Estruturas de Dados

Pilha Encadeada e Fila

Departamento de Computação
Prof. Martín Vigil
Adaptado de prof. Jean Martina e Aldo Wangenheim

2020.1

UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

Extensões do conceito de Lista Encadeada

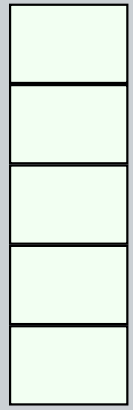
- A ideia da Lista Encadeada vista até agora é o modelo mais geral e simples;
- Pode ser especializada e estendida das mais variadas formas;
- Especializada:
  - Pilhas;
  - Filas;
- Estendida:
  - Listas Duplamente Encadeadas;
  - Listas Circulares Simples e Duplas.

Conceito de Pilhas

Pilha

É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de empilhar, onde o primeiro a entrar é o último a sair (LIFO = *last in, first out*).

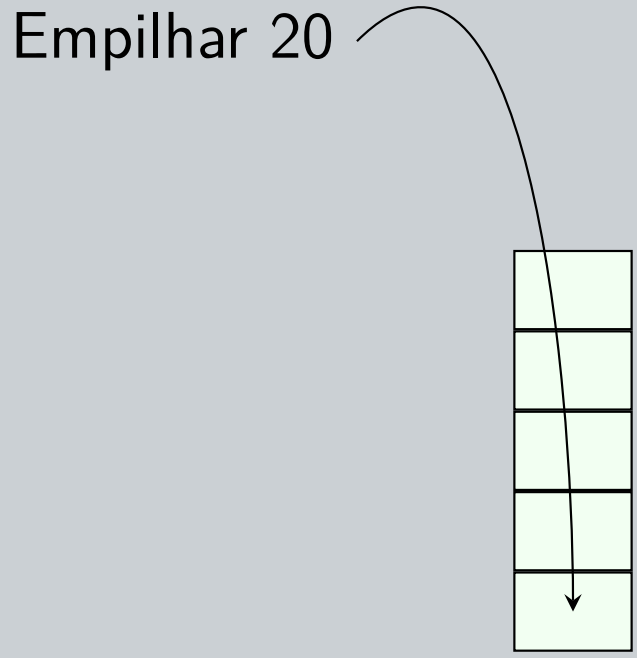
Pilha Vazia



Conceito de Pilhas

Pilha

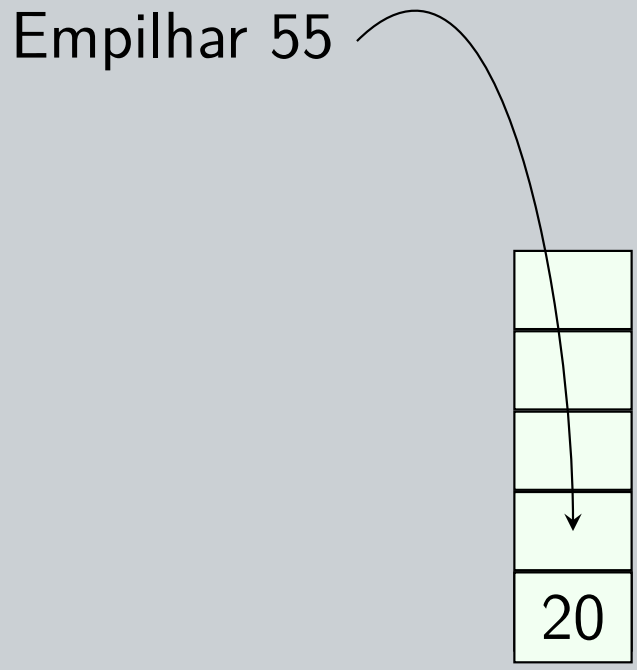
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de empilhar, onde o primeiro a entrar é o último a sair (LIFO = *last in, first out*).



Conceito de Pilhas

Pilha

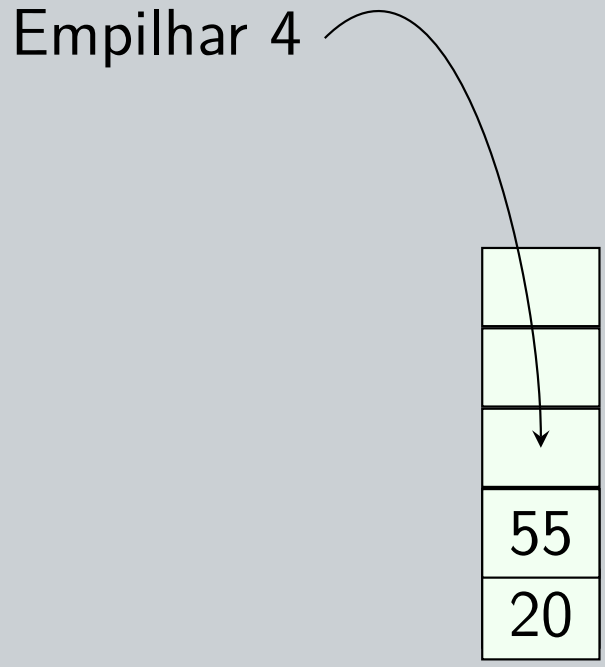
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de empilhar, onde o primeiro a entrar é o último a sair (LIFO = *last in, first out*).



Conceito de Pilhas

Pilha

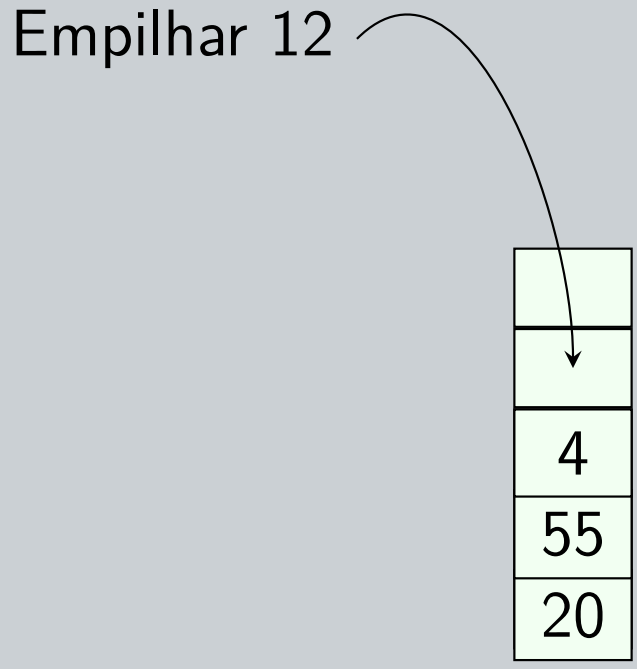
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de empilhar, onde o primeiro a entrar é o último a sair (LIFO = *last in, first out*).



Conceito de Pilhas

Pilha

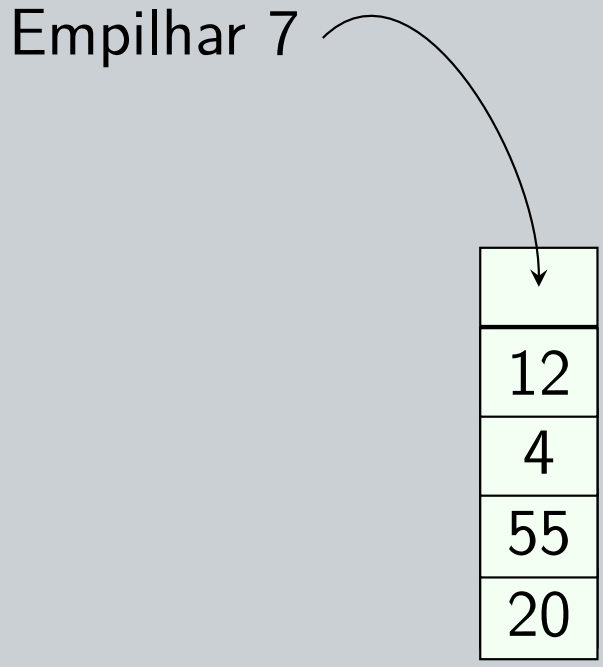
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de empilhar, onde o primeiro a entrar é o último a sair (LIFO = *last in, first out*).



Conceito de Pilhas

Pilha

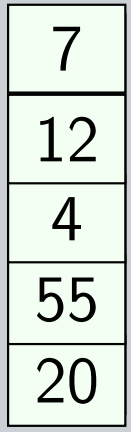
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de empilhar, onde o primeiro a entrar é o último a sair (LIFO = *last in, first out*).



Conceito de Pilhas

Pilha

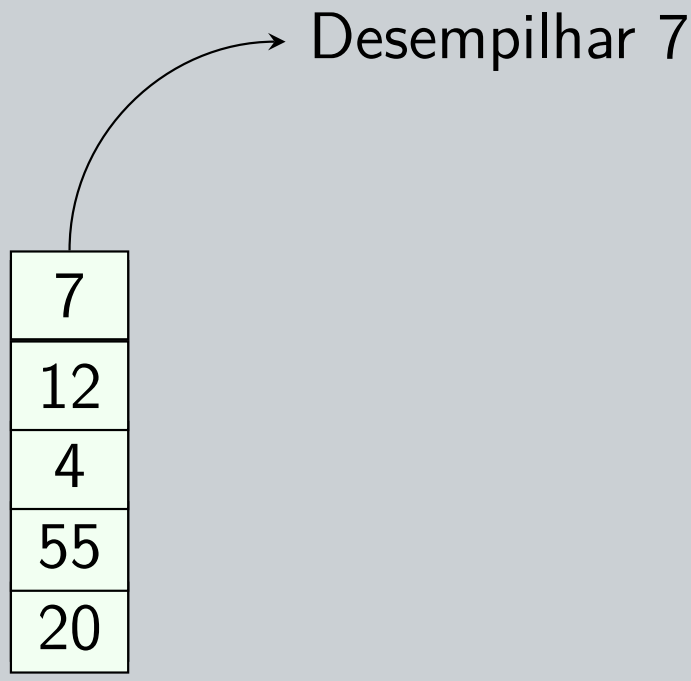
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de empilhar, onde o primeiro a entrar é o último a sair (LIFO = *last in, first out*).



Conceito de Pilhas

Pilha

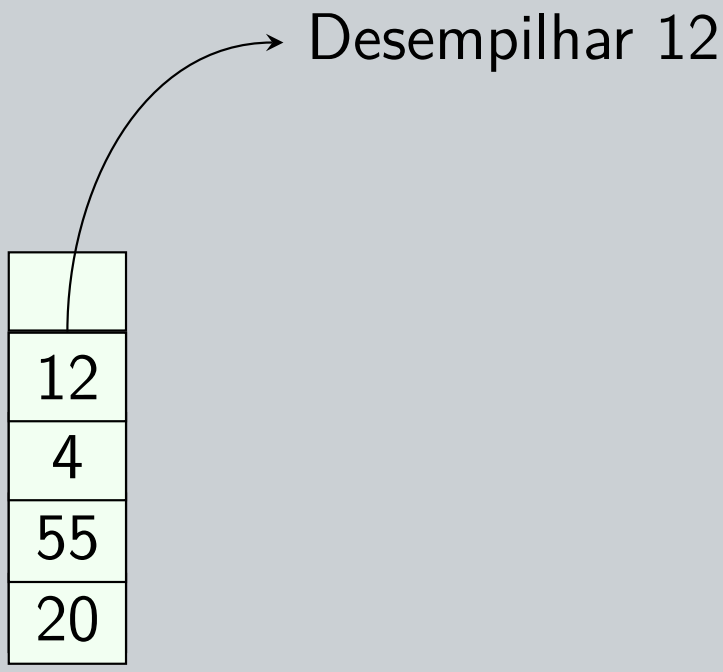
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de empilhar, onde o primeiro a entrar é o último a sair (LIFO = *last in, first out*).



Conceito de Pilhas

Pilha

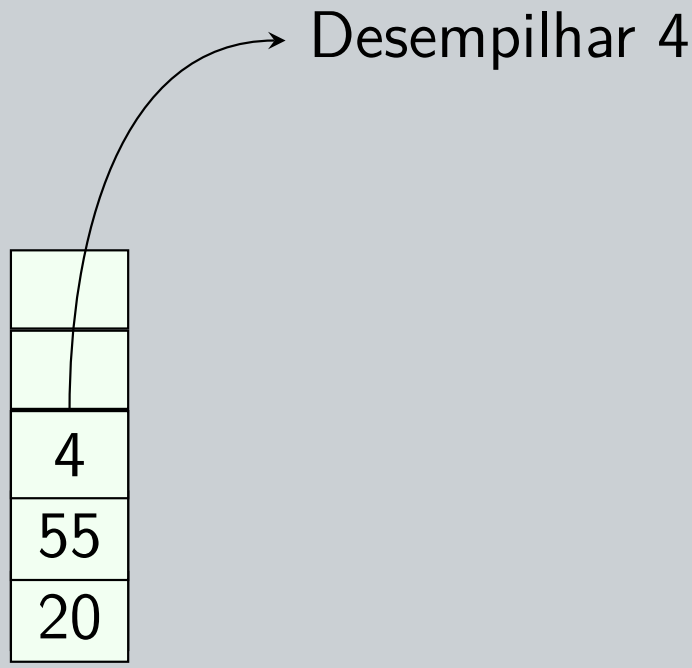
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de empilhar, onde o primeiro a entrar é o último a sair (LIFO = *last in, first out*).



Conceito de Pilhas

Pilha

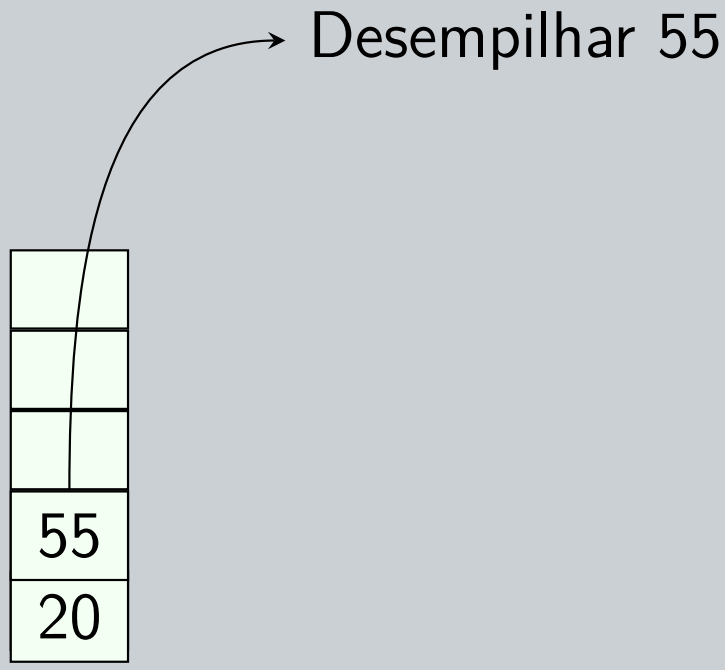
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de empilhar, onde o primeiro a entrar é o último a sair (LIFO = *last in, first out*).



Conceito de Pilhas

Pilha

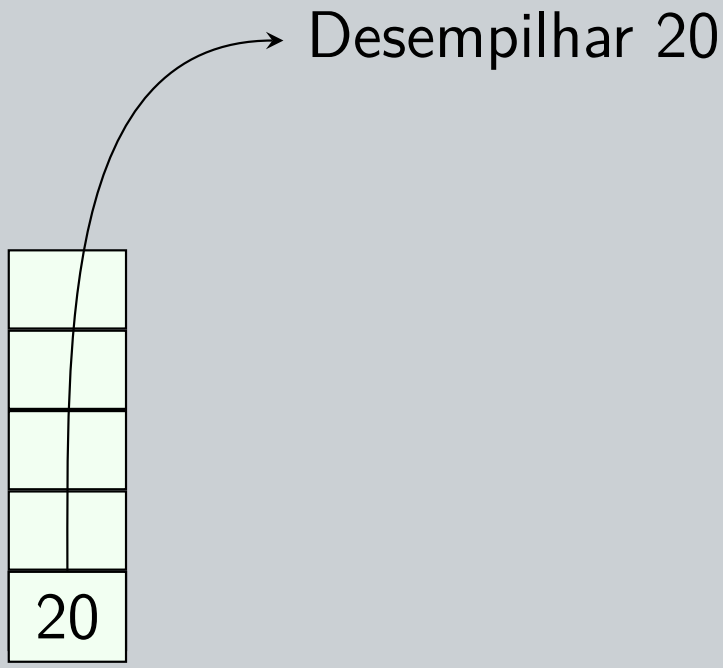
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de empilhar, onde o primeiro a entrar é o último a sair (LIFO = *last in, first out*).



Conceito de Pilhas

Pilha

É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de empilhar, onde o primeiro a entrar é o último a sair (LIFO = *last in, first out*).

