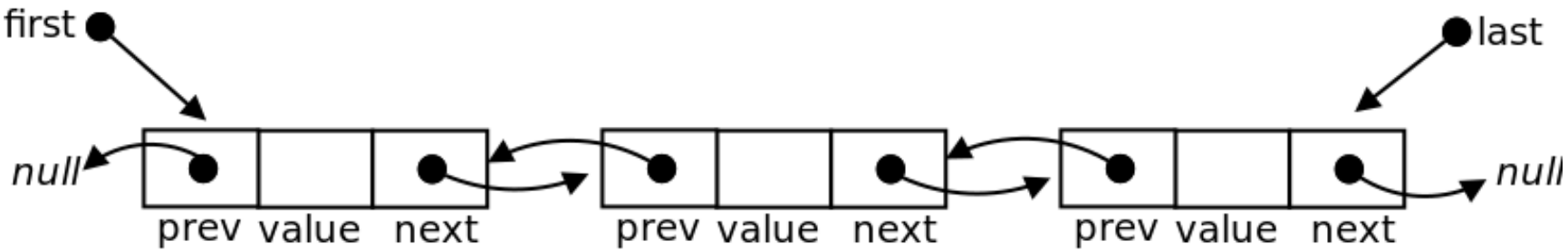
- Para converter para String é só percorrer a lista (e ter cuidado com as vírgulas)

```
// Converte a lista para uma String
public String toString() {
   String str = "{";
   Node<T> cur = last.getNext();
   for (int i=0; i<size; i++) {
      str += cur.getValue();
      if (cur != last) str += ",";
      cur = cur.getNext();
   }
   str += "}";
   return str;
}
```

# Listas Duplamentes Ligadas

- Um dos problemas com as listas ligadas anteriores (simples e circular) é que não conseguem **remover o último** de forma eficiente
  - Para remover o último precisamos de mudar o *next* do penúltimo
  - Para chegar ao penúltimo precisamos.. de **percorrer a lista**

- Uma maneira de "resolver" isto é ter em cada nó uma referência para o... **anterior** (para além da referência para o **próximo**)!
- É este o conceito de **listas duplamentente ligadas**:



# Listas Duplamentes Ligadas - Implementação

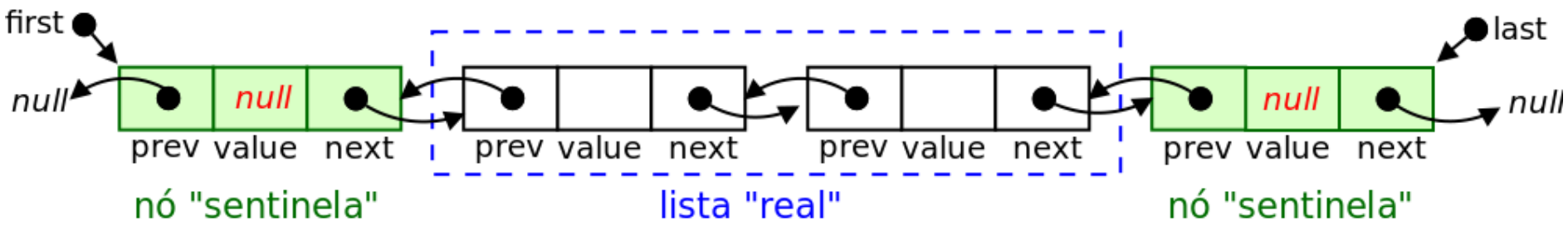
- Os nós têm portanto de ter também referência para o anterior:

```
public class DNode<T> {
    private T value;        // Valor guardado no nó
    private DNode<T> prev; // Referência para o nó anterior da lista
    private DNode<T> next; // Referência para o próximo nó da lista

    // Construtor
    DNode(T v, DNode<T> p, DNode<T> n) {
        value = v;
        prev = p;
        next = n;
    }

    // Getters e Setters
    public T getValue() { return value; }
    public DNode<T> getPrev()  { return prev; }
    public DNode<T> getNext()  { return next; }
    public void setValue(T v) { value=v; }
    public void setPrev(DNode<T> p) { prev = p; }
    public void setNext(DNode<T> n) { next = n; }
}
```

# Listas Duplamentes Ligadas - Implementação

- Não vamos discutir na teórica toda a implementação
- Uma implementação possível (`DoublyLinkedList<T>`) está disponível em: http://www.dcc.fc.up.pt/~pribeiro/aulas/edados1819/codigo/

