

Aula 10

Estruturas de Dados

Listas Ligadas

Programação 2, 2º semestre 2013-2014

v0.6, 09-05-2013

[Lista Ligada](#)

[Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada](#)

[Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada](#)

[Lista Biligada](#)

[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas](#)

- 1 Lista Ligada
- 2 Pilha: Representação Interna com Lista Ligada
- 3 Fila: Representação Interna com Lista Ligada
- 4 Lista Biligada
Lista Biligada Fechada
- 5 Comparação com Tipos de Listas Ligadas

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

- 1 Lista Ligada
- 2 Pilha: Representação Interna com Lista Ligada
- 3 Fila: Representação Interna com Lista Ligada
- 4 Lista Biligada
Lista Biligada Fechada
- 5 Comparação com Tipos de Listas Ligadas

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

- Estrutura de dados sequencial em que cada elemento da lista contém uma referência para o próximo elemento.
 - Essa referência terá o valor null caso seja o último elemento.
- É uma estrutura de dados **recursiva** (esse tipo de dados diz-se recursivo já que contém uma referência para si próprio).
- Ao contrário do array, é completamente dinâmica.
 - No entanto, o array é um conceito mais simples.
- Requer a criação de um tipo Nó para cada elemento.

Lista Ligada

Pilha: Representação Interna com Lista Ligada

Fila: Representação Interna com Lista Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com Tipos de Listas Ligadas

Lista Ligada

Pilha: Representação Interna com Lista Ligada

Fila: Representação Interna com Lista Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com Tipos de Listas Ligadas

- Estrutura de dados sequencial em que cada elemento da lista contém uma referência para o próximo elemento.
 - Essa referência terá o valor null caso esse elemento não exista.
- É uma estrutura de dados **recursiva** (esse tipo de dados diz-se recursivo já que contém uma referência para si próprio).
- Ao contrário do array, é completamente dinâmica.
 - No entanto, obriga a um acesso sequencial.
- Requer a criação de um tipo Nó para cada elemento.

- Estrutura de dados sequencial em que cada elemento da lista contém uma referência para o próximo elemento.
 - Essa referência terá o valor null caso esse elemento não exista.
- É uma estrutura de dados **recursiva** (esse tipo de dados diz-se recursivo já que contém uma referência para si próprio).
- Ao contrário do array, é completamente dinâmica.
 - No entanto, obriga a um acesso sequencial.
- Requer a criação de um tipo Nó para cada elemento.

Lista Ligada

Pilha: Representação Interna com Lista Ligada

Fila: Representação Interna com Lista Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com Tipos de Listas Ligadas

- Estrutura de dados sequencial em que cada elemento da lista contém uma referência para o próximo elemento.
 - Essa referência terá o valor null caso esse elemento não exista.
- É uma estrutura de dados **recursiva** (esse tipo de dados diz-se recursivo já que contém uma referência para si próprio).
- Ao contrário do array, é completamente dinâmica.
 - No entanto, obriga a um acesso sequencial.
- Requer a criação de um tipo Nó para cada elemento.

Lista Ligada

Pilha: Representação Interna com Lista Ligada

Fila: Representação Interna com Lista Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com Tipos de Listas Ligadas

- Estrutura de dados sequencial em que cada elemento da lista contém uma referência para o próximo elemento.
 - Essa referência terá o valor null caso esse elemento não exista.
- É uma estrutura de dados **recursiva** (esse tipo de dados diz-se recursivo já que contém uma referência para si próprio).
- Ao contrário do array, é completamente dinâmica.
 - No entanto, obriga a um acesso sequencial.
- Requer a criação de um tipo Nó para cada elemento.

Lista Ligada

Pilha: Representação Interna com Lista Ligada

Fila: Representação Interna com Lista Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com Tipos de Listas Ligadas

Lista Ligada

[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Lista Biligada](#)

[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Estrutura de dados sequencial em que cada elemento da lista contém uma referência para o próximo elemento.
 - Essa referência terá o valor null caso esse elemento não exista.
- É uma estrutura de dados **recursiva** (esse tipo de dados diz-se recursivo já que contém uma referência para si próprio).
- Ao contrário do array, é completamente dinâmica.
 - No entanto, obriga a um acesso sequencial.
- Requer a criação de um tipo Nó para cada elemento.

Lista Ligada

[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Lista Biligada](#)

[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Estrutura de dados sequencial em que cada elemento da lista contém uma referência para o próximo elemento.
 - Essa referência terá o valor null caso esse elemento não exista.
- É uma estrutura de dados **recursiva** (esse tipo de dados diz-se recursivo já que contém uma referência para si próprio).
- Ao contrário do array, é completamente dinâmica.
 - No entanto, obriga a um acesso sequencial.
- Requer a criação de um tipo Nó para cada elemento.

Lista Ligada: Exemplo

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

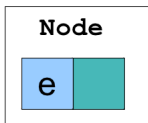
Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Lista Ligada: Exemplo



Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Lista Ligada: Exemplo

Lista Ligada

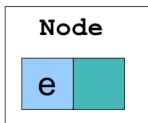
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



```
class Node
{
    int e;
    Node next;
}
```



Pilha: módulo

- Nome do módulo:

 - Stack

- Serviços:

 - push: insere um elemento no topo da pilha

 - pop: retira o elemento no topo da pilha

 - top: retorna o elemento no topo da pilha

 - isEmpty: verifica se a pilha está vazia

 - isFull: verifica se a pilha está cheia

 - size: retorna a dimensão actual da pilha

 - clear: limpa a pilha (retira todos os elementos)

- Nome do módulo:
 - `Stack`
- Serviços:
 - `push`: insere um elemento no topo da pilha
 - `pop`: retira o elemento no topo da pilha
 - `top`: retorna o elemento no topo da pilha
 - `isEmpty`: verifica se a pilha está vazia
 - `isFull`: verifica se a pilha está cheia
 - `size`: retorna a dimensão actual da pilha
 - `clear`: limpa a pilha (retira todos os elementos)

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

- Nome do módulo:
 - `Stack`
- Serviços:
 - `push`: insere um elemento no topo da pilha
 - `pop`: retira o elemento no topo da pilha
 - `top`: retorna o elemento no topo da pilha
 - `isEmpty`: verifica se a pilha está vazia
 - `isFull`: verifica se a pilha está cheia
 - `size`: retorna a dimensão actual da pilha
 - `clear`: limpa a pilha (retira todos os elementos)

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

[Lista Ligada](#)

[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Lista Biligada](#)

[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Nome do módulo:
 - `Stack`
- Serviços:
 - `push`: insere um elemento no topo da pilha
 - `pop`: retira o elemento no topo da pilha
 - `top`: retorna o elemento no topo da pilha
 - `isEmpty`: verifica se a pilha está vazia
 - `isFull`: verifica se a pilha está cheia
 - `size`: retorna a dimensão actual da pilha
 - `clear`: limpa a pilha (retira todos os elementos)

- Nome do módulo:
 - `Stack`
- Serviços:
 - `push`: insere um elemento no topo da pilha
 - `pop`: retira o elemento no topo da pilha
 - `top`: retorna o elemento no topo da pilha
 - `isEmpty`: verifica se a pilha está vazia
 - `isFull`: verifica se a pilha está cheia
 - `size`: retorna a dimensão actual da pilha
 - `clear`: limpa a pilha (retira todos os elementos)

[Lista Ligada](#)

[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Lista Biligada](#)

[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Nome do módulo:
 - `Stack`
- Serviços:
 - `push`: insere um elemento no topo da pilha
 - `pop`: retira o elemento no topo da pilha
 - `top`: retorna o elemento no topo da pilha
 - `isEmpty`: verifica se a pilha está vazia
 - `isFull`: verifica se a pilha está cheia
 - `size`: retorna a dimensão actual da pilha
 - `clear`: limpa a pilha (retira todos os elementos)

