

Estrutura de Dados

**Alocação Dinâmica / Acesso Encadeado
Técnicas de Encadeamento**

**Prof. Luiz Gustavo Almeida Martins e
adaptação da Profa. Gina M. B. de Oliveira**

Introdução

- Diferentes técnicas de encadeamento podem ser aplicadas a fim de **gerar algoritmos mais simples e/ou eficientes**

Introdução

- Diferentes técnicas de encadeamento podem ser aplicadas a fim de **gerar algoritmos mais simples e/ou eficientes**
- **Técnicas mais usuais:**
 - Uso do nó cabeçalho
 - Encadeamento circular
 - Encadeamento duplo

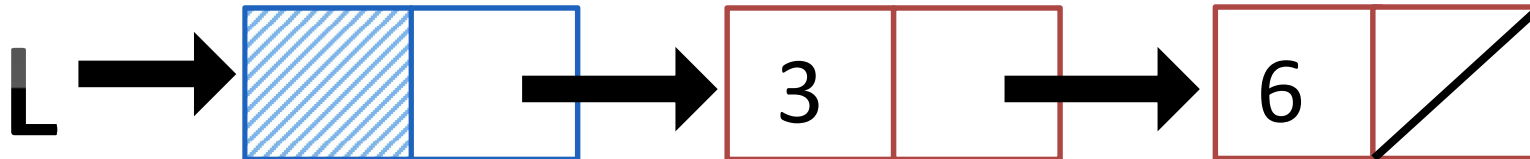
Introdução

- Diferentes técnicas de encadeamento podem ser aplicadas a fim de **gerar algoritmos mais simples e/ou eficientes**
- **Técnicas mais usuais:**
 - **Uso do nó cabeçalho**
 - Encadeamento circular
 - Encadeamento duplo

Uso do Nó Cabeçalho

- Envolve a **inclusão de um nó extra** no início da lista

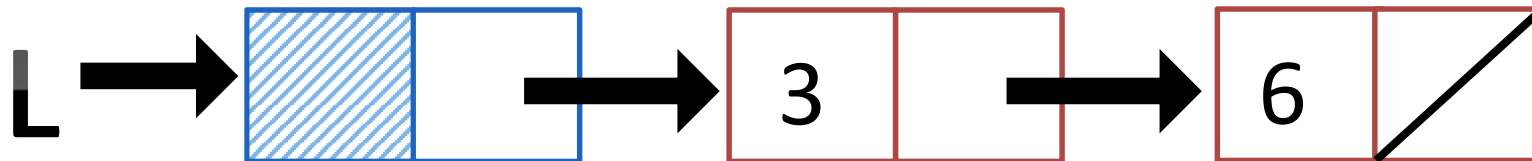
Ex: $L = \{ 3, 6 \}$



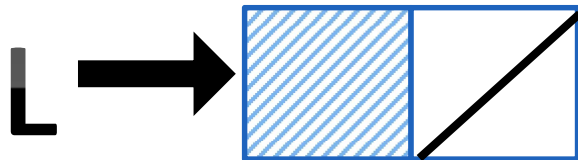
Uso do Nó Cabeçalho

- Envolve a **inclusão de um nó extra** no início da lista

Ex: $L = \{ 3, 6 \}$



Ex: $L = \{ \}$ (**Lista Vazia**)



Uso do Nó Cabeçalho

- Simplifica as operações de inserção e remoção na **TAD lista ordenada**
 - Não precisa tratar o 1º nó da lista separado

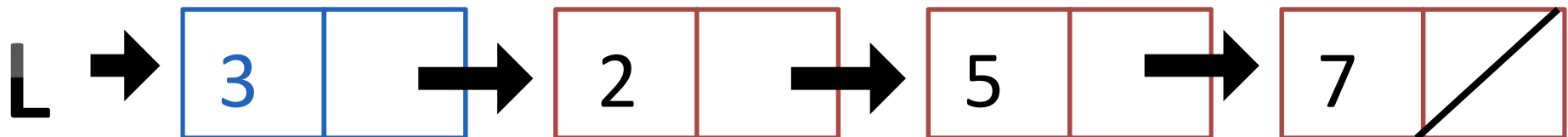
Uso do Nó Cabeçalho

- Simplifica as operações de inserção e remoção na **TAD lista ordenada**
 - Não precisa tratar o 1º nó da lista separado
- O nó cabeçalho **não pertence a lista**
 - Campo ***info*** não guarda valor de elemento
 - Para evitar desperdício, pode ser usado para guardar alguma informação útil sobre a lista

Uso do Nó Cabeçalho

- Simplifica as operações de inserção e remoção na **TAD lista ordenada**
 - Não precisa tratar o 1º nó da lista separado
- O nó cabeçalho **não pertence a lista**
 - Campo *info* não guarda valor de elemento
 - Para evitar desperdício, pode ser usado para guardar alguma informação útil sobre a lista

Ex: Quantidade de elementos na lista



Estrutura de Representação em C

- **Mesma estrutura** da implementação SEM cabeçalho

- Declaração da estrutura nó inteiro no **lista.c**:

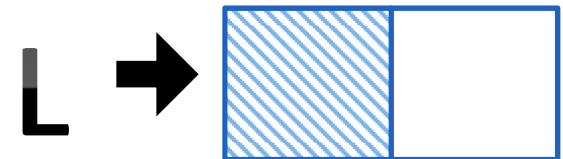
```
struct no {  
    int info;  
    struct no * prox;  
};
```

- Definição do tipo de dado lista no **lista.h**:

```
typedef struct no * Lista;
```

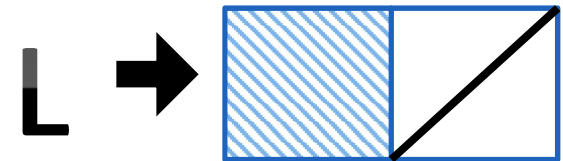
Operação **cria_lista**

- A lista **sempre aponta para o nó cabeçalho**
 - O **nó cabeçalho deve ser alocado dinamicamente** na criação da lista



Operação **cria_lista**

- A lista **sempre aponta para o nó cabeçalho**
 - O **nó cabeçalho deve ser alocado dinamicamente** na criação da lista
- **Colocar a lista no estado de vazia**
 - Lista vazia é representada pelo nó cabeçalho apontando para **NULL**



Operação **cria_lista**

- Implementação em C:

```
Lista cria_lista() {  
    // Aloca nó cabeçalho  
    Lista cab;  
    cab = (Lista) malloc(sizeof(struct no));  
  
}
```

Operação **cria_lista**

- Implementação em C:

```
Lista cria_lista() {  
    // Aloca nó cabeçalho  
    Lista cab;  
    cab = (Lista) malloc(sizeof(struct no));  
    // Coloca lista no estado de vazia  
    if (cab != NULL) { // Só se alocação NÃO falhar  
        cab->prox = NULL;  
        cab->info = 0; } // Opcional: guardar qtde  
}
```

Operação **cria_lista**


- **Implementação em C:**

```
Lista cria_lista() {  
    // Aloca nó cabeçalho  
    Lista cab;  
    cab = (Lista) malloc(sizeof(struct no));  
    // Coloca lista no estado de vazia  
    if (cab != NULL) { // Só se alocação NÃO falhar  
        cab->prox = NULL;  
        cab->info = 0; } // Opcional: guardar qtde  
    return cab;  
}
```

Operação **cria_lista**

- **Implementação em C:**

```
Lista cria_lista() {  
    // Aloca nó cabeçalho  
    Lista cab;  
    cab = (Lista) malloc(sizeof(struct no));  
    // Coloca lista no estado de vazia  
    if (cab != NULL) { // Só se alocação NÃO falhar  
        cab->prox = NULL;  
        cab->info = 0; } // Opcional: guardar qtde  
    return cab;  
}
```

 **Se alocação falhar, retorna NULL**

Operação **lista_vazia()**

- Verifica se a lista está na condição de vazia:
 - Se o campo **prox** do **nó cabeçalho** é **NULL**
 - **Nó cabeçalho** é apontado pela lista

- **Implementação em C:**

```
int lista_vazia(Lista lst) {  
    if (lst->prox == NULL)  
        return 1; // Lista vazia  
    else  
        return 0; // Lista NÃO vazia  
}
```

Operação de Inserção

- Especialmente indicada para o **TAD lista ordenada**
- Implementação visa **simplificação** do código
 - Evita tratar separadamente o 1º nó da lista
 - Remove do algoritmo a parte que altera o conteúdo da variável que representa a **LISTA**

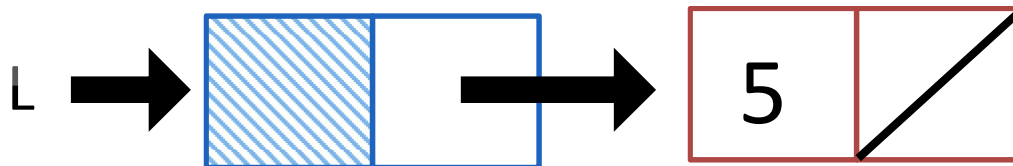
Operação de Inserção

(Lista NÃO Ordenada)

- Existem **2 cenários** possíveis de inserção:
 - Lista sem elementos (**lista vazia**)
 - Lista com 1 ou mais elementos
- **Ambos são tratados da mesma forma:**
 - Alocação do novo nó
 - Preenchimento dos campos do novo nó
 - **info** recebe o valor do novo elemento
 - **prox** recebe o endereço armazenado pelo **nó cabeçalho**
 - **Nó cabeçalho** recebe o endereço do novo nó
 - Lista é **passada por valor** e não por referência

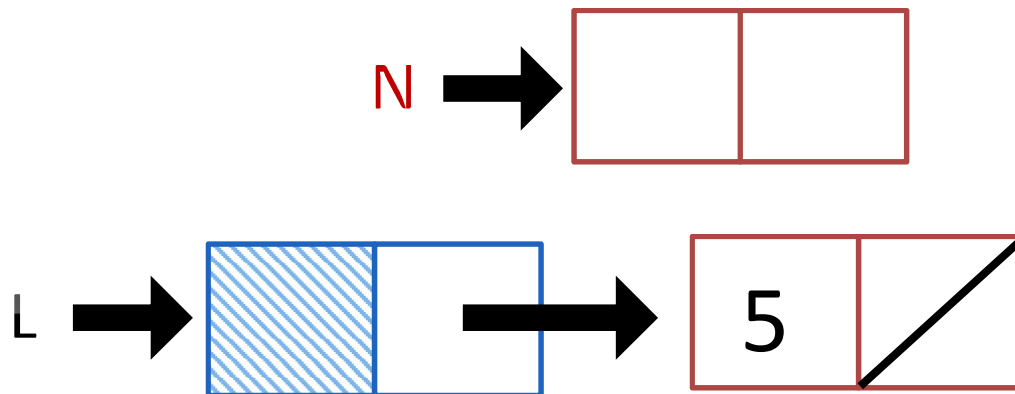
Operação de Inserção (Lista NÃO Ordenada)

- Ex: Inserir 3



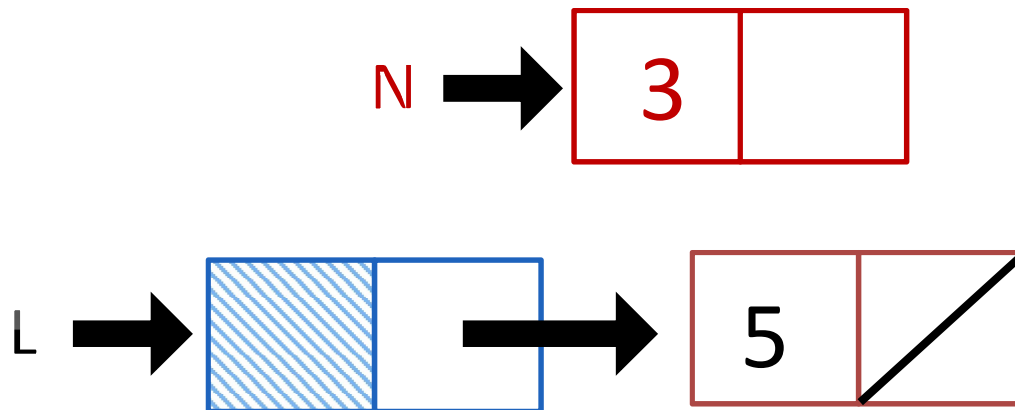
Operação de Inserção (Lista NÃO Ordenada)

- **Ex: Inserir 3**
 - Alocar um novo nó



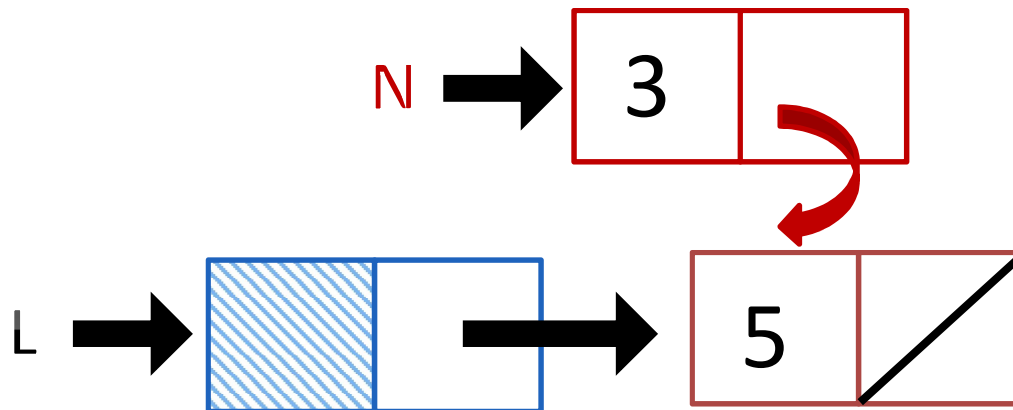
Operação de Inserção (**Lista NÃO Ordenada**)

- **Ex: Inserir 3**
 - Alocar um novo nó
 - Preencher os campos do novo nó
 - Campo ***info*** = valor do elemento



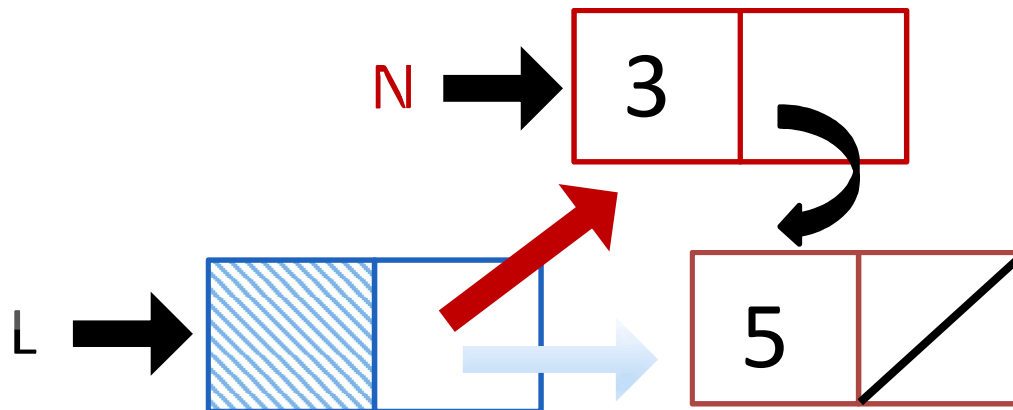
Operação de Inserção (**Lista NÃO Ordenada**)

- **Ex: Inserir 3**
 - Alocar um novo nó
 - Preencher os campos do novo nó
 - Campo **info** = valor do elemento
 - Campo **prox** = valor do campo **prox** do **nó cabeçalho**



Operação de Inserção (**Lista NÃO Ordenada**)