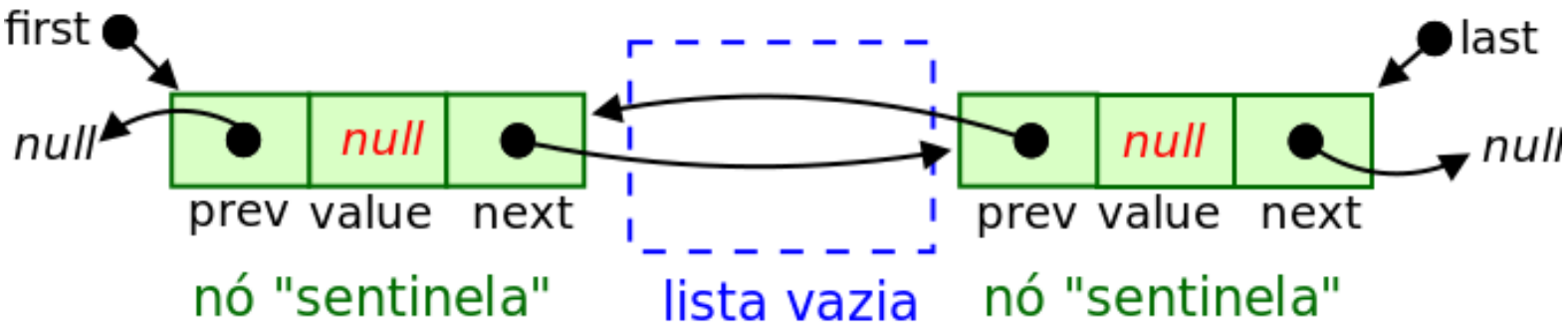
- Vamos apenas abordar uma técnica muito útil usada na implementação
- Por vezes quando existem muitos casos "excepcionais", é mais "fácil" criar **sentinelas**: dados "fictícios" /"*dummy*" que nos permitem deixar de ter esses casos limite.
- Vamos adicionar dois nós sentinelas: um no **início** e outro no **fim**. Com isto:
  - Casos excepcionais da lista "vazia" ou tamanho 1 nunca acontecem
  - Nunca temos de adicionar ao verdadeiro "início" ou "fim": qualquer inserção é sempre no meio de dois nós



# Listas Duplamentes Ligadas - Implementação

- No início basta criar a lista já com os dois nós sentinelas:

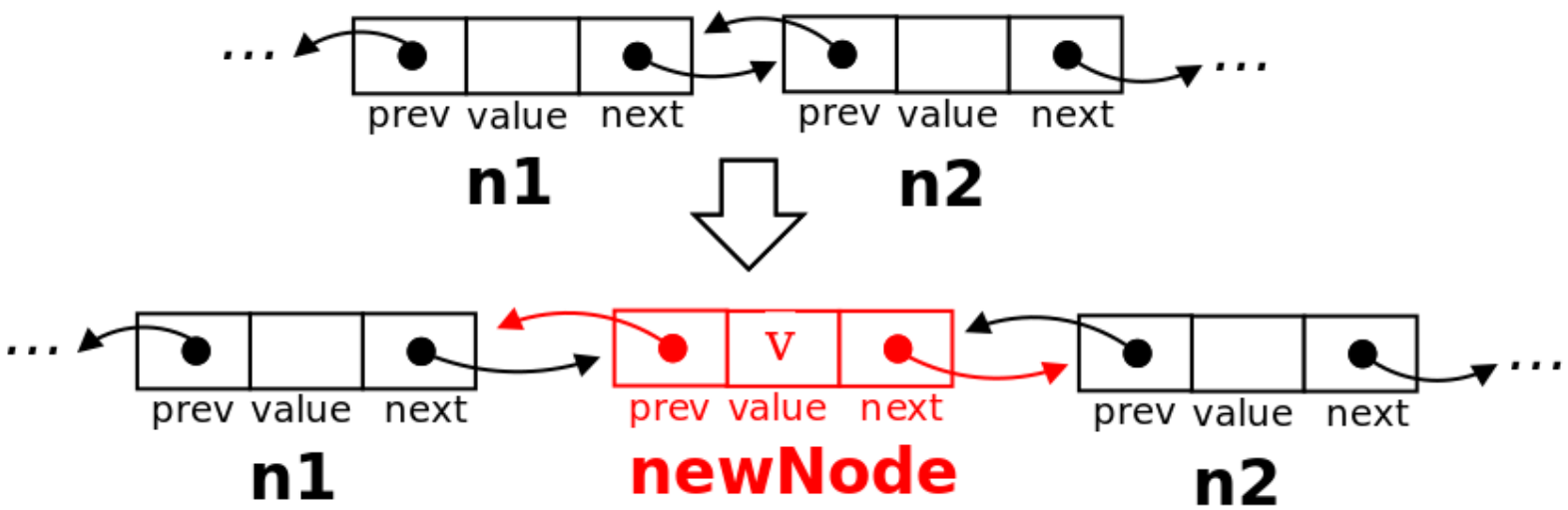
```
// Construtor (cria lista vazia com dois nós sentinelas)
DoublyLinkedList() {
    first = new DNode<T>(null, null, null);
    last  = new DNode<T>(null, first, null); // Antes do último vem o 1º
    first.setNext(last); // A seguir ao primeiro vem o último
    size = 0;
}
```