- Nome do módulo:
 - `Stack`
- Serviços:
 - `push`: insere um elemento no topo da pilha
 - `pop`: retira o elemento no topo da pilha
 - `top`: retorna o elemento no topo da pilha
 - `isEmpty`: verifica se a pilha está vazia
 - `isFull`: verifica se a pilha está cheia
 - `size`: retorna a dimensão actual da pilha
 - `clear`: limpa a pilha (retira todos os elementos)

[Lista Ligada](#)

[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Lista Biligada](#)

[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Nome do módulo:
 - `Stack`
- Serviços:
 - `push`: insere um elemento no topo da pilha
 - `pop`: retira o elemento no topo da pilha
 - `top`: retorna o elemento no topo da pilha
 - `isEmpty`: verifica se a pilha está vazia
 - `isFull`: verifica se a pilha está cheia
 - `size`: retorna a dimensão actual da pilha
 - `clear`: limpa a pilha (retira todos os elementos)

- Nome do módulo:
 - `Stack`
- Serviços:
 - `push`: insere um elemento no topo da pilha
 - `pop`: retira o elemento no topo da pilha
 - `top`: retorna o elemento no topo da pilha
 - `isEmpty`: verifica se a pilha está vazia
 - `isFull`: verifica se a pilha está cheia
 - `size`: retorna a dimensão actual da pilha
 - `clear`: limpa a pilha (retira todos os elementos)

[Lista Ligada](#)

[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Lista Biligada](#)

[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Nome do módulo:
 - `Stack`
- Serviços:
 - `push`: insere um elemento no topo da pilha
 - `pop`: retira o elemento no topo da pilha
 - `top`: retorna o elemento no topo da pilha
 - `isEmpty`: verifica se a pilha está vazia
 - `isFull`: verifica se a pilha está cheia
 - `size`: retorna a dimensão actual da pilha
 - `clear`: limpa a pilha (retira todos os elementos)

[Lista Ligada](#)

[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Lista Biligada](#)

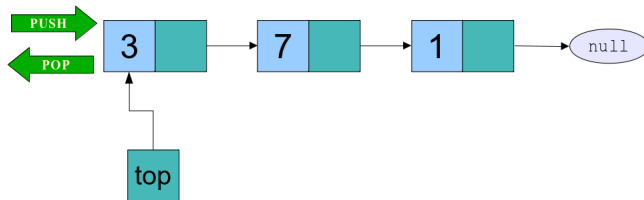
[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Nome do módulo:
 - `Stack`
- Serviços:
 - `push`: insere um elemento no topo da pilha
 - `pop`: retira o elemento no topo da pilha
 - `top`: retorna o elemento no topo da pilha
 - `isEmpty`: verifica se a pilha está vazia
 - `isFull`: verifica se a pilha está cheia
 - `size`: retorna a dimensão actual da pilha
 - `clear`: limpa a pilha (retira todos os elementos)

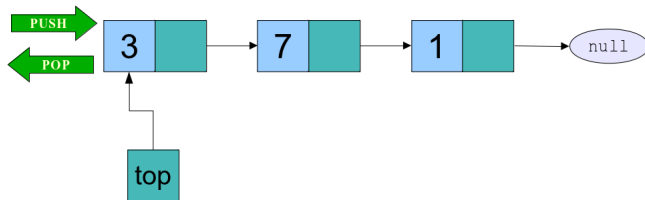
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Os novos elementos (i.e. dados) são inseridos e retirados pelo topo (top)
- $LIFO$ (verbo *top-down*)!



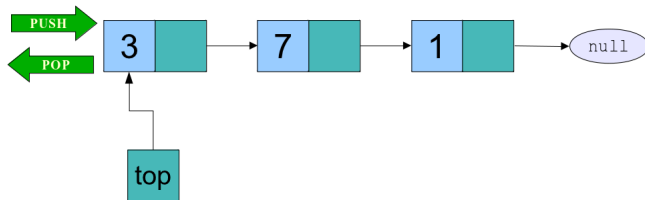
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Os novos elementos (i.e. dados) são inseridos e retirados pelo topo (top)
 - LIFO vazio: `top=null`



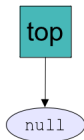
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Os novos elementos (i.e. dados) são inseridos e retirados pelo topo (`top`)
 - LIFO vazio: `top=null`



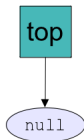
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Inserção do primeiro elemento



Pilha: Implementação com Lista Ligada

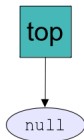
- Inserção do primeiro elemento



Pilha: Implementação com Lista Ligada

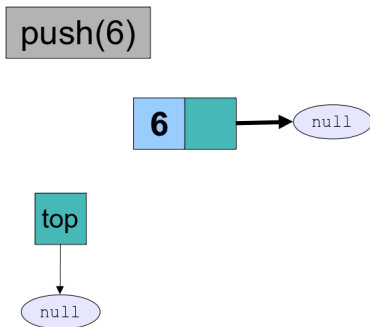
- Inserção do primeiro elemento

push(6)



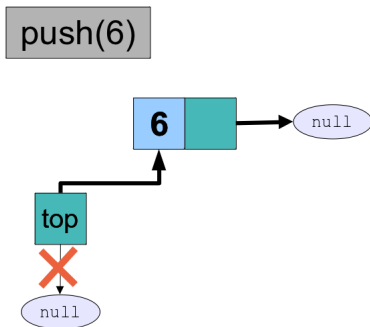
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Inserção do primeiro elemento



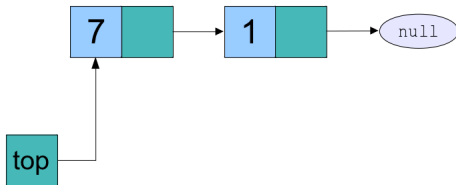
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Inserção do primeiro elemento



Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Inserção de outros elementos



Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

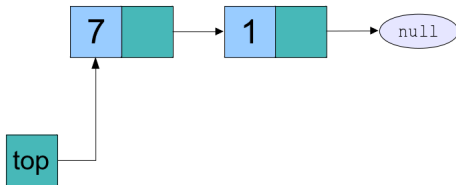
Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

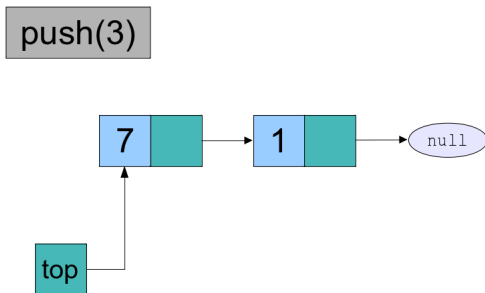
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Inserção de outros elementos



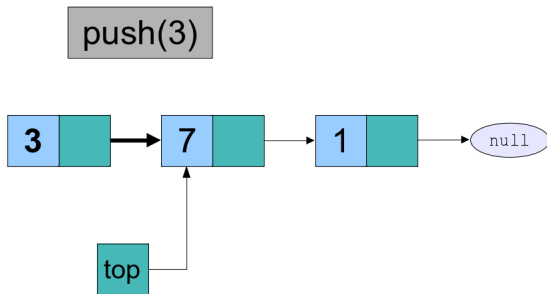
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Inserção de outros elementos



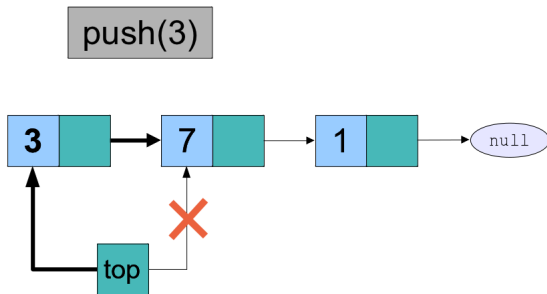
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Inserção de outros elementos