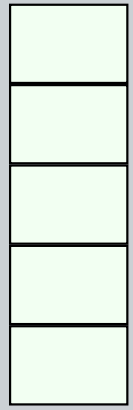


Conceito de Pilhas

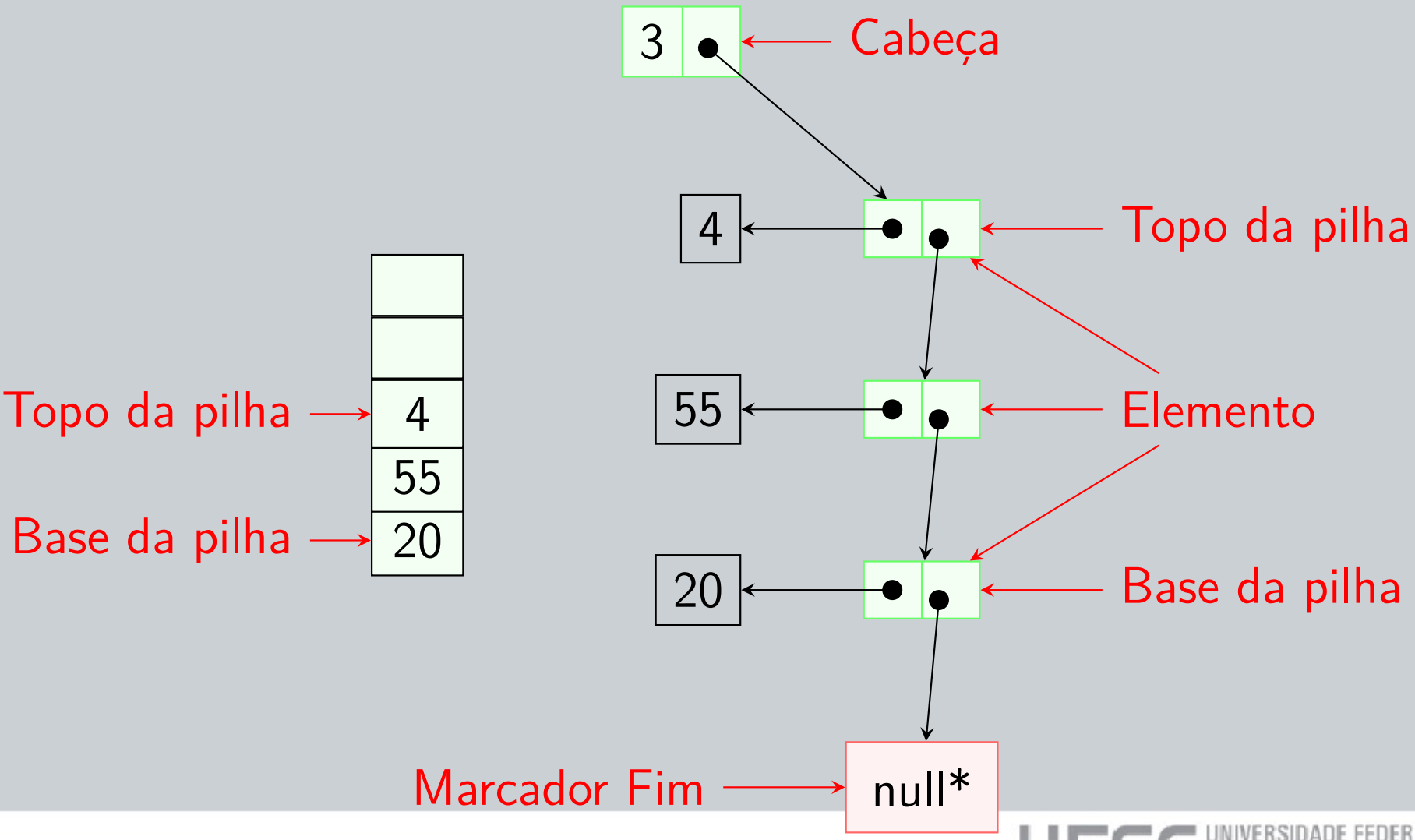
Pilha

É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de empilhar, onde o primeiro a entrar é o último a sair (LIFO = *last in, first out*).

Pilha Vazia



Pilhas Encadeadas



Modelagem da Pilha

- Aspecto Estrutural:
  - Mesmas estruturas de uma lista encadeada:
    - Estrutura Lista
    - Estrutura Elemento
    - Ponteiro genérico de dados.

Modelagem da Pilha Encadeada

- Aspecto Funcional:
  - Inicializar a pilha.
  - Empilhar (***push***) dado na pilha;
  - Desempilhar (***pop***) dado da pilha;
  - Testar se a pilha está vazia;

Modelagem da Pilha Encadeada

- Inicializar ou limpar:
  - inicializarPilha();
  - destruirPilha()
- Testar se a pilha está vazia:
  - bool pilhaVazia();
- Colocar e retirar dados da pilha:
  - push();
  - pop();

Método *inicializarPilha*

- Equivalente ao inicializarLista()
- Complexidade temporal $\Theta(1)$

Método *destruirPilha*

- Similar a destruirLista;
- Função genérica em C não consegue desalocar qualquer tipo de dado na pilha
- Complexidade temporal $\Theta(n)$

Método *pilhaVazia*

- Equivalente a verificar se o tamanho da lista é nulo
- Complexidade temporal $\Theta(1)$

Método *push*

- Equivalente a adicionaNoInicio na lista encadeada.
- Complexidade temporal $\Theta(1)$

Método *pop*

- Equivalente a retiraNoInicio na lista encadeada.
- Complexidade temporal $\Theta(1)$

Aplicações de Pilhas

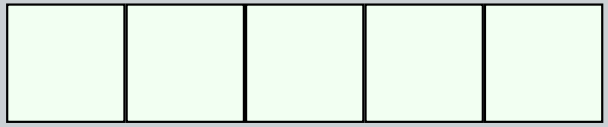
1. Algoritmos de Busca em Profundidade com *Backtracking*
   - Busca pela saída em labirintos
2. Chamada e retorno de funções na execução de um software
3. Mais exemplos `http://jcsites.juniata.edu/faculty/kruse/cs240/stackapps.htm`

Conceito de Filas

Fila

É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de enfileiramento, onde o primeiro a entrar é o primeiro a sair (FIFO = *first in, first out*).

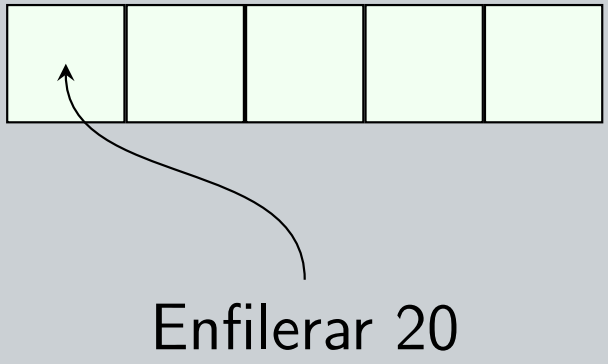
Fila Vazia



Conceito de Filas

Fila

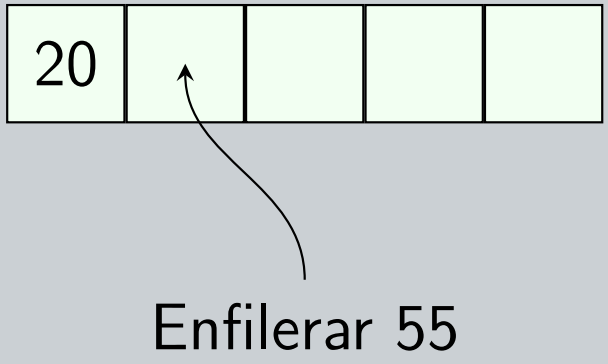
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de enfileiramento, onde o primeiro a entrar é o primeiro a sair (FIFO = *first in, first out*).



Conceito de Filas

Fila

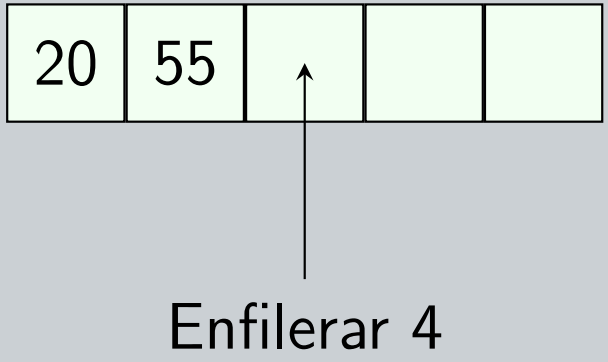
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de enfileiramento, onde o primeiro a entrar é o primeiro a sair (FIFO = *first in, first out*).



Conceito de Filas

Fila

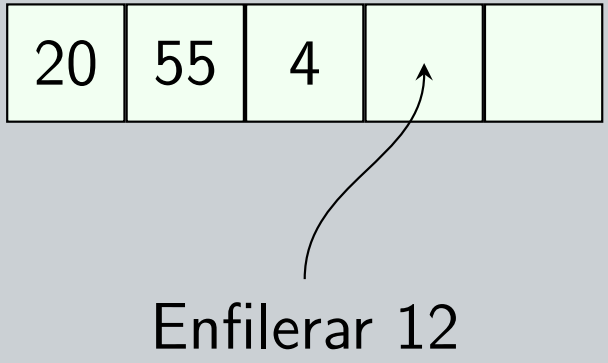
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de enfileiramento, onde o primeiro a entrar é o primeiro a sair (FIFO = *first in, first out*).



Conceito de Filas

Fila

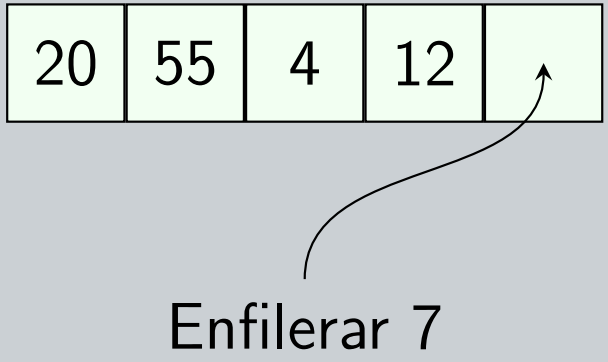
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de enfileiramento, onde o primeiro a entrar é o primeiro a sair (FIFO = *first in, first out*).



Conceito de Filas

Fila

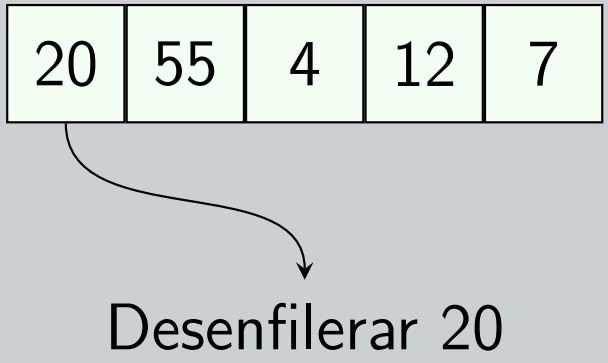
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de enfileiramento, onde o primeiro a entrar é o primeiro a sair (FIFO = *first in, first out*).



Conceito de Filas

Fila

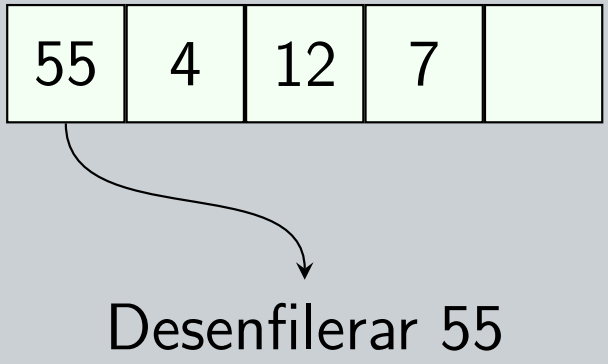
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de enfileiramento, onde o primeiro a entrar é o primeiro a sair (FIFO = *first in, first out*).



Conceito de Filas

Fila

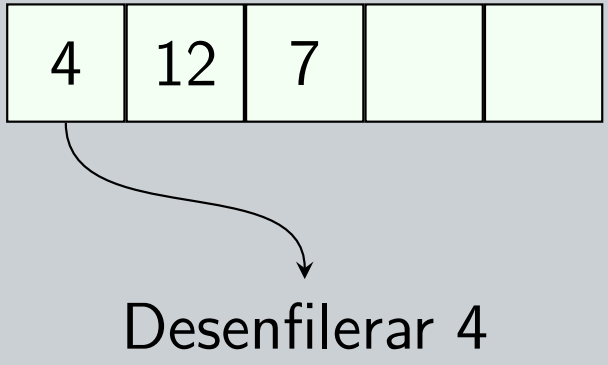
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de enfileiramento, onde o primeiro a entrar é o primeiro a sair (FIFO = *first in, first out*).



Conceito de Filas

Fila

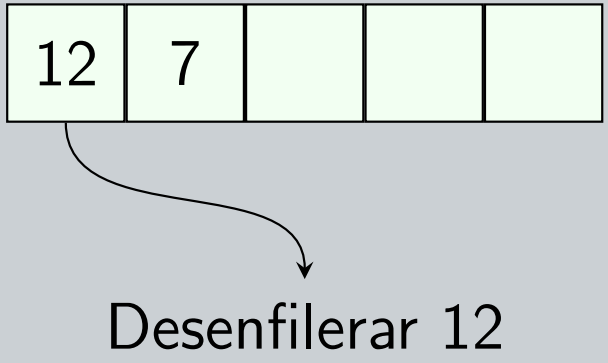
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de enfileiramento, onde o primeiro a entrar é o primeiro a sair (FIFO = *first in, first out*).



Conceito de Filas

Fila

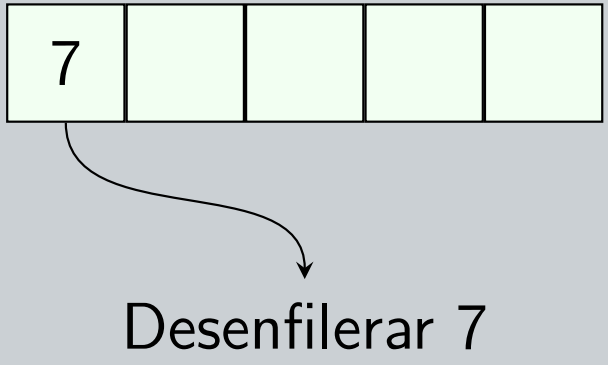
É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de enfileiramento, onde o primeiro a entrar é o primeiro a sair (FIFO = *first in, first out*).



Conceito de Filas

Fila

É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de enfileiramento, onde o primeiro a entrar é o primeiro a sair (FIFO = *first in, first out*).

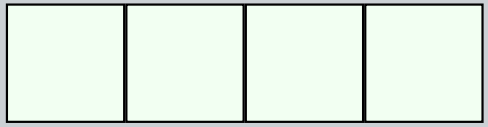


Conceito de Filas

Fila

É uma estrutura de dados cujo funcionamento é inspirado no conceito "natural" de enfileiramento, onde o primeiro a entrar é o primeiro a sair (FIFO = *first in, first out*).

Fila Vazia



Fila

Modelagem funcional

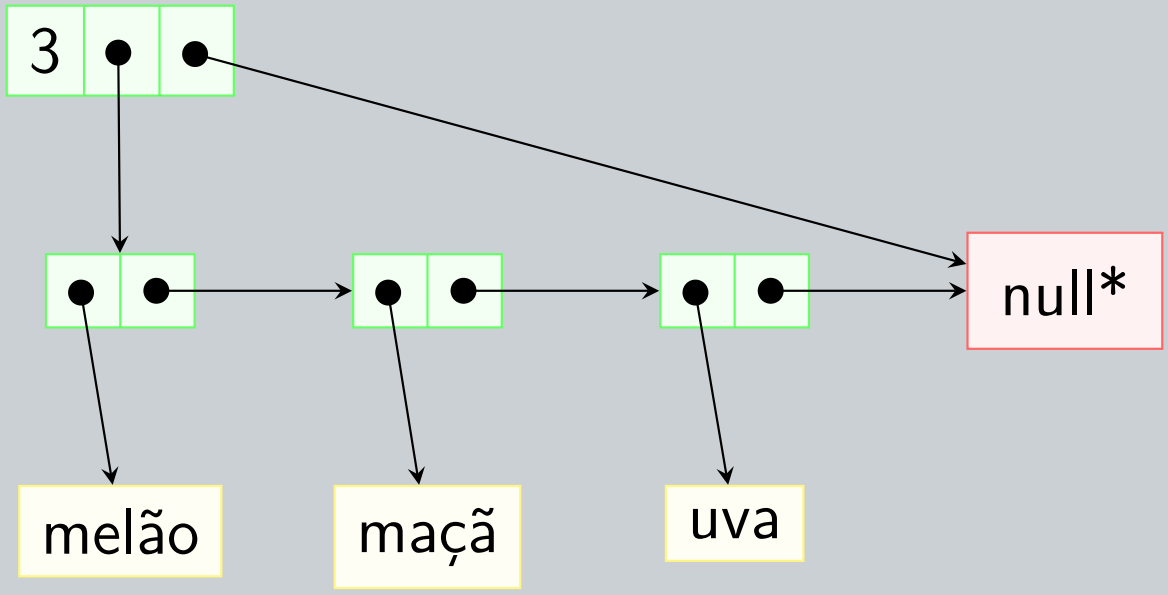
- Inserir dado ao fim da fila (***enqueue***);
- Remover dado do início da fila (***dequeue***);
- Verificar tamanho da fila;

Fila usando Lista Encadeada

Modelagem funcional

- Inserir dado ao fim da fila (***enqueue***) é $\Theta(1)$ ☺
- Remover dado do início da fila (***dequeue***) é $\Theta(n)$ ☹
- Verificar tamanho da fila é $\Theta(1)$ ☺

Fila usando Lista Encadeada Modificada



Fila usando Lista Encadeada

Modelagem funcional

- Inserir dado ao fim da fila (***enqueue***) é $\Theta(1)$ ☺
- Remover dado do início da fila (***dequeue***) é $\Theta(1)$ ☺
- Verificar tamanho da fila é $\Theta(1)$ ☺