# Listas Duplamentes Ligadas - Implementação

- Qualquer **inserção** passa a ser agora **inserir entre dois nós**
  - Nunca inserimos antes do primeiro nó sentinela
  - Nunca inserimos depois do segundo nó sentinela
- Código para inserir entre dois nós:

```
// Adiciona elemento entre dois nós n1 e n2
private void addBetween(T v, DNode<T> n1, DNode<T> n2) {
   DNode<T> newNode = new DNode<T>(v, n1, n2);
   n1.setNext(newNode);
   n2.setPrev(newNode);
   size++;
}
```



# Listas Duplamentes Ligadas - Implementação

- Para inserir no início ou no fim é só chamar o **addBetween**:
  - **addFirst** é inserir entre first e first.next
  - **addLast** é inserir entre last.prev e last

```
// Adiciona v ao início da lista
public void addFirst(T v) {
   addBetween(v, first, first.getNext());
}

// Adiciona v ao final da lista
public void addLast(T v) {
   addBetween(v, last.getPrev(), last);
}
```

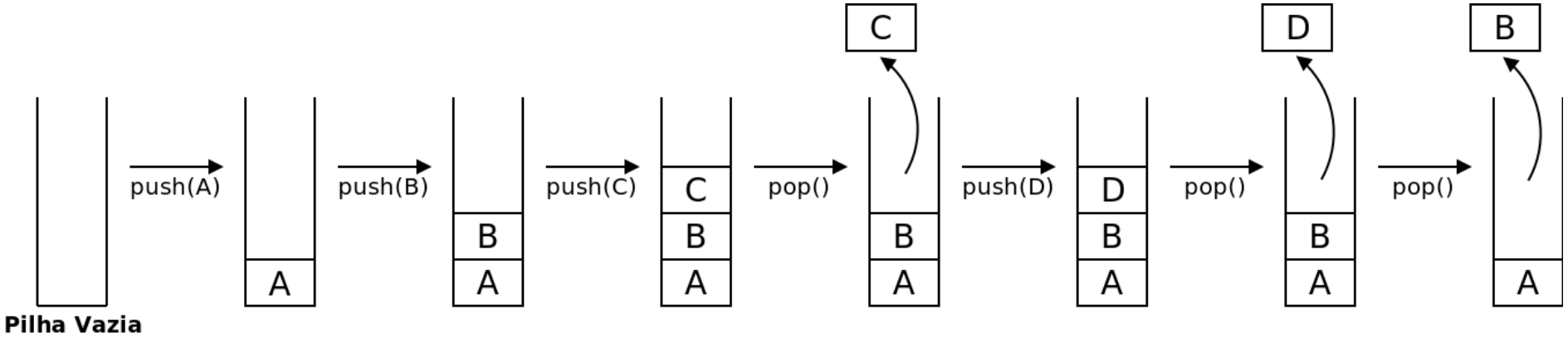
- Podem ver o resto da implementação no código disponibilizado. Ex:
  - Para remover um nó *n* é só colocar o *n.prev* a apontar para *n.next* (e vice-versa)