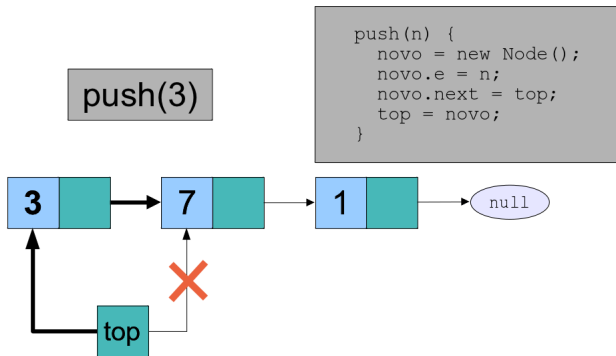
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Inserção de outros elementos



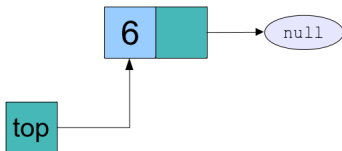
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Inserção de outros elementos



Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Remoção do último elemento



Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

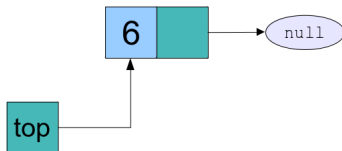
Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

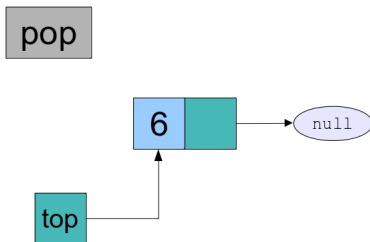
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Remoção do último elemento



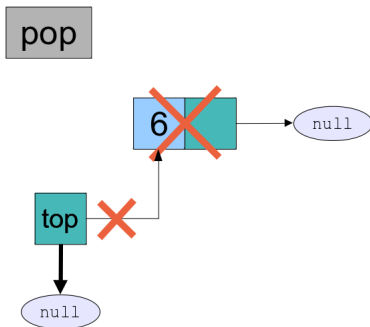
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Remoção do último elemento



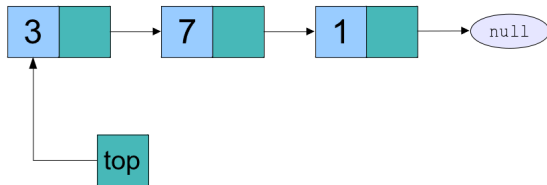
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Remoção do último elemento



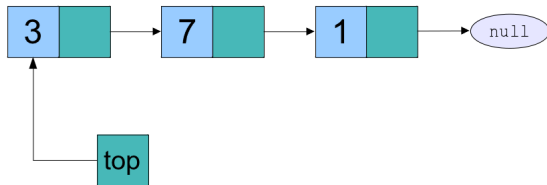
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Remoção de outro elemento



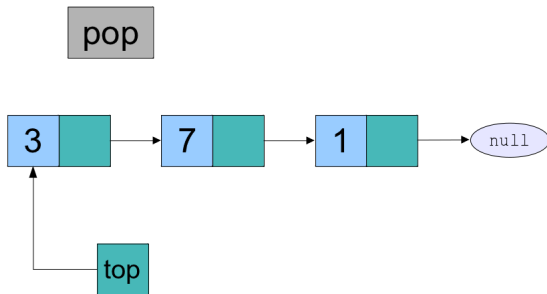
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Remoção de outro elemento



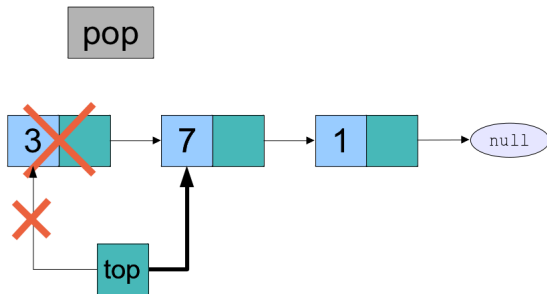
Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Remoção de outro elemento



Pilha: Implementação com Lista Ligada

- Remoção de outro elemento



Pilha: Implementação com Lista Ligada

```
public class Stack<T> {  
  
    public void push(T e) {  
        assert !isFull();  
  
        Node<T> n = new Node<T>();  
        n.e = e;  
        n.next = top;  
        top = n;  
        size++;  
    }  
  
    public void pop() {  
        assert !isEmpty();  
  
        top = top.next;  
        size--;  
    }  
  
    public T top() {  
        assert !isEmpty();  
  
        return top.e;  
    }  
}
```

```
    public boolean isEmpty() {  
        return top == null;  
    }  
  
    public int size() {  
        return size;  
    }  
  
    private Node<T> top = null;  
    private int size = 0;  
  
    private class Node<T> {  
        T e;  
        Node<T> next;  
    }  
}
```

Pilha: Implementação com Lista Ligada

```
public class Stack<T> {  
  
    public void push(T e) {  
        assert !isFull();  
  
        Node<T> n = new Node<T>();  
        n.e = e;  
        n.next = top;  
        top = n;  
        size++;  
    }  
  
    public void pop() {  
        assert !isEmpty();  
  
        top = top.next;  
        size--;  
    }  
  
    public T top() {  
        assert !isEmpty();  
  
        return top.e;  
    }  
}
```

```
    public boolean isEmpty() {  
        return top == null;  
    }  
  
    public int size() {  
        return size;  
    }  
  
    private Node<T> top = null;  
    private int size = 0;  
  
    private class Node<T> {  
        T e;  
        Node<T> next;  
    }  
}
```


- Nome do módulo:

 - Queue

- Serviços:

 - add(): insere um elemento no fim da fila

 - pop(): remove o elemento do início da fila

 - peek(): retorna o elemento do início da fila

 - isEmpty(): verifica se a fila está vazia

 - isFull(): verifica se a fila está cheia

 - size(): retorna a dimensão actual da fila

 - clear(): limpa a fila (remove todos os elementos)

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

- Nome do módulo:
 - Queue
- Serviços:
 - in: insere um elemento no fim da fila
 - out: retira elemento do início da fila
 - peek: retorna o elemento do início da fila
 - isEmpty: verifica se a fila está vazia
 - isFull: verifica se a fila está cheia
 - size: retorna a dimensão actual da fila
 - clear: limpa a fila (retira todos os elementos)

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

- Nome do módulo:
 - Queue
- Serviços:
 - in: insere um elemento no fim da fila
 - out: retira elemento do início da fila
 - peek: retorna o elemento do início da fila
 - isEmpty: verifica se a fila está vazia
 - isFull: verifica se a fila está cheia
 - size: retorna a dimensão actual da fila
 - clear: limpa a fila (retira todos os elementos)

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

- Nome do módulo:
 - Queue
- Serviços:
 - `in`: insere um elemento no fim da fila
 - `out`: retira elemento do início da fila
 - `peek`: retorna o elemento do início da fila
 - `isEmpty`: verifica se a fila está vazia
 - `isFull`: verifica se a fila está cheia
 - `size`: retorna a dimensão actual da fila
 - `clear`: limpa a fila (retira todos os elementos)

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

- Nome do módulo:
 - Queue
- Serviços:
 - `in`: insere um elemento no fim da fila
 - `out`: retira elemento do início da fila
 - `peek`: retorna o elemento do início da fila
 - `isEmpty`: verifica se a fila está vazia
 - `isFull`: verifica se a fila está cheia
 - `size`: retorna a dimensão actual da fila
 - `clear`: limpa a fila (retira todos os elementos)

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

- Nome do módulo:
 - Queue
- Serviços:
 - in: insere um elemento no fim da fila
 - out: retira elemento do início da fila
 - peek: retorna o elemento do início da fila
 - isEmpty: verifica se a fila está vazia
 - isFull: verifica se a fila está cheia
 - size: retorna a dimensão actual da fila
 - clear: limpa a fila (retira todos os elementos)

[Lista Ligada](#)

[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Lista Biligada](#)

[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Nome do módulo:
 - Queue
- Serviços:
 - in: insere um elemento no fim da fila
 - out: retira elemento do início da fila
 - peek: retorna o elemento do início da fila
 - isEmpty: verifica se a fila está vazia
 - isFull: verifica se a fila está cheia
 - size: retorna a dimensão actual da fila
 - clear: limpa a fila (retira todos os elementos)

[Lista Ligada](#)