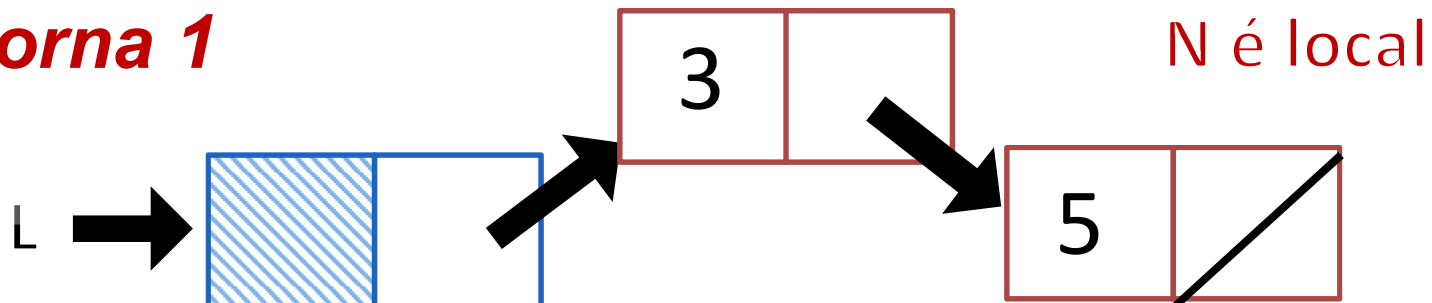
- **Ex: Inserir 3**
 - Alocar um novo nó
 - Preencher os campos do novo nó
 - Campo **info** = valor do elemento
 - Campo **prox** = valor do campo **prox** do **nó cabeçalho**
 - Atribuir ao campo **prox** do **nó cabeçalho** o **endereço do novo nó**



Operação de Inserção (**Lista NÃO Ordenada**)

- **Ex: Inserir 3**
 - Alocar um novo nó
 - Preencher os campos do novo nó
 - Campo **info** = valor do elemento
 - Campo **prox** = valor do campo **prox** do **nó cabeçalho**
 - Atribuir ao campo **prox** do **nó cabeçalho** o **endereço do novo nó**
 - Retornar 1 (**operação bem sucedida**)

retorna 1



Operação de Inserção (Lista NÃO Ordenada)

- Implementação em C:


```
int insere_elem (Lista lst, int elem) {  
    // Aloca um novo nó  
    Lista N = (Lista) malloc(sizeof(struct no));  
    if (N == NULL) { return 0; } // Falha: nó não alocado  
    // Preenche os campos do novo nó  
    N->info = elem; // Insere o conteúdo (valor do elem)  
    N->prox = lst->prox; // Aponta para o 1º nó atual da lista  
    lst->prox = N; // Faz o nó cabeçalho apontar para o novo nó  
    lst->info++; // Opcional: Incrementa qtde de nós na lista  
    return 1;  
}
```

Operação de Inserção (Lista NÃO Ordenada)

- Implementação em C: passagem por valor

```
int insere_elem (Lista lst, int elem) {  
    // Aloca um novo nó  
    Lista N = (Lista) malloc(sizeof(struct no));  
    if (N == NULL) { return 0; } // Falha: nó não alocado  
    // Preenche os campos do novo nó  
    N->info = elem; // Insere o conteúdo (valor do elem)  
    N->prox = lst->prox; // Aponta para o 1º nó atual da lista  
    lst->prox = N; // Faz o nó cabeçalho apontar para o novo nó  
    lst->info++; // Opcional: Incrementa qtde de nós na lista  
    return 1;  
}
```

Operação de Inserção (Lista NÃO Ordenada)

- Implementação em C:  **passagem por referência
(mantém interface)**

```
int insere_elem (Lista *lst, int elem) {  
    // Aloca um novo nó  
    Lista N = (Lista) malloc(sizeof(struct no));  
    if (N == NULL) { return 0; } // Falha: nó não alocado  
    // Preenche os campos do novo nó  
    N->info = elem; // Insere o conteúdo (valor do elem)  
    N->prox = (*lst)->prox; // Aponta para o 1º nó atual da lista  
    (*lst)->prox = N; // Faz o nó cabeçalho apontar para o novo nó  
    lst->info++; // Opcional: Incrementa qtde de nós na lista  
    return 1;  
}
```

Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- Inserção na **posição correta**
 - Envolve **percorrimento**
- Existem **4 cenários** possíveis de inserção:
 - Lista está vazia
 - Novo elemento \leq 1º nó da lista
 - Novo elemento $>$ último nó da lista
 - Novo elemento entre o 1º e o último nó da lista

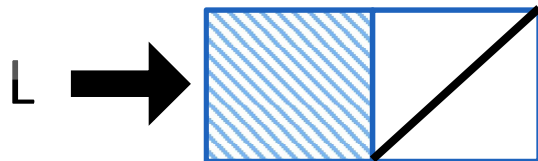
Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- Inserção na **posição correta**
 - Envolve **percorrimento**
 - Existem **4 cenários** possíveis de inserção:
 - Lista está vazia
 - Novo elemento \leq 1º nó da lista
 - Novo elemento $>$ último nó da lista
 - Novo elemento entre o 1º e o último nó da lista
- Tratados da mesma forma (similar à Lista NÃO ordenada)

Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **Lista vazia**

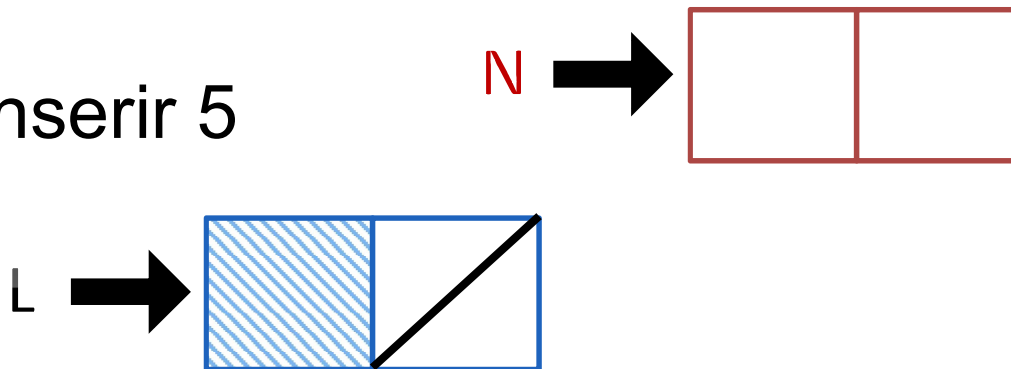
Ex: inserir 3



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **Lista vazia**
 - Alocar um novo nó

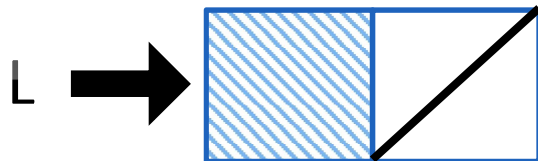
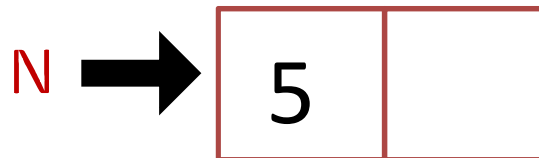
Ex: inserir 5



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **Lista vazia**
 - Alocar um novo nó
 - Preencher os campos do novo nó
 - Campo **info** = valor do elemento

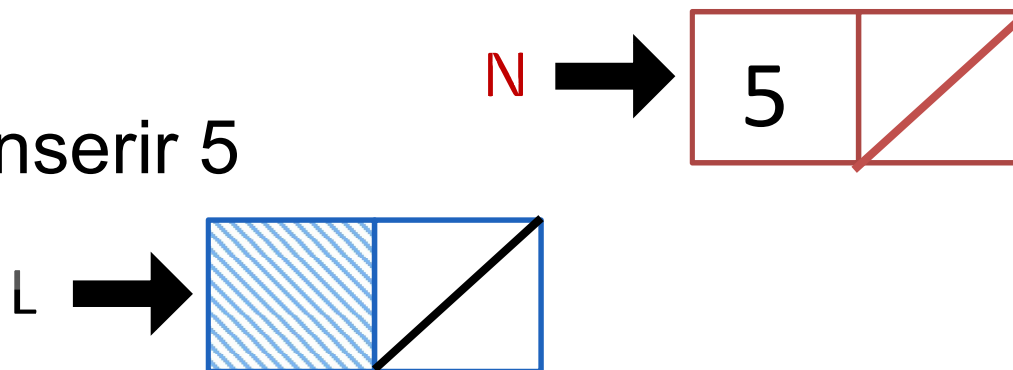
Ex: inserir 5



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

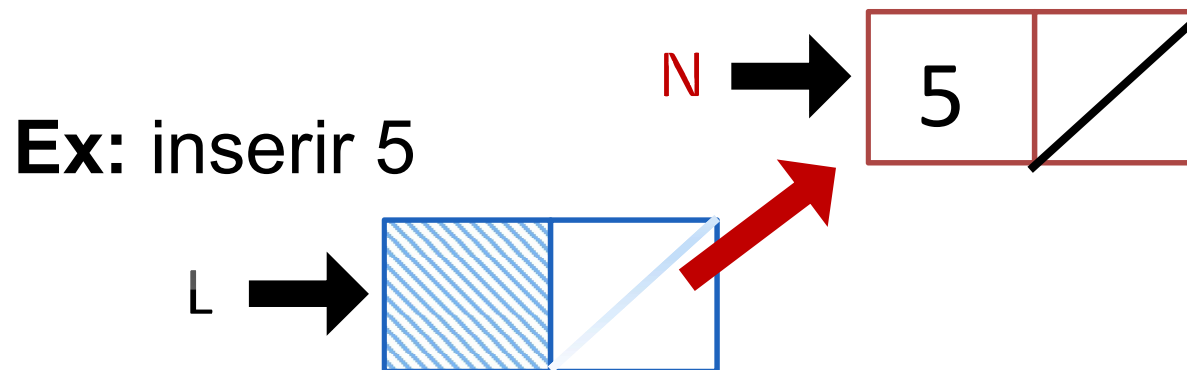
- **Lista vazia**
 - Alocar um novo nó
 - Preencher os campos do novo nó
 - Campo **info** = valor do elemento
 - Campo **prox** = valor do campo **prox** do **nó** **cabeçalho**

Ex: inserir 5



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **Lista vazia**
 - Alocar um novo nó
 - Preencher os campos do novo nó
 - Campo **info** = valor do elemento
 - Campo **prox** = valor do campo **prox** do **nó cabeçalho**
 - Atribuir ao campo **prox** do **nó cabeçalho** o **endereço do novo nó**



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **Lista vazia**

- Alocar um novo nó
- Preencher os campos do novo nó
 - Campo **info** = valor do elemento
 - Campo **prox** = valor do campo **prox** do **nó cabeçalho**
 - Atribuir ao campo **prox** do **nó cabeçalho** o **endereço do novo nó**

retorna 1

Ex: inserir 5

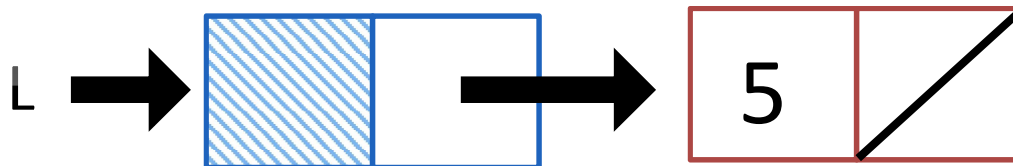
N é local



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **Elemento $\leq 1^{\circ}$ nó da lista:**

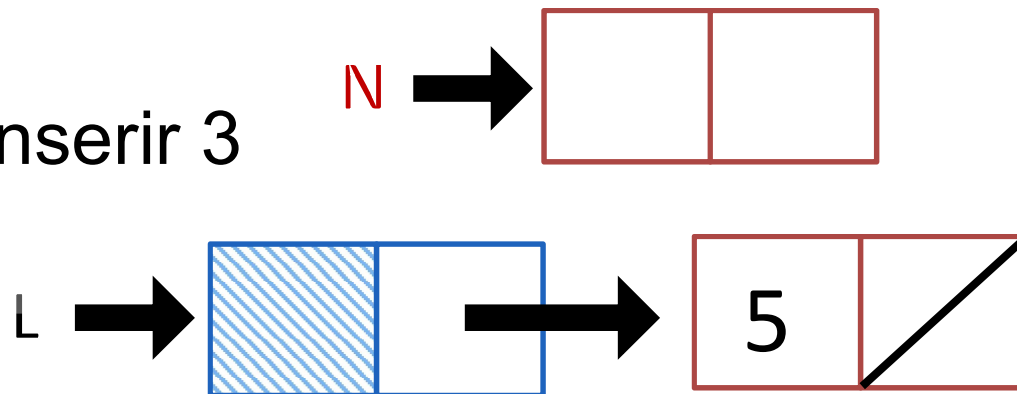
Ex: inserir 3



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

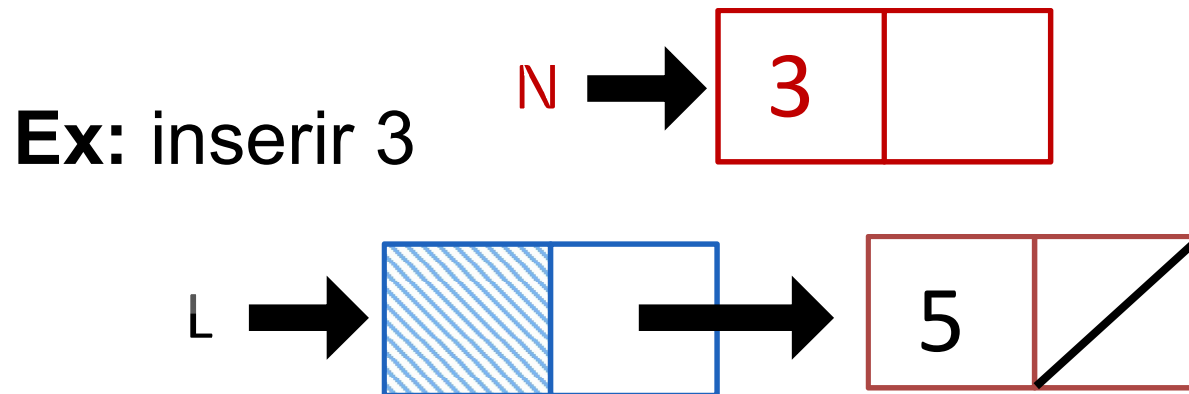
- **Elemento $\leq 1^{\circ}$ nó da lista:**
 - Alocar um novo nó

Ex: inserir 3



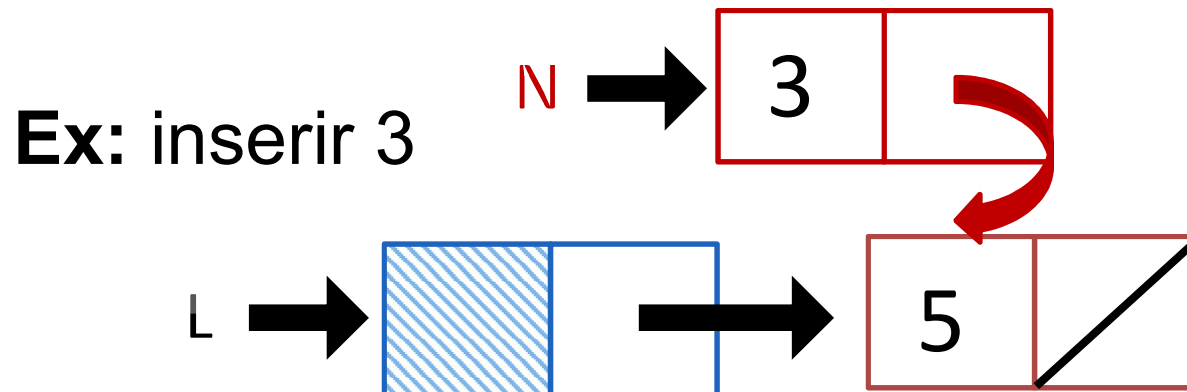
Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **Elemento $\leq 1^{\circ}$ nó da lista:**
 - Alocar um novo nó
 - Preencher os campos do novo nó
 - Campo **info** = valor do elemento