# Tipos Abstractos de Dados (TADs) sequenciais

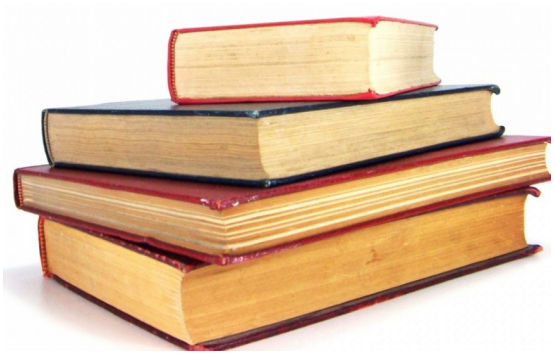
- Listas ligadas e arrays são exemplos de **estruturas de dados "primárias"** (cada uma com as suas vantagens e desvantagens)
- Subindo um pouco o **nível de abstração**, vamos agora abordar **TADs sequenciais**: para que servem e como usá-las.
- Vamos falar de 3 TADs diferentes:
  - **Pilhas (Stacks)**
  - **Filas (Queues)**
  - **Filas com 2 extremos (Deques - Double Ended Queues)**
- Estes TADs podem ser implementados de diferentes maneiras (ex: usando arrays ou listas ligadas)
- Estes TADs vão ser mais tarde *"legos básicos"* para outros algoritmos que vão aprender nesta e noutras unidades curriculares. Por exemplo:
  - O algoritmo de **pesquisa em largura** num grafo usa a noção de *fila*
  - O algoritmo de Tarjan para descobrir **componentes fortementemente conexos** usa a noção de *pilha*

# Pilhas

- Uma **Pilha** (**Stack**) é um TAD para guardar uma coleção de elementos suportando duas operações principais:
  - **push(x)** que adiciona um elemento $x$ à coleção
  - **pop()** que retira o último elemento que foi adicionado




- Por ter estas propriedades diz-se que é **LIFO** (*Last In, First Out*)
- Uma pilha simula precisamente uma "pilha de coisas", de objectos *empilhados* uns em cima dos outros.



# Pilhas - Interface MyStack

- Para além do push($x$) e pop() é usual ter-se operações **top()** para ver o elemento no topo da pilha, **size()** (para saber o tamanho) e **isEmpty()** (para saber se está vazia)
- Vamos criar um interface **MyStack** para representar este TAD. Recordem que o interface só define a API (os métodos), mas não como implementá-los. (usamos o nome *MyStack* para distinguir do *Stack* que existe na própria linguagem Java)

```
public interface MyStack<T> {

    // Métodos que modificam a pilha
    public void push(T v); // Coloca um valor no topo da pilha
    public T pop();        // Retira e retorna o valor no topo da pilha

    // Métodos que acedem a informação (sem modificar)
    public T top();            // Retorna valor no topo da pilha
    public int size();         // Retorna quantidade de elementos na pilha
    public boolean isEmpty(); // Indica se a pilha está vazia
}
```

# Pilhas - Uma possível implementação

- Para implementar podemos por exemplo usar... **listas ligadas**
- A implementação quase *direta* a partir dos métodos que já temos. Estamos só a **adaptar** uma classe existente, expondo-a num interface.
- Usaremos **listas duplamente ligadas** (como também poderiam ter sido listas ligadas simples ou circulares)

```
public class LinkedListStack<T> implements MyStack<T> {
   private DoublyLinkedList<T> list;

   LinkedListStack() { list = new DoublyLinkedList<T>();}

   public void push(T v) { list.addFirst(v); }
   public T pop() {
      T ans = list.getFirst();
      list.removeFirst();
      return ans;
   }
   public T top() { return list.getFirst();}
   public int size() {return list.size();}
   public boolean isEmpty() {return list.isEmpty();}
   public String toString() {return list.toString();}
}
```

# Pilhas - Um exemplo de utilização

- Agora estamos prontos para criar e usar pilhas:

```
public class TestMyStack {
   public static void main(String[] args) {
      // Criação da pilha
      MyStack<Integer> s = new LinkedListStack<Integer>();

      // Exemplo de inserção de elementos na pilha
      for (int i=1; i<=8; i++)
         s.push(i); // insere i no topo da pilha
      System.out.println(s);
      // Exemplo de remoção de elementos na pilha
      for (int i=0; i<4; i++) {
         int aux = s.pop(); // retira o elemento no topo da pilha
         System.out.println("s.pop() = " + aux);
      }
      System.out.println(s);
      // Exemplo de utilização dos outros métodos
      System.out.println("s.size() = " + s.size());
      System.out.println("s.isEmpty() = " + s.isEmpty());
      System.out.println("s.top() = " + s.top());
   }
}
```

# Pilhas - Usando outra implementação

- Notem como foi feita a criação da pilha:

```
MyStack<Integer> s = new LinkedListStack<Integer>();
```

  - A variável *s* é do tipo `MyStack` (um interface). Isto permite que no resto do código possam ser usadas operações como $s.push(x)$ ou $s.pop()$
  - À variável é atribuida uma nova instância de... `LinkedListStack`. Isto é possível porque essa classe **implementa** o MyStack e define qual a implementação real da pilha.