Modelagem da Cabeça de Fila Encadeada

- Aspecto Estrutural:
  - Necessitamos um ponteiro para o primeiro elemento da fila;
  - Necessitamos um ponteiro para o último elemento da fila;
  - Necessitamos um inteiro para indicar quantos elementos a fila possui.

```
estrutura Fila {
 Elemento *_primeiro;
 Elemento *_ultimo;
 int _quantidade;
};
```

Método *inicializaFila()*

- Inicializamos _primeiro como nulo;
- Inicializamos _ultimo como nulo;
- Inicializamos o _quantidade como “0”;

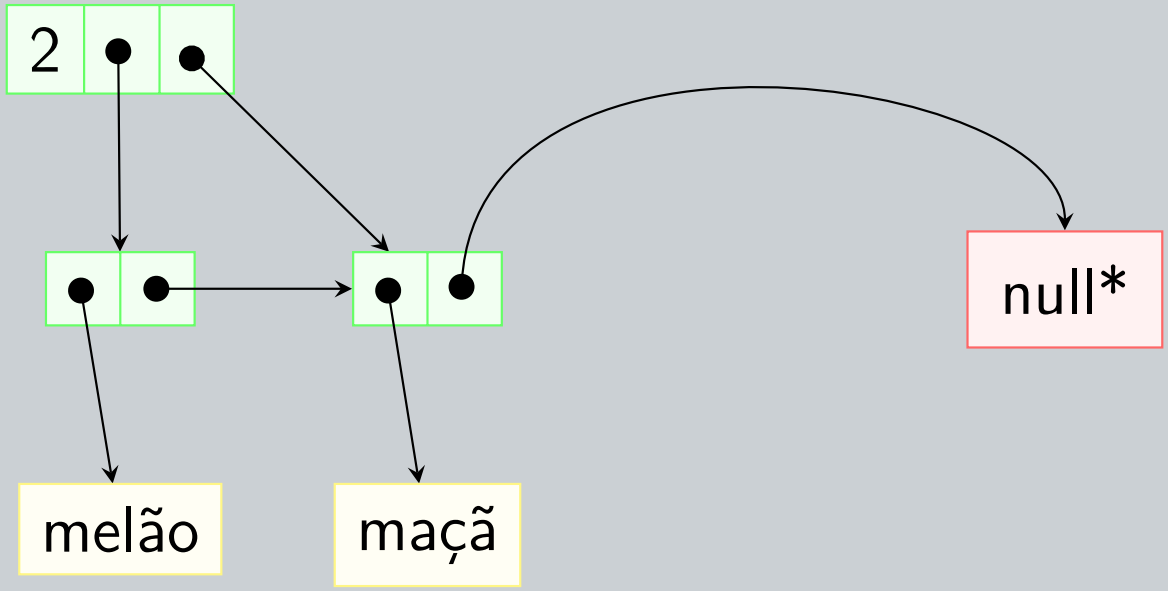
```
inicializaFila()
inicio
  Fila* novo <- ALOQUE(Fila)
  novo._primeiro <- null;
  novo._ultimo <- null;
  novo._quantidade <- 0;
  RETORNE Fila;
fim;
```

Método adiciona(T* dado)