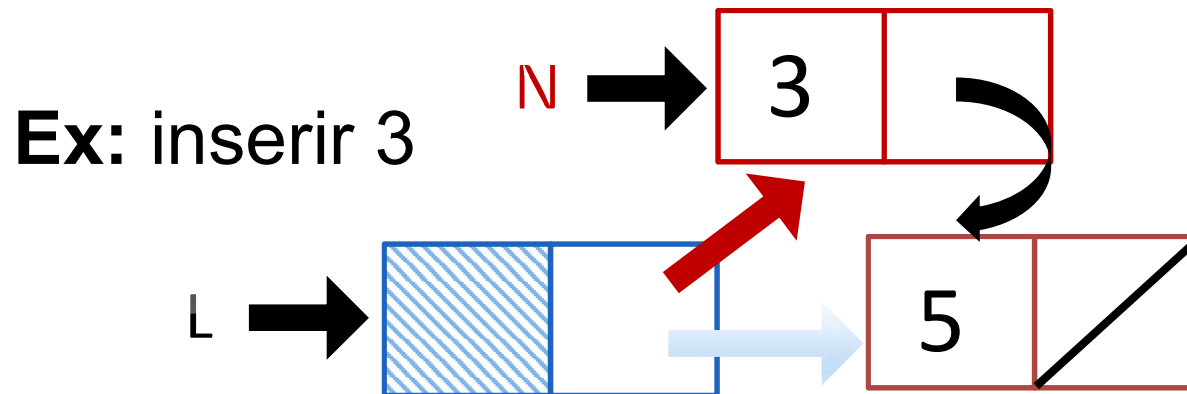
Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **Elemento $\leq 1^{\circ}$ nó da lista:**
 - Alocar um novo nó
 - Preencher os campos do novo nó
 - Campo **info** = valor do elemento
 - Campo **prox** = valor do campo **prox** do **nó cabeçalho**



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **Elemento $\leq 1^{\circ}$ nó da lista:**
 - Alocar um novo nó
 - Preencher os campos do novo nó
 - Campo **info** = valor do elemento
 - Campo **prox** = valor do campo **prox** do nó cabeça
 - Atribuir ao campo **prox** do nó cabeça o endereço do novo nó



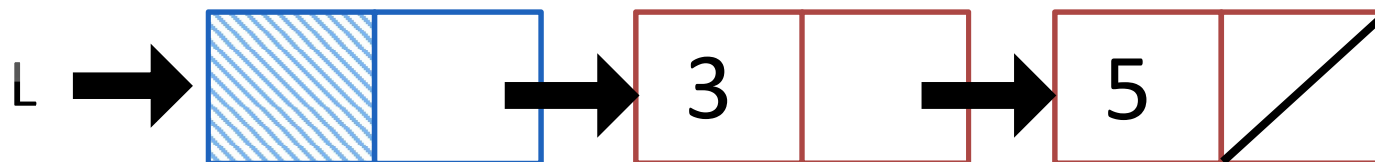
Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **Elemento $\leq 1^{\circ}$ nó da lista:**
 - Alocar um novo nó
 - Preencher os campos do novo nó
 - Campo **info** = valor do elemento
 - Campo **prox** = valor do campo **prox** do nó cabeçalho
 - Atribuir ao campo **prox** do nó cabeçalho o endereço do novo nó

Ex: inserir 3

retorna 1

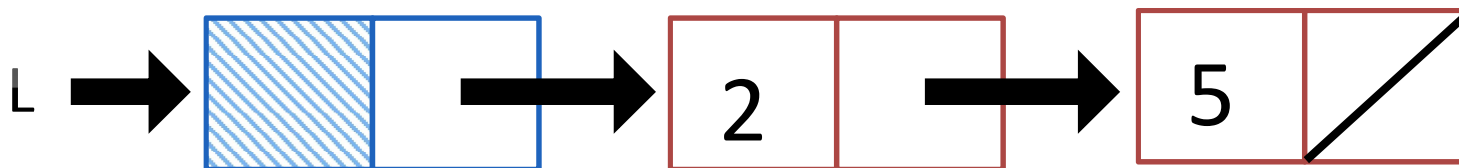
N é local



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **Elemento > último nó da lista:**

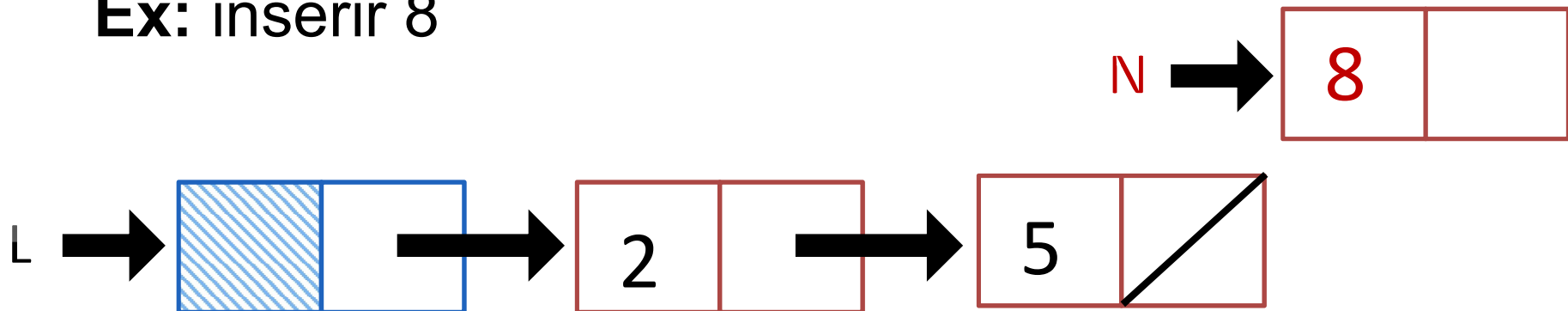
Ex: inserir 8



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

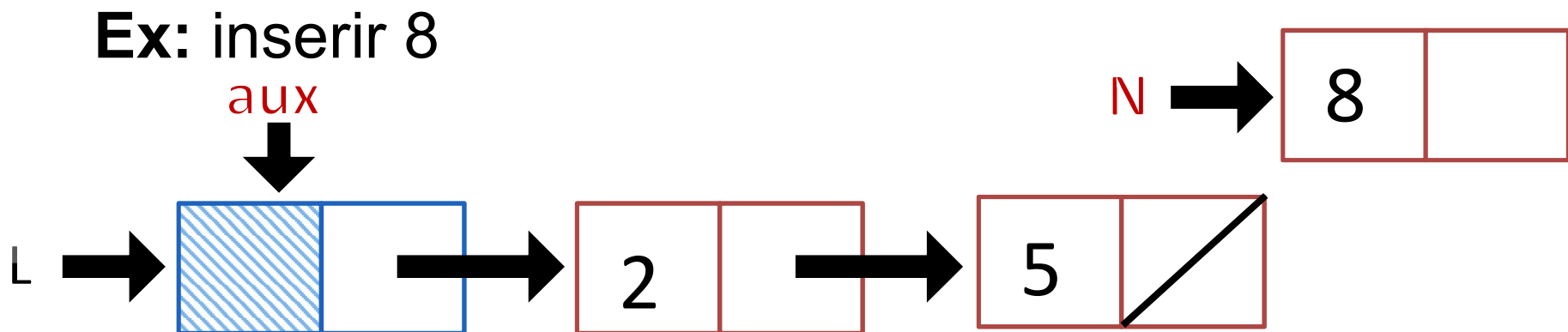
- **Elemento > último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*

Ex: inserir 8



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

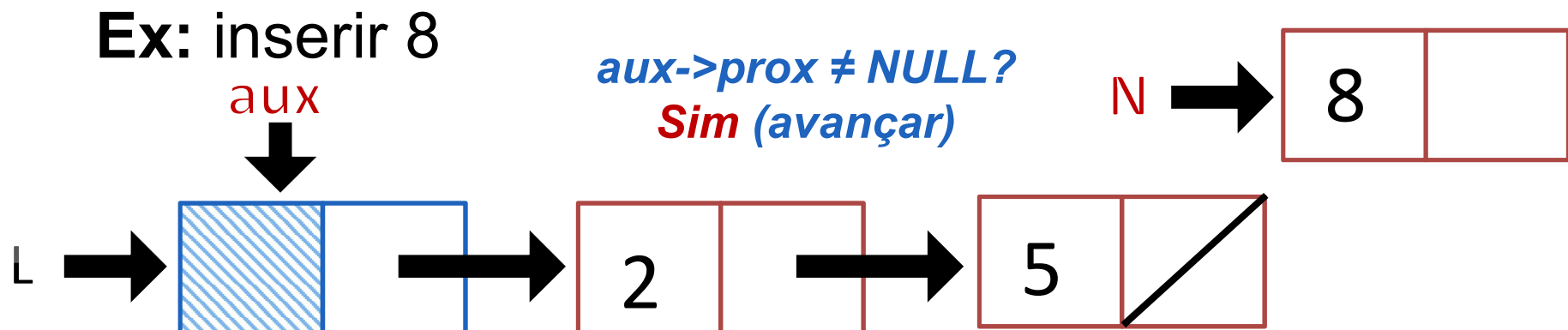
- **Elemento > último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*
 - Percorrer a lista até seu final (\nexists **sucessor**)
 - Usar **ponteiro auxiliar** com ender. do **nó cabeçalho**



Operação de Inserção

(Lista Ordenada)

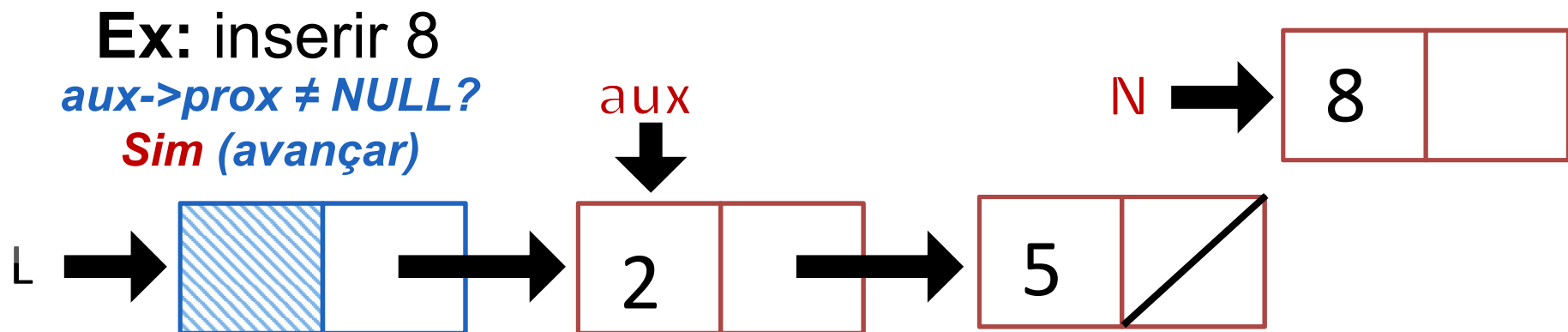
- **Elemento > último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*
 - Percorrer a lista até seu final (\nexists **sucessor**)
 - Usar **ponteiro auxiliar** com ender. do **nó cabeçalho**
 - Avançar enquanto \exists sucessor ($aux \rightarrow prox \neq NULL$)



Operação de Inserção

(Lista Ordenada)

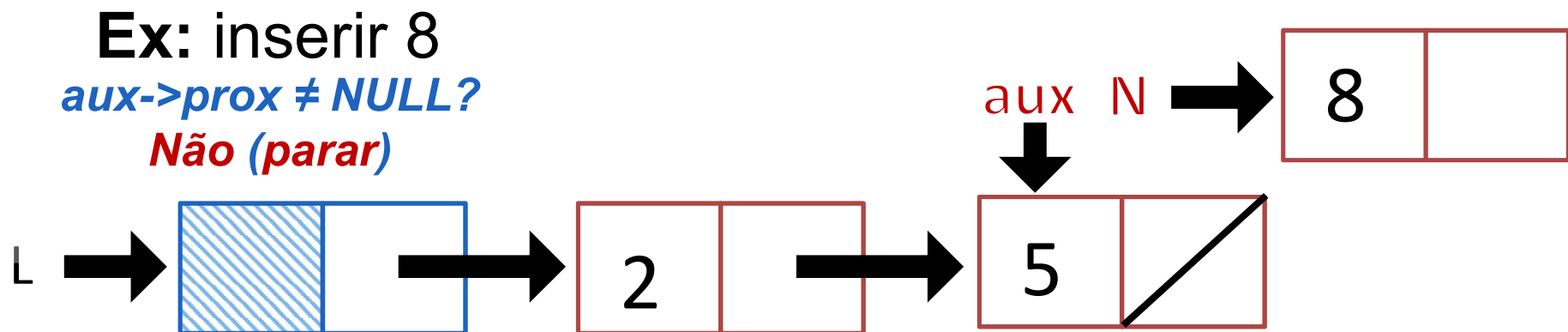
- **Elemento > último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*
 - Percorrer a lista até seu final (\nexists **sucessor**)
 - Usar **ponteiro auxiliar** com ender. do **nó cabeçalho**
 - Avançar enquanto \exists sucessor ($aux \rightarrow prox \neq NULL$)



Operação de Inserção

(Lista Ordenada)

- **Elemento > último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*
 - Percorrer a lista até seu final (\nexists **sucessor**)
 - Usar **ponteiro auxiliar** com ender. do **nó cabeçalho**
 - Avançar enquanto \exists sucessor ($aux \rightarrow prox \neq NULL$)

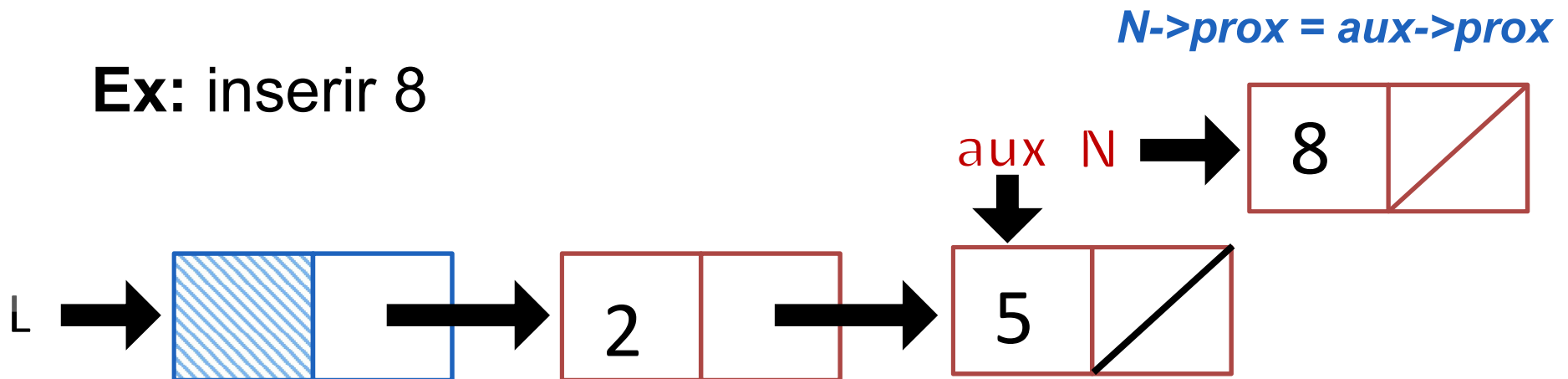


Operação de Inserção

(Lista Ordenada)

- **Elemento > último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*
 - Percorrer a lista até seu final (\nexists **sucessor**)
 - Usar **ponteiro auxiliar** com ender. do **nó cabeçalho**
 - Avançar enquanto \exists sucessor ($aux \rightarrow prox \neq NULL$)
 - Preencher campo *prox* do novo nó