- Imaginando que tínhamos uma outra implementação de pilhas baseada em arrays chamada `ArrayStack`, bastaria mudar a linha para:

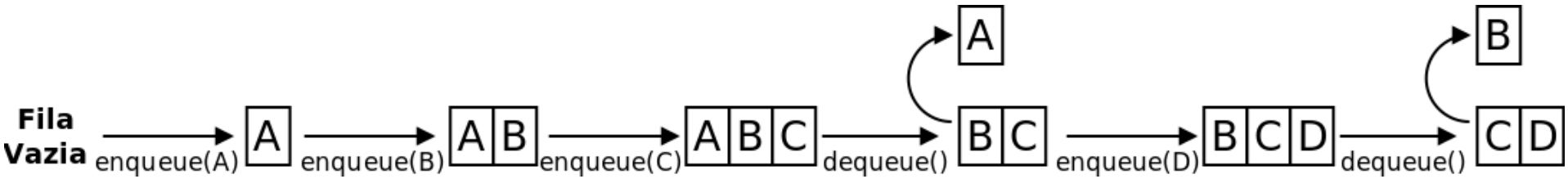
```
MyStack<Integer> s = new ArrayStack<Integer>();
```

  Todo o resto do programa continuaria a funcionar (sem mudar mais nada), sendo que agora estaria a ser usada a implementação baseada em arrays (podem ver um ex. de implementação com arrays no site).

- Isto dá-vos logo uma boa ideia do potencial de usar *interfaces*!

# Filas

- Uma **Fila** (**Queue**) é um TAD para guardar uma coleção de elementos suportando duas operações principais:
  - **enqueue(x)** que adiciona um elemento $x$ à coleção
  - **dequeue()** que retira o elemento que foi adicionado há mais tempo




- Por ter estas propriedades diz-se que é **FIFO** (*First In, First Out*)
- Uma pilha simula precisamente uma "fila de objectos", como uma fila de atendimento ao público num supermercado ou num banco

# Filas - Interface MyQueue

- Para além do push($x$) e pop() é usual ter-se operações **first()** para ver o elemento no início da fila, **size()** (para saber o tamanho) e **isEmpty()** (para saber se está vazia)
- Vamos criar um interface **MyQueue** para representar este TAD. Recordem que o interface só define a API (os métodos), mas não como implementá-los. (usamos o nome *MyQueue* para distinguir da *Queue* que existe na própria linguagem Java)

```
public interface MyQueue<T> {

    // Métodos que modificam a fila
    public void enqueue(T v); // Coloca um valor no final da fila
    public T dequeue();       // Retira e retorna o valor no inicio da fila

    // Métodos que acedem a informação (sem modificar)
    public T first();         // Retorna valor no inicio da fila
    public int size();        // Retorna quantidade de elementos na fila
    public boolean isEmpty(); // Indica se a fila está vazia
}
```

# Filas - Uma possível implementação

- Vamos implementar com listas ligadas tal como fizemos com as pilhas
- Tal como anteriormente, estamos só a **adaptar** uma classe existente, com implementação quase directa a partir dos métodos que já temos.

```
public class LinkedListQueue<T> implements MyQueue<T> {
   private DoublyLinkedList<T> list;

   LinkedListQueue() { list = new DoublyLinkedList<T>();}

   public void enqueue(T v) { list.addLast(v); }
   public T dequeue() {
      T ans = list.getFirst();
      list.removeFirst();
      return ans;
   }
   public T first() { return list.getFirst();}
   public int size() {return list.size();}
   public boolean isEmpty() {return list.isEmpty();}

   public String toString() {return list.toString();}
}
```

# Filas - Um exemplo de utilização

- Agora estamos prontos para criar e usar filas:

```
public class TestMyQueue {
   public static void main(String[] args) {
      // Criação da fila
      MyQueue<Integer> q = new LinkedListQueue<Integer>();

      // Exemplo de inserção de elementos na fila
      for (int i=1; i<=8; i++)
         q.enqueue(i); // insere i no final da fila
      System.out.println(q);
      // Exemplo de remoção de elementos da fila
      for (int i=0; i<4; i++) {
         int aux = q.dequeue(); // retira o elemento no topo da pilha
         System.out.println("q.dequeue() = " + aux);
      }
      System.out.println(q);
      // Exemplo de utilização dos outros métodos
      System.out.println("q.size() = " + q.size());
      System.out.println("q.isEmpty() = " + q.isEmpty());
      System.out.println("q.first() = " + q.first());
   }
}
```