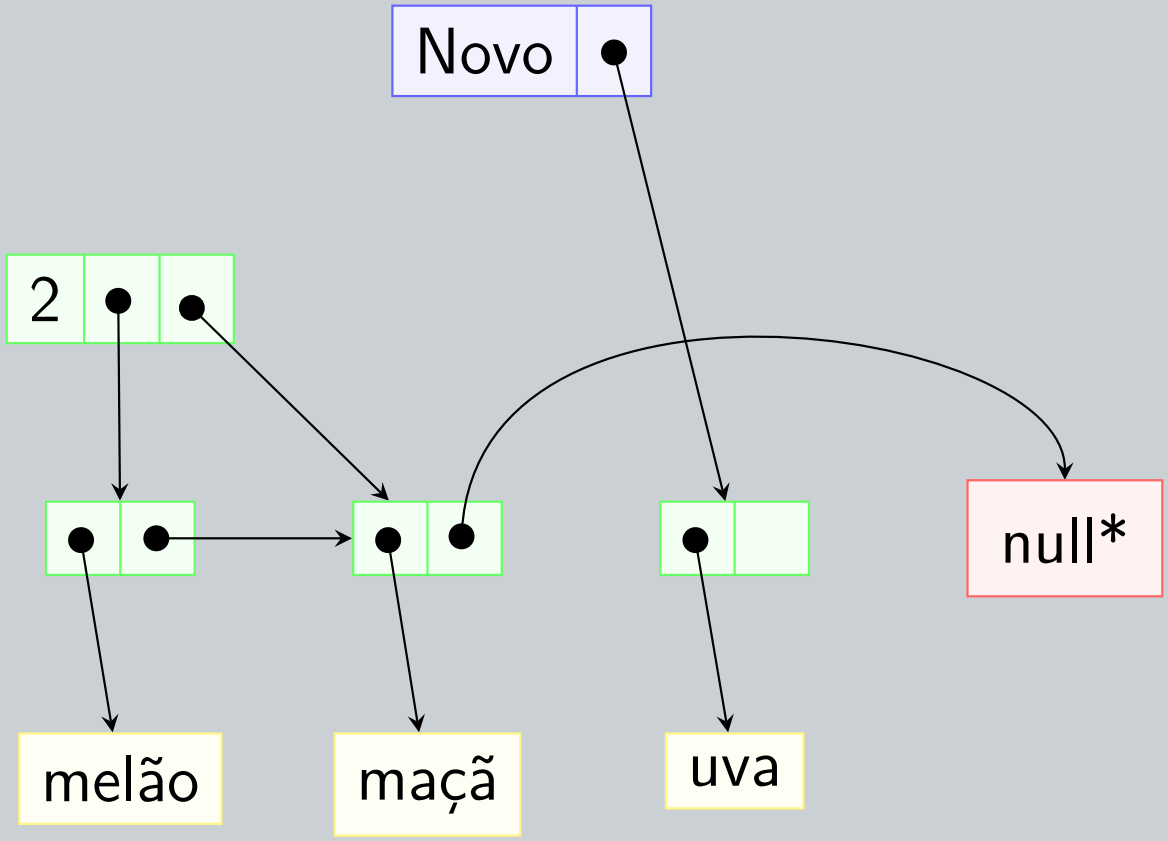
Ilustração simplificada em

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

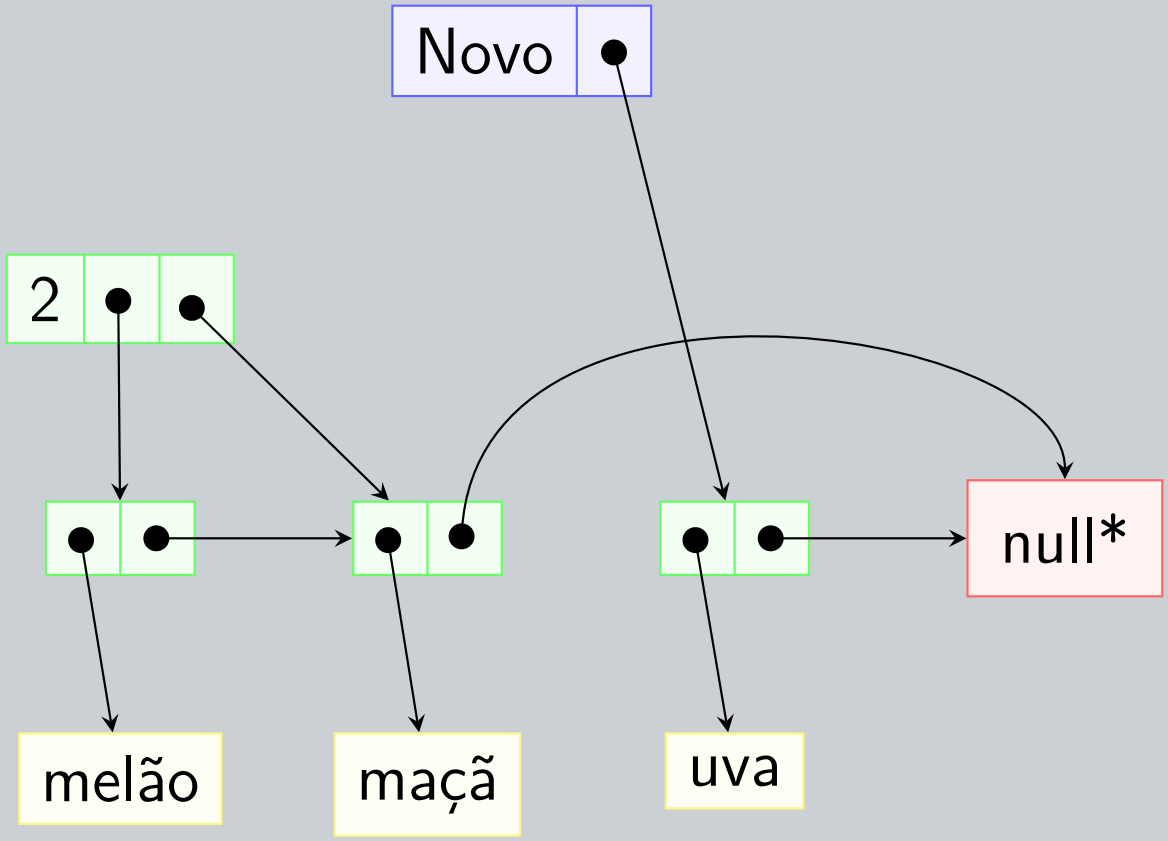
Método *adiciona*



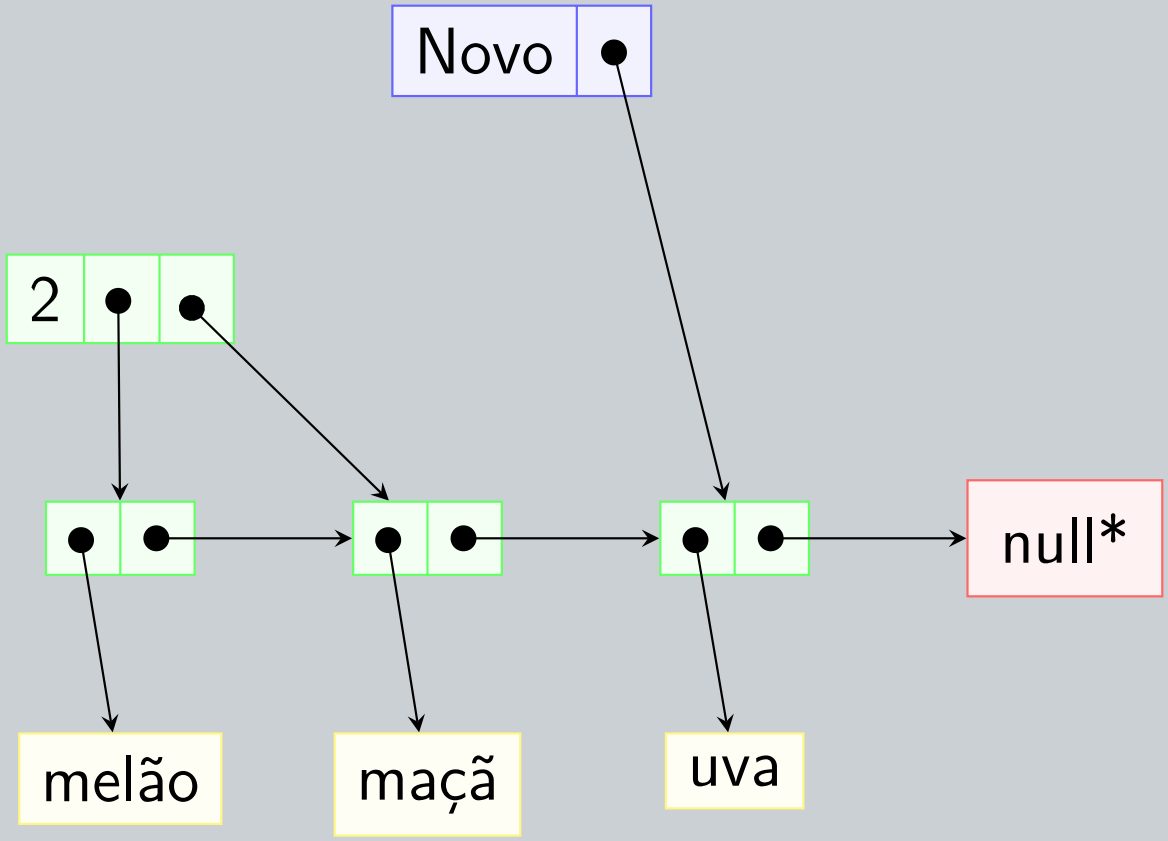
Método *adiciona*



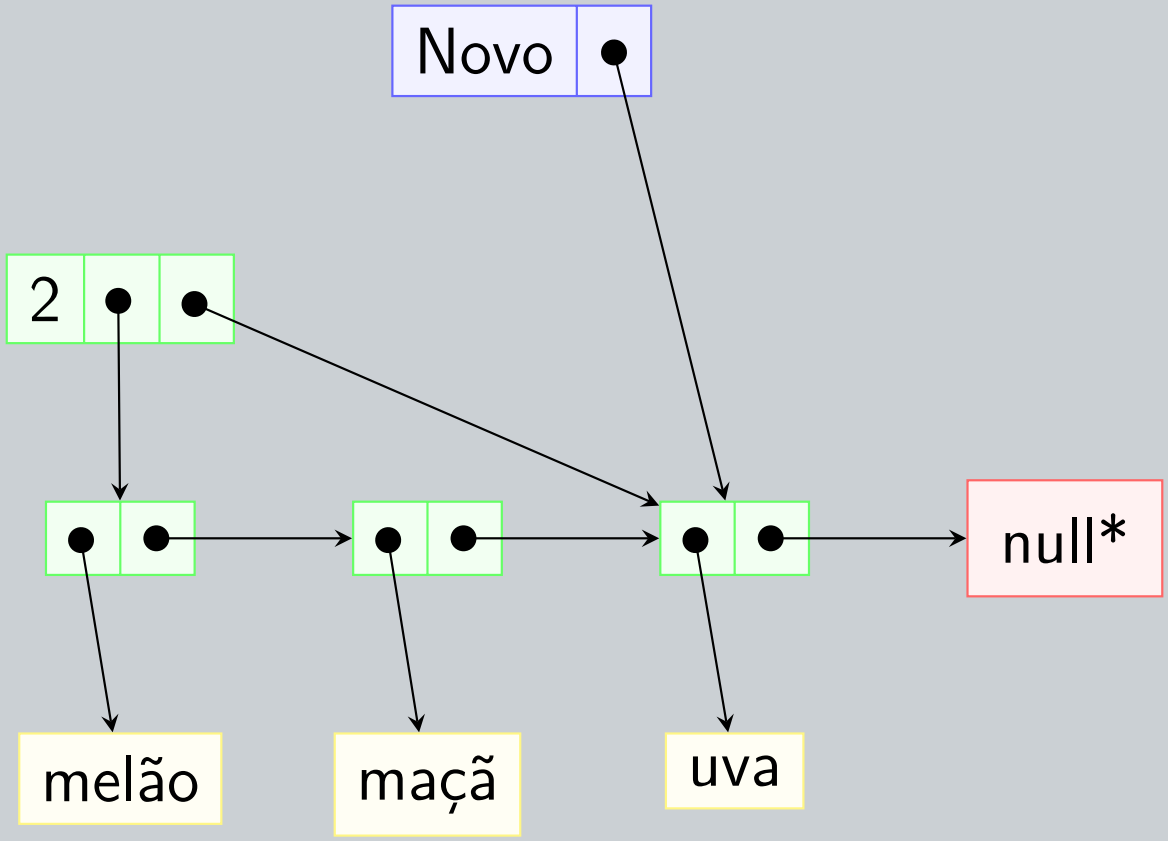
Método *adiciona*



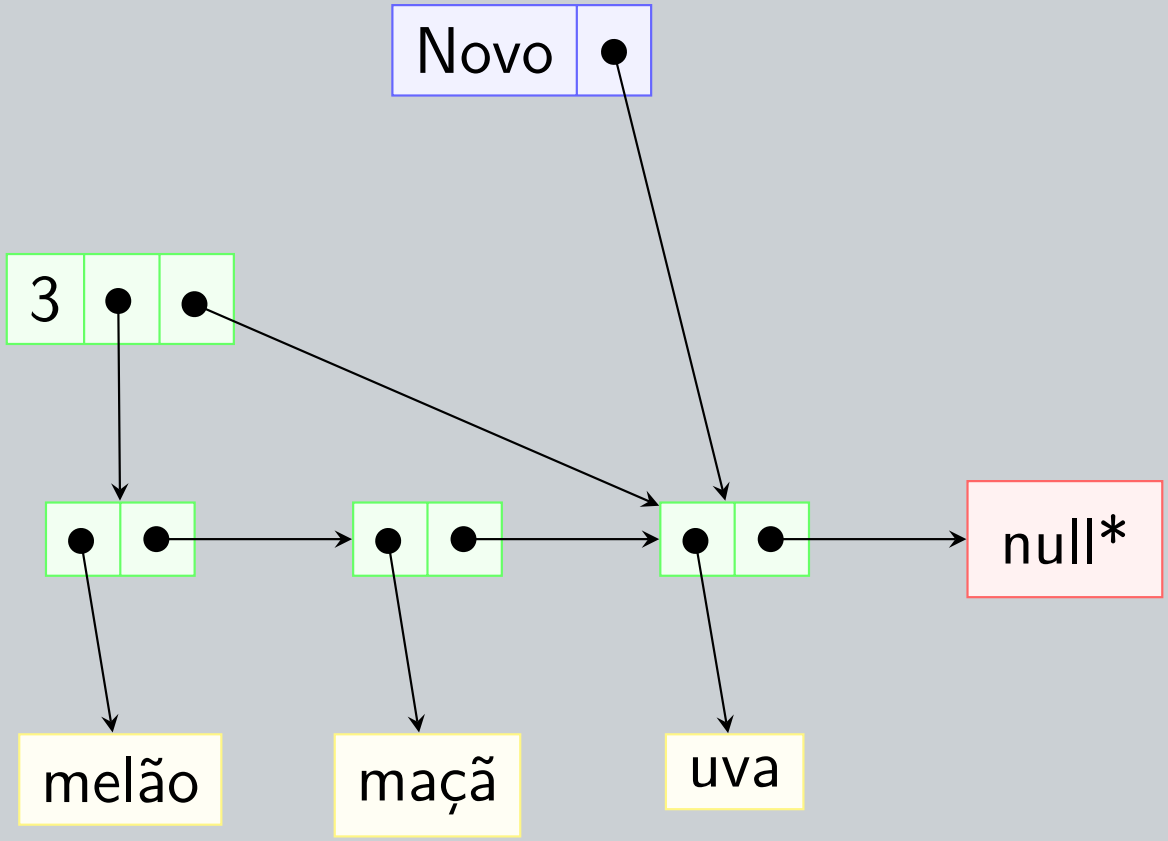
Método *adiciona*



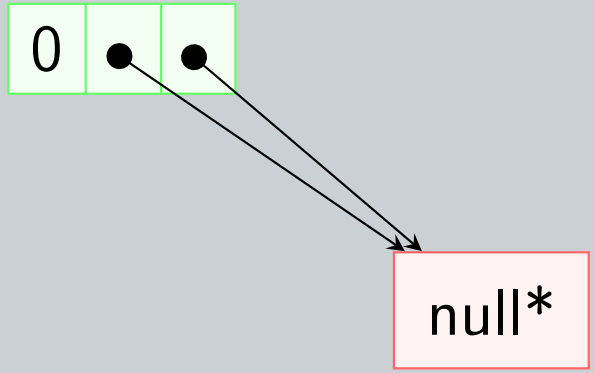
Método *adiciona*



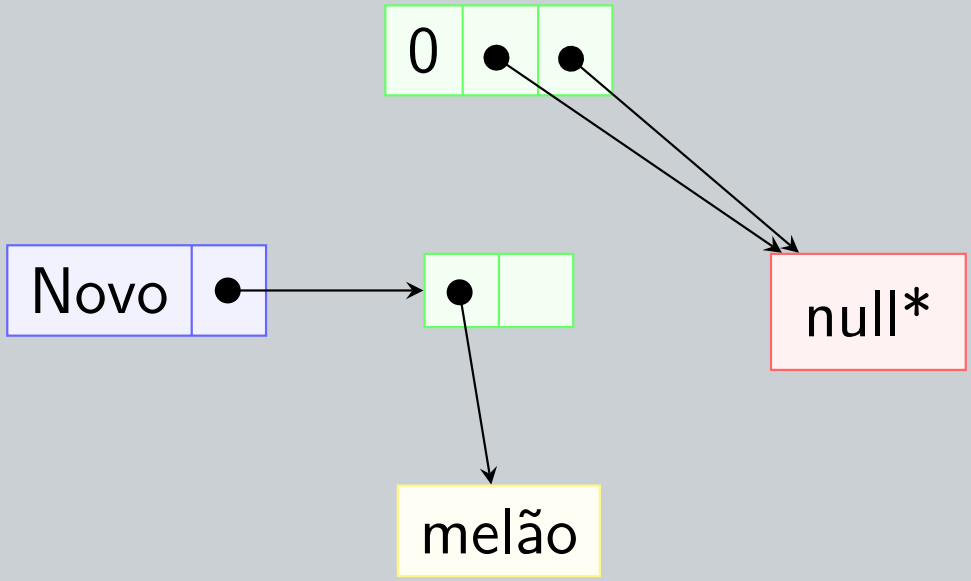
Método *adiciona*



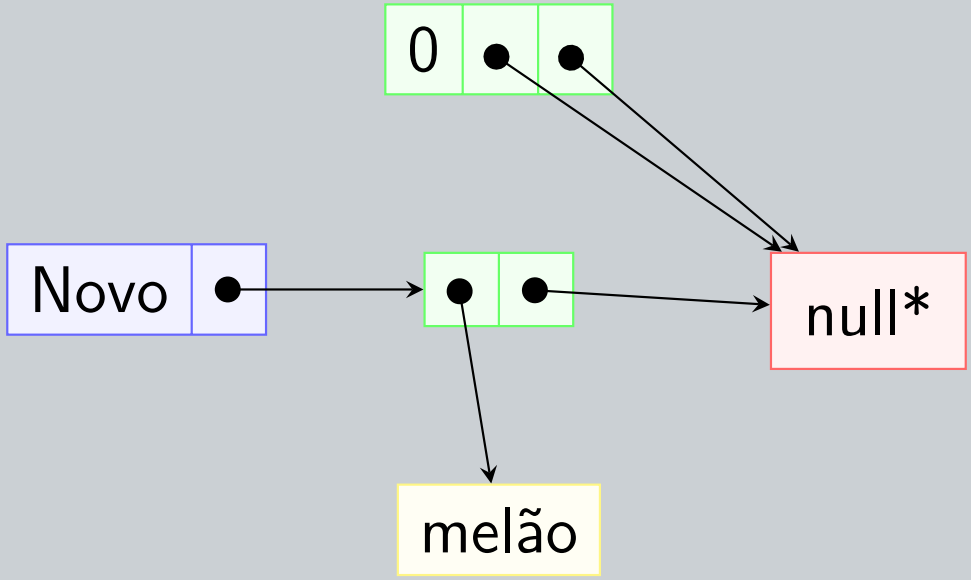
Método *adiciona* - Caso Especial Fila Vazia



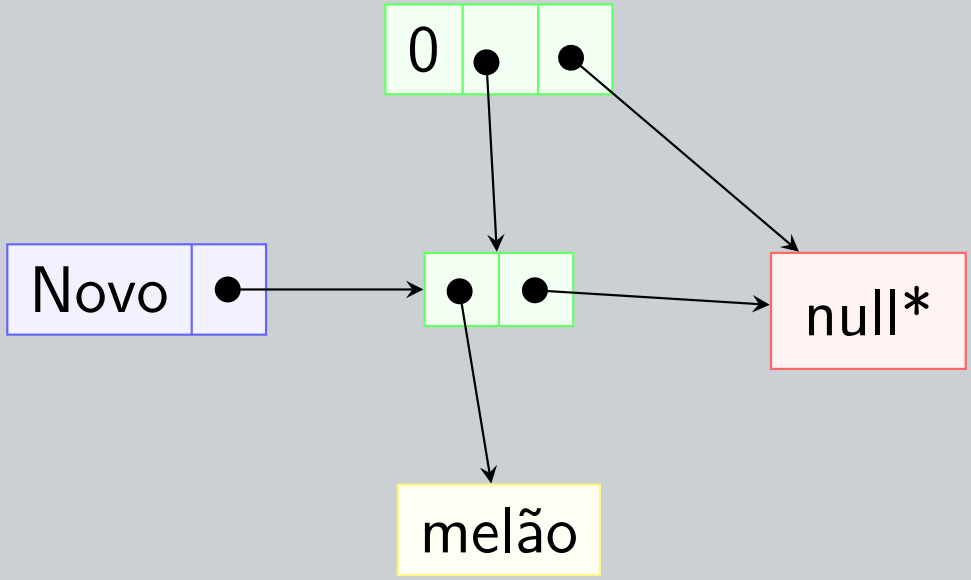
Método *adiciona* - Caso Especial Fila Vazia



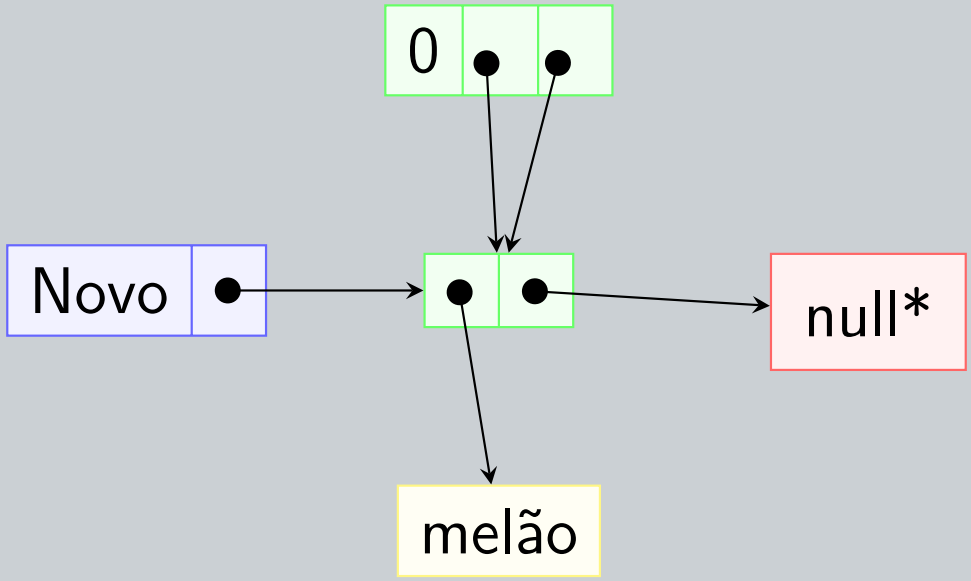
Método *adiciona* - Caso Especial Fila Vazia



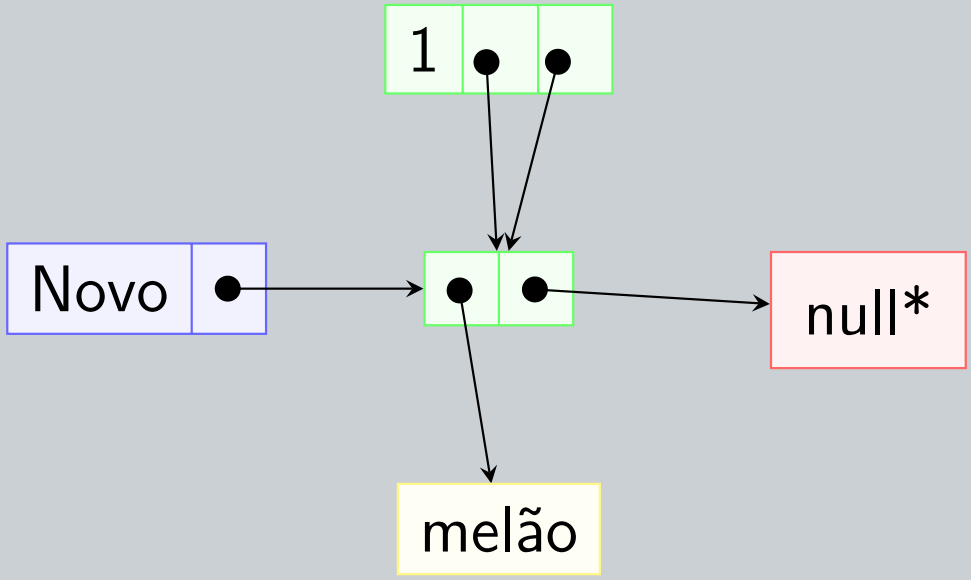
Método *adiciona* - Caso Especial Fila Vazia



Método *adiciona* - Caso Especial Fila Vazia



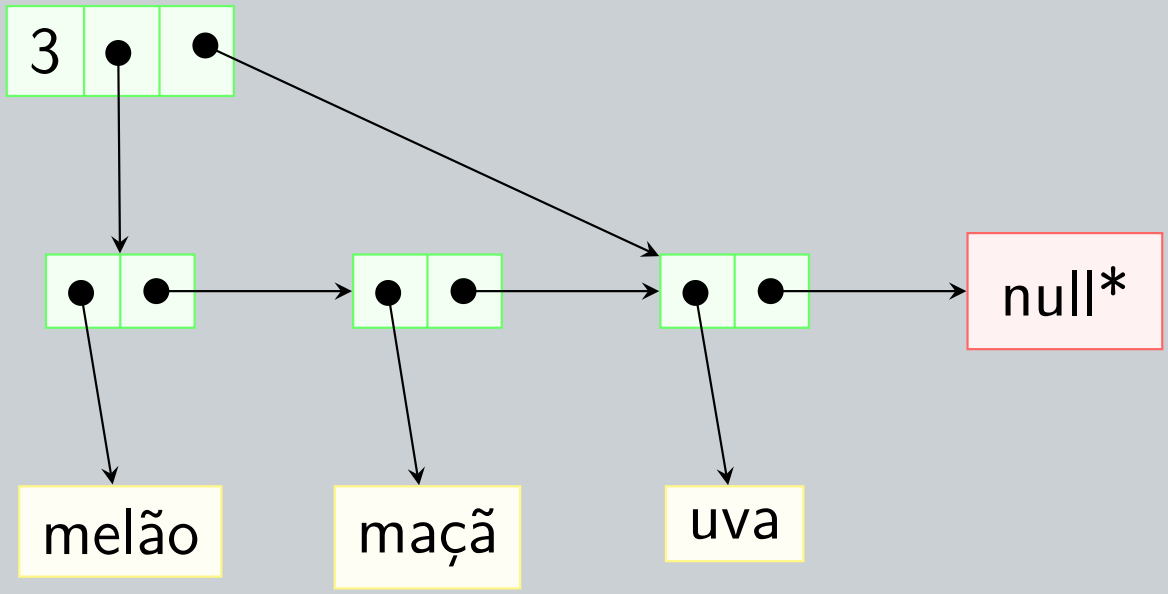
Método *adiciona* - Caso Especial Fila Vazia



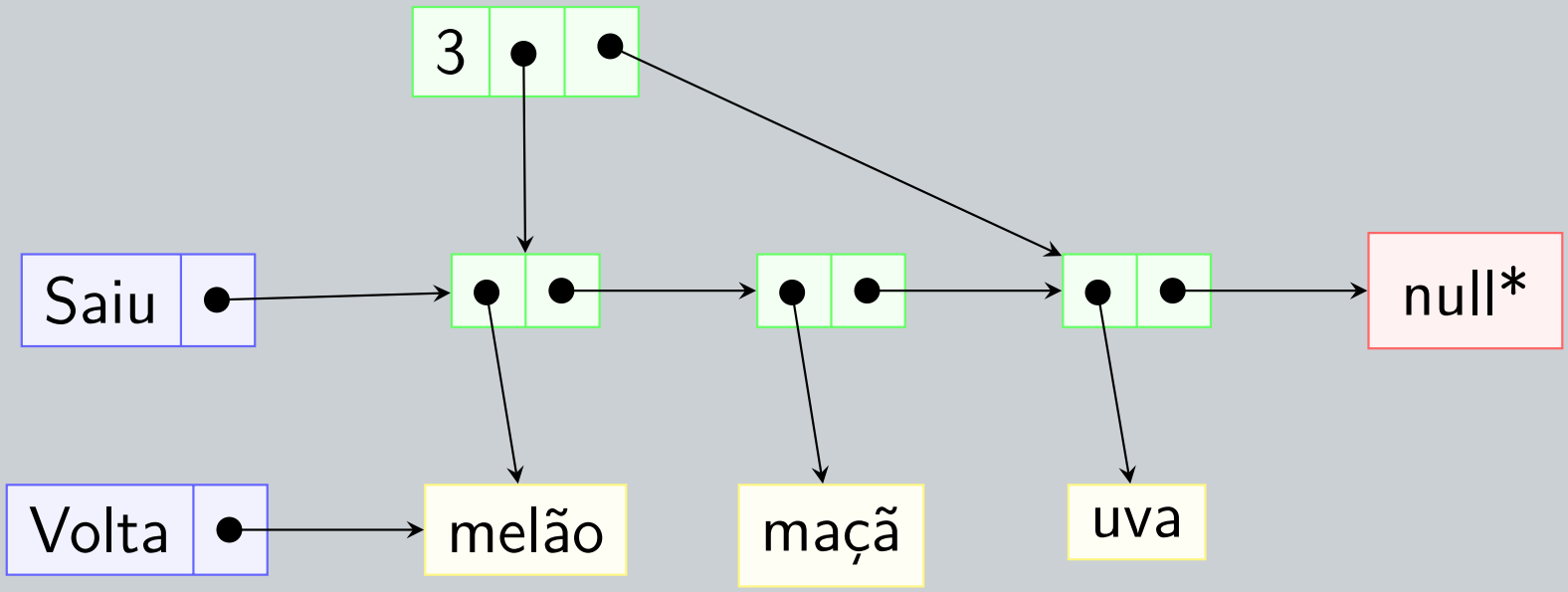
Método *adiciona*

```
adiciona(Fila* fila, T* dado)
 Elemento *novo; // auxiliar.
 inicio
  novo <- ALOQUE(Elemento);
  SE ( novo == NULO) THROW(ERROFILACHEIA);
   SE filaVazia(fila) ENTAO
    fila._primeiro <- novo
   SENAO
    fila._ultimo._proximo <- novo;
   FIM SE
   novo._proximo <- NULO;
   novo._dado <- dado;
   lista._ultimo <- novo;
   lista._quantidade <- lista._quantidade + 1;
  FIM SE
fim;
```