[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Lista Biligada](#)

[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Nome do módulo:
 - Queue
- Serviços:
 - in: insere um elemento no fim da fila
 - out: retira elemento do início da fila
 - peek: retorna o elemento do início da fila
 - isEmpty: verifica se a fila está vazia
 - isFull: verifica se a fila está cheia
 - size: retorna a dimensão actual da fila
 - clear: limpa a fila (retira todos os elementos)

[Lista Ligada](#)

[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Lista Biligada](#)

[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Nome do módulo:
 - Queue
- Serviços:
 - in: insere um elemento no fim da fila
 - out: retira elemento do início da fila
 - peek: retorna o elemento do início da fila
 - isEmpty: verifica se a fila está vazia
 - isFull: verifica se a fila está cheia
 - size: retorna a dimensão actual da fila
 - clear: limpa a fila (retira todos os elementos)

[Lista Ligada](#)

[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Lista Biligada](#)

[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Nome do módulo:
 - Queue
- Serviços:
 - in: insere um elemento no fim da fila
 - out: retira elemento do início da fila
 - peek: retorna o elemento do início da fila
 - isEmpty: verifica se a fila está vazia
 - isFull: verifica se a fila está cheia
 - size: retorna a dimensão actual da fila
 - clear: limpa a fila (retira todos os elementos)

[Lista Ligada](#)[Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada](#)[Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada](#)[Lista Biligada](#)[Lista Biligada Fechada](#)[Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas](#)

- Nome do módulo:
 - Queue
- Serviços:
 - in: insere um elemento no fim da fila
 - out: retira elemento do início da fila
 - peek: retorna o elemento do início da fila
 - isEmpty: verifica se a fila está vazia
 - isFull: verifica se a fila está cheia
 - size: retorna a dimensão actual da fila
 - clear: limpa a fila (retira todos os elementos)

Fila: Implementação com Lista Ligada

- Os novos elementos (i.e. dados) são inseridos pelo nó pin
- E os elementos são retirados pelo nó da outra extremidade (pout)
- É FIFO (first in, first out)

FILA: 3 7 1

Fila: Implementação com Lista Ligada

- Os novos elementos (i.e. dados) são inseridos pelo nó pin
- E os elementos são retirados pelo nó da outra extremidade (pout)
 - FIFO vazio: pout=pin=null

FILA: 3 7 1

Fila: Implementação com Lista Ligada

- Os novos elementos (i.e. dados) são inseridos pelo nó pin
- E os elementos são retirados pelo nó da outra extremidade (pout)
 - FIFO vazio: `pout=pin=null`

FILA: 3 7 1

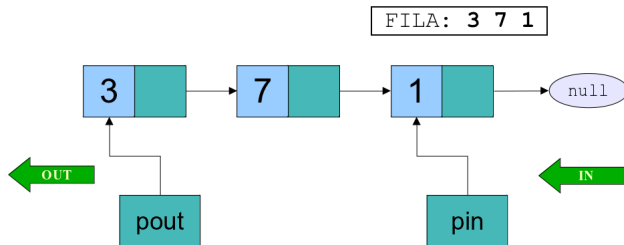
Fila: Implementação com Lista Ligada

- Os novos elementos (i.e. dados) são inseridos pelo nó `pin`
- E os elementos são retirados pelo nó da outra extremidade (`pout`)
 - FIFO vazio: `pout=pin=null`

FILA: 3 7 1

Fila: Implementação com Lista Ligada

- Os novos elementos (i.e. dados) são inseridos pelo nó `pin`
- E os elementos são retirados pelo nó da outra extremidade (`pout`)
 - FIFO vazio: `pout=pin=null`



Fila: Implementação com Lista Ligada

```
in(1)
```

```
size == 0
```

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Ligada

Lista Ligada

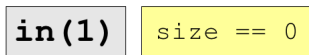
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Ligada

Lista Ligada

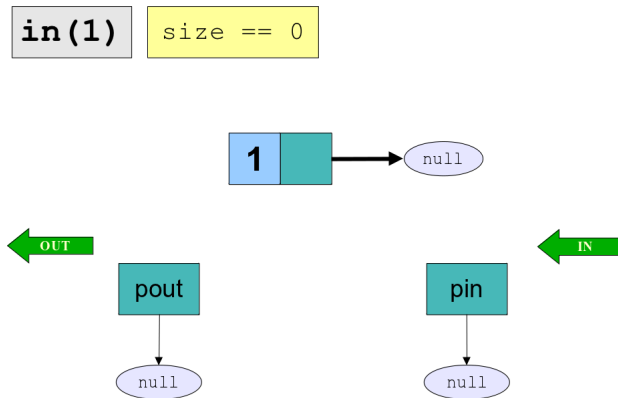
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Ligada

Lista Ligada

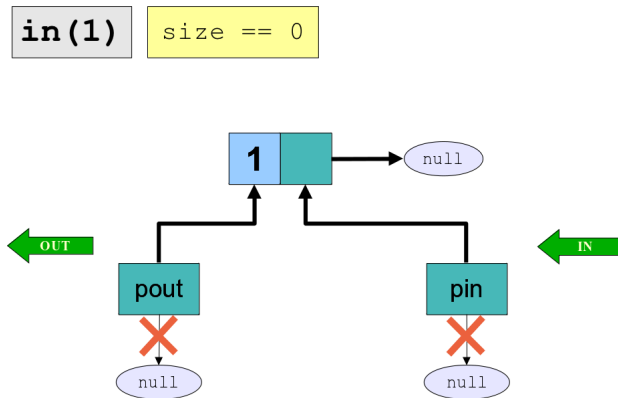
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Ligada

```
in(1)
```

```
size > 0
```

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Ligada

Lista Ligada

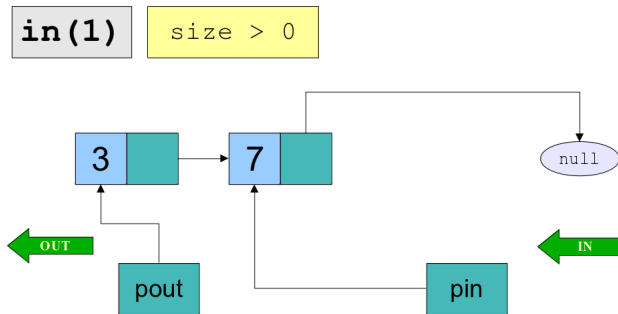
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Ligada

Lista Ligada

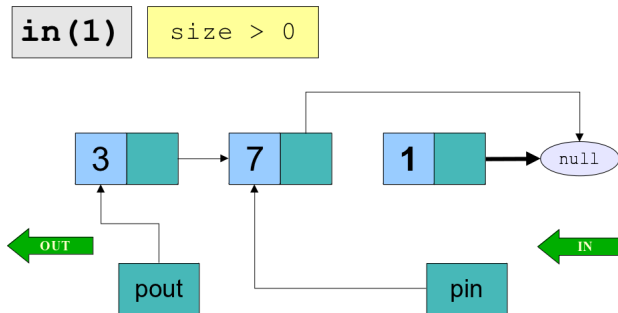
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Ligada

Lista Ligada

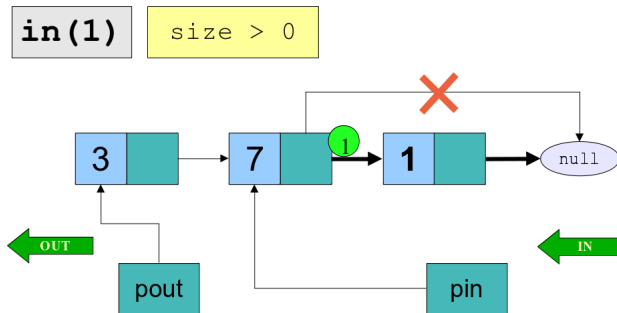
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Ligada

Lista Ligada

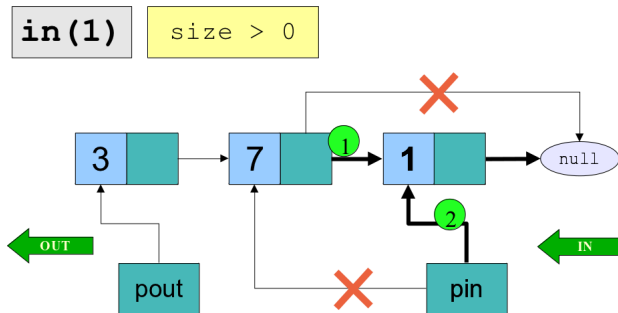
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Ligada

out

size == 1

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Ligada

Lista Ligada

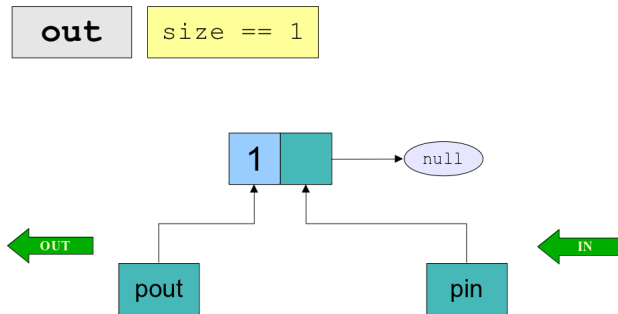
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Ligada

Lista Ligada

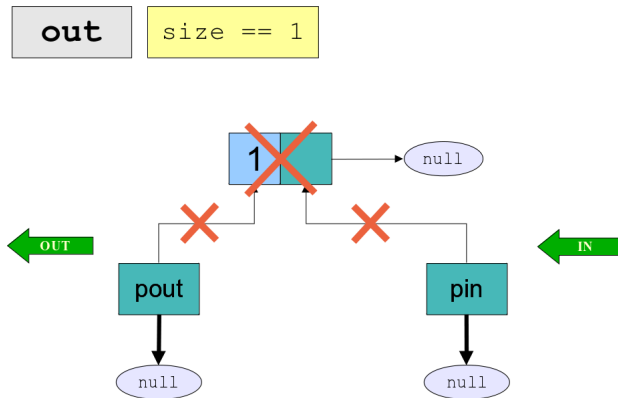
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Ligada

out

size > 1

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Ligada

Lista Ligada

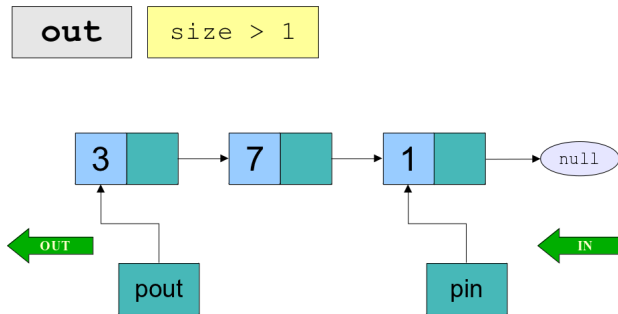
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Ligada

Lista Ligada

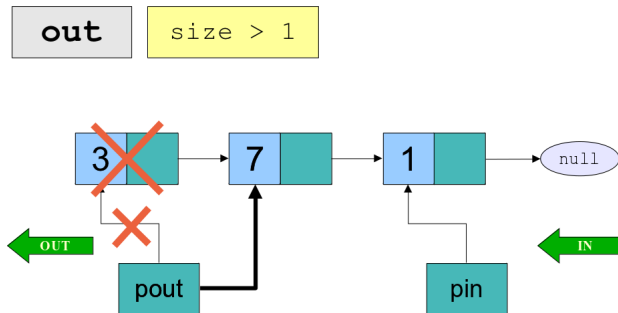
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Ligada

```
public class Queue<T> {  
  
    public void in(T e) {  
        //assert !isFull();  
  
        Node<T> n = new Node<T>();  
        n.e = e;  
        if (pout == null)  
            pout = n;  
        else  
            pin.next = n;  
        pin = n;  
        size++;  
    }  
  
    public void out() {  
        assert !isEmpty();  
  
        size--;  
        pout = pout.next;  
        if (pout == null)  
            pin = null;  
    }  
}
```

```
    public T peek() {  
        assert !isEmpty();  
  
        return pout.e;  
    }  
  
    public int size() {  
        return size;  
    }  
  
    public boolean isEmpty() {  
        return size() == 0;  
    }  
  
    private Node<T> pout = null;  
    private Node<T> pin = null;  
    private int size = 0;  
  
    private class Node<T> {  
        T e;  
        Node<T> next = null;  
    }  
}
```


Fila: Implementação com Lista Ligada

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

```
public class Queue<T> {  
  
    public void in(T e) {  
        //assert !isFull();  
  
        Node<T> n = new Node<T>();  
        n.e = e;  
        if (pout == null)  
            pout = n;  
        else  
            pin.next = n;  
        pin = n;  
        size++;  
    }  
  
    public void out() {  
        assert !isEmpty();  
  
        size--;  
        pout = pout.next;  
        if (pout == null)  
            pin = null;  
    }  
}
```

```
    public T peek() {  
        assert !isEmpty();  
  
        return pout.e;  
    }  
  
    public int size() {  
        return size;  
    }  
  
    public boolean isEmpty() {  
        return size == 0;  
    }  
  
    private Node<T> pout = null;  
    private Node<T> pin = null;  
    private int size = 0;  
  
    private class Node<T> {  
        T e;  
        Node<T> next = null;  
    }  
}
```

Lista Biligada

- Estrutura de dados sequencial em que cada elemento da lista contém uma referência para o próximo elemento e outra para o anterior.
 - Exemplo: `inteiros[0].proximo = 1` caso o elemento 0 que se refere não exista.
- Ao contrário da lista ligada, permite um acesso sequencial directo do fim para o início.
 - Facilita as operações de inserção e remoção de elementos (`InsereTopo`, `InsereCauda`, ...).

- Estrutura de dados sequencial em que cada elemento da lista contém uma referência para o próximo elemento e outra para o anterior.
 - Essas referências terão o valor `null` caso o elemento a que se refere não exista.
- Ao contrário da lista ligada, permite um acesso sequencial directo do fim para o início.
 - Facilita as operações de inserção e remoção de elementos (`insereTopo`, `insereCauda`, ...).

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

- Estrutura de dados sequencial em que cada elemento da lista contém uma referência para o próximo elemento e outra para o anterior.
 - Essas referências terão o valor `null` caso o elemento a que se refere não exista.
- Ao contrário da lista ligada, permite um acesso sequencial directo do fim para o início.
 - Facilita as operações de inserção e remoção de elementos (`insereTopo`, `insereCauda`, ...).

[Lista Ligada](#)

[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Lista Biligada](#)

[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

[Lista Ligada](#)[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)[Lista Biligada](#)[Lista Biligada Fechada](#)[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Estrutura de dados sequencial em que cada elemento da lista contém uma referência para o próximo elemento e outra para o anterior.
 - Essas referências terão o valor `null` caso o elemento a que se refere não exista.
- Ao contrário da lista ligada, permite um acesso sequencial directo do fim para o início.
 - Facilita as operações de inserção e remoção de elementos (`insereTopo`, `insereCauda`, ...).

[Lista Ligada](#)[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)[Lista Biligada](#)[Lista Biligada Fechada](#)[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Estrutura de dados sequencial em que cada elemento da lista contém uma referência para o próximo elemento e outra para o anterior.
 - Essas referências terão o valor `null` caso o elemento a que se refere não exista.
- Ao contrário da lista ligada, permite um acesso sequencial directo do fim para o início.
 - Facilita as operações de inserção e remoção de elementos (`insereTopo`, `insereCauda`, ...).