Ex: inserir 8

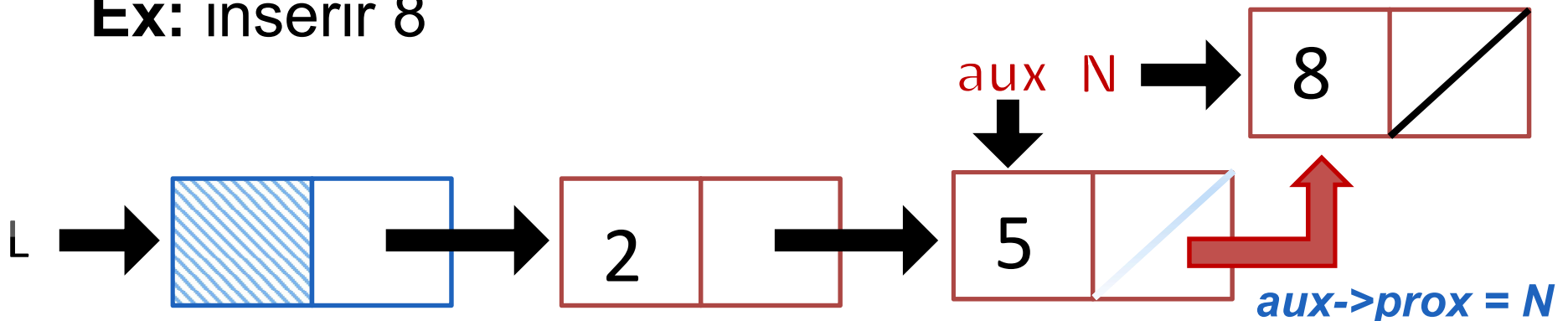


Operação de Inserção

(Lista Ordenada)

- **Elemento > último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*
 - Percorrer a lista até seu final (\nexists **sucessor**)
 - Usar **ponteiro auxiliar** com ender. do **nó cabeçalho**
 - Avançar enquanto \exists sucessor ($aux \rightarrow prox \neq NULL$)
 - Preencher campo *prox* do novo nó
 - Fazer o último nó apontar para o novo nó

Ex: inserir 8



Operação de Inserção

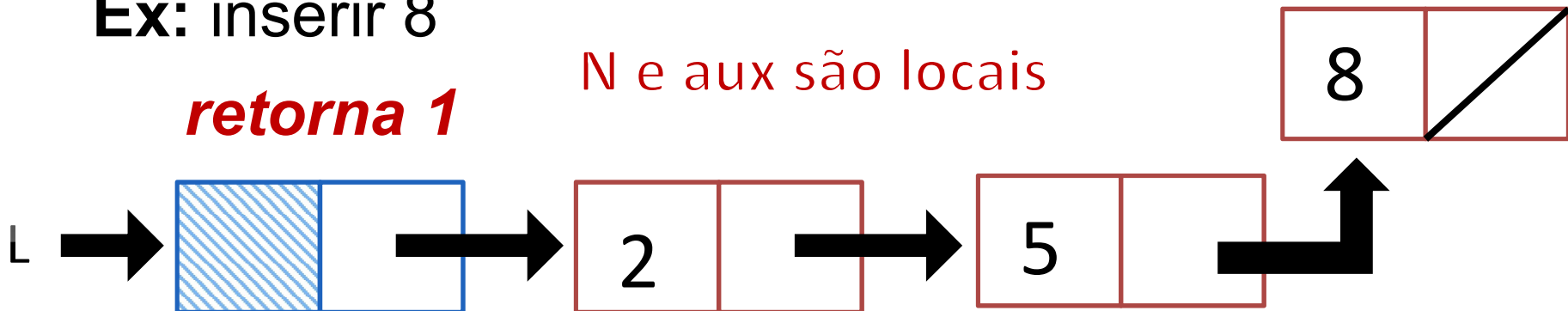
(Lista Ordenada)

- **Elemento > último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*
 - Percorrer a lista até seu final (\nexists **sucessor**)
 - Usar **ponteiro auxiliar** com ender. do **nó cabeçalho**
 - Avançar enquanto \exists sucessor ($aux \rightarrow prox \neq NULL$)
 - Preencher campo **prox** do novo nó
 - Fazer o último nó apontar para o novo nó

Ex: inserir 8

retorna 1

N e aux são locais



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- 1º nó < Elemento \leq último nó da lista:

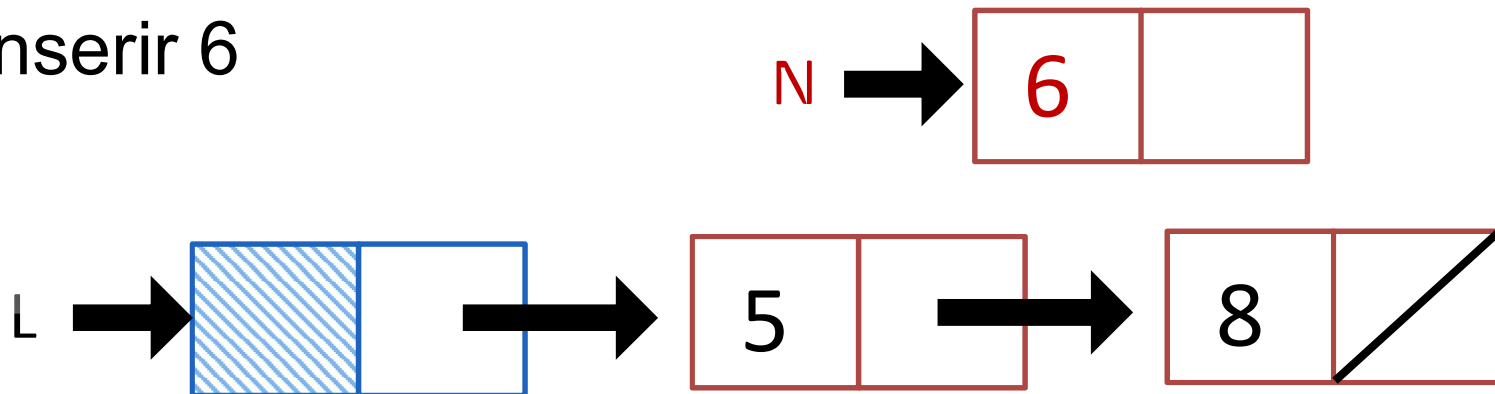
Ex: inserir 6



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **1º nó < Elemento ≤ último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*

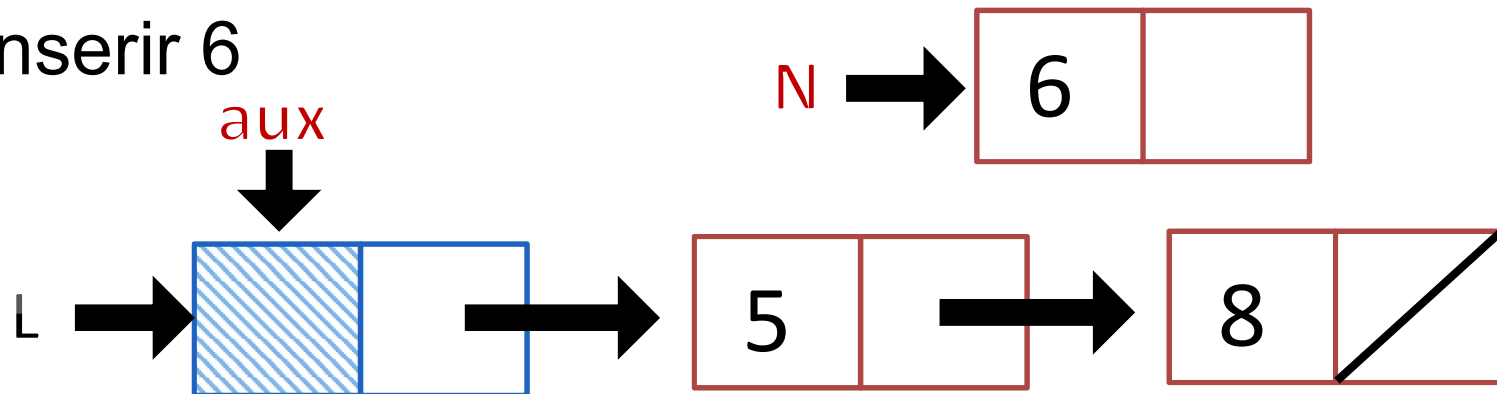
Ex: inserir 6



Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **1º nó < Elemento ≤ último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*
 - Percorrer a lista até achar nó maior ou igual
 - Usar **ponteiro auxiliar** com ender. do **nó cabeçalho**

Ex: inserir 6

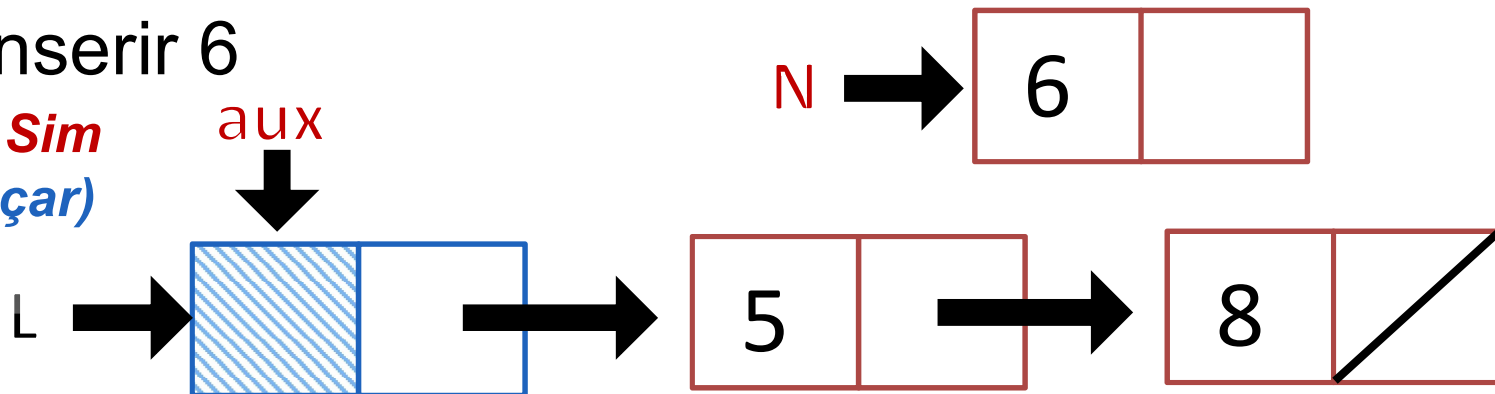


Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- **1º nó < Elemento ≤ último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*
 - Percorrer a lista até achar nó maior ou igual
 - Usar **ponteiro auxiliar** com ender. do **nó cabeçalho**
 - Verificar *info* do **sucessor de *aux*** (*aux->prox->info*)

Ex: inserir 6

5 < 6? Sim
(*avançar*)



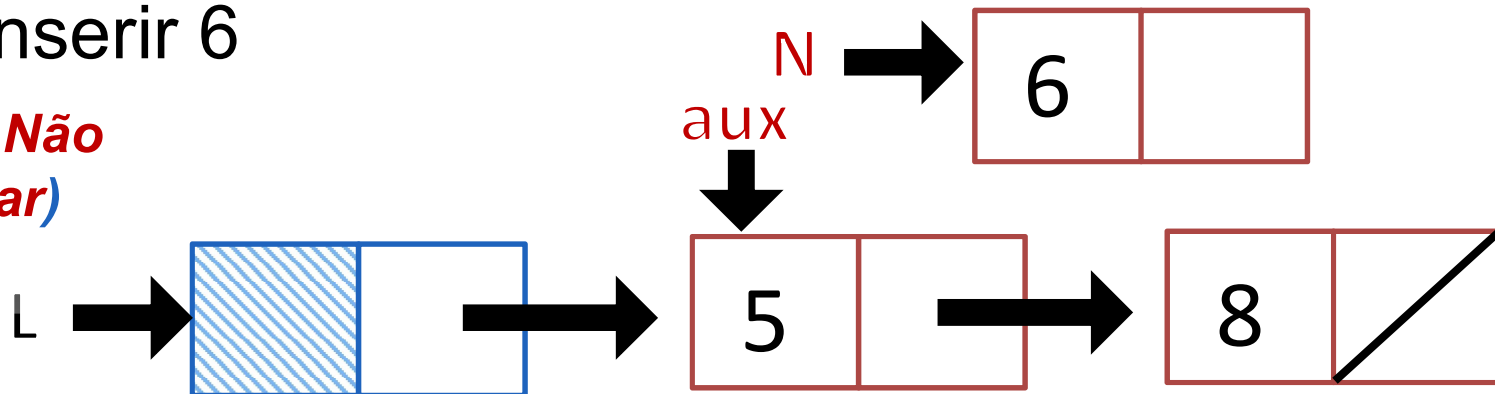
Operação de Inserção

(Lista Ordenada)

- **1º nó < Elemento ≤ último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*
 - Percorrer a lista até achar nó maior ou igual
 - Usar **ponteiro auxiliar** com ender. do **nó cabeçalho**
 - Verificar *info* do **sucessor de *aux*** (*aux->prox->info*)

Ex: inserir 6

8 < 6? Não
(parar)

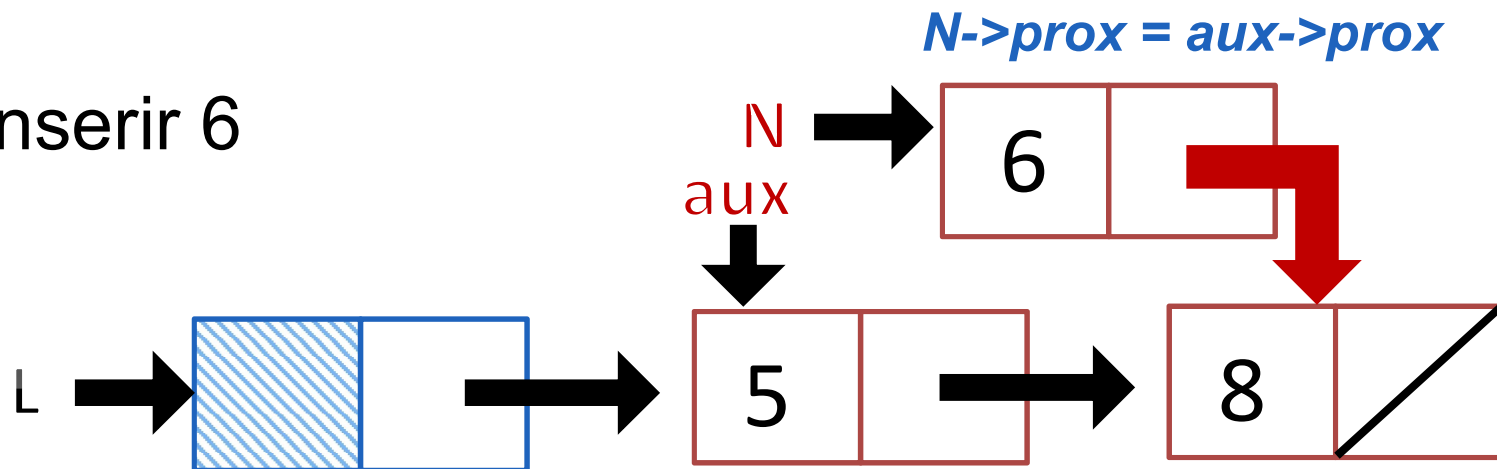


Operação de Inserção

(Lista Ordenada)

- **1º nó < Elemento ≤ último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*
 - Percorrer a lista até achar nó maior ou igual
 - Usar **ponteiro auxiliar** com ender. do **nó cabeçalho**
 - Verificar *info* do **sucessor de *aux*** (*aux->prox->info*)
 - Preencher campo *prox* do novo nó

Ex: inserir 6



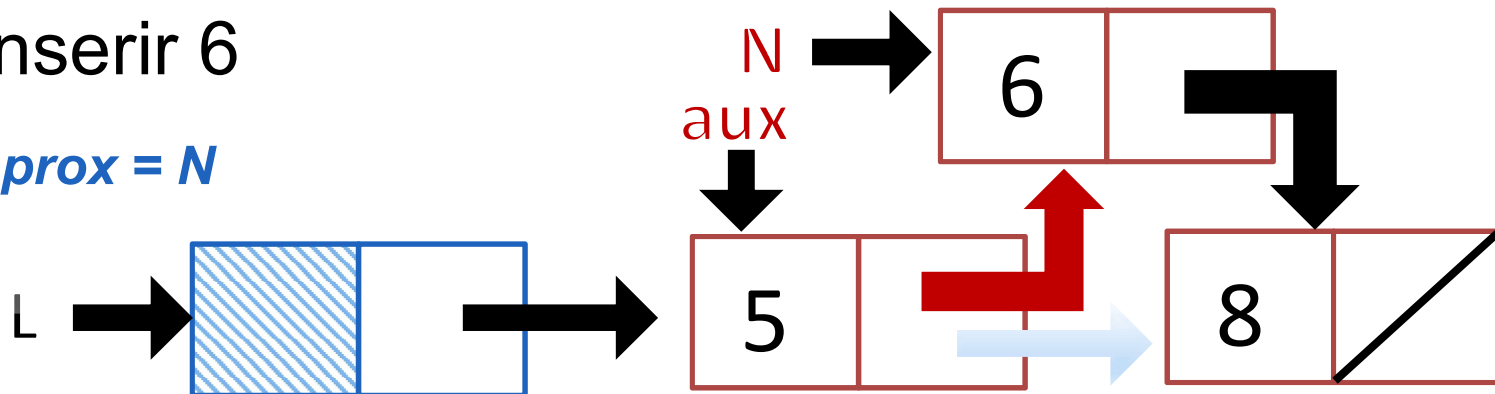
Operação de Inserção

(Lista Ordenada)