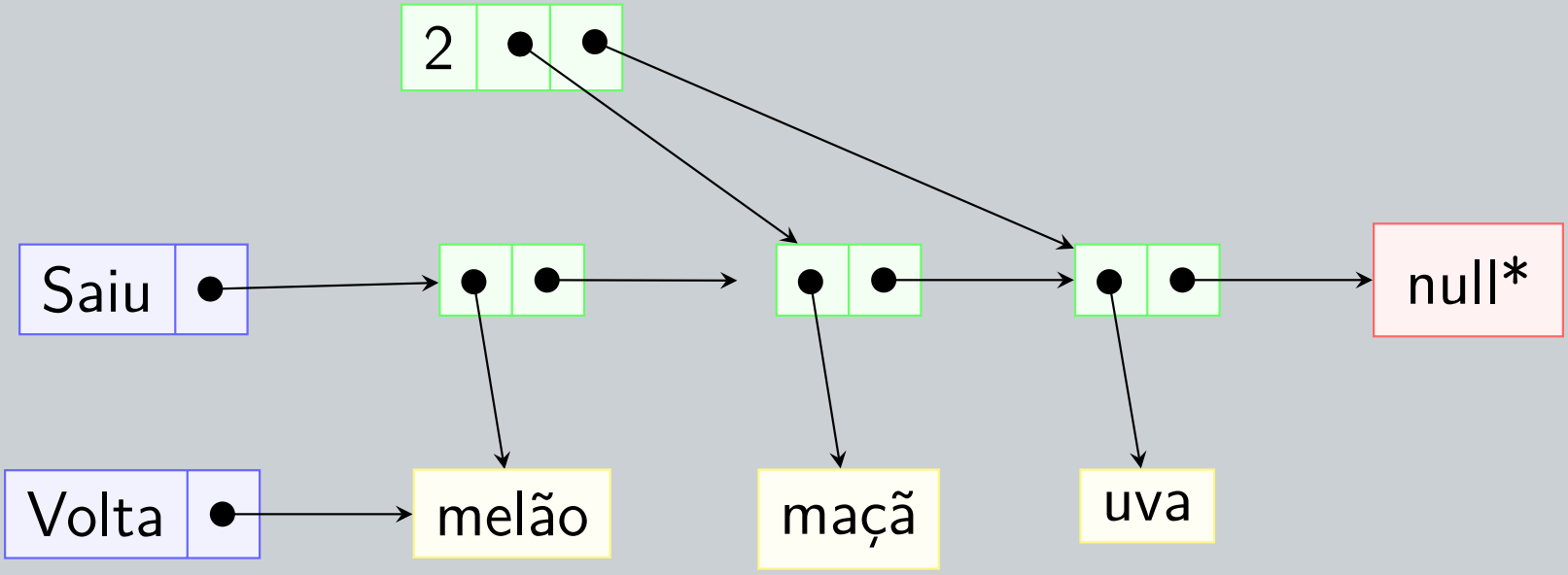
Método *T retira()*



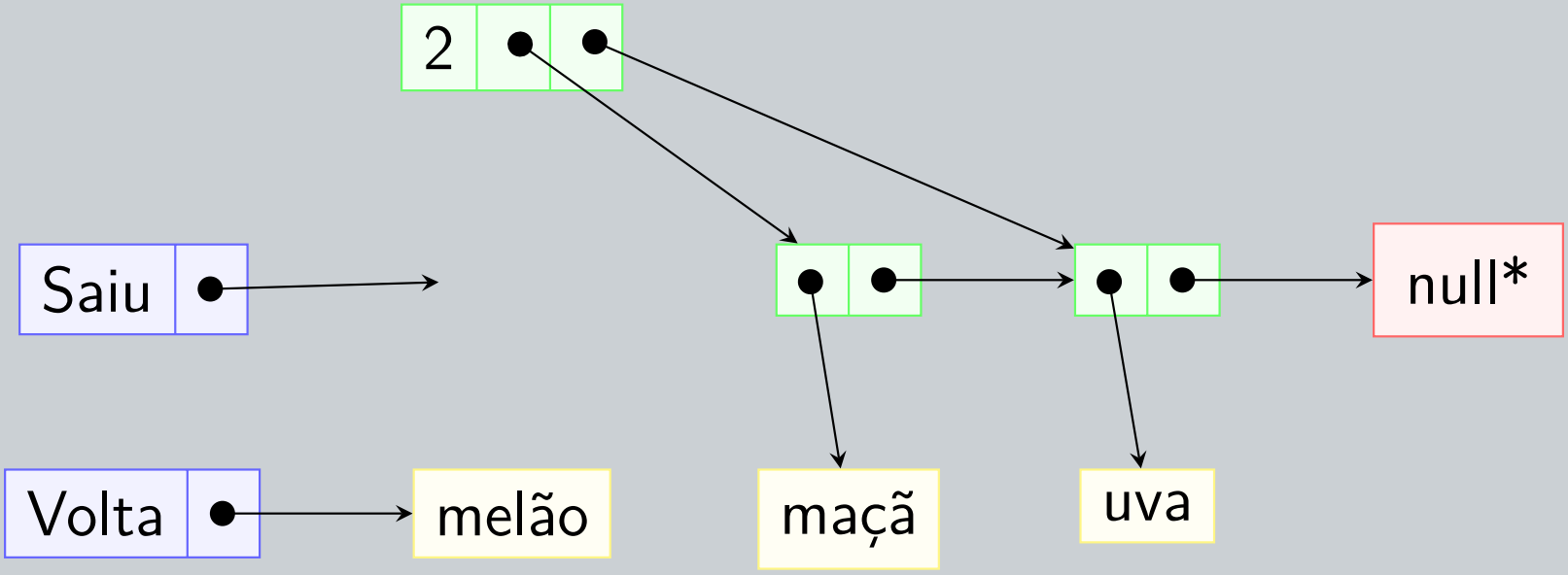
Método *T retira()*



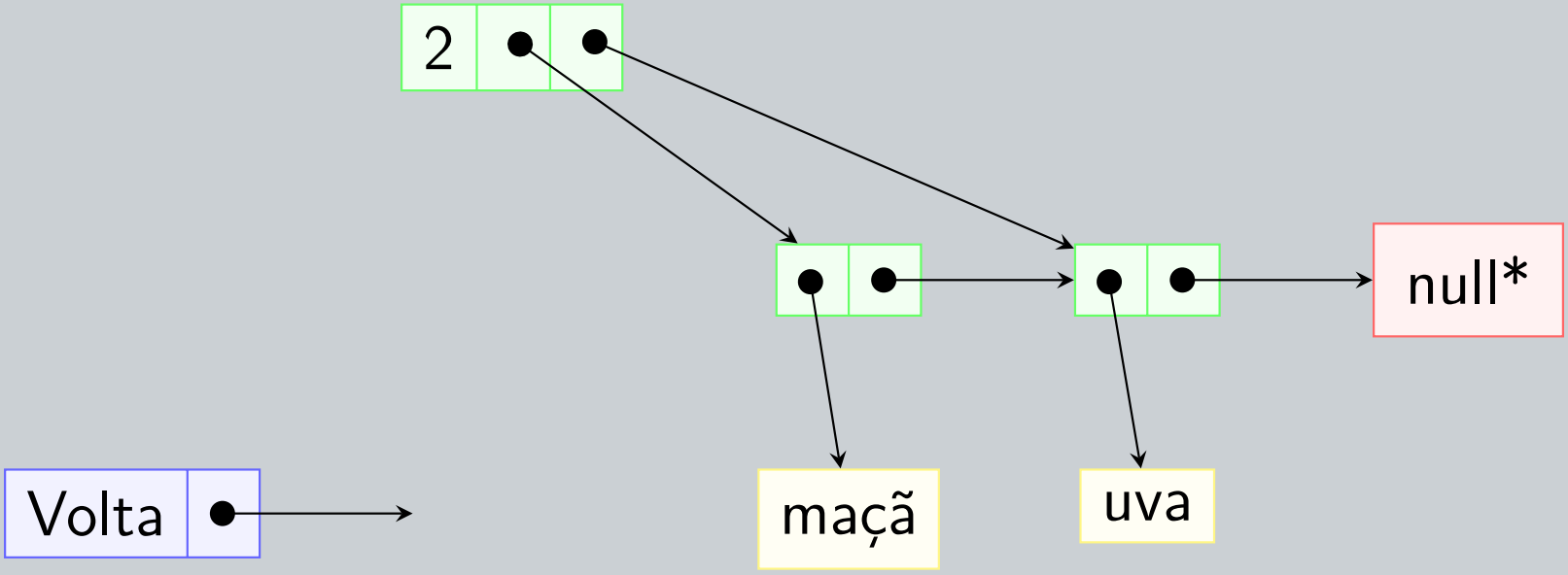
Método *T retira()*



Método *T retira()*

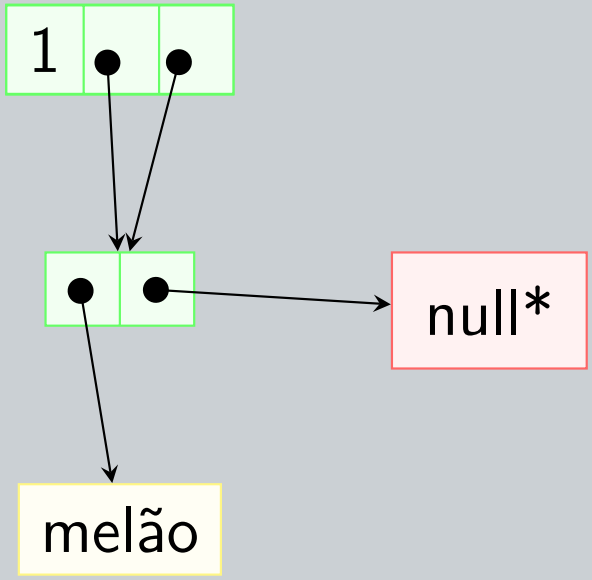


Método *T retira()*

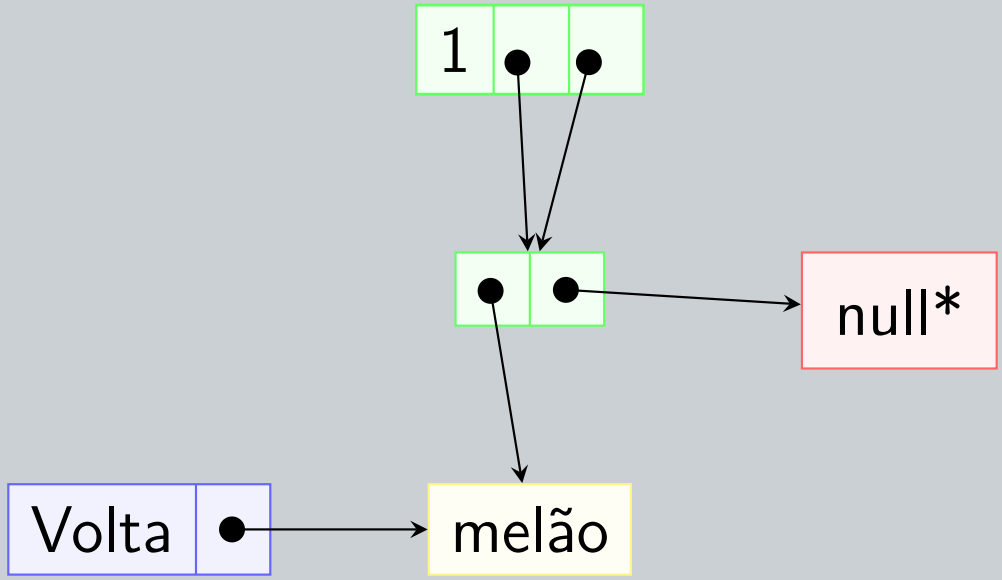


- Semelhanças??

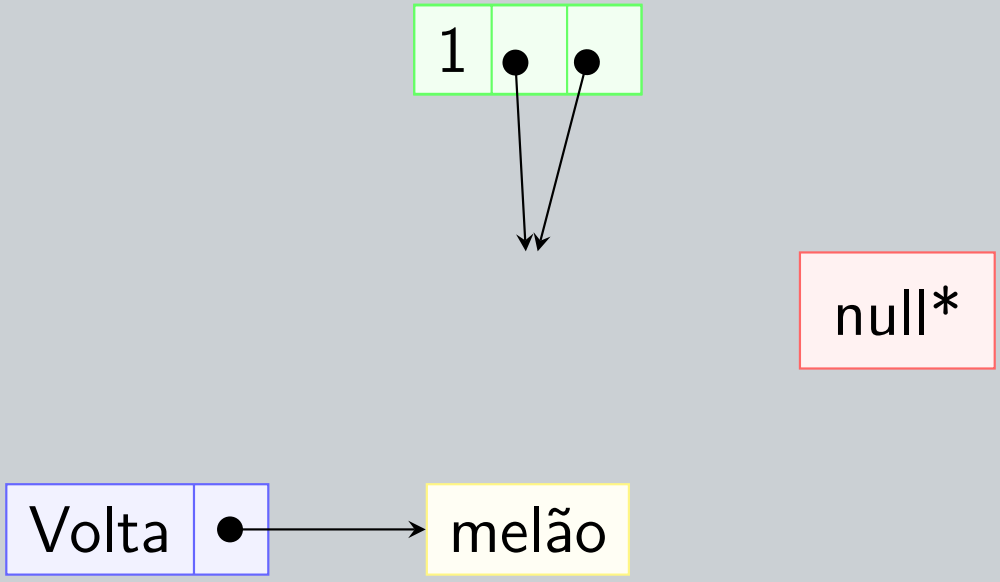
Método *T retira()* - Caso Especial Fila Unitária



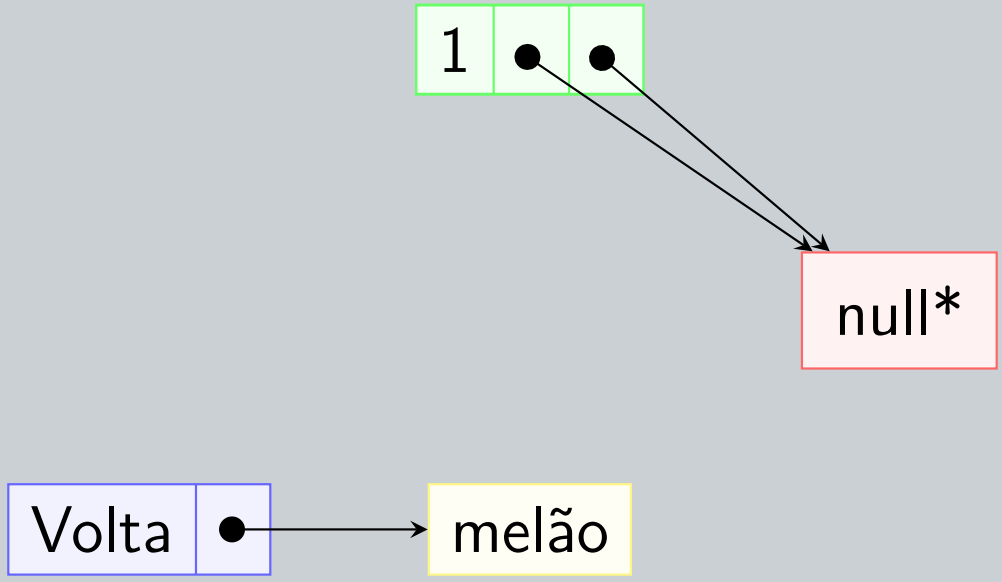
Método *T retira()* - Caso Especial Fila Unitária



Método *T retira()* - Caso Especial Fila Unitária



Método *T retira()* - Caso Especial Fila Unitária



Método *T retira()*

```
T retira()
 Elemento *saiu; //Variável auxiliar elemento.
 T *volta; //Variável auxiliar tipo T.
 início
  SE (listaVazia()) ENTAO
    THROW(ERROLISTAVAZIA);
  SENAO
    saiu <- _dados;
    volta <- saiu->_info;
    _dados <- saiu->_próximo;
          //Se SAIU for o único, próximo é NULO e está certo.
          SE (_quantidade = 1) ENTAO
           //Fila unitária: devo anular o _fim também.
           _fim <- NULO;
          FIM SE
    _quantidade <- _quantidade - 1;
    LIBERE(saiu);
    RETORNE(volta);
  FIM SE
 fim;
```

Aplicações de Filas

- É importante para gerência de dados/processos por ordem cronológica:
  - Fila de impressão em uma impressora de rede;
  - Fila de pedidos de uma expedição ou tele-entrega;
- É importante para simulação de processos sequenciais:
  - chão de fábrica: fila de camisetas a serem estampadas;
  - comércio: simulação de fluxo de um caixa de supermercado;
  - tráfego: simulação de um cruzamento com um semáforo;
- Útil para algoritmos de busca em largura.