Lista Biligada

Lista Ligada

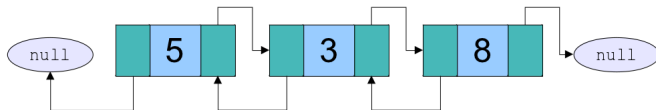
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

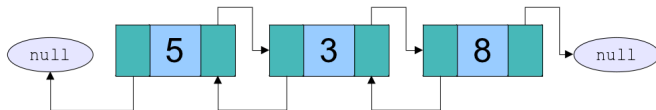
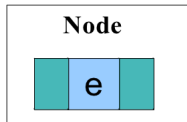
Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Lista Biligada



Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

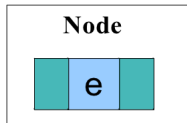
Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

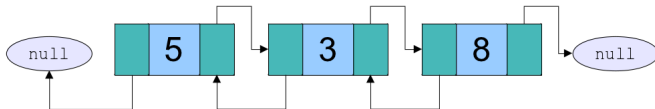
Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Lista Biligada



```
class Node
{
    Node prev;
    int e;
    Node next;
}
```



Fila: Implementação com Lista Biligada

FILA: 5 3 8

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

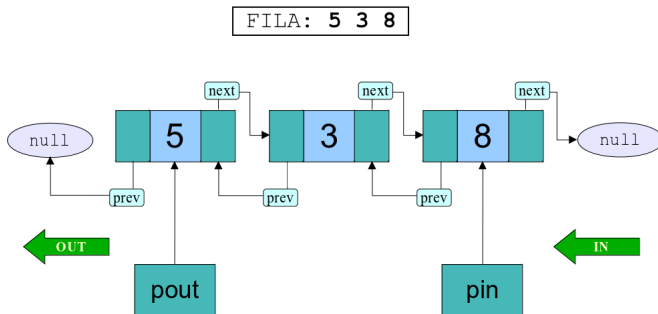
Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Biligada



Fila: Implementação com Lista Biligada

```
in(1)
```

```
size == 0
```

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Biligada

`in(1)` `size == 0`



Fila: Implementação com Lista Biligada

Lista Ligada

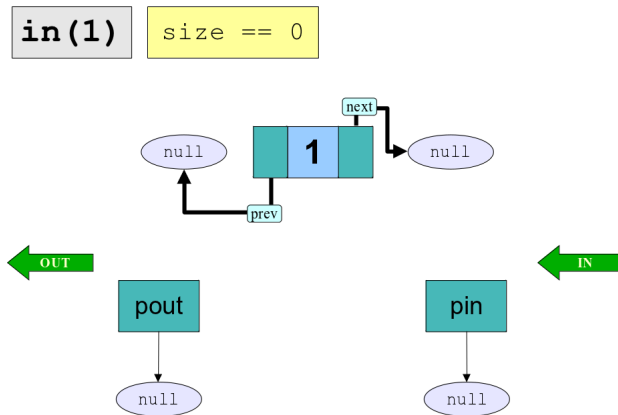
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Biligada

Lista Ligada

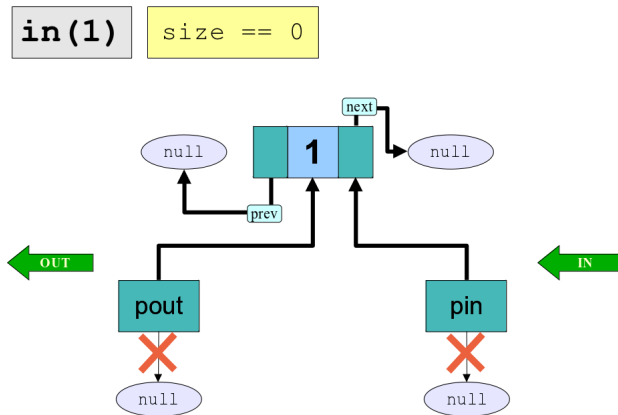
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Biligada

```
in(8)
```

```
size > 0
```

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

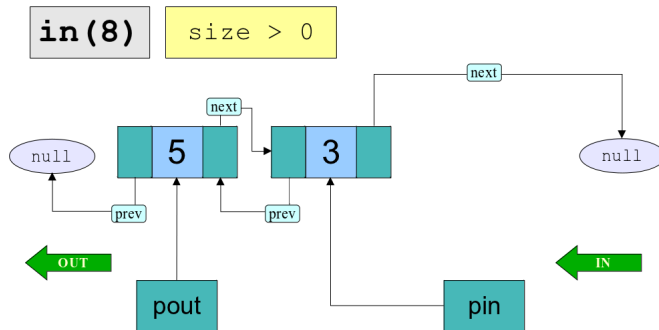
Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

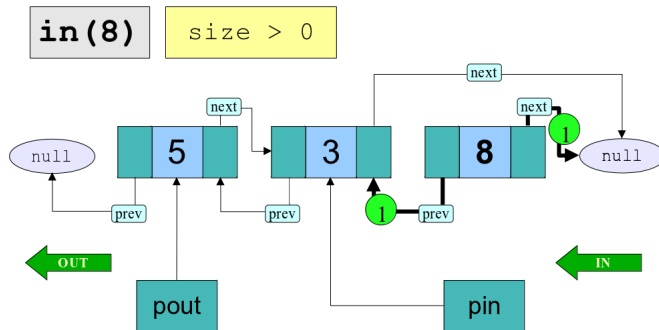
Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

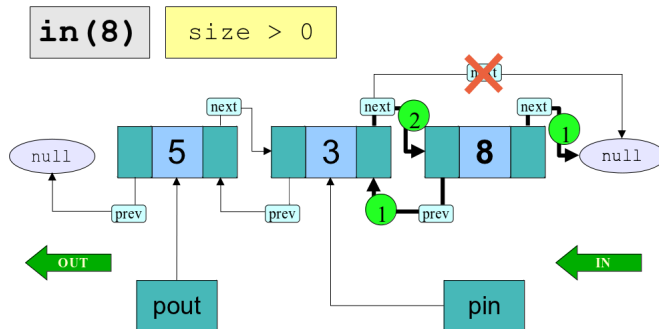
Fila: Implementação com Lista Biligada



Fila: Implementação com Lista Biligada



Fila: Implementação com Lista Biligada



Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

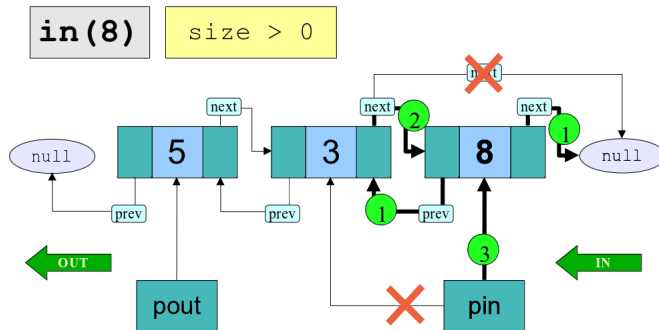
Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Biligada



Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Biligada

out

size == 1

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Biligada

Lista Ligada

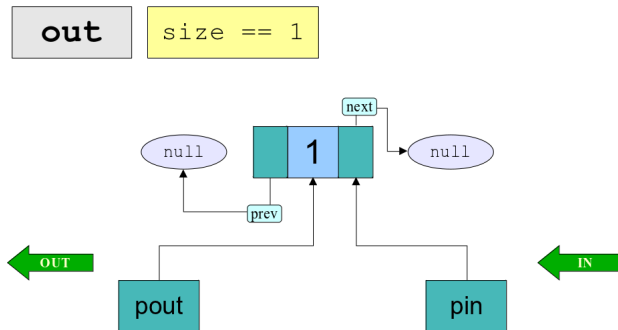
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Biligada

Lista Ligada

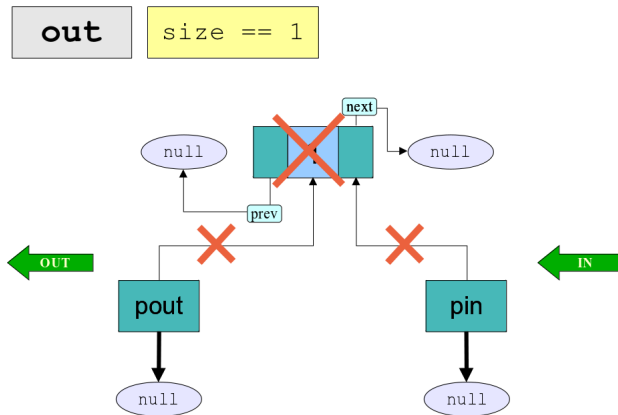
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Biligada

out

size > 1

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

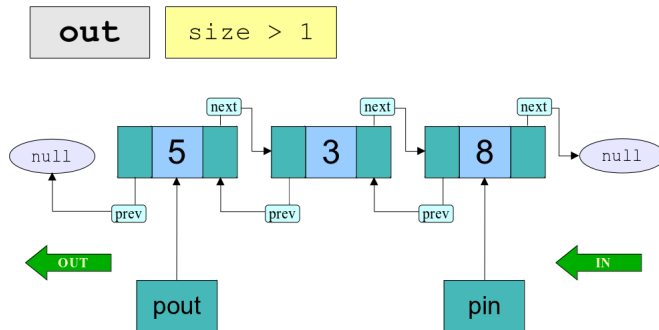
Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Biligada



Lista Ligada

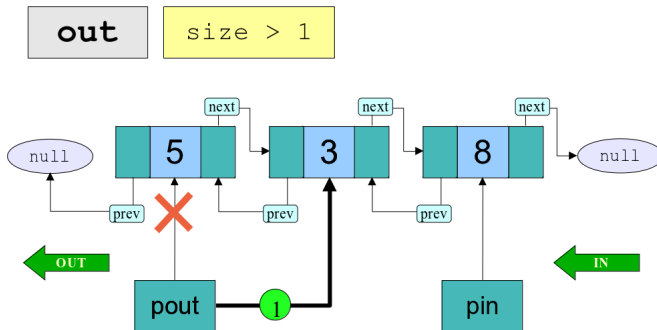
Pilha: Representação Interna com Lista Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

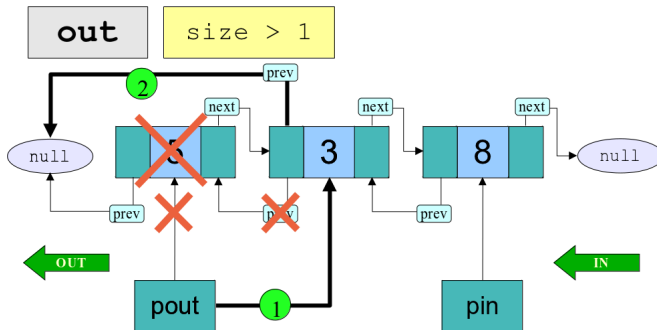
Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com Tipos de Listas Ligadas



Fila: Implementação com Lista Biligada



Fila: Implementação com Lista Biligada

- Se comparada com a implementação com lista ligada **não há nenhuma vantagem** nesta nova implementação!
- Antes pelo contrário, algumas operações tornam-se desnecessariamente mais complexas.
- No entanto, podemos ainda dar outra forma às listas (bi)ligadas: em vez de listas lineares (terminadas com uma referência nula), podemos implementar listas fechadas (as duas extremidades passam a estar unidas).

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

- Se comparada com a implementação com lista ligada **não há nenhuma vantagem** nesta nova implementação!
- Antes pelo contrário, algumas operações tornam-se desnecessariamente mais complexas.
- No entanto, podemos ainda dar outra forma às listas (bi)ligadas: em vez de listas lineares (terminadas com uma referência nula), podemos implementar listas fechadas (as duas extremidades passam a estar unidas).

Fila: Implementação com Lista Biligada

- Se comparada com a implementação com lista ligada **não há nenhuma vantagem** nesta nova implementação!
- Antes pelo contrário, algumas operações tornam-se desnecessariamente mais complexas.
- No entanto, podemos ainda dar outra forma às listas (bi)ligadas: em vez de listas lineares (terminadas com uma referência nula), podemos implementar listas fechadas (as duas extremidades passam a estar unidas).

[Lista Ligada](#)

[Pilha: Representação Interna com Lista Ligada](#)

[Fila: Representação Interna com Lista Ligada](#)

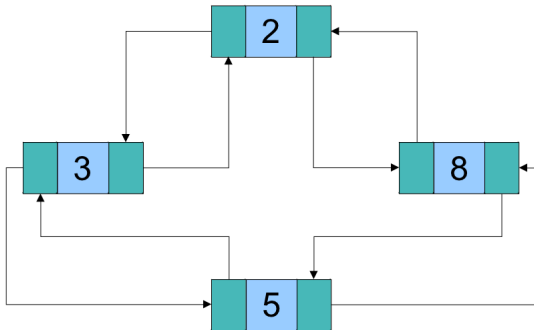
[Lista Biligada](#)

[Lista Biligada Fechada](#)

[Comparação com Tipos de Listas Ligadas](#)

- Se comparada com a implementação com lista ligada **não há nenhuma vantagem** nesta nova implementação!
- Antes pelo contrário, algumas operações tornam-se desnecessariamente mais complexas.
- No entanto, podemos ainda dar outra forma às listas (bi)ligadas: em vez de listas lineares (terminadas com uma referência nula), podemos implementar listas fechadas (as duas extremidades passam a estar unidas).

Lista Biligada Fechada



Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada

FILA: 3 5 8

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada

Lista Ligada

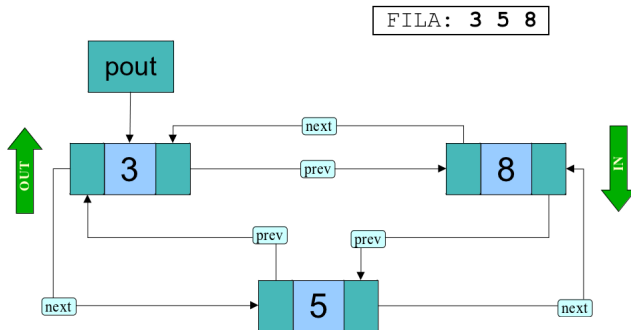
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada

Lista Ligada

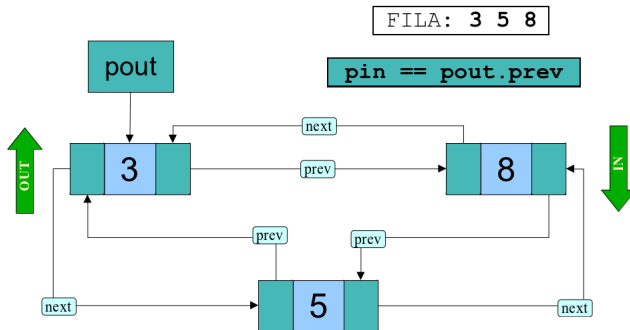
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada

```
in(8)
```

```
size == 0
```

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada

`in(8)` `size == 0`



Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

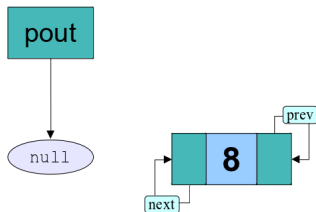
Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada

`in(8)` `size == 0`



Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

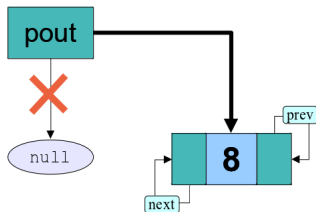
Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

`in(8)` `size == 0`



Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada

`in(5)`

`size > 0`

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

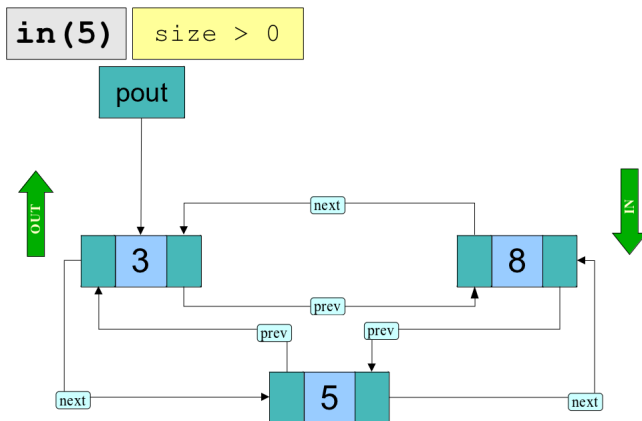
Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

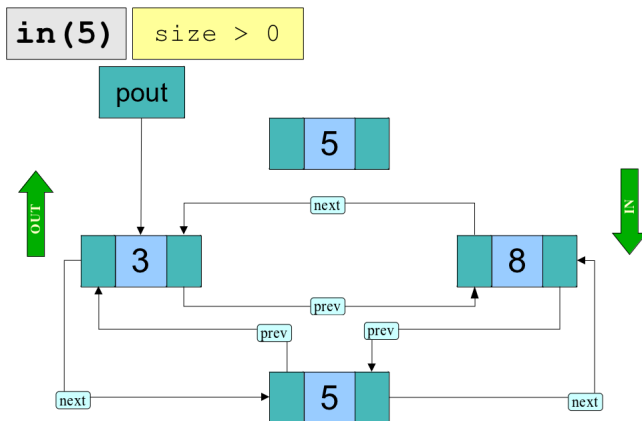
Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

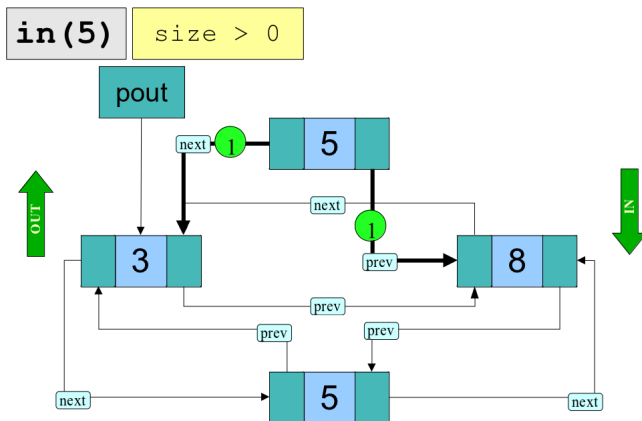
Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada



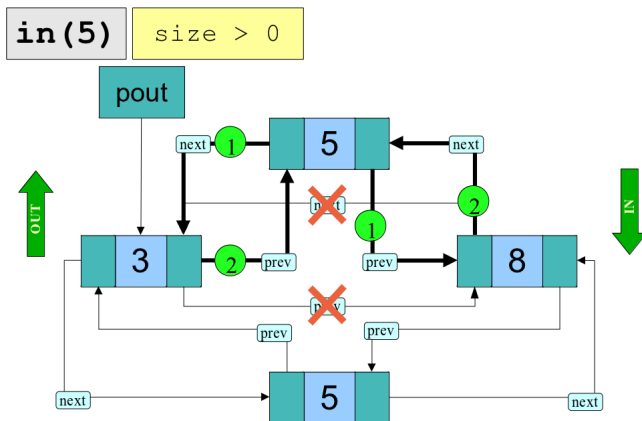
Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada



Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada



Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada



Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada

out

size == 1

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada

Lista Ligada

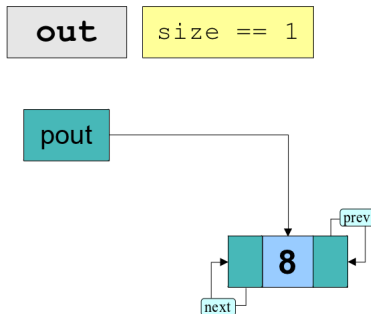
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada

Lista Ligada

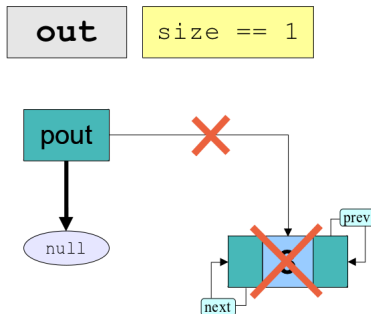
Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas



Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada

out

size > 1

Estruturas de Dados

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

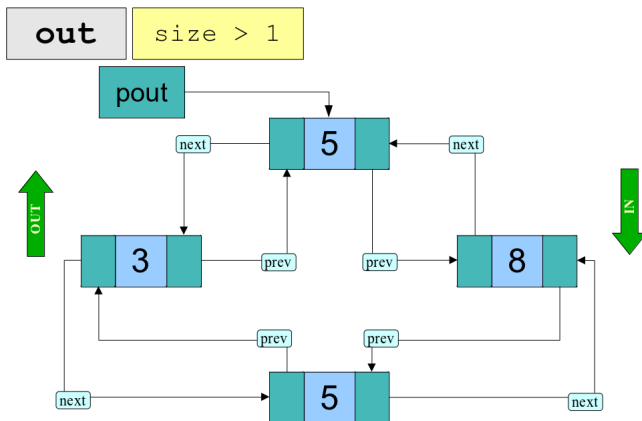
Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas

Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada



Fila: Implementação com Lista Biligada Fechada

Estruturas de Dados

Lista Ligada

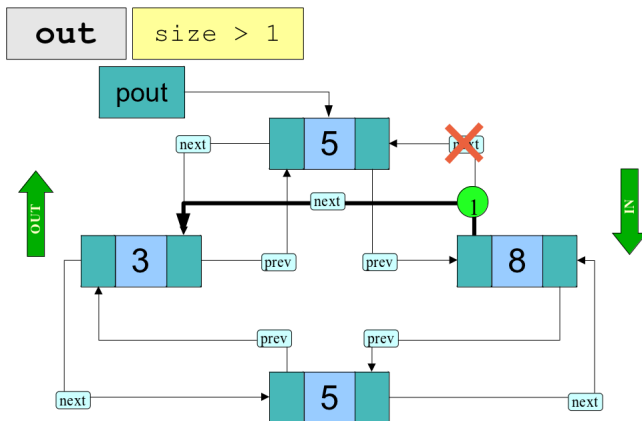
Pilha: Representação Interna com Lista Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Billigada Fechada

Comparação com Tipos de Listas Ligadas



Estruturas de Dados

Pilha: Representação Interna com Lista Ligada

Lista Biligada

Comparação com Tipos de Listas Ligadas



Tipos de Listas Ligadas

Tipo de Lista	Simples	Simples	Circular Simples	Biligada	Circular Biligada
Atributos	first	first	last	first	first
Operações		last		last	(last)
<i>insert first</i>	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$
<i>remove first</i>	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$
<i>insert last</i>	$O(n)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$
<i>remove last</i>	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(1)$	$O(1)$
<i>scan forward</i>	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$
<i>scan backward</i>	$O(n^2)$	$O(n^2)$	$O(n^2)$	$O(n)$	$O(n)$
<i>insert middle</i>	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$
<i>remove middle</i>	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$

Lista Ligada

Pilha: Representação Interna com Lista Ligada

Fila: Representação Interna com Lista Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com Tipos de Listas Ligadas

Tipos de Listas Ligadas

Tipo de Lista	Simples	Simples	Circular Simples	Biligada	Circular Biligada
Atributos	first	first	last	first	first
Operações		last		last	(last)
<i>insert first</i>	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$
<i>remove first</i>	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$
<i>insert last</i>	$O(n)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$
<i>remove last</i>	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(1)$	$O(1)$
<i>scan forward</i>	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$
<i>scan backward</i>	$O(n^2)$	$O(n^2)$	$O(n^2)$	$O(n)$	$O(n)$
<i>insert middle</i>	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$
<i>remove middle</i>	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$

Lista Ligada

Pilha: Representação
Interna com Lista
Ligada

Fila: Representação
Interna com Lista
Ligada

Lista Biligada

Lista Biligada Fechada

Comparação com
Tipos de Listas
Ligadas