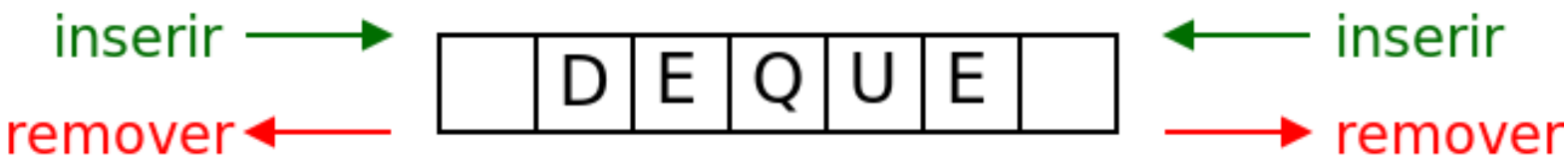
# Deques - Interface

- Um **Deque** (*double ended queue*) é um TAD que generaliza uma fila e permite inserir e remover elementos no início ou no final da fila (mas não inserir ou remover no meio).
- Corresponde quase à implementação que fizemos de lista ligadas:

```
public interface MyDeque<T> {

    // Métodos que modificam o deque
    public void addFirst(T v); // Coloca um valor no início da fila
    public void addLast(T v);  // Coloca um valor no final da fila
    public T removeFirst();    // Retira e retorna o valor no inicio da fila
    public T removeLast();     // Retira e retorna o valor no final da fila

    // Métodos que acedem a informação (sem modificar)
    public T first();          // Retorna valor no inicio da fila
    public T last();           // Retorna valor no final da fila
    public int size();         // Retorna quantidade de elementos na fila
    public boolean isEmpty();  // Indica se a fila está vazia
}
```

# Deques - Implementação

- Uma implementação com listas duplamente ligadas está disponível no site:
  - **class** `LinkedListDeque<T>`
- Um exemplo de utilização está também disponível no site:
  - **class** `TestDeque`



# Classes do Java

- Nas últimas aulas temos implementado as nossas próprias classes de listas ligadas e TADS como as pilhas e filas
- A linguagem Java também tem disponíveis estas estruturas de dados:
  - classe `LinkedList<T>`:

    https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/LinkedList.html
  - classe `Stack<T>`:

    https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/Stack.html
  - interface `List<T>`:

    https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/List.html
  - interface `Queue<T>`:

    https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/Queue.html
  - interface `Deque<T>`:

    https://docs.oracle.com/avase/8/docs/api/java/util/Deque.html
- A documentação diz classes que implementam cada interface. Exemplo:
  - `Deque` é implementado, entre outros, por `LinkedList` e `ArrayDeque`
  - `List` é implementado, entre outros, por `LinkedList` e `ArrayList` e `Vector`

# Exemplo de uso das classes do Java

- Um exemplo de uso de um Deque do Java

```
import java.util.*; // Incluir todas as classes do package java.util

class TestDeque {
   public static void main(String[] args) {
      Deque<Integer> d = new LinkedList<Integer>();

      d.addLast(1);
      d.addLast(2);
      d.addFirst(3);
      d.addFirst(4);
      System.out.println(d);
   }
}
```

# Sobre o uso de iteradores

- Algumas classes de sequências de Java implementam o interface `Iterable<T>`
- Isto significa que são "percorríveis" e têm disponíveis dois métodos:
  - `hasNext()`: devolve *true* se ainda existe outro elemento na sequência, ou false caso contrário
  - `next()`: devolve o próximo elemento na sequência
- A combinação destes dois métodos permite ma maneira genérica de percorrer todos os elementos. Imagine por exemplo uma instância *iter* de `Iterator<String>`. Pode ser percorrida usando algo como:

```
while (iter.hasNext()) {
   String value = iter.next();
   System.out.println(value);
}
```

# Sobre o uso de iteradores: foreach

- Este padrão é tão comum que o Java disponibiliza um sintaxe de ciclo para facilitar a maneira como percorremos uma sequência iterável (um *"foreach"*):

```
for (ElementType variable : sequence) {
   LoopInstructions
}
```

- Um exemplo com listas ligadas, supondo que *list* é uma `LinkedList<Integer>`:

```
LinkedList<Integer> list = new LinkedList<Integer>();

// (...)  instruções para colocar elementos na lista

for (int value : list) {
   System.out.println(value);
}
```