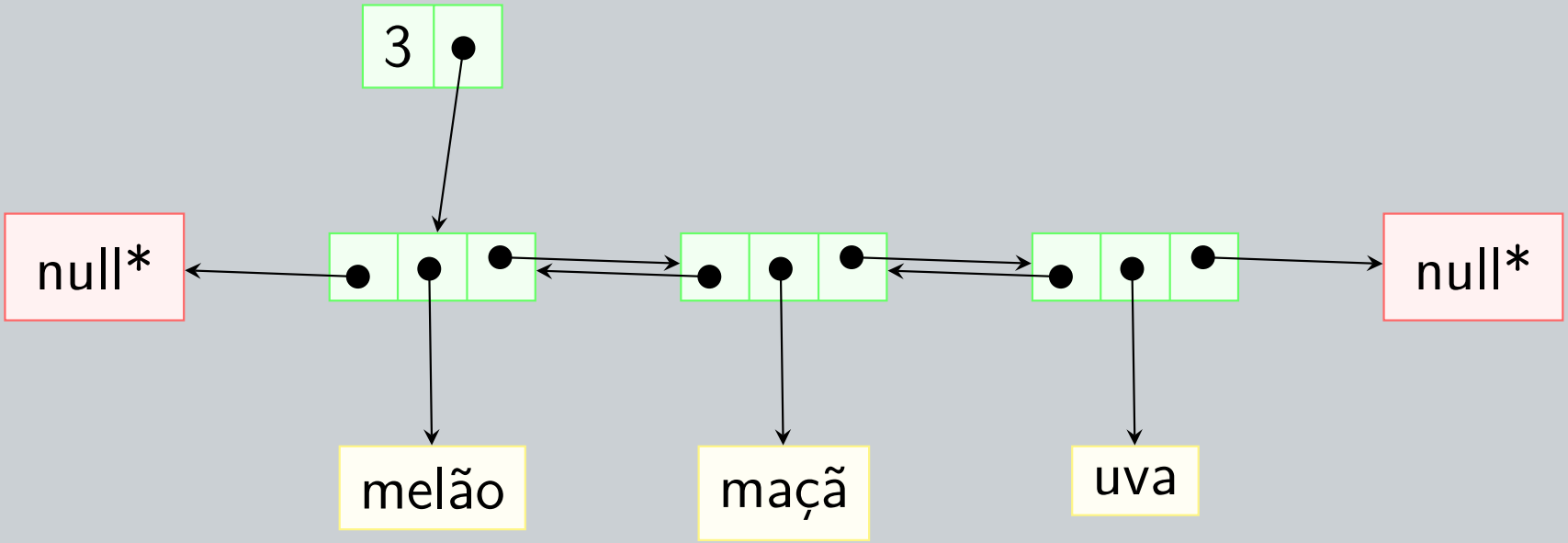
Trabalho Fila Encadeada

- Implemente uma classe Fila todas as operações vistas;
- Implemente a fila usando Templates;
- Use as melhores práticas de orientação a objetos;
- Documente todas as classes, métodos e atributos;
- Aplique os testes unitários disponíveis no moodle da disciplina para validar sua estrutura de dados;
- Entregue até a data definida no moodle.

Listas Duplamente Encadeadas

- A Lista Encadeada e a Fila Encadeada possuem a desvantagem de somente podermos caminhar em uma direção:
  - Vimos que para olhar um elemento pelo qual "acabamos de passar" precisamos de uma variável auxiliar "anterior";
  - Para olhar outros elementos ainda anteriores não temos nenhum meio, a não ser começar de novo.
- A Lista Duplamente Encadeada é uma estrutura de lista que permite deslocamento em ambos os sentidos:
  - Útil para representar conjuntos de eventos ou objetos a serem percorridos em dois sentidos;
  - Útil também quando realizamos uma busca aproximada e nos movemos para a frente e para trás.

Lista Duplamente Encadeada



Modelagem da Cabeça de Lista Dupla

- Aspecto Estrutural:
  - Necessitamos um ponteiro para o primeiro elemento da lista;
  - Necessitamos um inteiro para indicar quantos elementos a lista possui.

```
classe ListaDupla {
 ElementoDuplo *_dados;
 inteiro _tamanho;
};
```

Modelagem da Elemento de Lista Dupla

- Aspecto Estrutural:
  - Necessitamos um ponteiro para o próximo elemento;
  - Necessitamos um ponteiro para o elemento anterior;
  - Necessitamos um ponteiro do tipo da informação que vamos armazenar.
  - T necessita de um destrutor próprio, assim como a lista (neste caso a cabeça) vai precisar de um também;

```
classe ElementoDuplo {
 Elemento *_proximo;
 Elemento *_anterior;
 T *_info;
};
```

Modelagem da Lista Duplamente Encadeada

- Aspecto Funcional:
  - Temos que colocar e retirar dados da lista;
  - Temos que testar se a lista está vazia (dentre outros testes);
  - Temos que inicializar a lista e garantir a ordem de seus elementos.

Modelagem da Lista Duplamente Encadeada

- Inicializar ou limpar:
  - ListaDupla();
  - limpaListaDupla();
  - ~ListaDupla();
- Testar se a lista está vazia ou cheia e outros testes:
  - bool listaVaziaDupla();
  - int posicaoDupla(dado);
  - bool contemDupla(dado);

Modelagem da Lista Duplamente Encadeada

- Colocar e retirar dados da lista:
  - adicionaDupla(T dado);
  - adicionaNoInicioDupla(T dado);
  - adicionaNaPosicaoDupla(T dado, int posicao);
  - adicionaEmOrdemDupla(T dado);
  - T retiraDupla();
  - T retiraDoInicioDupla();
  - T retiraDaPosicaoDupla(int posicao);
  - T retiraEspecificoDupla(dado);

Método *ListaDupla()*

- Inicializamos o ponteiro para nulo;
- Inicializamos o tamanho para “0”;

```
ListaDupla()
inicio
   _dados = null;
   _tamanho <- 0;
fim;
```

Método *~ListaDupla()*

- Chamamos DestroiLista();

```
~ListaDupla()
inicio
  DestroiListaDupla();
fim;
```

Método *listaVaziaDupla()*

```
bool listaVaziaDupla()
inicio
SE (_tamanho = 0) ENTAO
 RETORNE(Verdadeiro)
SENAO
 RETORNE(Falso);
fim;
```

- Um algoritmo ListaCheia não existe na Lista Duplamente Encadeada;

Método *listaVaziaDupla()*

```
bool listaVaziaDupla()
inicio
SE (_tamanho = 0) ENTAO
 RETORNE(Verdadeiro)
SENAO
 RETORNE(Falso);
fim;
```

- Um algoritmo ListaCheia não existe na Lista Duplamente Encadeada;
- Verificar se houve espaço na memória para um novo elemento será responsabilidade de cada operação de adição.

Método *adicionaNoInicioDupla(T dado)*

- Testamos se é possível alocar um elemento;

Método *adicionaNoInicioDupla(T dado)*

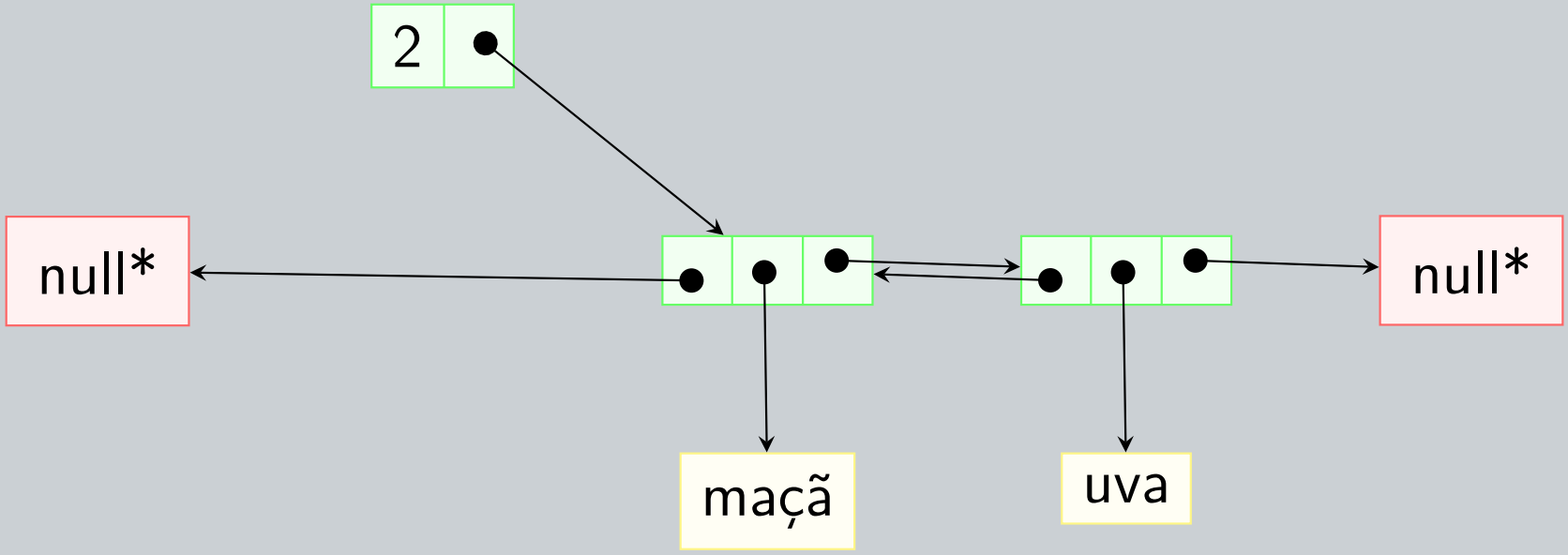
- Testamos se é possível alocar um elemento;
- Fazemos o próximo deste novo elemento ser o primeiro;

Método *adicionaNoInicioDupla(T dado)*

- Testamos se é possível alocar um elemento;
- Fazemos o próximo deste novo elemento ser o primeiro;
- Fazemos a cabeça de lista apontar para o novo elemento.

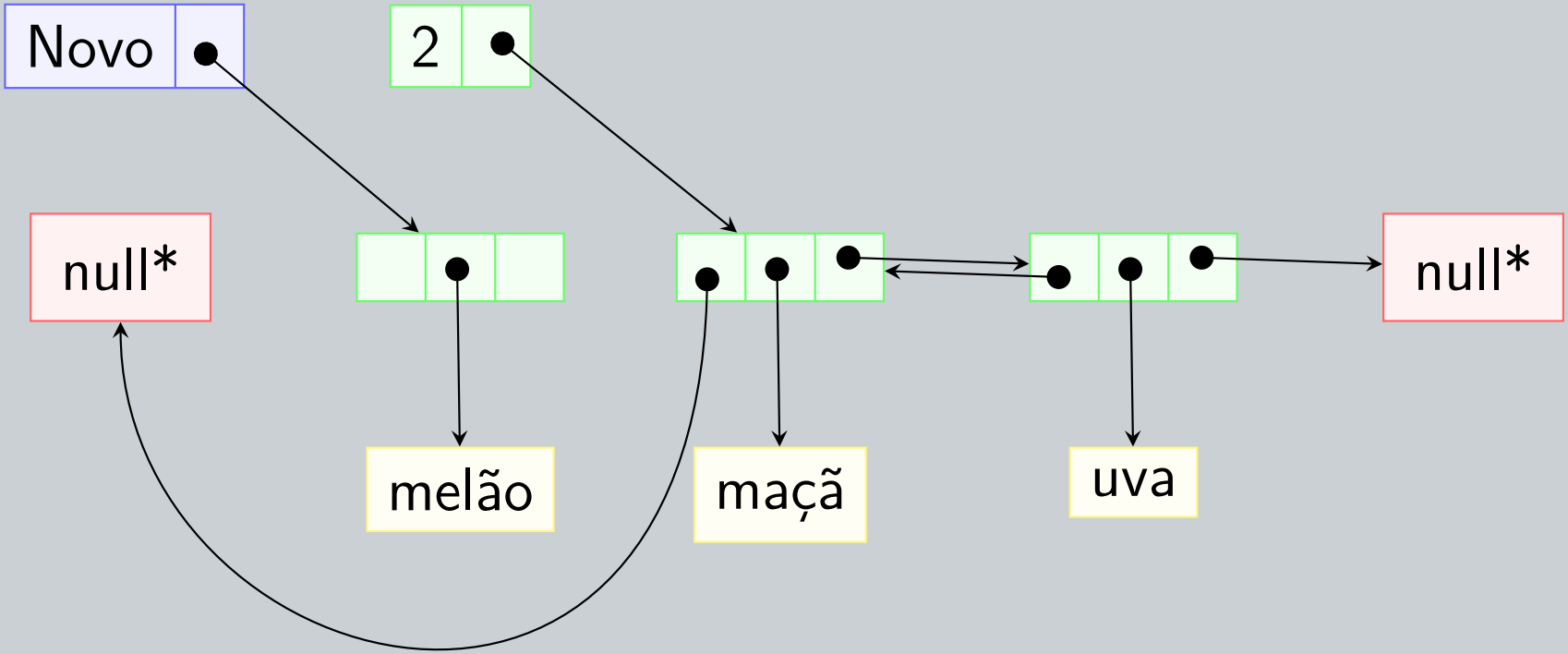
Método *adicionaNoInicioDupla(T dado)*

- Testamos se é possível alocar um elemento;
- Fazemos o próximo deste novo elemento ser o primeiro;
- Fazemos a cabeça de lista apontar para o novo elemento.



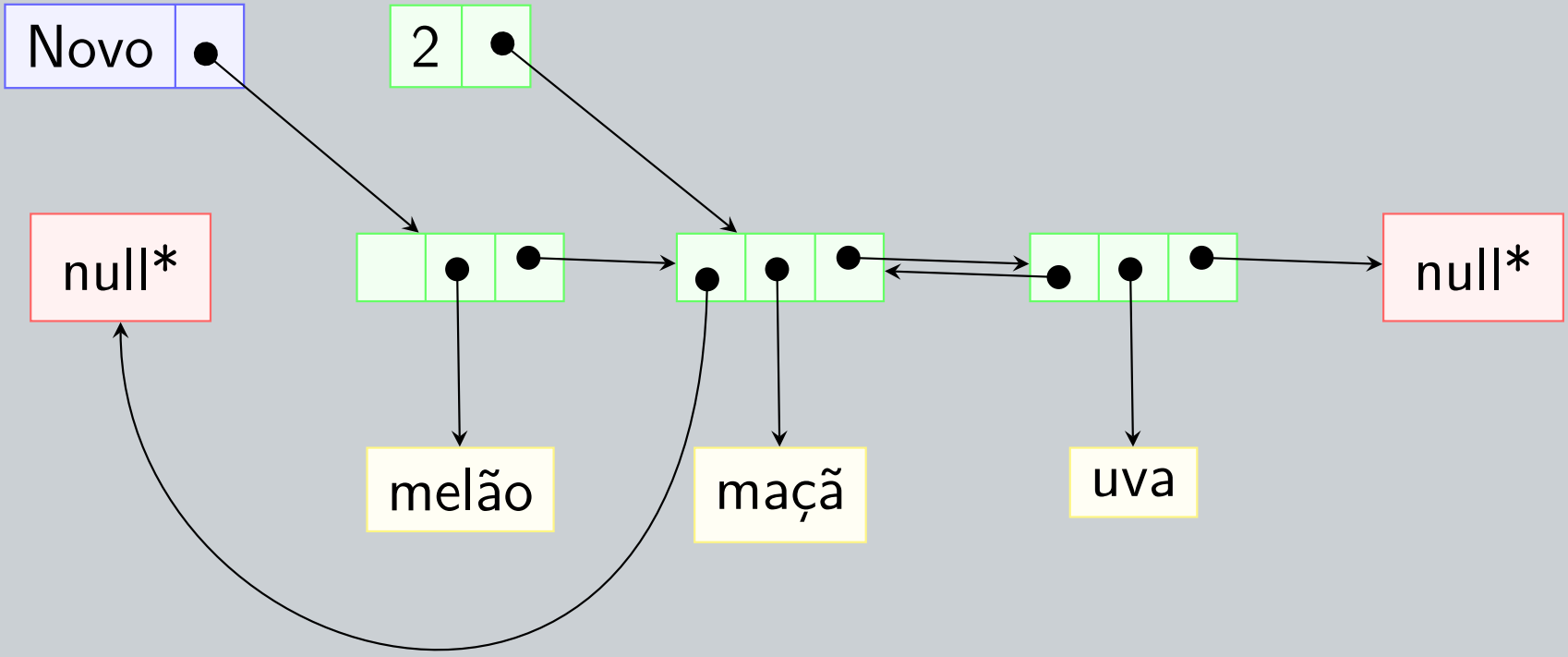
Método *adicionaNoInicioDupla(T dado)*

- Testamos se é possível alocar um elemento;
- Fazemos o próximo deste novo elemento ser o primeiro;
- Fazemos a cabeça de lista apontar para o novo elemento.