- **1º nó < Elemento ≤ último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*
 - Percorrer a lista até achar nó maior ou igual
 - Usar **ponteiro auxiliar** com ender. do **nó cabeçalho**
 - Verificar *info* do **sucessor de *aux*** (*aux->prox->info*)
 - Preencher campo *prox* do novo nó
 - **Nó apontado por *aux*** aponta para o novo nó

Ex: inserir 6

aux->prox = N



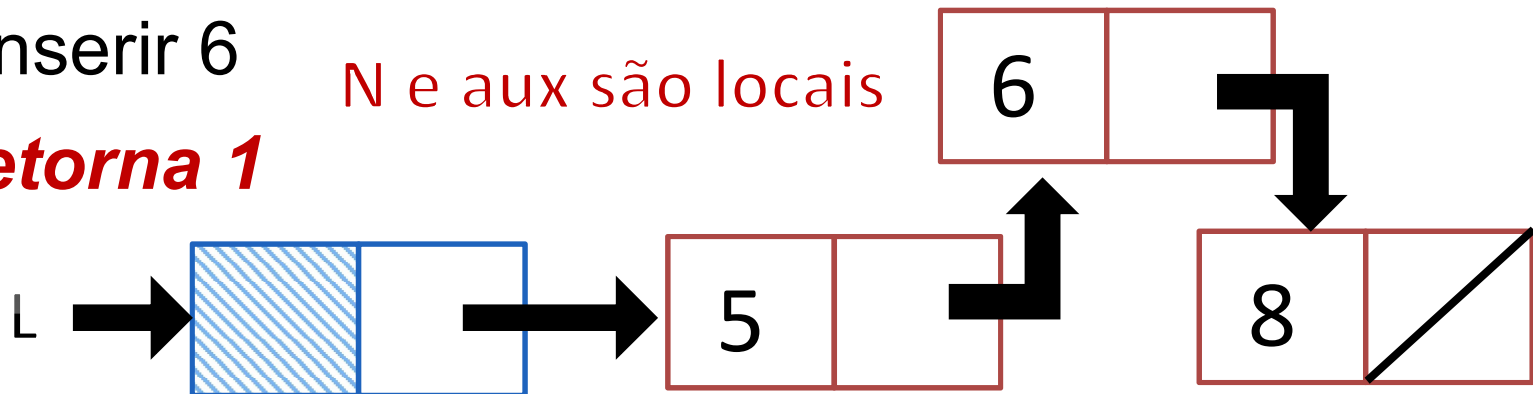
Operação de Inserção

(Lista Ordenada)

- **1º nó < Elemento ≤ último nó da lista:**
 - Alocar um novo nó e preencher o campo *info*
 - Percorrer a lista até achar nó maior ou igual
 - Usar **ponteiro auxiliar** com ender. do **nó cabeçalho**
 - Verificar *info* do **sucessor de *aux*** (*aux->prox->info*)
 - Preencher campo *prox* do novo nó
 - **Nó apontado por *aux*** aponta para o novo nó

Ex: inserir 6

retorna 1



Operação de Inserção (**Lista Ordenada**)

- **Revendo o caso da implementação SEM cabeçalho:**

```
int insere_ord (Lista *lst, int elem) {  
    // Aloca um novo nó  
    Lista N = (Lista) malloc(sizeof(struct no));  
    if (N == NULL) { return 0; } // Falha: nó não alocado  
    N->info = elem; // Insere o conteúdo (valor do elem)  
    if (lista_vazia(*lst) || elem <= (*lst)->info) {  
        N->prox = *lst; // Aponta para o 1º nó atual da lista  
        *lst = N; // Faz a lista apontar para o novo nó  
        return 1; }  
}
```

...

Operação de Inserção (Lista Ordenada)

- Revendo o caso da implementação SEM cabeçalho:

```
int insere_ord (Lista *lst, int elem) {
```

```
    // Aloca um novo nó
```

```
    Lista N = (Lista) malloc(sizeof(struct no));
```

```
    if (N == NULL) { return 0; } // Falha: nó não alocado
```

```
    N->info = elem; // Insere o conteúdo (valor do elem)
```

```
    if (lista_vazia(*lst) || elem <= (*lst)->info) {
```

```
        N->prox = *lst; // Aponta para o 1º nó atual da lista
```

```
        *lst = N; // Faz a lista apontar para o novo nó
```

```
    return 1; }
```

...

Tratam casos em que o início da lista precisa ser alterado

Operação de Inserção (**Lista Ordenada**)

- Implementação em C (**COM cabeçalho**):

```
int insere_ord (Lista *lst, int elem) {
```

```
    // Aloca um novo nó
```

```
    Lista N = (Lista) malloc(sizeof(struct no));
```

```
    if (N == NULL) { return 0; } // Falha: nó não alocado
```

```
    N->info = elem; // Insere o conteúdo (valor do elem)
```

```
    If (lista_vazia(*lst) || elem <= (*lst)->info) {
```

```
        N->prox = *lst; // Aponta para o 1º nó atual da lista
```

```
        *lst = N; // Faz a lista apontar para o novo nó
```

```
        return 1; }
```

...

REMOVED

Operação de Inserção (**Lista Ordenada**)

- Implementação em C (**COM cabeçalho**):

```
int insere_ord (Lista *lst, int elem) {  
    Lista N = (Lista) malloc(sizeof(struct no)); // Aloca novo nó  
    if (N == NULL) { return 0; } // Falha: nó não alocado  
    N->info = elem; // Insere o conteúdo (valor do elem)  
    // Percorrimento da lista  
    Lista aux = *lst; // Faz aux apontar para nó cabeçalho  
    while (aux->prox != NULL && aux->prox->info < elem)  
        aux = aux->prox; // Avança  
    N->prox = aux->prox; // Insere o novo nó na lista  
    aux->prox = N;  
    lst->info++; // Opcional: Incrementa qtde de nós na lista  
    return 1; }  

```

Operação de Inserção (**Lista Ordenada**)

- Implementação em **C** (**COM cabeçalho**):

```
int insere_ord (Lista *lst, int elem) { passagem por referência  
    Lista N = (Lista) malloc(sizeof(struct no)); // Aloca novo nó  
    if (N == NULL) { return 0; } // Falha: nó não alocado  
    N->info = elem; // Insere o conteúdo (valor do elem)  
    // Percorrimento da lista  
    Lista aux = *lst; // Faz aux apontar para nó cabeçalho  
    while (aux->prox != NULL && aux->prox->info < elem)  
        aux = aux->prox; // Avança  
    N->prox = aux->prox; // Insere o novo nó na lista  
    aux->prox = N;  
    lst->info++; // Opcional: Incrementa qtde de nós na lista  
    return 1; }
```


Operação de Remoção

- Necessita de percorrimento da lista
 - Busca pelo elemento a ser removido
- Remoção não afeta o ponteiro **LISTA**
 - 1º nó sempre é o nó cabeçalho
 - Envolve apenas **mudança no campo *prox* dos nós**
- **Critério de ordenação** afeta quando não existe o elemento na lista
 - **Lista não ordenada:** tem que percorrer **até o final**
 - **Lista ordenada:** percorrer **até achar nó maior**

Operação de Remoção

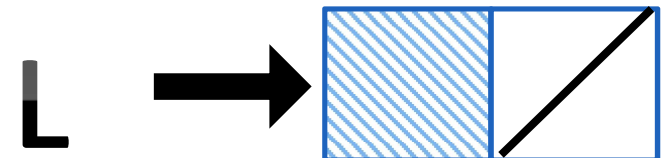
(Lista NÃO Ordenada)

- Existem 3 casos possíveis de remoção:
 - Lista vazia
 - Elemento existente na lista
 - Elemento não está na lista

Operação de Remoção (Lista NÃO Ordenada)

- Lista vazia:

Ex: remover 5

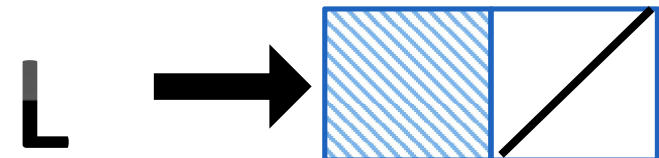


Operação de Remoção (Lista NÃO Ordenada)

- Lista vazia:
 - Não existe elemento a ser removido

Ex: remover 5

~~5~~



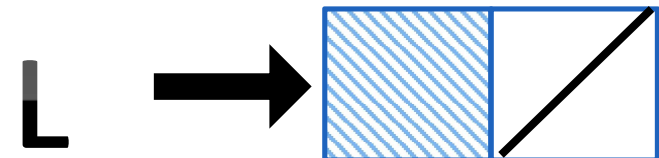
Operação de Remoção (Lista NÃO Ordenada)

- Lista vazia:
 - Não existe elemento a ser removido
 - Retorna 0 (**operação falha**)

Ex: remover 5

~~5~~

retorna 0

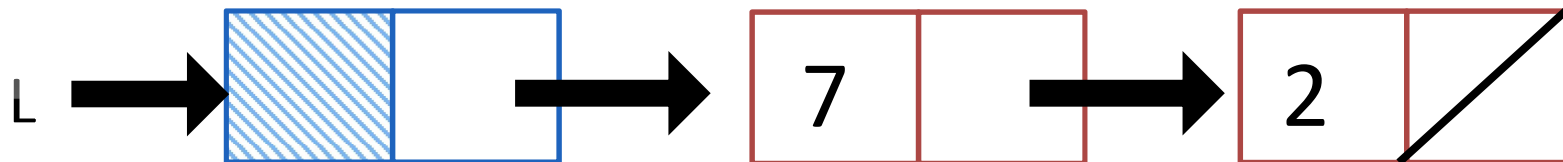


Operação de Remoção

(Lista NÃO Ordenada)

- Elemento existente na lista:

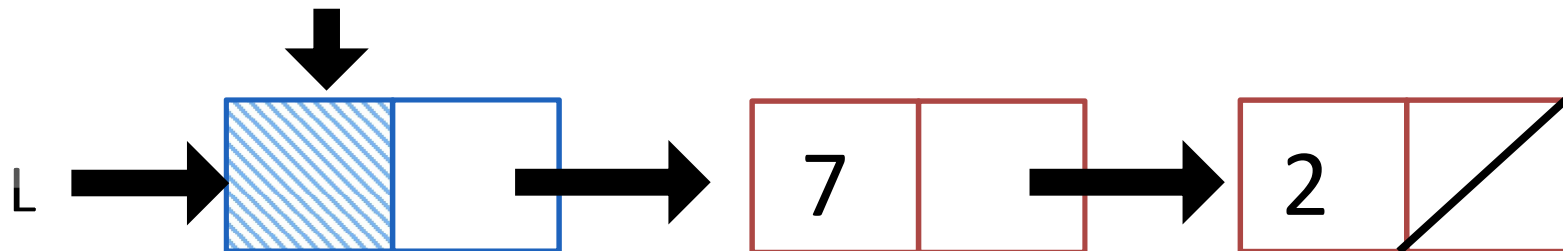
Ex: remover 2



Operação de Remoção (Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento existente na lista:**
 - Colocar um ponteiro auxiliar no **nó cabeçalho**

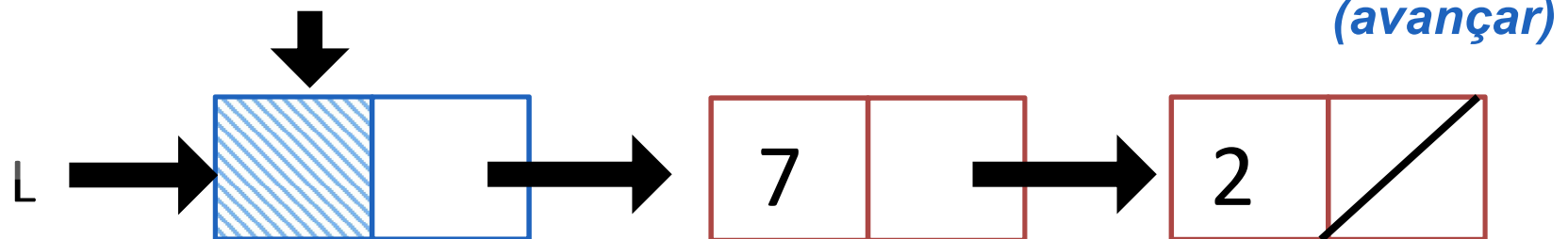
Ex: remover 2
aux



Operação de Remoção (Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento existente na lista:**
 - Colocar um ponteiro auxiliar no **nó cabeçalho**
 - Percorrer a lista até encontrar o elemento
 - Verificar o campo **info do sucessor de aux** ($aux \rightarrow prox \rightarrow info \neq elem$)

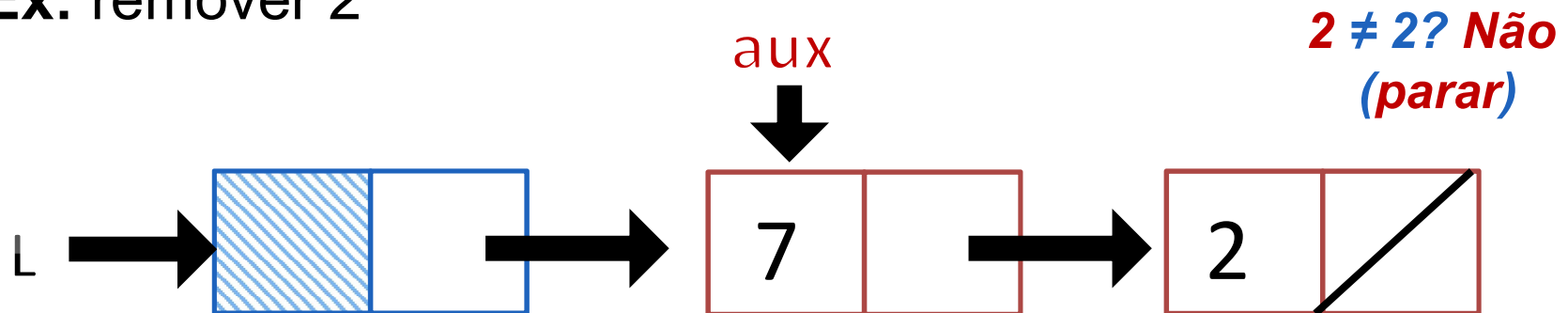
Ex: remover 2
aux



Operação de Remoção (Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento existente na lista:**
 - Colocar um ponteiro auxiliar no **nó cabeçalho**
 - Percorrer a lista até encontrar o elemento
 - Verificar o campo **info do sucessor de aux** ($aux \rightarrow prox \rightarrow info \neq elem$)

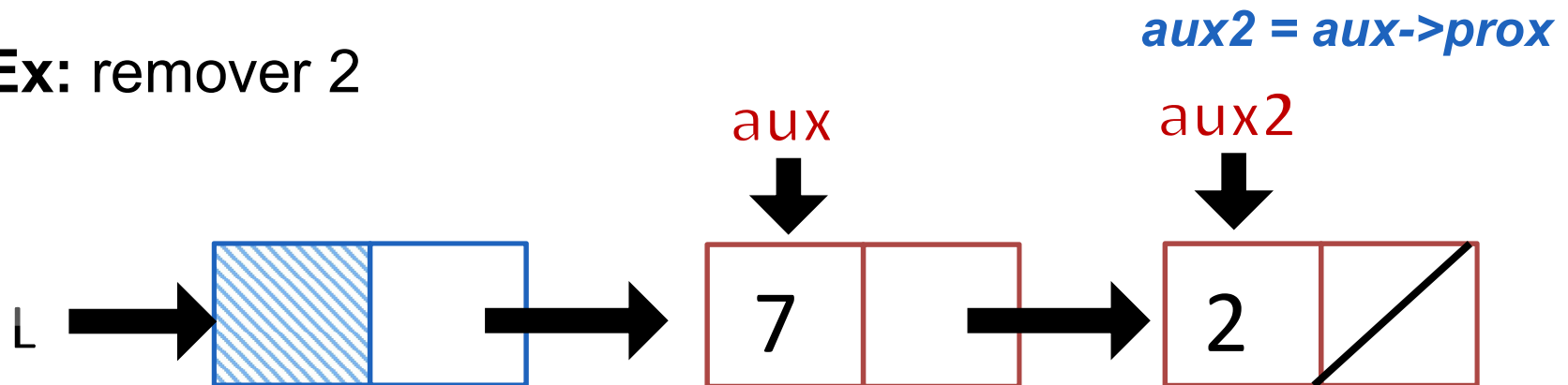
Ex: remover 2



Operação de Remoção (Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento existente na lista:**
 - Colocar um ponteiro auxiliar no **nó cabeçalho**
 - Percorrer a lista até encontrar o elemento
 - Verificar o campo **info do sucessor de aux** ($aux \rightarrow prox \rightarrow info \neq elem$)
 - Apontar o nó a ser removido (**sucessor de aux**)

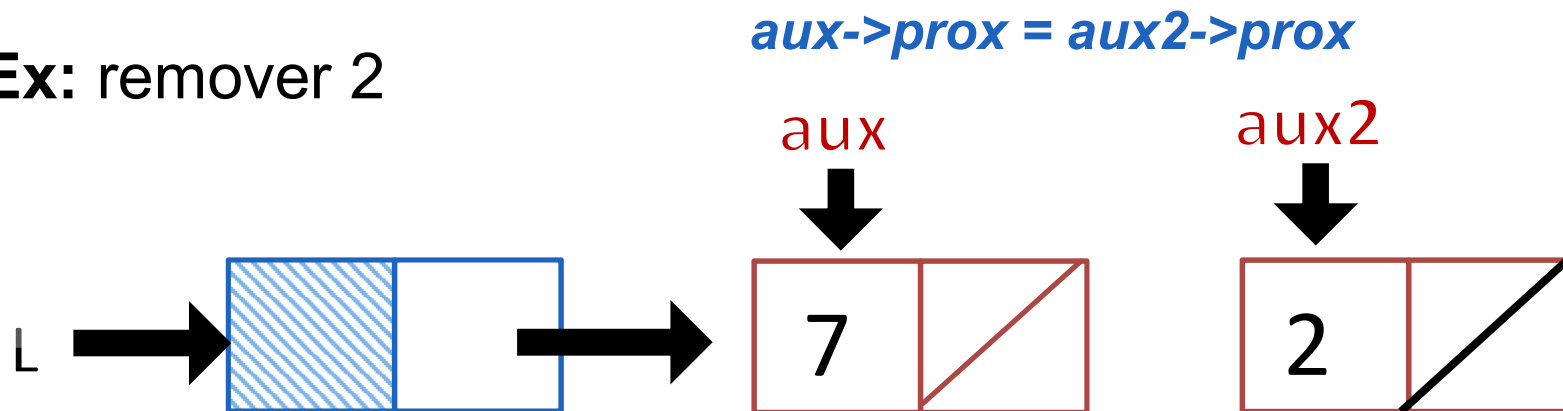
Ex: remover 2



Operação de Remoção (Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento existente na lista:**
 - Colocar um ponteiro auxiliar no **nó cabeçalho**
 - Percorrer a lista até encontrar o elemento
 - Verificar o campo **info do sucessor de aux** ($aux \rightarrow prox \rightarrow info \neq elem$)
 - Apontar o nó a ser removido (**sucessor de aux**)
 - Fazer o **nó apontado por aux** aponta para **o sucessor de seu sucessor** ($(aux \rightarrow prox) \rightarrow prox$)

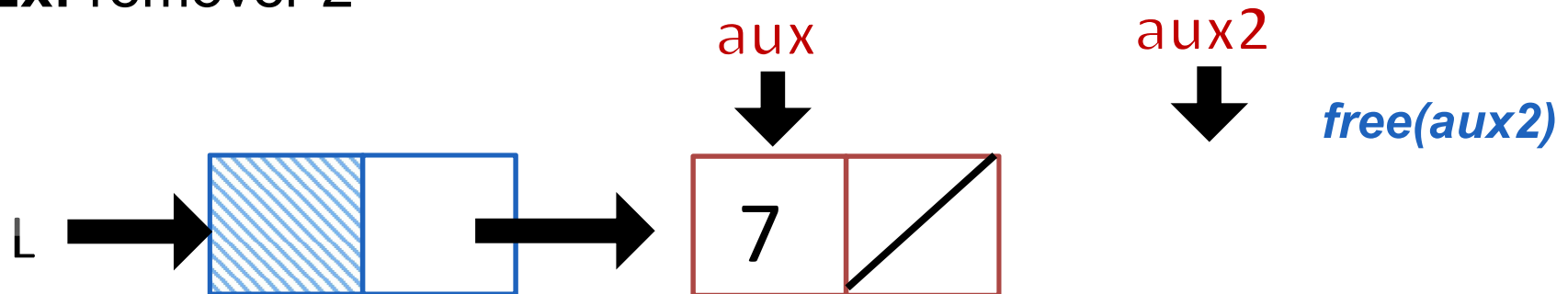
Ex: remover 2



Operação de Remoção (Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento existente na lista:**
 - Colocar um ponteiro auxiliar no **nó cabeçalho**
 - Percorrer a lista até encontrar o elemento
 - Verificar o campo **info do sucessor de aux** ($aux \rightarrow prox \rightarrow info \neq elem$)
 - Apontar o nó a ser removido (**sucessor de aux**)
 - Fazer o **nó apontado por aux** aponta para **o sucessor de seu sucessor** ($(aux \rightarrow prox) \rightarrow prox$)
 - Liberar a memória alocada para o nó removido

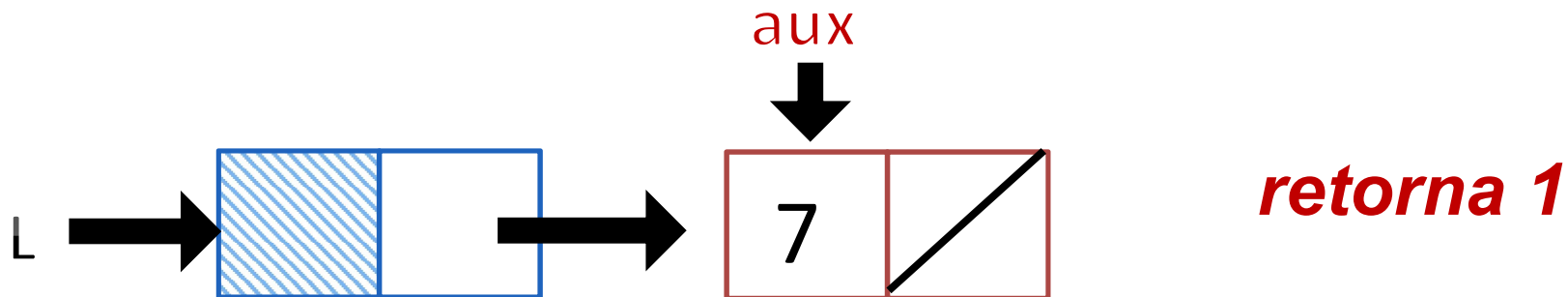
Ex: remover 2



Operação de Remoção (Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento existente na lista:**
 - Colocar um ponteiro auxiliar no **nó cabeçalho**
 - Percorrer a lista até encontrar o elemento
 - Verificar o campo **info do sucessor de aux** ($aux \rightarrow prox \rightarrow info \neq elem$)
 - Apontar o nó a ser removido (**sucessor de aux**)
 - Fazer o **nó apontado por aux** aponta para **o sucessor de seu sucessor** ($(aux \rightarrow prox) \rightarrow prox$)
 - Liberar a memória alocada para o nó removido

Ex: remover 2

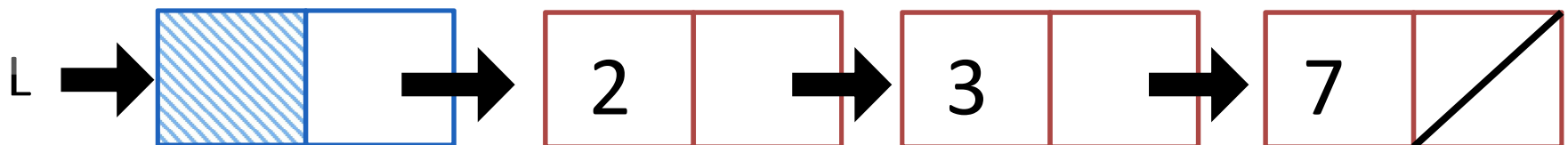


Operação de Remoção

(Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento não está na lista:**

Ex: remover 1

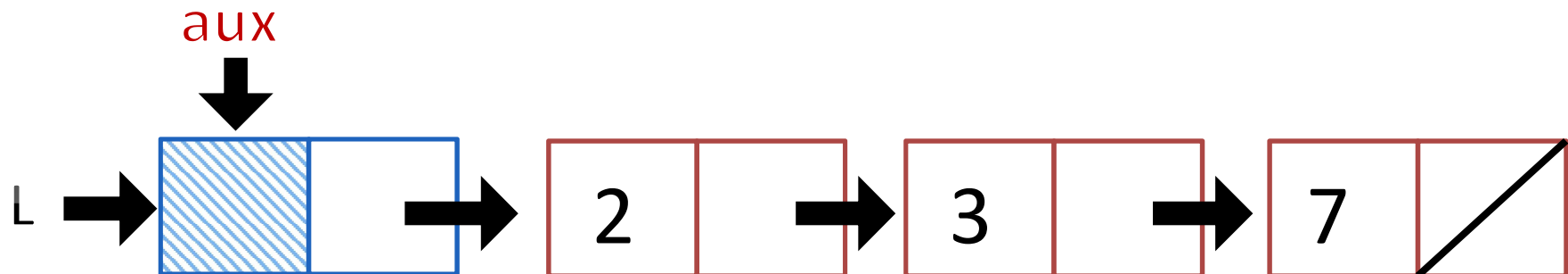


Operação de Remoção

(Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento não está na lista:**
 - Colocar um ponteiro auxiliar no **nó cabeçalho**

Ex: remover 1

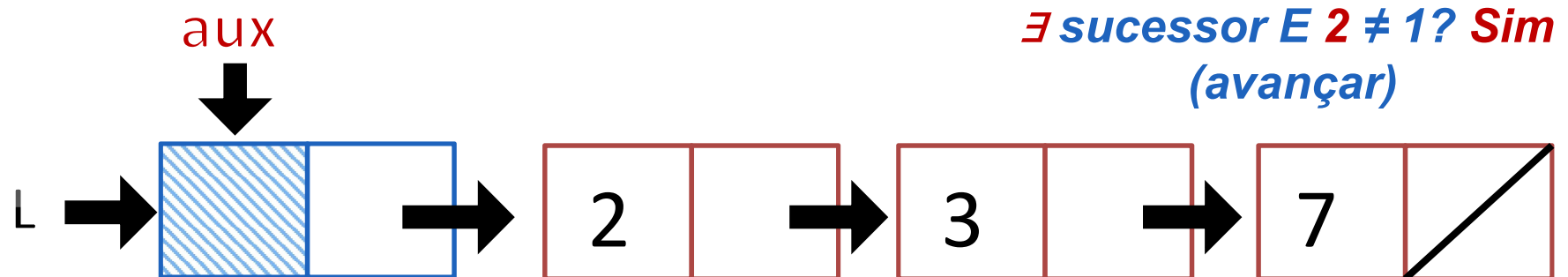


Operação de Remoção

(Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento não está na lista:**
 - Colocar um ponteiro auxiliar no **nó cabeçalho**
 - Percorrer a lista até o seu final
 - Avançar **aux** enquanto \exists **sucessor de aux**

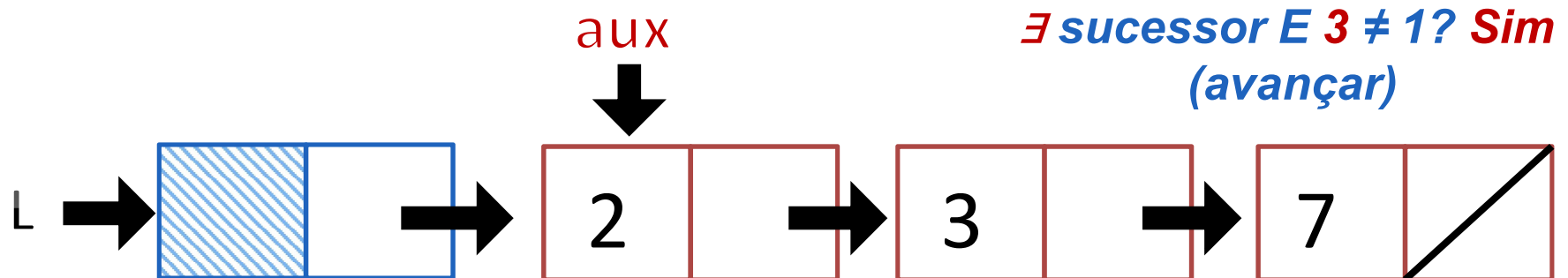
Ex: remover 1



Operação de Remoção (Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento não está na lista:**
 - Colocar um ponteiro auxiliar no **nó cabeçalho**
 - Percorrer a lista até o seu final
 - Avançar **aux** enquanto \exists **sucessor de aux**

Ex: remover 1



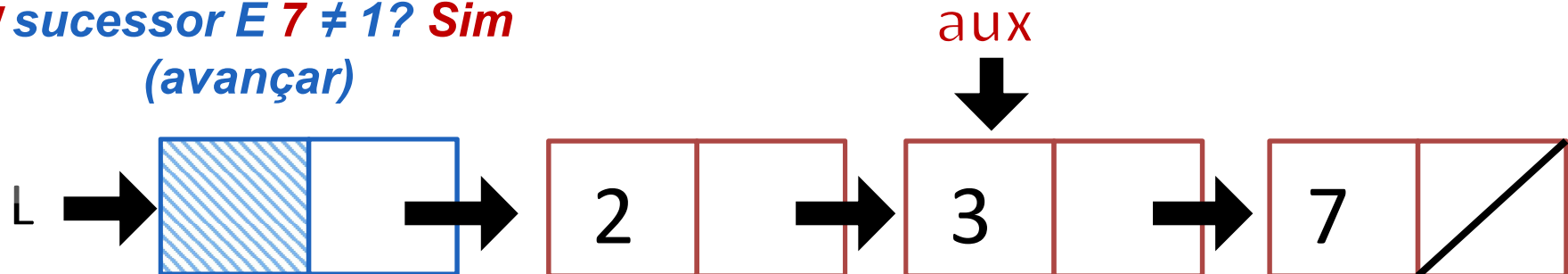
Operação de Remoção

(Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento não está na lista:**
 - Colocar um ponteiro auxiliar no **nó cabeçalho**
 - Percorrer a lista até o seu final
 - Avançar **aux** enquanto \exists **sucessor de aux**

Ex: remover 1

\exists **sucessor** **7** $\neq 1$? **Sim**
(*avancar*)



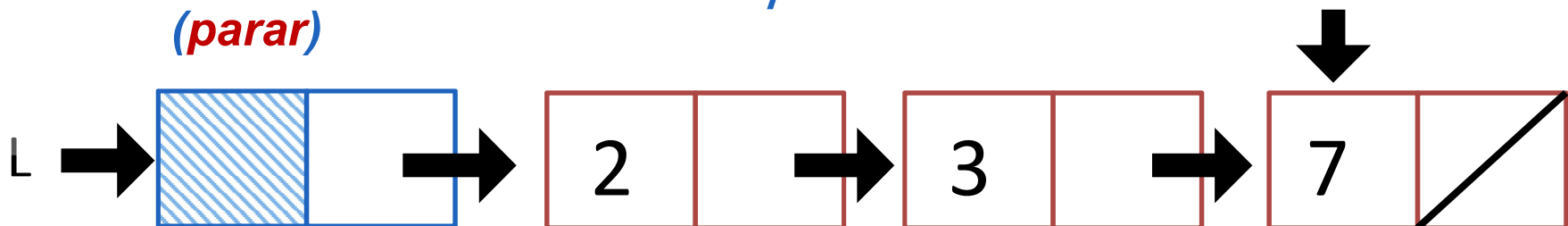
Operação de Remoção (Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento não está na lista:**
 - Colocar um ponteiro auxiliar no **nó cabeçalho**
 - Percorrer a lista até o seu final
 - Avançar **aux** enquanto \exists **sucessor de aux**
 - Não existe o elemento desejado

Ex: remover 1

\exists **sucessor?** Não
(**parar**)

~~1~~

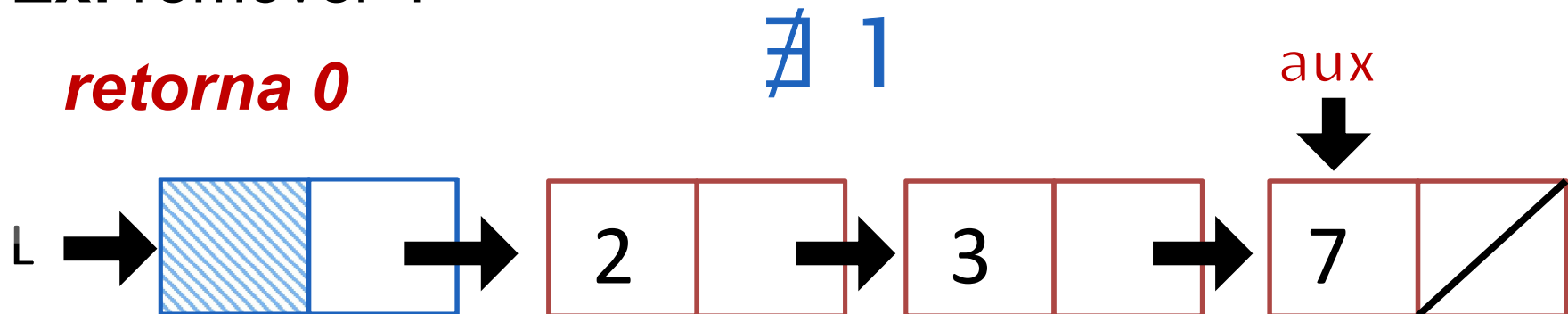


Operação de Remoção

(Lista NÃO Ordenada)

- **Elemento não está na lista:**
 - Colocar um ponteiro auxiliar no **nó cabeçalho**
 - Percorrer a lista até o seu final
 - Avançar **aux** enquanto \exists **sucessor de aux**
 - Não existe o elemento desejado
 - Retornar 0 (**operação falha**)

Ex: remover 1



Operação de Remoção

(Lista NÃO Ordenada)

- Revendo o caso da implementação SEM cabeçalho:

```
int remove_elem (Lista *lst, int elem) {  
    if (lista_vazia(lst) == 1)  
        return 0; // Falha  
  
    Lista aux = *lst; // Ponteiro auxiliar para o 1º nó  
    // Trata elemento = 1º nó da lista  
    if (elem == (*lst)->info) {  
        *lst = aux->prox; // Lista aponta para o 2º nó  
        free(aux); // Libera memória alocada  
        return 1; }
```

...

Operação de Remoção

(Lista NÃO Ordenada)

- Revendo o caso da implementação SEM cabeçalho:

```
int remove_elem (Lista *lst, int elem) {
```

```
    if (lista_vazia(lst) == 1)
```

```
        return 0; // Falha
```

Caso lista vazia: não muda, pois a mudança foi feita em lista_vazia()

```
    Lista aux = *lst; // Ponteiro auxiliar para o 1º nó
```

```
    // Trata elemento = 1º nó da lista
```

```
    if (elem == (*lst)->info) {
```

```
        *lst = aux->prox; // Lista aponta para o 2º nó
```

```
        free(aux); // Libera memória alocada
```

```
        return 1; }
```

...

Operação de Remoção

(Lista NÃO Ordenada)

- Revendo o caso da implementação SEM cabeçalho:

```
int remove_elem (Lista *lst, int elem) {
```

```
    if (lista_vazia(lst) == 1)
```

```
        return 0; // Falha
```

```
    Lista aux = *lst; // Ponteiro auxiliar para o 1º nó
```

```
    // Trata elemento = 1º nó da lista
```

```
    if (elem == (*lst)->info) {
```

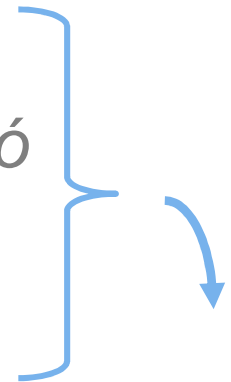
```
        *lst = aux->prox; // Lista aponta para o 2º nó
```

```
        free(aux); // Libera memória alocada
```

```
        return 1; }
```

...

Trata caso em que o início da lista precisa ser alterado



Operação de Remoção

(Lista NÃO Ordenada)

- Revendo o caso da implementação SEM cabeçalho:

```
int remove_elem (Lista *lst, int elem) {
```

```
    if (lista_vazia(lst) == 1)
```

```
        return 0; // Falha
```

```
    Lista aux = *lst; // Ponteiro auxiliar para o 1º nó
```

```
    // Trata elemento = 1º nó da lista
```

```
    if (elem == (*lst)->info) {
```

```
        *lst = aux->prox; // Lista aponta para o 2º nó
```

```
        free(aux); // Libera memória alocada
```

```
        return 1; }
```

REMOVER

...

Operação de Remoção-Lista Não Ordenada

Implementação em C (**COM cabeçalho**):

```
int remove_elem (Lista *lst, int elem) {  
    if (lista_vazia(lst) == 1)  
        return 0; // Falha  
  
    Lista aux = *lst; // Ponteiro auxiliar para o nó cabeçalho  
    while (aux->prox != NULL && aux->prox->info != elem)  
        aux = aux->prox; // Percorrimento até achar o elem ou final de lista  
    if (aux->prox == NULL) // Trata final de lista  
        return 0; // Falha  
  
    Lista aux2 = aux->prox; // Aponta nó a ser removido  
    aux->prox = aux2->prox; // Retira nó da lista  
    free(aux2); // Libera memória alocada  
    (*lst)->info--; // Opcional: Decrementa qtde de nós na lista  
    return 1; }
```

Operação de Remoção (Lista Ordenada)

- Existem 4 cenários possíveis de remoção:
 - Lista está vazia
 - Elemento existente na lista
 - Elemento não está na lista

Operação de Remoção

(Lista Ordenada)

- Existem **6 cenários** possíveis de remoção:

- Lista está vazia
- Elemento existente na lista
- Elemento não está na lista

} similar ao TAD
Lista NÃO Ordenada

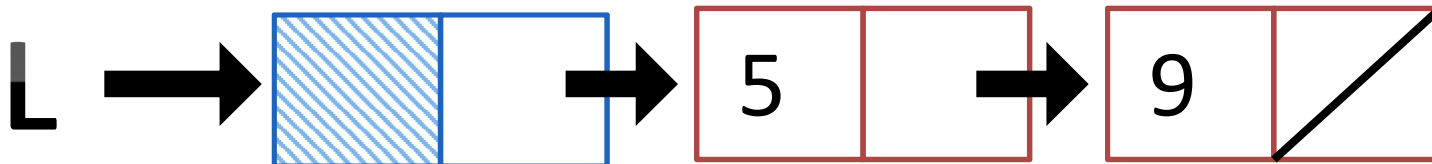
Operação de Remoção (Lista Ordenada)

- Existem 6 cenários possíveis de remoção:
 - Lista está vazia
 - Elemento existente na lista
 - Elemento não está na lista
 - Elemento $<$ último nó da lista
 - Elemento $>$ último nó da lista
- Dividido**
(critério de ordenação)

Operação de Remoção (Lista Ordenada)

- Elemento $<$ último nó da lista:

Ex: remover 7

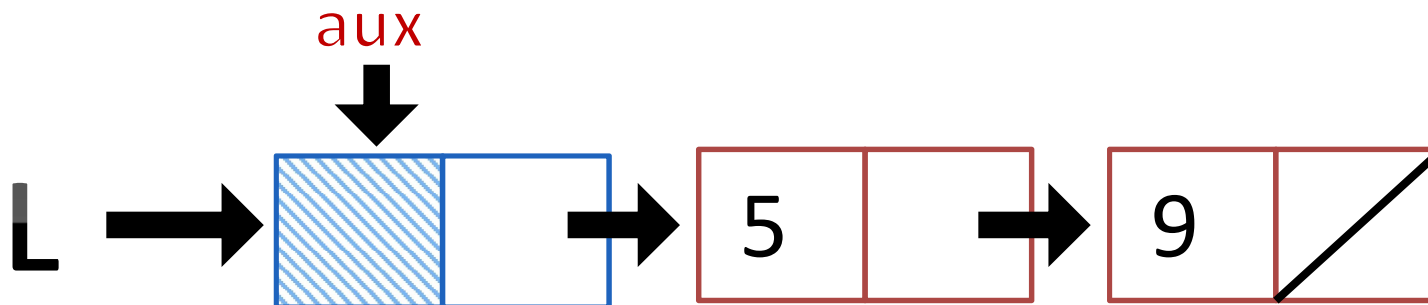


Operação de Remoção

(Lista Ordenada)

- **Elemento $<$ último nó da lista:**
 - Percorre a lista até encontrar nó $>$ elemento
 - Colocar um ponteiro auxiliar no nó cabeçalho

Ex: remover 7

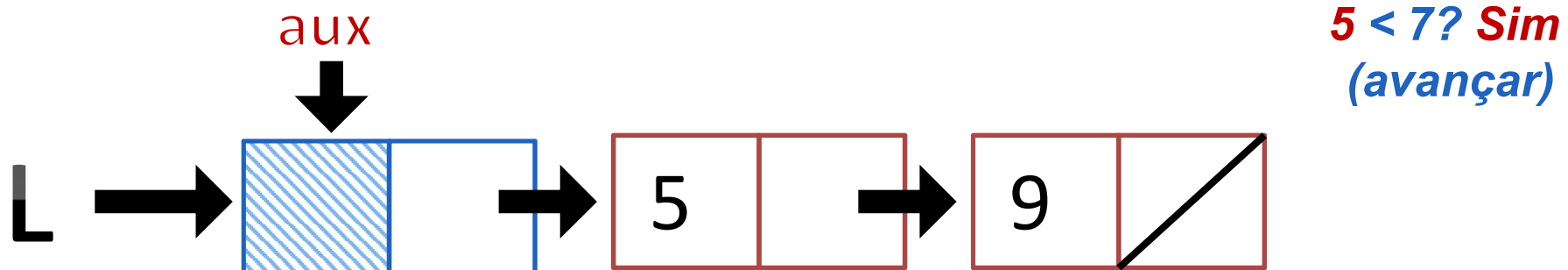


Operação de Remoção

(Lista Ordenada)

- **Elemento < último nó da lista:**
 - Percorre a lista até encontrar nó > elemento
 - Colocar um ponteiro auxiliar no nó cabeçalho
 - Avançar ponteiro se campo *info* do **sucessor de aux** for menor que elemento (*aux->prox->info < elem*)

Ex: remover 7

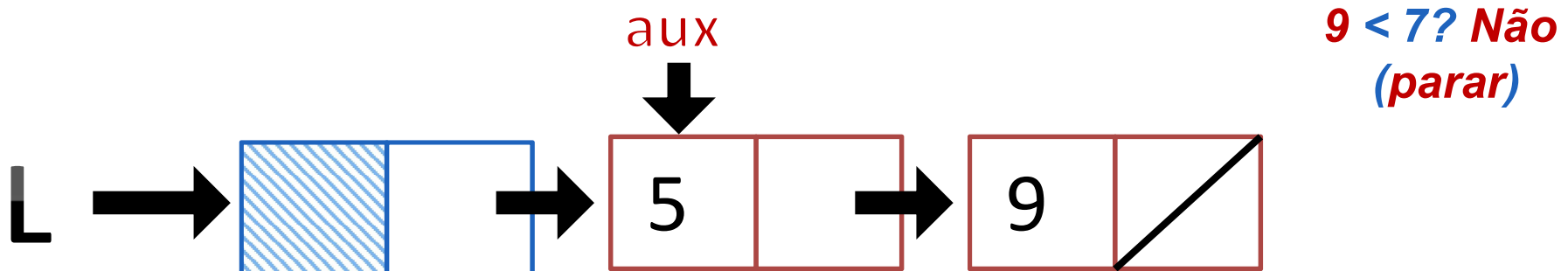


Operação de Remoção

(Lista Ordenada)

- **Elemento < último nó da lista:**
 - Percorre a lista até encontrar nó > elemento
 - Colocar um ponteiro auxiliar no nó cabeçalho
 - Avançar ponteiro se campo *info* do **sucessor de aux** for menor que elemento (*aux->prox->info < elem*)

Ex: remover 7

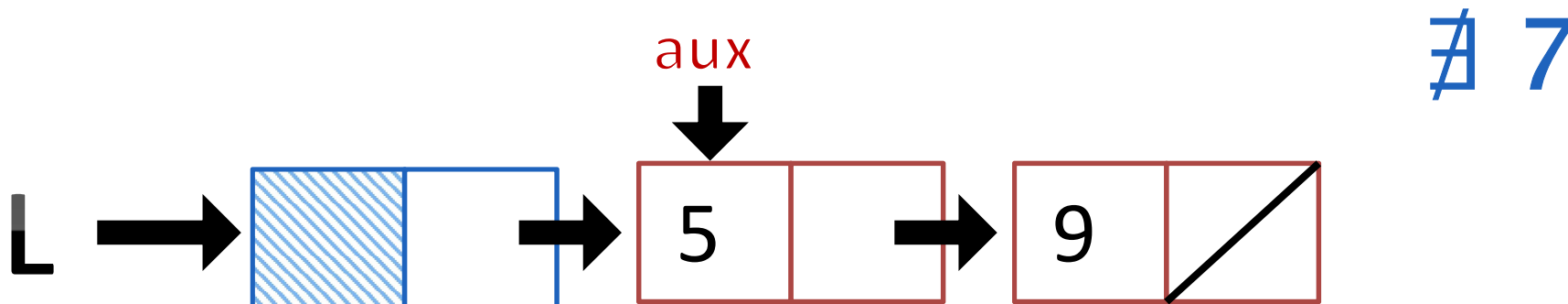


Operação de Remoção

(Lista Ordenada)

- **Elemento < último nó da lista:**
 - Percorre a lista até encontrar nó > elemento
 - Colocar um ponteiro auxiliar no nó cabeçalho
 - Avançar ponteiro se campo *info* do **sucessor de aux** for menor que elemento ($aux \rightarrow prox \rightarrow info < elem$)
 - Elemento não está na lista

Ex: remover 7

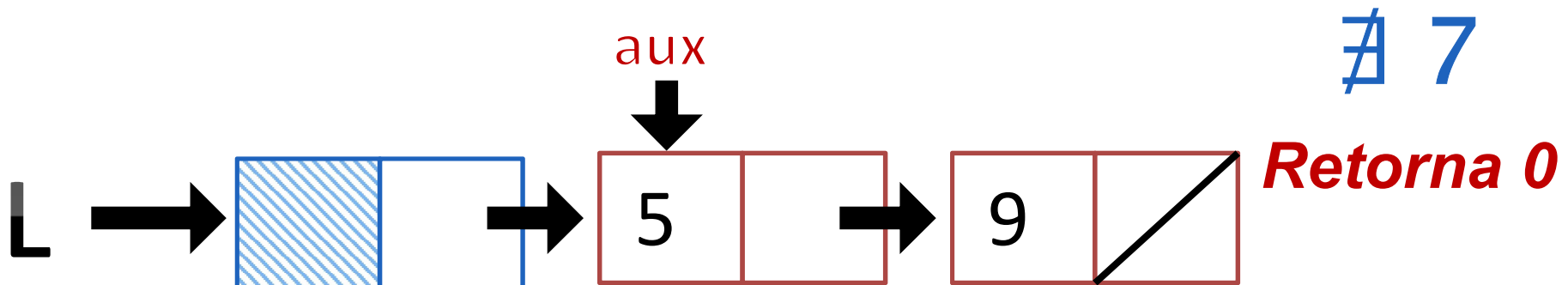


Operação de Remoção

(Lista Ordenada)

- **Elemento < último nó da lista:**
 - Percorre a lista até encontrar nó > elemento
 - Colocar um ponteiro auxiliar no nó cabeçalho
 - Avançar ponteiro se campo *info* do **sucessor de aux** for menor que elemento ($aux \rightarrow prox \rightarrow info < elem$)
 - Elemento não está na lista
 - Retorna 0 (operação falha)

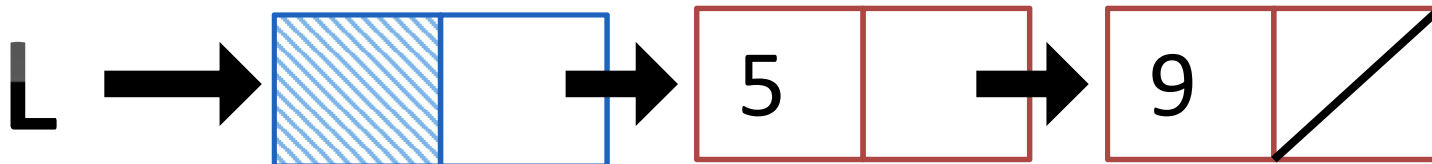
Ex: remover 7



Operação de Remoção (Lista Ordenada)

- **Elemento > último nó da lista:**

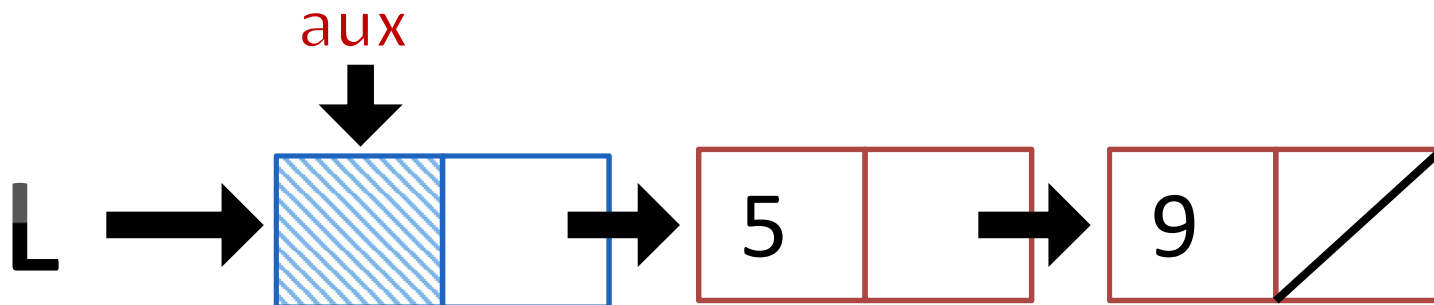
Ex: remover 11



Operação de Remoção

(Lista Ordenada)

- **Elemento > último nó da lista:**
 - Percorre a lista até o seu final
 - Faz um ponteiro auxiliar apontar para o nó cabeçalho

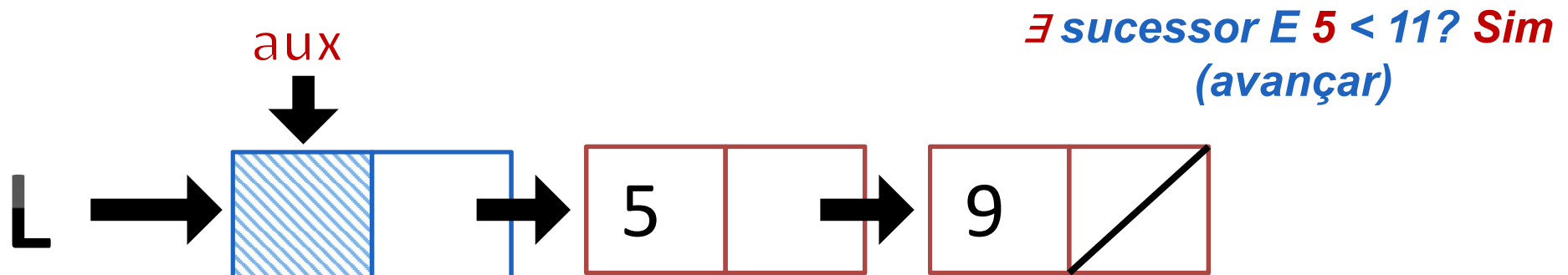


Operação de Remoção

(Lista Ordenada)

- **Elemento > último nó da lista:**
 - Percorre a lista até o seu final
 - Faz um ponteiro auxiliar apontar para o nó cabeçalho
 - Avançar o ponteiro enquanto \exists sucessor
(*aux->prox* \neq NULL)

Ex: remover 11

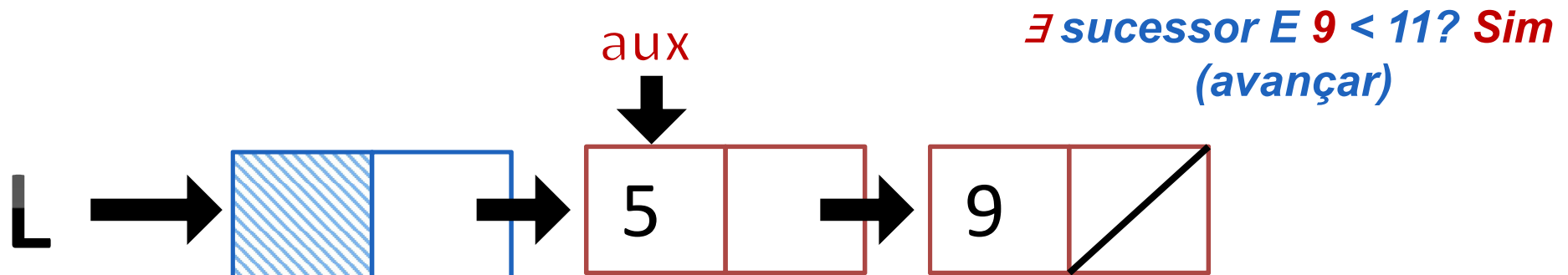


Operação de Remoção

(Lista Ordenada)

- **Elemento > último nó da lista:**
 - Percorre a lista até o seu final
 - Faz um ponteiro auxiliar apontar para o nó cabeçalho
 - Avançar o ponteiro enquanto \exists sucessor
(*aux->prox* \neq NULL)

Ex: remover 11



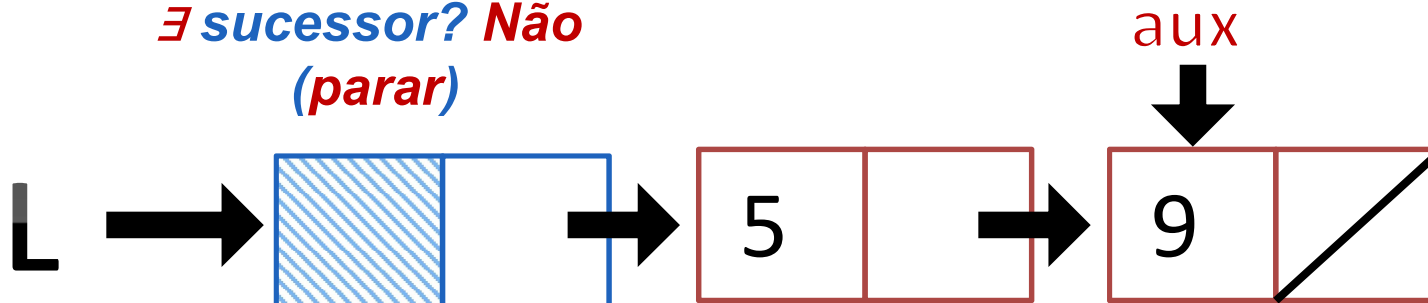
Operação de Remoção

(Lista Ordenada)

- **Elemento > último nó da lista:**
 - Percorre a lista **até o seu final**
 - Faz um ponteiro auxiliar apontar para o nó cabeçalho
 - Avançar o ponteiro enquanto \exists sucessor
(*aux->prox* \neq *NULL*)

Ex: remover 11

\exists sucessor? Não
(parar)

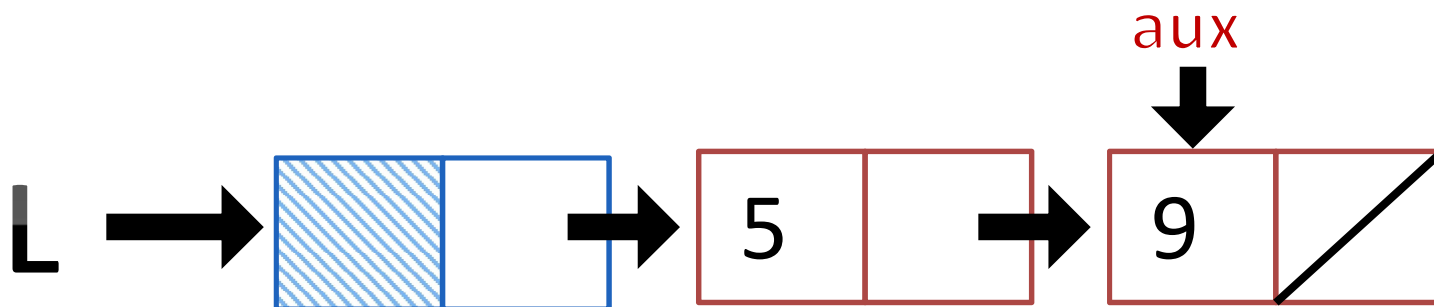


Operação de Remoção

(Lista Ordenada)

- **Elemento > último nó da lista:**
 - Percorre a lista até o seu final
 - Faz um ponteiro auxiliar apontar para o nó cabeçalho
 - Avançar o ponteiro enquanto \exists sucessor
(*aux->prox* \neq NULL)
 - Elemento não está na lista

Ex: remover 11



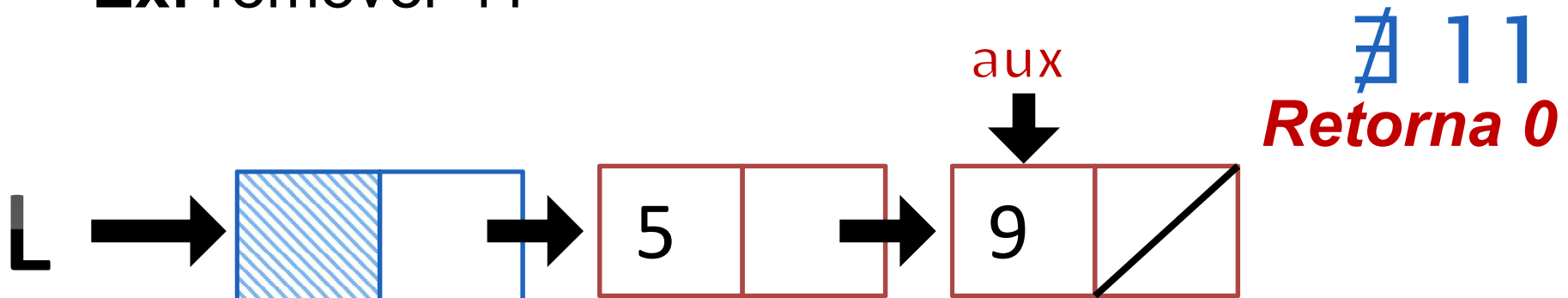
~~11~~

Operação de Remoção

(Lista Ordenada)


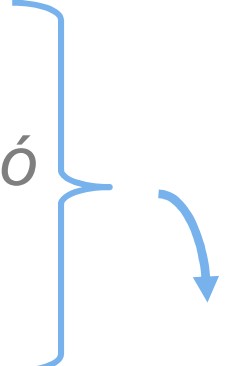
- **Elemento > último nó da lista:**
 - Percorre a lista até o seu final
 - Faz um ponteiro auxiliar apontar para o nó cabeçalho
 - Avançar o ponteiro enquanto \exists sucessor ($aux \rightarrow prox \neq NULL$)
 - Elemento não está na lista
 - Retorna 0 (operação falha)

Ex: remover 11



Operação de Remoção (Lista Ordenada)

- Revendo o caso da implementação SEM cabeçalho:

```
int remove_ord (Lista *lst, int elem) {  
    if (lista_vazia(lst) == 1 || elem < (*lst)->info)   
        return 0; // Falha    Trata o caso que o 1o elemento é maior  
  
    Lista aux = *lst; // Ponteiro auxiliar  
    // Trata elemento = 1º nó da lista  
    if (elem == (*lst)->info) {  
        *lst = aux->prox; // Lista aponta para o 2º nó  
        free(aux); // Libera memória alocada  
        return 1; }  ... Trata o caso que o início da lista deve ser alterado  
}
```

Operação de Remoção (Lista Ordenada)

- Revendo o caso da implementação SEM cabeçalho:

```
int remove_ord (Lista *lst, int elem) {  
    if (lista_vazia(lst) == 1 || elem < (*lst)->info)  
        return 0; // Falha  
    Lista aux = *lst; // Ponteiro auxiliar  
    // Trata elemento = 1º nó da lista  
    if (elem == (*lst)->info) {  
        *lst = aux->prox; // Lista aponta para o 2º nó  
        free(aux); // Libera memória alocada  
        return 1; } ... REMOVER
```

Operação de Remoção-Lista Ordenada

- Implementação em C **COM cabeçalho**:

```
int remove_ord (Lista *lst, int elem) {  
    if (lista_vazia(lst) == 1)  
        return 0; // Falha  
  
    Lista aux = *lst; // Ponteiro auxiliar  
    while (aux->prox != NULL && aux->prox->info < elem)  
        aux = aux->prox; // Percorrimento até final lista, achar elem ou nó maior  
    if (aux->prox == NULL || aux->prox->info > elem)  
        return 0; // Falha  
  
    Lista aux2 = aux->prox; // Aponta nó a ser removido  
    aux->prox = aux2->prox; // Retira nó da lista  
    free(aux2); // Libera memória alocada  
    (*lst)->info--; // Opcional: Decrementa qtde de nós na lista  
    return 1; }
```

Exercícios

1. *Implementar, utilizando a implementação dinâmica/encadeada com uso do nó cabeçalho, o TAD lista linear não ordenada de números inteiros. Essa implementação deve contemplar as operações básicas: criar_lista, lista_vazia, insere_elem, remove_elem e obtem_valor_elem. Além disso, desenvolva um programa aplicativo que permita ao usuário inicializar uma lista, inserir e remover elementos e imprimir a lista.*

Teste este programa com a seguinte seqüência de operações:

- *Inicialize a lista*
- *Imprima a lista*
- *Insira os elementos {4,8,-1,19,2,7,8,5,9,22,45};*
- *Imprima a lista*
- *Remova o elemento 8*
- *Imprima a lista*
- *Inicialize a lista*
- *Imprima a lista*

2. *Repita a implementação acima para o TAD lista ordenada.*

Exercícios

3. *Altere a implementação do exercício 1 para contemplar uma lista não ordenada de bebidas, com a seguinte estrutura:*

Nome	Volume (ml)	Preço
char[20]	int	float

Crie um programa aplicativo similar àquele desenvolvido nos exercícios de alocação dinâmica, ou seja, com as seguintes opções:

- [1] Inserir registro*
- [2] Apagar último registro*
- [3] Imprimir tabela*
- [4] Sair*

Referências

- *Backes, André, Linguagem C Descomplicada, portal de vídeo-aulas, <https://programacaodescomplicada.wordpress.com/>, acessado em 09/03/2016.*
- *Celes, W., Cerqueira, R. e Rangel, J. L. Introdução a estruturas de dados. Ed. Campus Elsevier, 2004.*