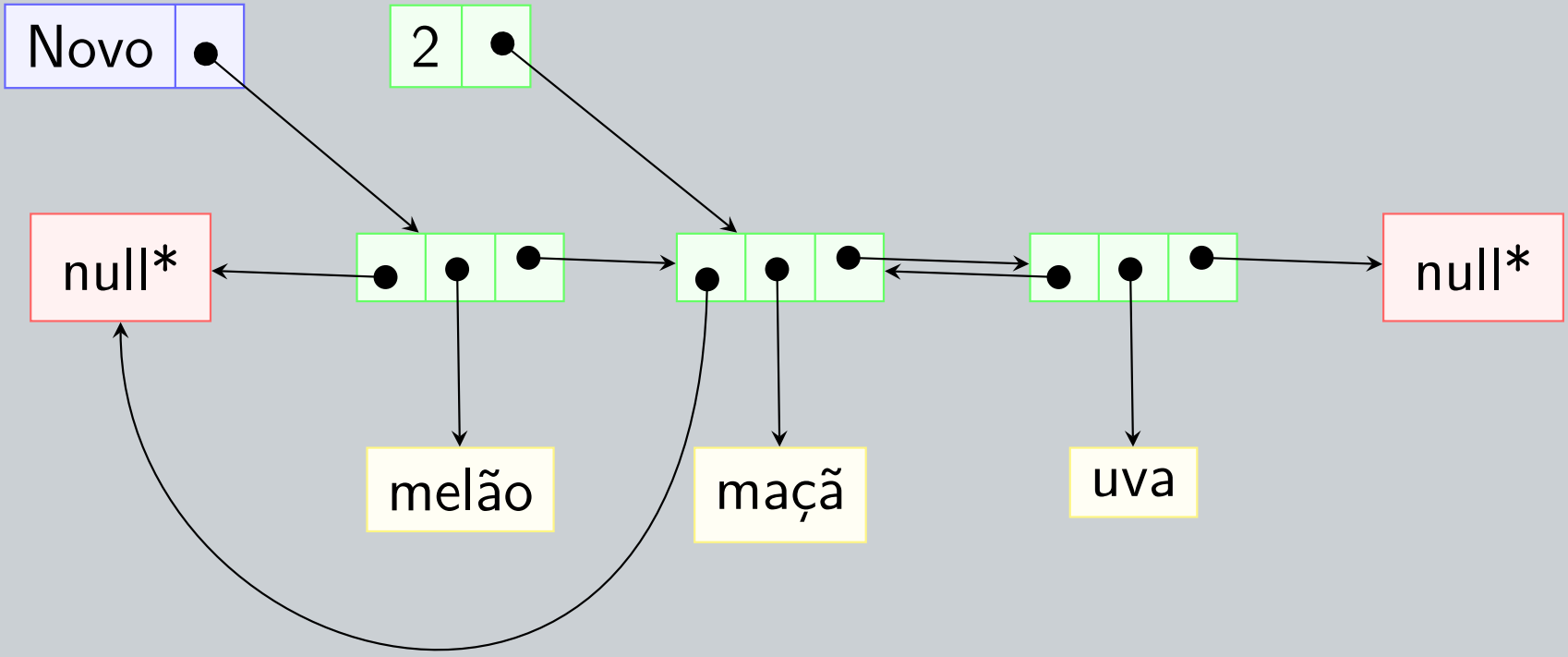
Método *adicionaNoInicioDupla(T dado)*

- Testamos se é possível alocar um elemento;
- Fazemos o próximo deste novo elemento ser o primeiro;
- Fazemos a cabeça de lista apontar para o novo elemento.



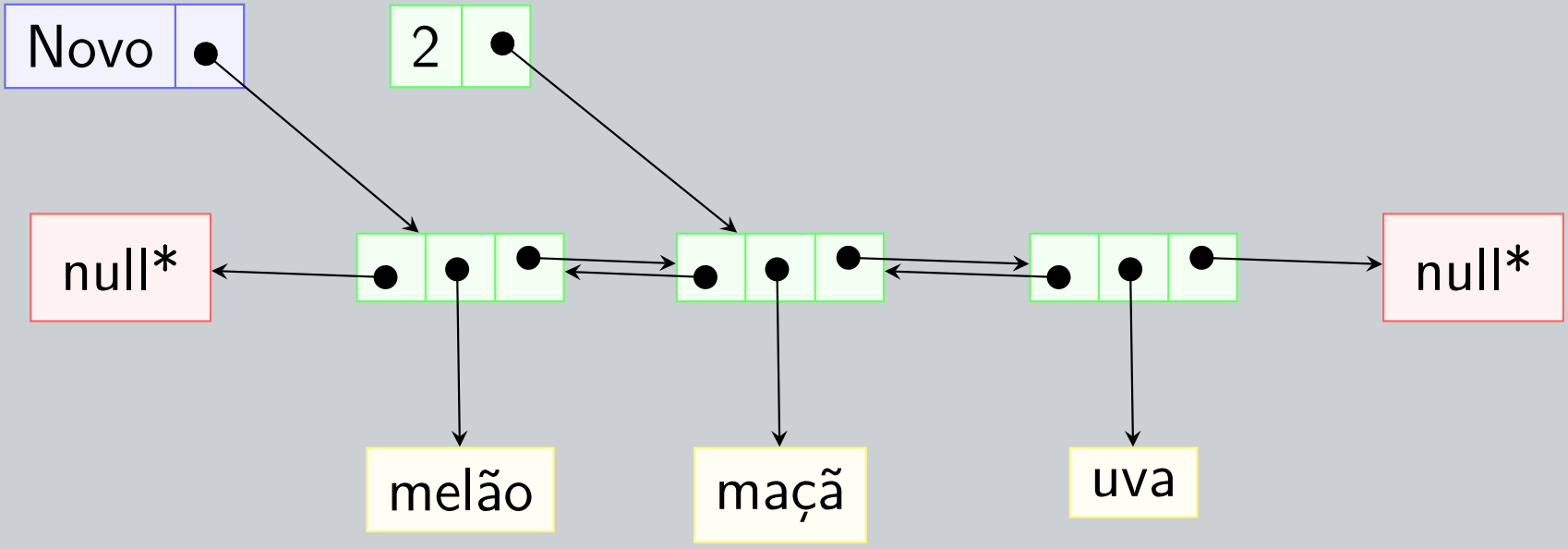
Método *adicionaNoInicioDupla(T dado)*

- Testamos se é possível alocar um elemento;
- Fazemos o próximo deste novo elemento ser o primeiro;
- Fazemos a cabeça de lista apontar para o novo elemento.



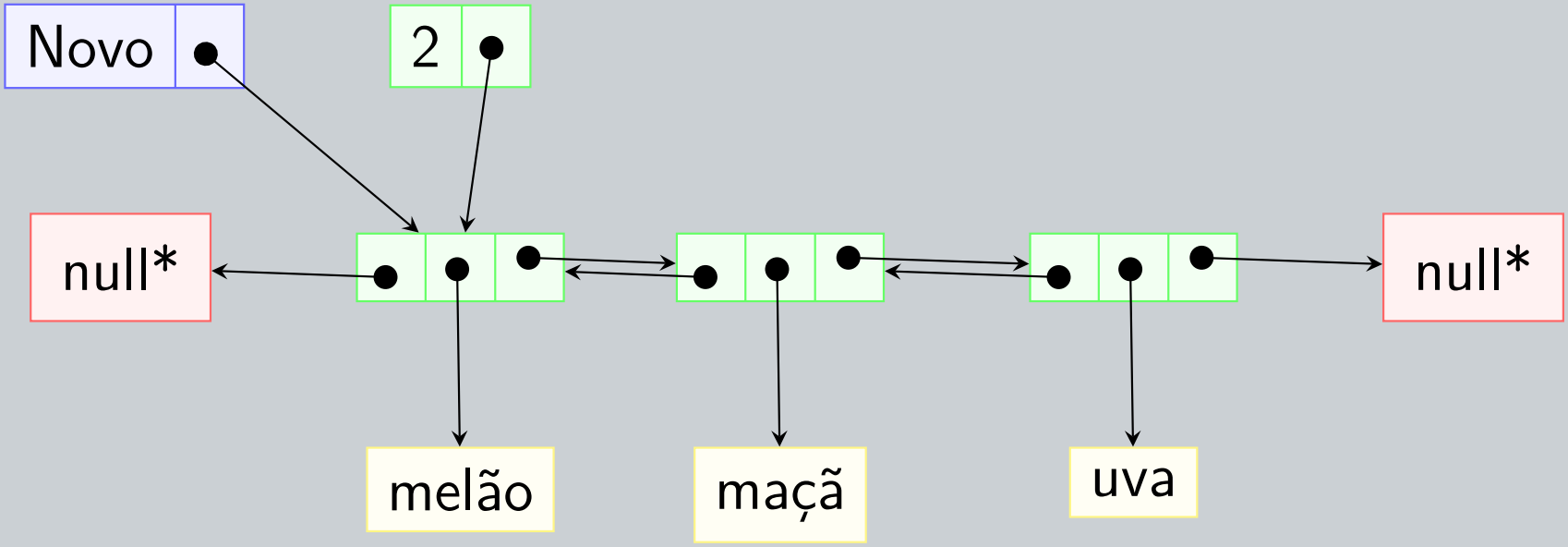
Método *adicionaNoInicioDupla(T dado)*

- Testamos se é possível alocar um elemento;
- Fazemos o próximo deste novo elemento ser o primeiro;
- Fazemos a cabeça de lista apontar para o novo elemento.



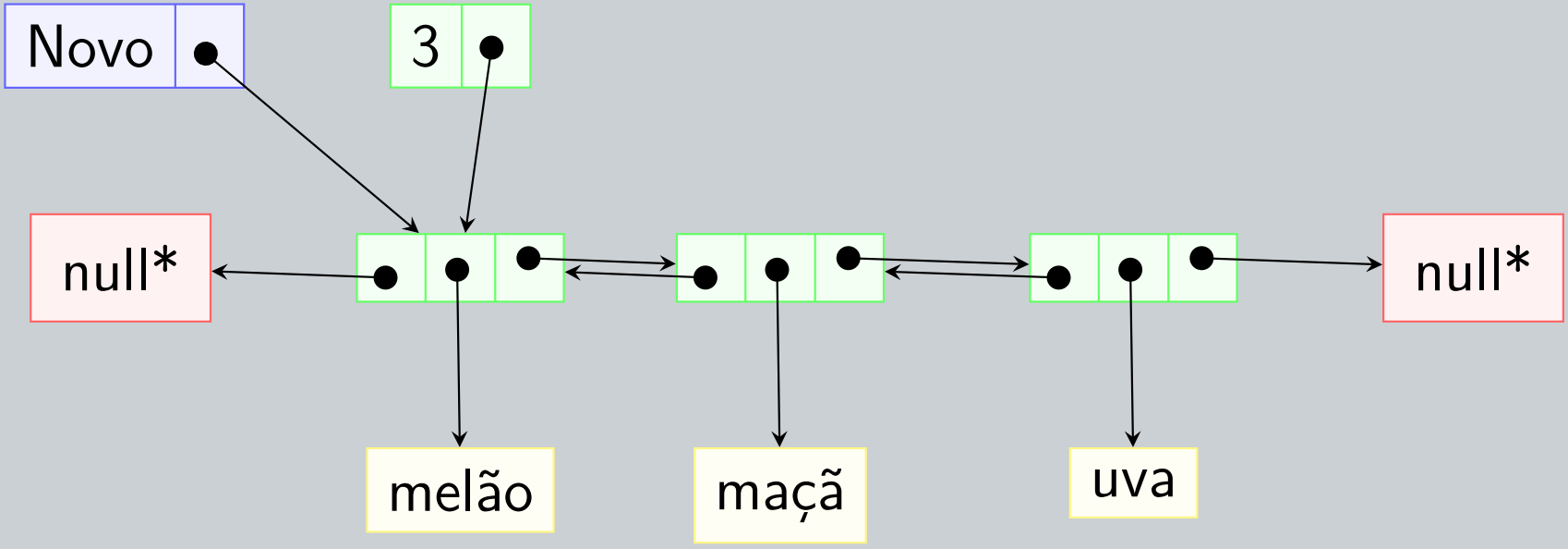
Método *adicionaNoInicioDupla(T dado)*

- Testamos se é possível alocar um elemento;
- Fazemos o próximo deste novo elemento ser o primeiro;
- Fazemos a cabeça de lista apontar para o novo elemento.



Método *adicionaNoInicioDupla(T dado)*

- Testamos se é possível alocar um elemento;
- Fazemos o próximo deste novo elemento ser o primeiro;
- Fazemos a cabeça de lista apontar para o novo elemento.



Método *adicionaNoInicioDupla(T dado)*

```
adicionaNoInicioDupla(T dado)
 ElementoDuplo *novo; //Variável auxiliar.
 início
  novo <- aloque(ElementoDuplo);
  SE (novo = NULO) ENTAO
   THROW(ERROLISTACHEIA);
  SENAO
   novo->_proximo <- _dados;
   novo->_anterior <- NULO;
   novo->_info <- dado;
   _dados <- novo;
   SE (novo->_proximo ~= NULO) ENTAO
    novo->_proximo->_anterior <- novo;
   FIM SE;
   _tamanho <- _tamanho + 1;
  FIM SE
  fim;
```

Método *T retiraDoInicioDupla()*

- Testamos se há elementos;

Método *T retiraDoInicioDupla()*

- Testamos se há elementos;
- Decrementamos o tamanho;

Método *T retiraDoInicioDupla()*

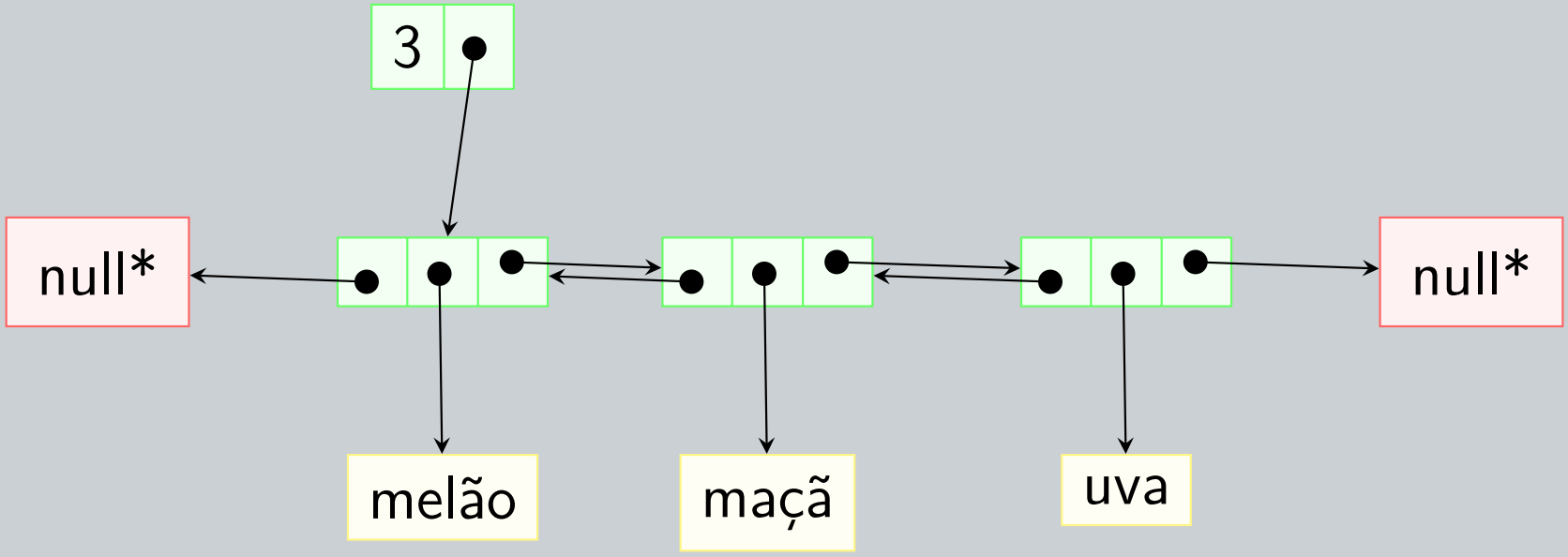
- Testamos se há elementos;
- Decrementamos o tamanho;
- Liberamos a memória do elemento;

Método *T retiraDoInicioDupla()*

- Testamos se há elementos;
- Decrementamos o tamanho;
- Liberamos a memória do elemento;
- Devolvemos a informação.

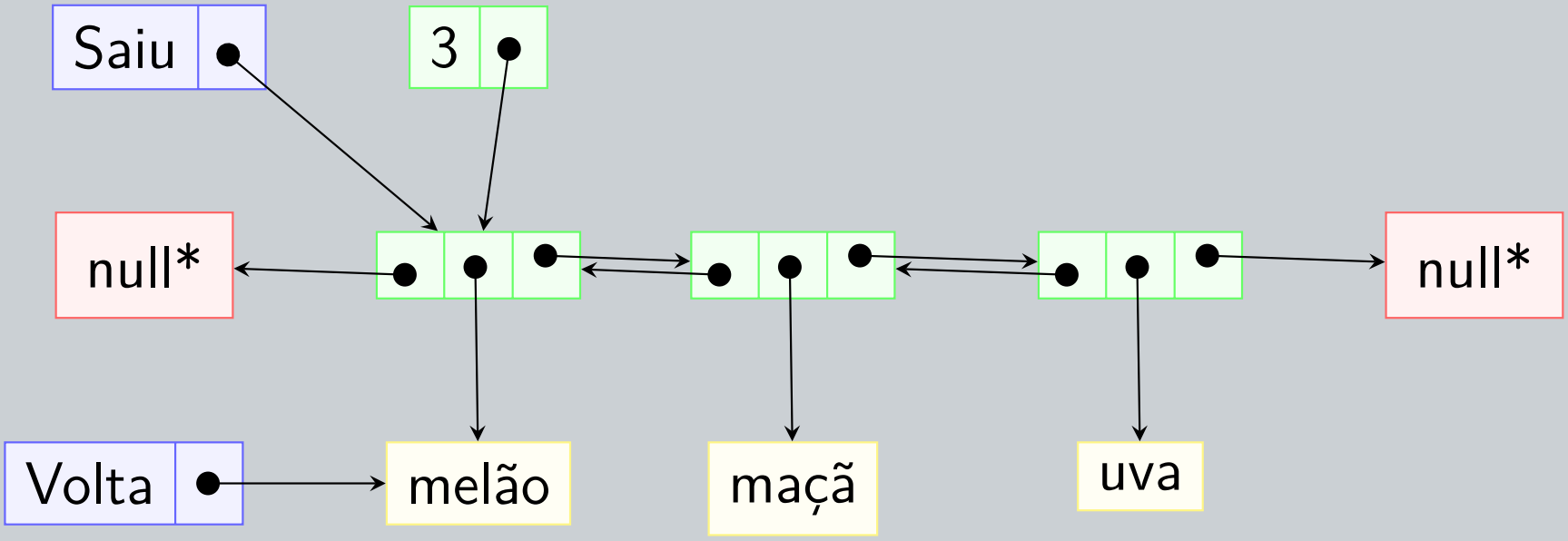
Método *T retiraDoInicioDupla()*

- Testamos se há elementos;
- Decrementamos o tamanho;
- Liberamos a memória do elemento;
- Devolvemos a informação.



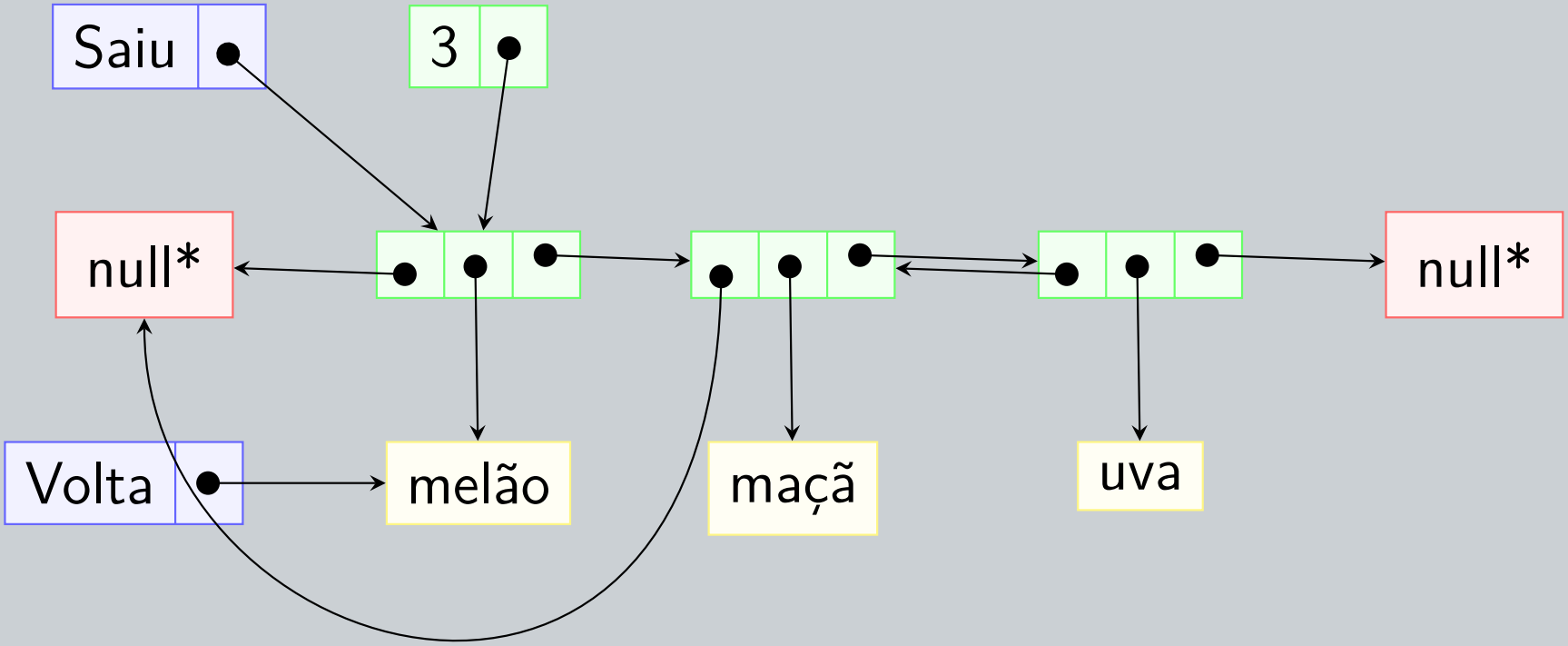
Método *T retiraDoInicioDupla()*

- Testamos se há elementos;
- Decrementamos o tamanho;
- Liberamos a memória do elemento;
- Devolvemos a informação.



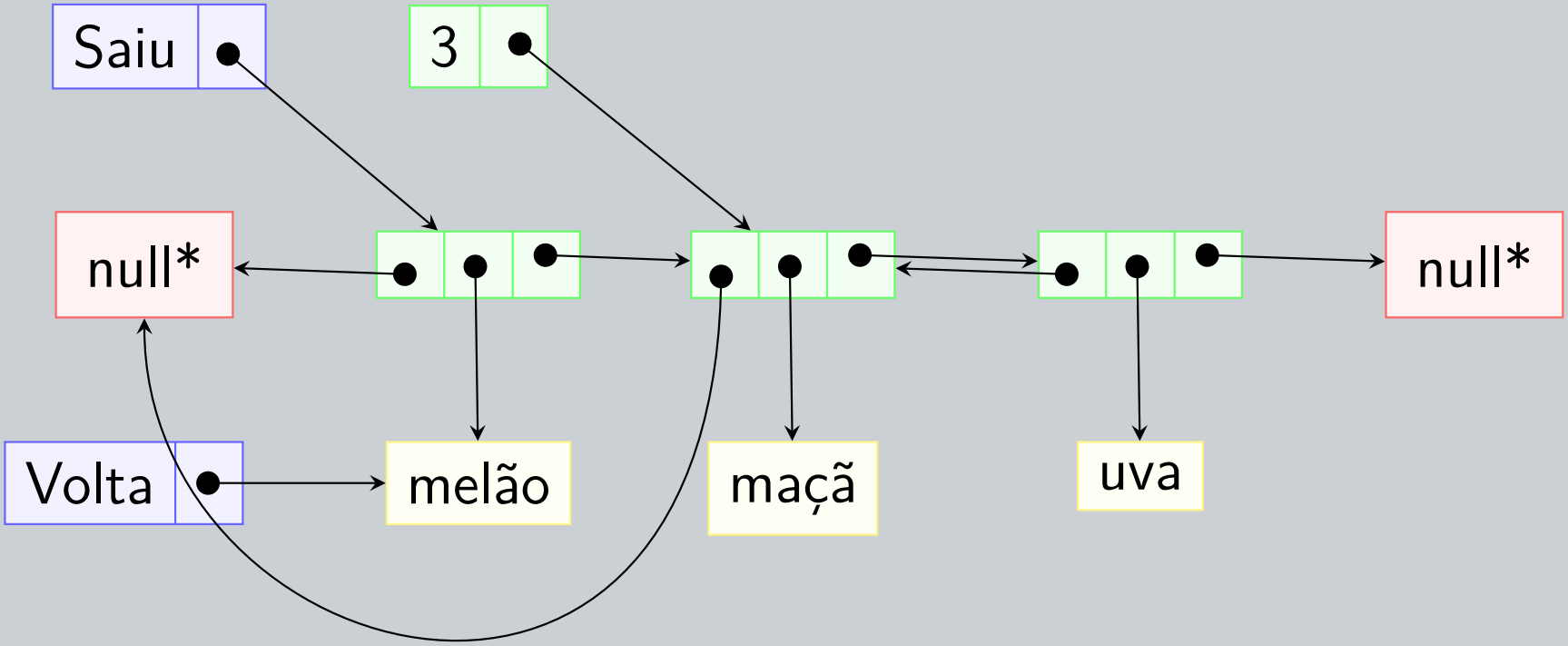
Método *T retiraDoInicioDupla()*

- Testamos se há elementos;
- Decrementamos o tamanho;
- Liberamos a memória do elemento;
- Devolvemos a informação.



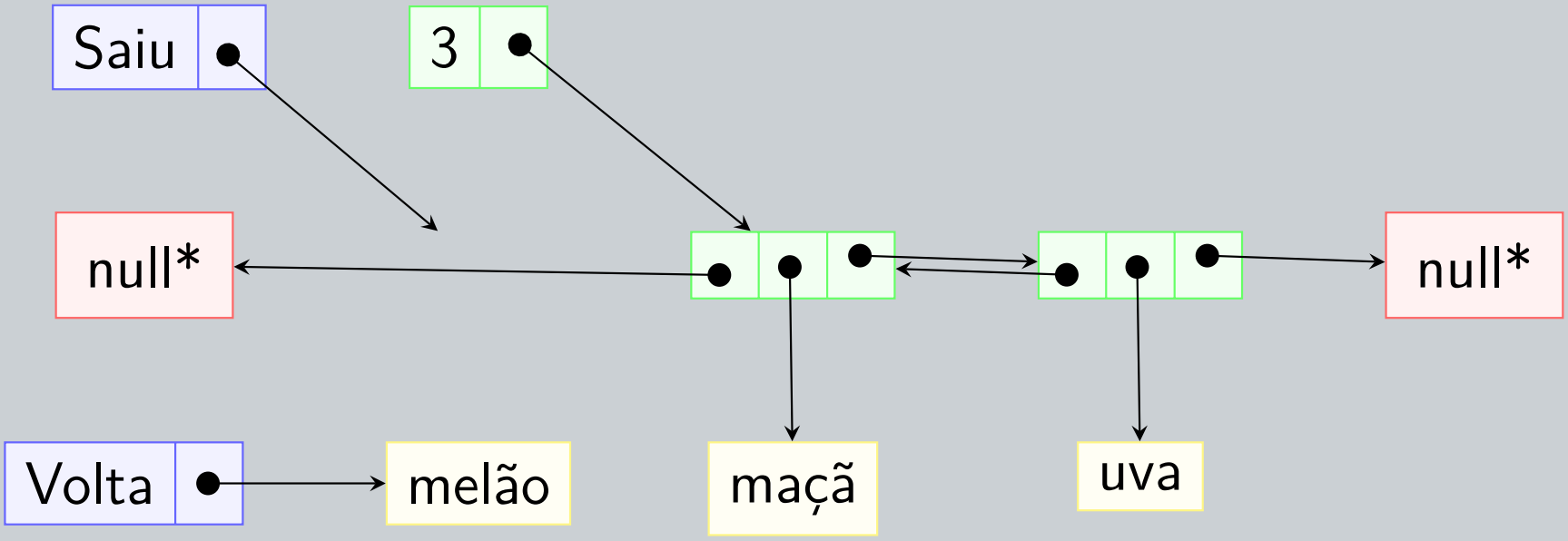
Método *T retiraDoInicioDupla()*

- Testamos se há elementos;
- Decrementamos o tamanho;
- Liberamos a memória do elemento;
- Devolvemos a informação.



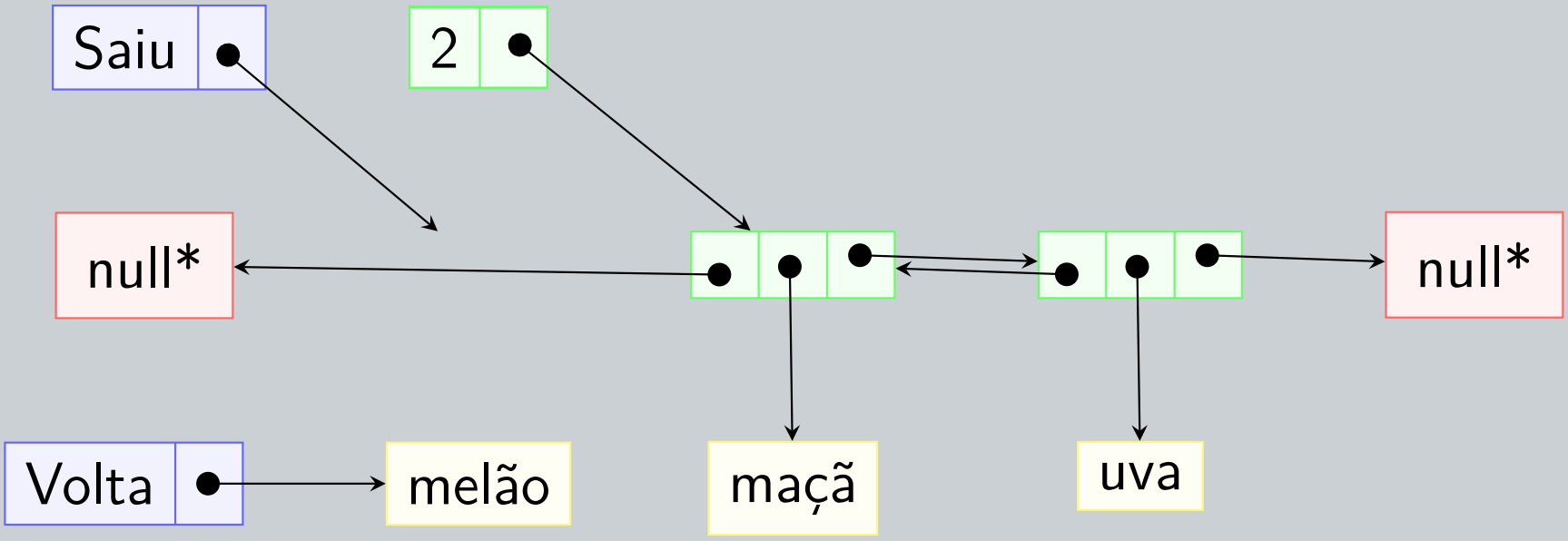
Método *T retiraDoInicioDupla()*

- Testamos se há elementos;
- Decrementamos o tamanho;
- Liberamos a memória do elemento;
- Devolvemos a informação.



Método *T retiraDoInicioDupla()*

- Testamos se há elementos;
- Decrementamos o tamanho;
- Liberamos a memória do elemento;
- Devolvemos a informação.



Método *T retiraDoInicioDupla()*

```
T retiraDoInicioDupla()
 ElementoDuplo *saiu; //Variável auxiliar elemento.
 T *volta; //Variável auxiliar tipo T.
 início
  SE (listaVaziaDupla()) ENTAO
    THROW(ERROLISTAVAZIA);
  SENAO
    saiu <- _dados;
    volta <- saiu->_info;
    _dados <- saiu->_proximo;
    SE (_dados ~= NULO) ENTAO
   dados->_anterior <- NULO;
    FIM SE
    _tamanho <- _tamanho - 1;
    LIBERE(saiu);
    RETORNE(volta);
  FIM SE
 fim;
```

Método *adicionaNaPosicaoDupla(T dado, int posicao)*

- Praticamente idêntico à lista encadeada;
- Procedimento:
  - Caminhamos até a posição;
  - Adicionamos o novo dado na posição;
  - Tratamos o caso especial;
  - Incrementamos o tamanho.
- Parâmetros:
  - O dado a ser inserido;
  - A posição onde inserir;

Método *adicionaNaPosicaoDupla(T dado, int posicao)*

```
adicionaNaPosicaoDupla(T dado, int posicao)
 ElementoDuplo *novo, *anterior; // auxiliares.
 inicio
  SE (posicao > _tamanho + 1) ENTAO THROW(ERROPOSICAO);
  SENAO
   SE (posicao = 1) ENTAO RETORNE(adicionaNoInícioDupla(info));
   SENAO
    novo <- aloque(ElementoDuplo);
    SE (novo = NULO) ENTÃO THROW(ERROLISTACHEIA);
    SENAO
     anterior <- _dados;
     REPITA (posicao - 2) VEZES anterior <- anterior->_proximo;
     novo->_proximo <- anterior->_proximo;
     SE (novo->_proximo ~= NULO) ENTAO
      novo->_proximo->_anterior <- novo;
     novo->_info <- info;
     anterior->_proximo <- novo;
     _tamanho <- _tamanho + 1;
    FIM SE
   FIM SE
  FIM SE
fim;
```

Método *T retiraDaPosicaoDupla(int posicao)*

- Praticamente idêntico à lista encadeada;
- Procedimento:
  - Caminhamos até a posição;
  - Retiramos o novo dado na posição;
  - Tratamos o caso especial;
  - Decrementamos o tamanho.
- Parâmetros:
  - A posição onde retirar;

Método *T retiraDaPosicaoDupla(int posicao)*

```
T retiraDaPosicaoDupla(int posicao)
 ElementoDuplo *anterior, *eliminar; //Variáveis elemento.
 T *volta; //Variável tipo T.
 inicio
  SE (posicao > _tamanho ) ENTAO THROW(ERROPOSICAO);
  SENAO
   SE (posicao = 1) ENTAO RETORNE(retiraDoInicioDupla());
   SENAO
    anterior <- _dados;
    REPITA (posicao - 2) VEZES
      anterior <- anterior->_proximo;
    eliminar <- anterior->_proximo;
    volta <- eliminar->_info;
    anterior->_proximo <- eliminar->_proximo;
    SE eliminar->_proximo ~= NULO ENTAO
     eliminar->_proximo->_anterior <- anterior;
    _tamanho <- _tamanho - 1;
    LIBERE(eliminar);  RETORNE(volta);
   FIM SE
  FIM SE
 fim;
```

Método *adicionaEmOrdemDupla(T dado)*

- Idêntico à lista encadeada;
- Procedimento:
  - Necessitamos de uma função para comparar os dados "$>$";
  - Procuramos pela posição onde inserir comparando dados;
  - Chamamos adicionaNaPosiçãoDupla().
- Parâmetros:
  - O dado a ser inserido;

Por conta do aluno:

- Operações de inclusão e exclusão:
  - AdicionaDupla(dado);
  - RetiraDupla();
  - RetiraEspecíficoDupla(dado);
- Operações - inicializar ou limpar:
  - DestróiListaDupla();

Trabalho Lista Duplamente Encadeada

- Implemente uma classe ListaDupla todas as operações vistas;
- Implemente a lista usando Templates;
- Use as melhores práticas de orientação a objetos;
- Documente todas as classes, métodos e atributos;
- Aplique os testes unitários disponíveis no moodle da disciplina para validar sua estrutura de dados;
- Entregue até a data definida no moodle.

Perguntas????

UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA