

Estrutura de Dados – 2023

Professor Mestre Fabio Pereira da Silva

Listas

- Definição dada por Knuth para uma lista linear : “Uma lista linear X é um conjunto de nodos $X(1), X(2), \dots, X(n)$, tais que:
 - a) $X(1)$ é o primeiro nodo da lista;
 - b) $X(n)$ é o último nodo da lista; c)
 - c) Para $1 < k$
- Ou, mais simplesmente, “Uma lista linear é a estrutura de dados que permite representar um conjunto de dados de forma a preservar a relação de ordem linear entre eles.”

Listas

- Listas lineares agrupam informações referentes a um conjunto de elementos que, de alguma forma, se relacionam entre si
- Uma lista linear ou está vazia, ou possui uma série de elementos

$$(a_1, a_2, \dots, a_n)$$

- Onde a_i é um componente de algum conjunto

Pilhas e Filas

- Pilha:

Quem entra por **último** sai **primeiro**

- Fila:

Quem entra **primeiro** sai **primeiro**

Fila

Inserção da aluna de matrícula 1212 e nome Maria

Maria 1212							
1	2	3	4	5	6	7	8

Inserção da aluna de matrícula 4844 e nome Pedro

Maria 1212	Pedro 4844						
1	2	3	4	5	6	7	8

Inserção da aluna de matrícula 5611 e nome José

Maria 1212	Pedro 4844	José 5611					
1	2	3	4	5	6	7	8

Fila

Fila com 3 elementos

Maria 1212	Pedro 4844	José 5611					
1	2	3	4	5	6	7	8

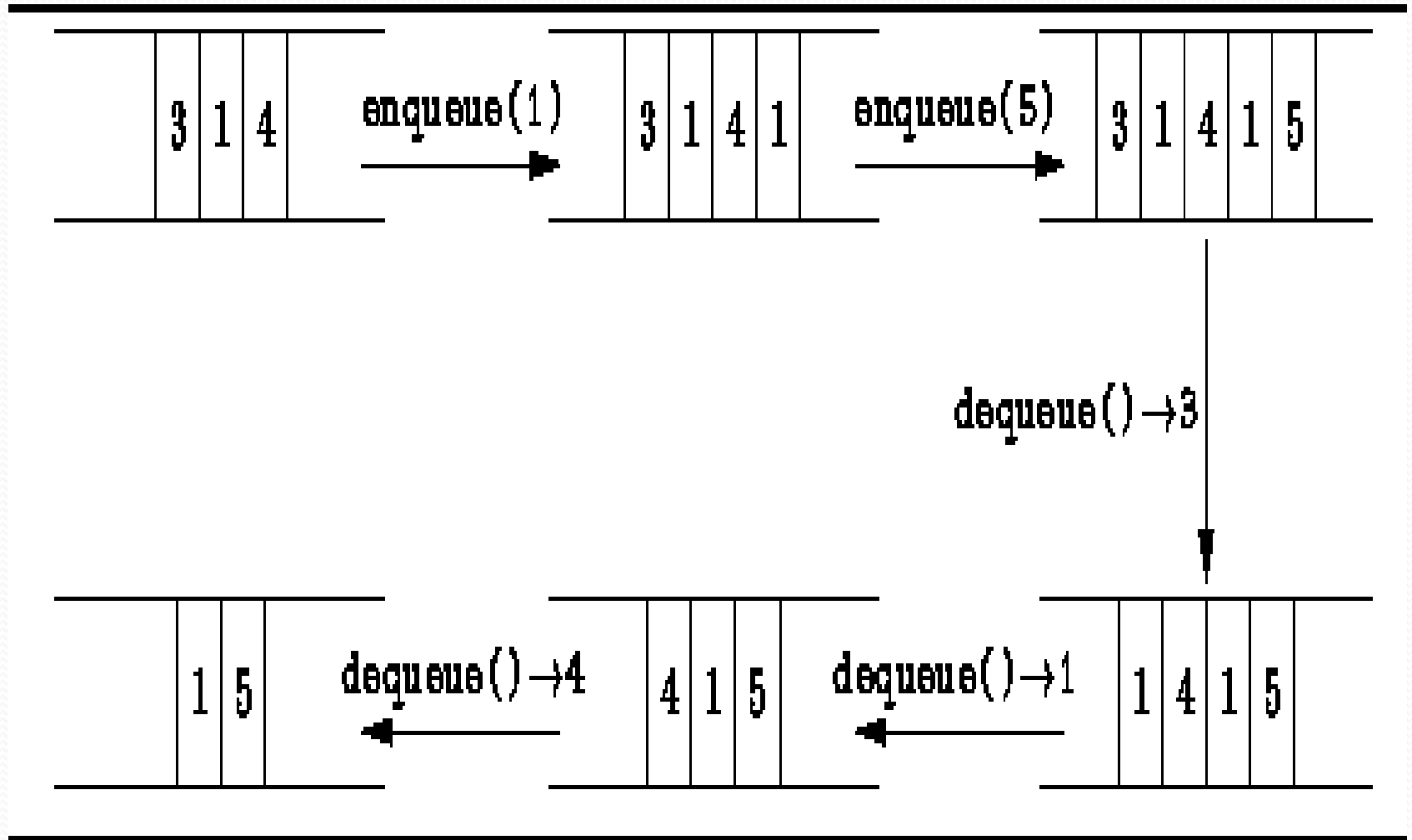
Retirada do primeiro da fila

↓		↓					
Maria 1212	Pedro 4844	José 5611					
1	2	3	4	5	6	7	8

Fila depois da remoção

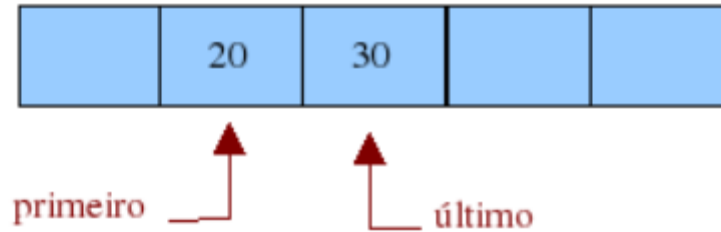
Pedro 4844	José 5611						
1	2	3	4	5	6	7	8

Fila de prioridades

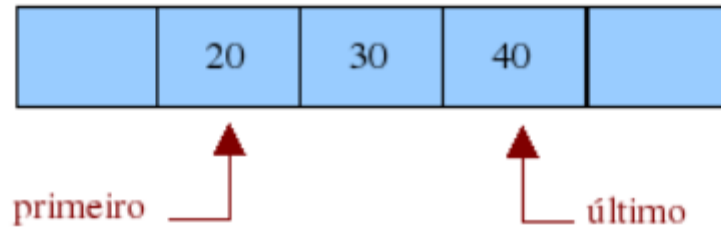


Fila circular

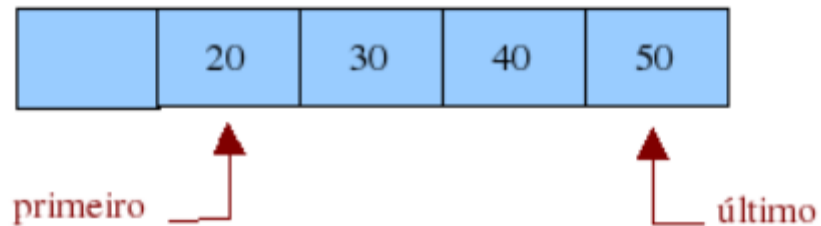
Remove()



Insere (40)



Insere (50)



Pilha

Vetor Vazio

1	2	3	4	5	6	7	8

Inserção do Livro com código 10 e título Ciências

10/ Ciências							
1	2	3	4	5	6	7	8

Inserção do Livro com código 7 e título Inglês

10/ Ciências	7/ Inglês						
1	2	3	4	5	6	7	8

Inserção do Livro com código 4 e título Física

10/ Ciências	7/ Inglês	4/ Física					
1	2	3	4	5	6	7	8

Pilha

Pilha com três elementos

10/ Ciências	7/ Inglês	4/ Física					
1	2	3	4	5	6	7	8

Pilha depois da remoção

10/ Ciências	7/ Inglês						
1	2	3	4	5	6	7	8

Alocação de memória

- Reservar na memória (principal), o espaço para guardar a informação através da declaração de uma variável.
- Estática: É a alocação do espaço de memória antes da execução de um programa em tempo de compilação:
 - `int x; float vet[10]; Produto vProd[500];`
- Dinâmica: É a alocação do espaço de memória durante a execução do programa.
 - em tempo de execução.

Ponteiro

- Um ponteiro é uma variável que **aponta** para outra variável. Isto significa que um **ponteiro mantém o endereço de memória de outra variável**.
- Em outras palavras, **o ponteiro não contém um valor no sentido tradicional, mas sim o endereço de outra variável**. Um ponteiro "aponta para" esta outra variável mantendo uma cópia de seu endereço.
- Como um ponteiro contém um endereço, e não um valor, terá duas partes. O ponteiro contém um endereço e o endereço aponta para um valor.

Criando um objeto

- Objeto é uma instância de uma classe;
- Usamos o operador *new* para criar um objeto.

Variável que conterá uma referência a um objeto

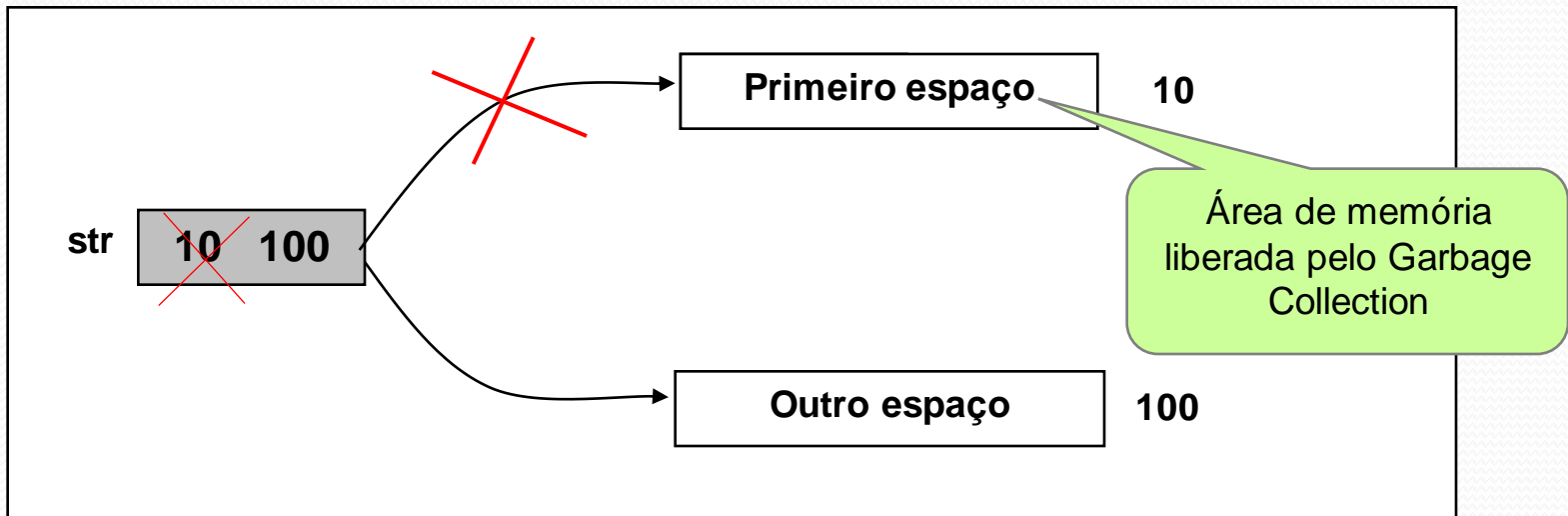
```
ContaCorrente minhaConta;  
minhaConta = new ContaCorrente ( );
```

Criação do objeto

```
ContaCorrente minhaConta = new ContaCorrente ( );
```

Garbage Collection

```
String str = "Primeiro espaço";  
System.out.println ("Usando memória original: "+str);  
str = "Outro espaço";  
System.out.println ("Usando outro espaço de memória: "+str);
```



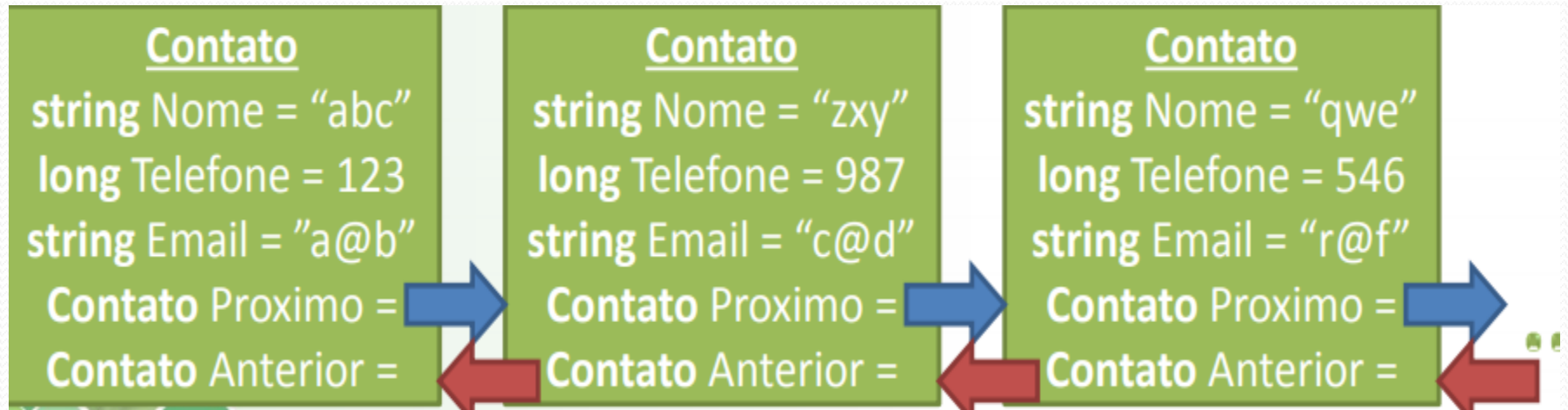
```
System.gc();
```

Não obriga a limpar, mas “pede”
para que o Garbage Collection limpe se possível

Lista Encadeada



Lista Encadeada



Lista Encadeada

- É uma estrutura de dados linear e dinâmica.
- Linear, pois existe uma relação de ordem entre os elementos.
- Dinâmica porque é composta por elementos, chamados de nós ou nodos, cujo o espaço de memória é alocado em tempo de execução, conforme for necessário.
- Desta forma, ao invés dos elementos estarem em sequência (em uma área contínua da memória – consecutiva), como na lista sequencial, os elementos podem ocupar quaisquer célula de memória.
- Para manter a relação de ordem entre os elementos, cada elemento indica qual é o seguinte (ou e o anterior também).

Lista Encadeada

- Uma lista linear ligada (ou simplesmente lista ligada) é uma lista linear na qual a ordem (lógica) dos elementos da lista (chamados “nós”) não necessariamente coincide com sua posição física (em memória).
- Pode ser implementada de forma estática (usando-se um vetor) ou, em linguagens de programação que oferecem suporte à alocação dinâmica, com uso de ponteiros.

Lista Encadeada

- Espaços de memória podem ser alocados no decorrer da execução do programa, quando forem efetivamente necessários.
- É possível alocar espaço para um elemento de cada vez.
- Espaços de memória também podem ser liberados no decorrer a execução do programa, quando não forem mais necessários.
- Também é possível liberar espaço de um elemento de cada vez.

Lista Encadeada

- Podem crescer e diminuir dinamicamente.
- Tamanho máximo não precisa ser definido previamente.
- Provêm flexibilidade, permitindo que os itens sejam reposicionados de maneira eficiente.
 - Perda no tempo de acesso a qualquer item arbitrário da lista, comparando com vetores.

Lista Encadeada

- Também pode ser considerada uma coleção linear de objetos auto-referenciados, chamados de **Nós** que são conectados por links de referência.
- Em geral um programa acessa uma lista, por meio de uma referência ao primeiro elemento da lista.
- O programa acessa cada link subsequente via a referência armazenada o **Nó** anterior.
- A referência do último Nó é marcada como **null** para indicar o final da lista.
- Um Nó pode conter dados de **qualquer tipo**, bem como referências a objetos de outras classes.

Vantagens

- Listas encadeadas **são dinâmicas**, seu tamanho pode aumentar ou diminuir **conforme necessário**.
- Listas encadeadas podem ser mantidas em ordem de classificação, para isso basta inserir o elemento no ponto adequado da lista.
- Uma alteração da lista não faz com que seja necessário mover todos os seus elementos como ocorre na lista estática. Apenas duas referências são modificadas.
- Em sistemas de softwares utilizados na indústria de software **é inviável** trabalhar com listas de alocação estática. Devido a necessidade continua de sempre inserir novos elementos.

Lista Estática x Lista Dinâmica

Alocação Estática	Alocação Dinâmica
Quantidade constante de elementos	Não há quantidade máxima de elementos (o limite é a memória do computador)
Aloca espaço de acordo com a quantidade de elementos	Utiliza somente o espaço de memória suficiente
Usa arrays	Utiliza ponteiros para indicar a posição de memória que o endereço inserido na lista será armazenado

Lista Estática x Lista Dinâmica

- A principal vantagem da utilização de listas encadeadas sobre listas sequenciais é o ganho em desempenho em termos de velocidade nas inclusões e remoções de elementos (nós).
- Em uma lista estática é necessário mover todos os elementos da lista para uma nova lista para realizar essas operações, ou deslocar elementos, quando se deseja manter a ordem através de uma informação.
- Listas encadeadas são mais adequadas em situações onde a lista possui centenas ou milhares de nós, onde serão realizadas muitas operações de inserção ou remoção, que em uma lista estática representaria uma perda notável no desempenho do processamento.

Complexidade assintótica

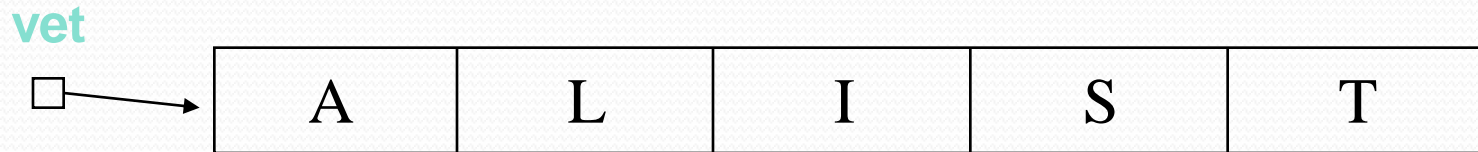
- A inserção e remoção de um elemento que esteja disposto no início da lista encadeada possui um número de operações fixo e independente do tamanho da lista, sendo da ordem de $O(1)$.
- As operações de busca, remoção e a inserção após um determinado elemento da lista possui complexidade assintótica de $O(N)$, tal como ocorre nas listas sequenciais. Entretanto, nas listas encadeadas não é necessário mover os itens para a entrada de um novo elemento da lista.
- A implementação de operações do tipo mostrar a lista é mais simples numa lista sequencial. Assim, se não forem realizadas muitas operações de inserção e remoção, a lista sequencial é uma boa opção.

Operações

- Inicializar a lista
- Inserir um elemento no final da lista
- Inserir um elemento no início da lista
- Inserir um elemento em qualquer posição da lista
- Pesquisar um elemento
- Remover um elemento no final da lista
- Remover um elemento no início da lista
- Remover um elemento em qualquer posição da lista
- Ordenar a lista utilizando algoritmos de ordenação como Merge Sort, Quick Sort ou Heap Sort
- Concatenar a lista em outra lista ou até mesmo Pilhas ou Filas a partir de uma dada condição

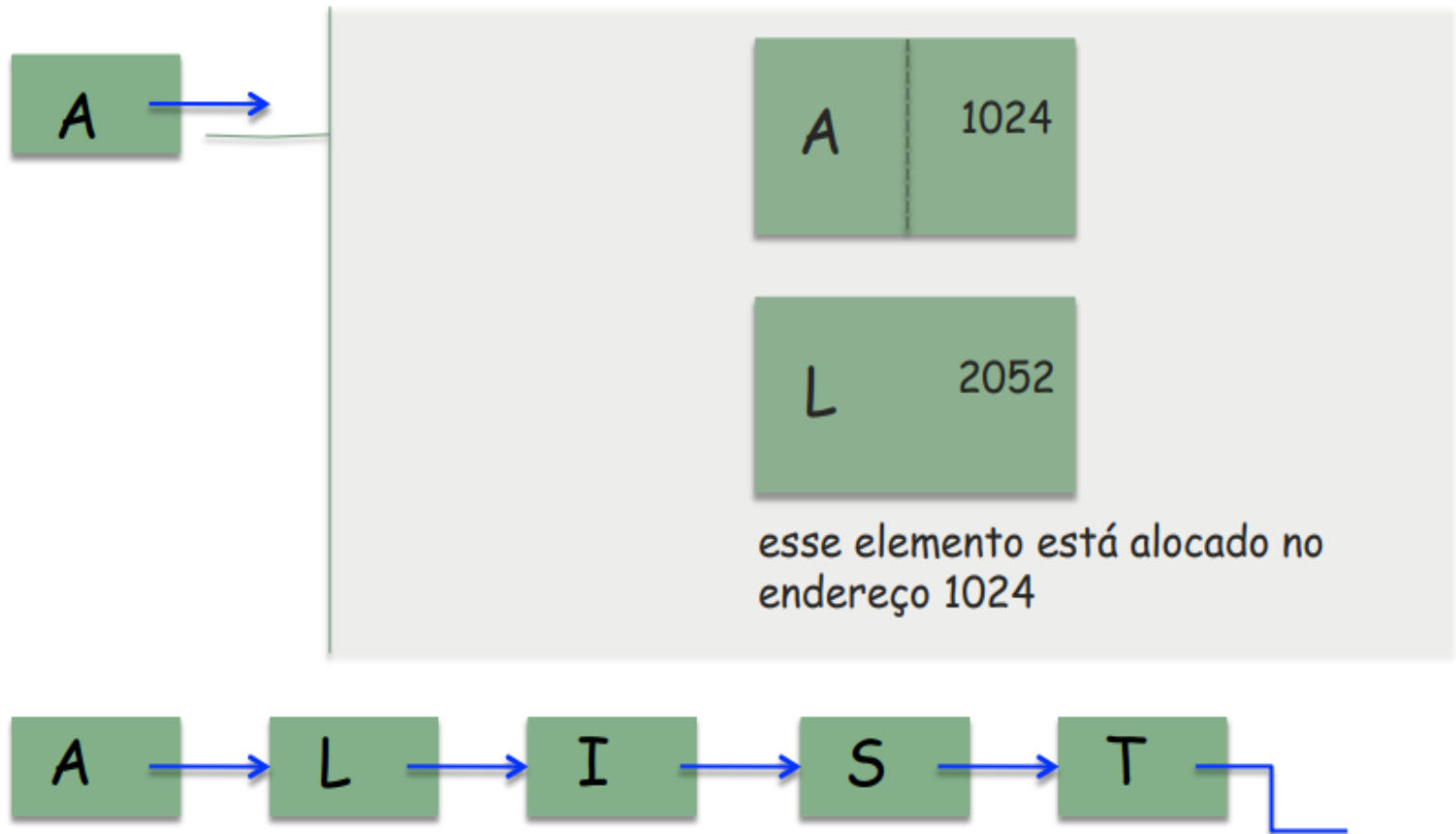
Representação de Listas Sequenciais

- Conjunto de itens organizados → vetor
 - a organização é implícita (pela posição)



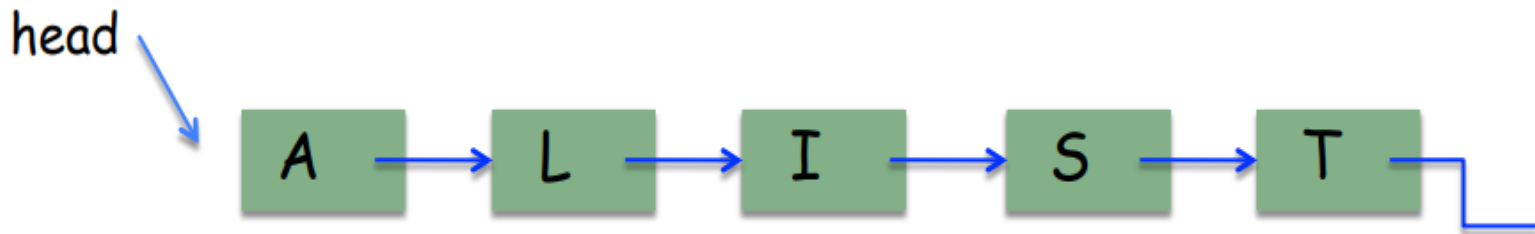
- o símbolo **vet** representa o endereço do primeiro elemento (ponteiro)
- ocupa um espaço fixo na memória:
 - permite acesso a qualquer elemento a partir do ponteiro para o primeiro, utilizando indexação → acesso aleatório

Representação de Listas Encadeadas



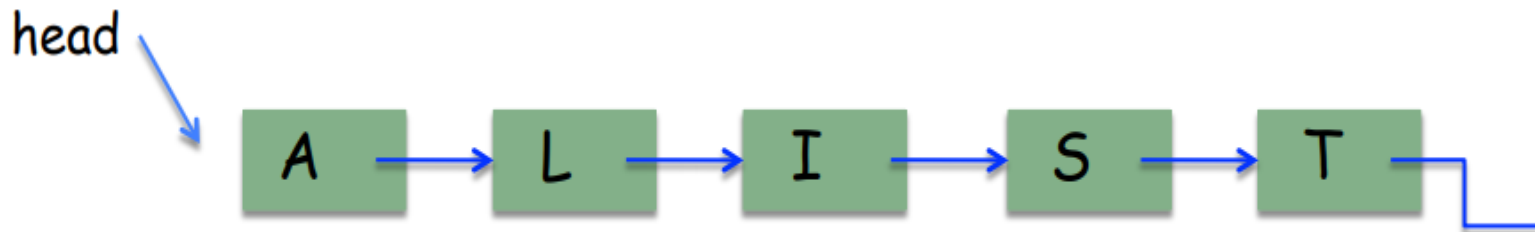
Representação de Listas Encadeadas

- Todo elemento possui um ponteiro
- O ponteiro do último elemento tem que especificar algum tipo de próximo (aponta para si próprio ou NULL)
- Para acessar qualquer elemento da lista
 - um ponteiro ou um elemento para o 1º da lista



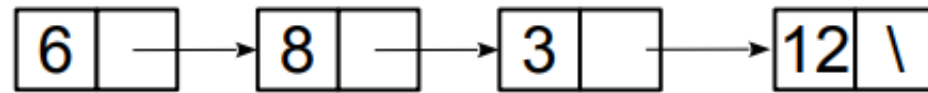
Representação de Listas Encadeadas

- A lista é representada por um ponteiro para o primeiro elemento (ou nó).
- Do primeiro elemento, podemos alcançar o segundo
- Do segundo podemos alcançar o terceiro e assim por diante.



- Exemplo

- Dinâmica

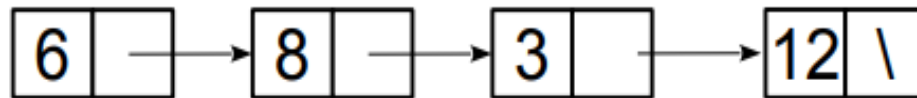


- Linear



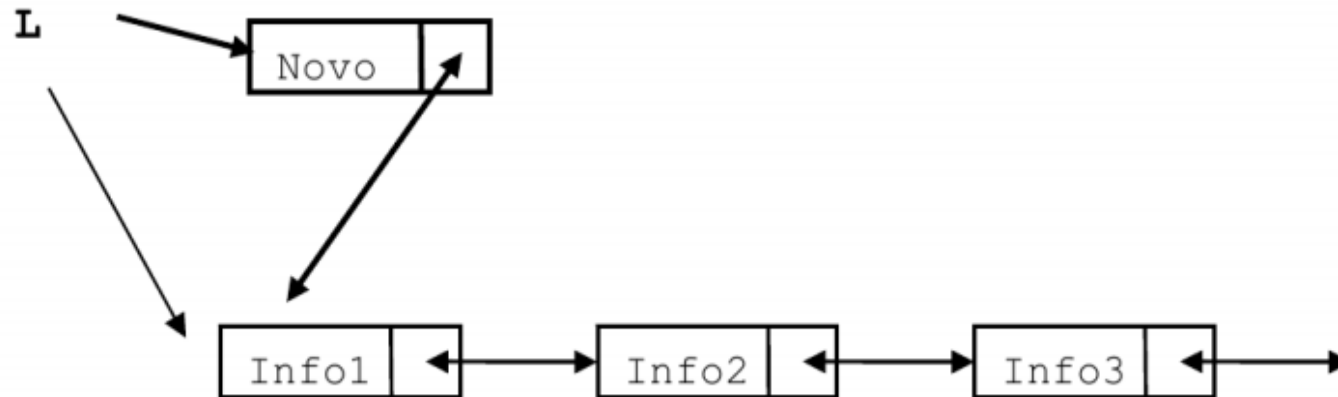
Lista Encadeada

- A lista encadeada ou lista ligada é uma sequencia de elementos (nós), onde cada nó possui:
 - Um ou mais campos de informações
 - Um ponteiro para o próximo nó da lista



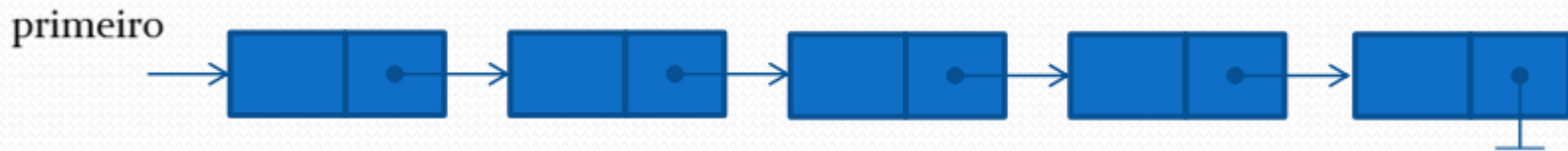
Procedimentos básicos

- Aloca memória para armazenar o elemento
- Encadeia o elemento na lista existente



Lista Simplesmente Encadeada

- Uma lista é denominada como simplesmente encadeada se em cada Nó só existe um ponteiro que aponta para o próximo Nó.
- É preciso que um ponteiro aponte para o primeiro nó, determinando assim, o início da sequência de dados armazenados na memória.
- Este tipo de lista pode ser vazia ou não, circular ou não, assim como seus dados podem estar ou não em ordem (crescente ou decrescente).



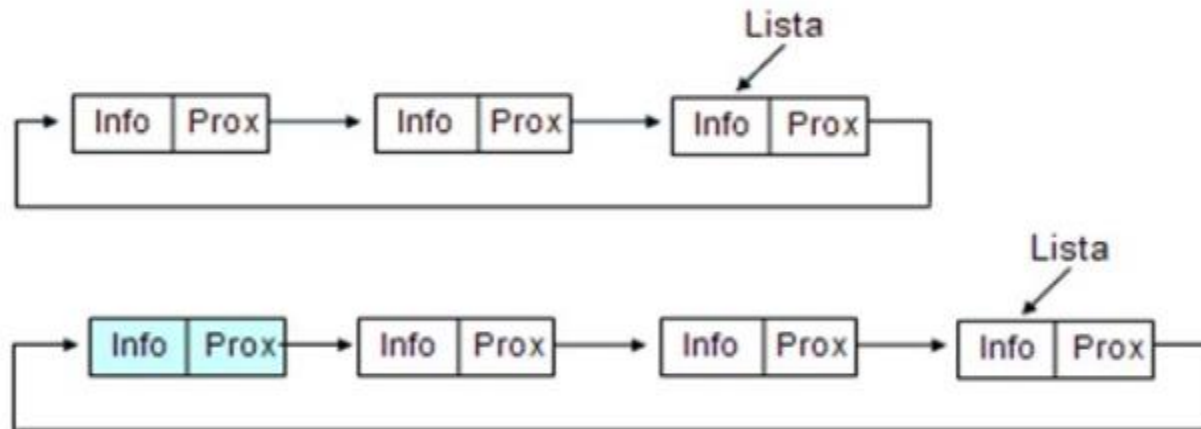
Lista Duplamente Encadeada

- Quando cada nó referencia tanto o próximo nó da lista quanto o nó anterior.
- O importante é que, neste tipo de lista, o ponteiro externo pode apontar para qualquer nó da lista, pois é possível caminhar para a direita ou para a esquerda com igual facilidade.
- Uma lista duplamente encadeada pode ser circular ou não e ainda, pode estar em ordem (crescente/decrescente) ou não.

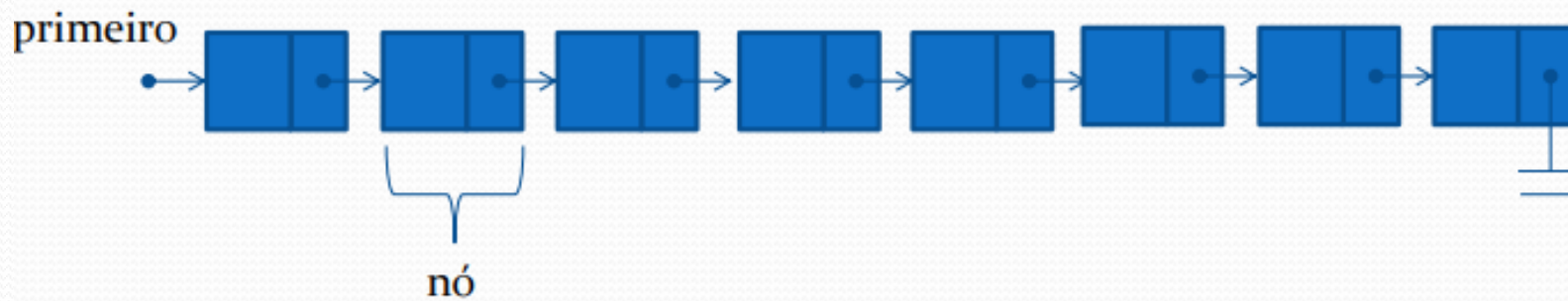
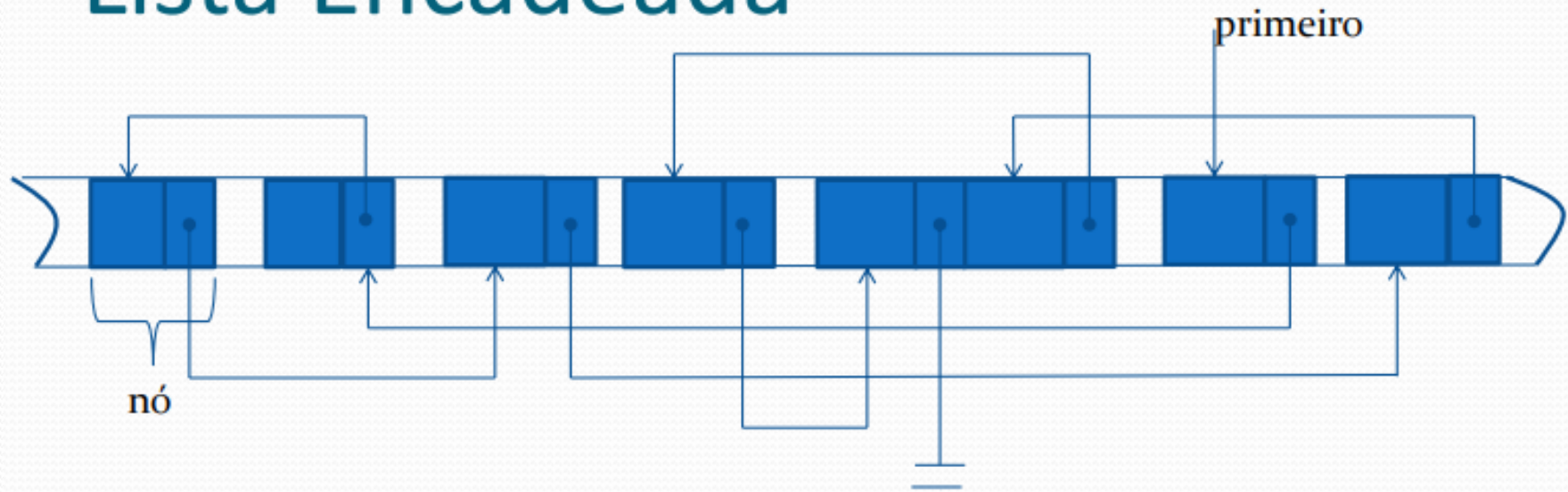


Lista Encadeada Circular

- Em uma lista circular o último elemento aponta para o primeiro.
- Não se guarda o endereço do primeiro e do último Nó da lista, guarda-se o endereço de apenas um deles.
- Neste tipo de lista é possível acessar qualquer Nó a partir de qualquer ponto, porque nela podemos considerar qualquer Nó como sendo o primeiro Nó da lista.

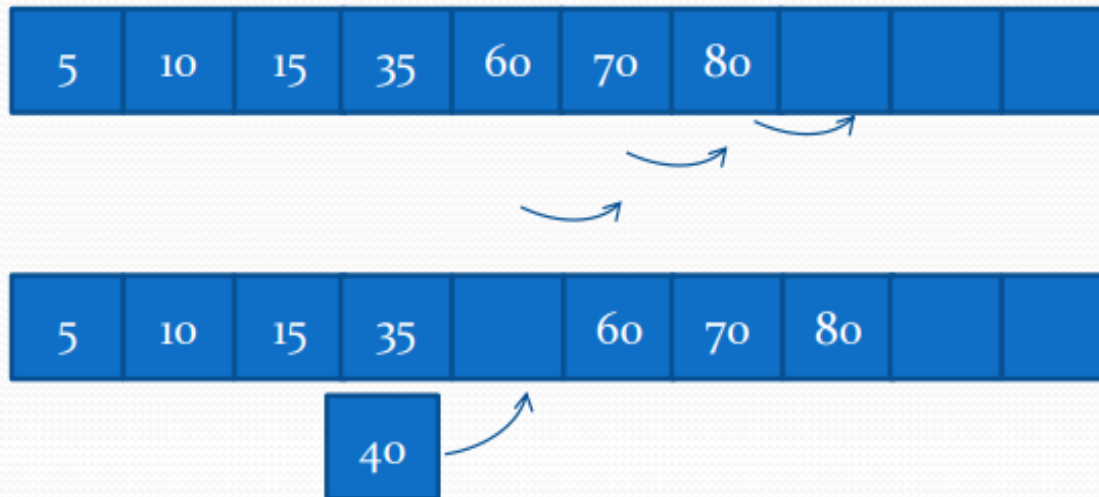


Lista Encadeada



Inserção – Lista Sequencial

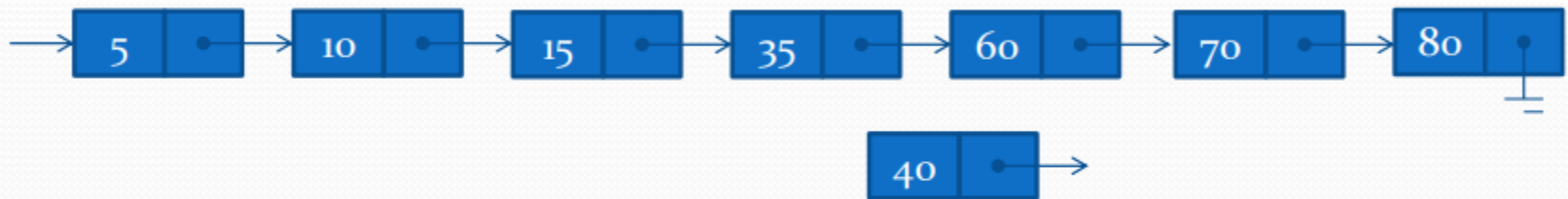
- Inserir o 40 – lista sequencial



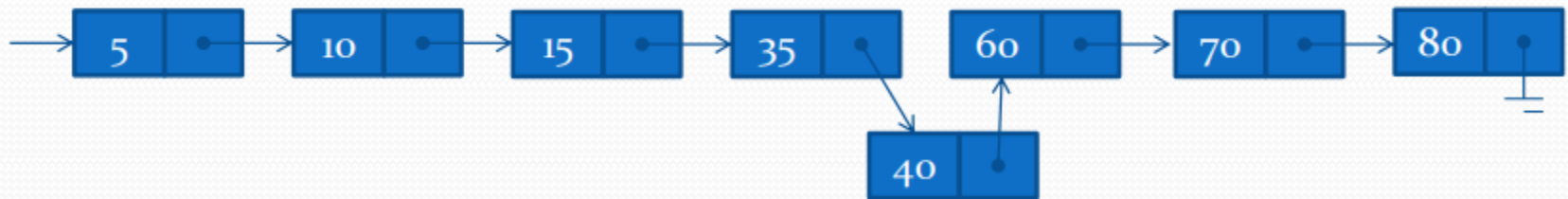
Inserção – Lista Encadeada

- Inserir o 40

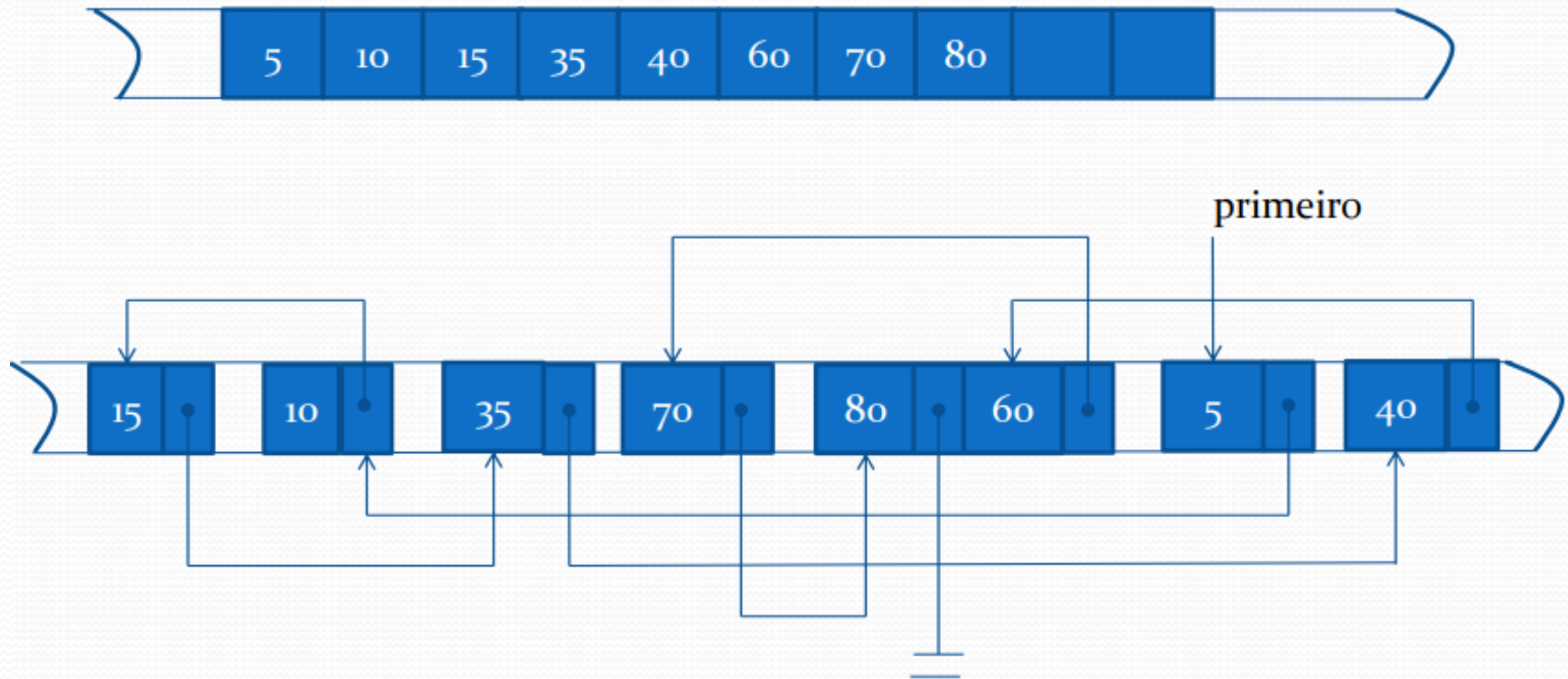
primeiro



primeiro



Mostrar a Lista



Lista Encadeada x Lista Duplamente Encadeada

- Uma primeira vantagem da utilização de lista duplamente encadeada sobre a lista simplesmente encadeada é a maior facilidade para navegação, que na lista duplamente encadeada pode ser feita nos dois sentidos, ou seja, do início para o fim e do fim para o início.
- Isso facilita a realização de operações tais como inclusão e remoção de nós, pois diminui a quantidade de variáveis auxiliares necessárias.
- Se não existe a necessidade de se percorrer a lista de trás para frente, a lista simplesmente encadeada é a mais interessante, pois é mais simples.

Representação do Nó

- Um nó da lista deverá conter, no mínimo, dois campos: um campo com a informação ou dado a ser armazenado e um segundo campo, com o ponteiro para o próximo nó da lista, permitindo o encadeamento dos nós.
- É preciso que o primeiro nó seja apontado por um ponteiro, para que assim, a lista possa ser manipulada através de suas diversas operações.

primeiro



Exemplo

- Construir uma lista com um nó apenas com o valor 100:

p = new no;



p -> dado = 10;



p -> prox = NULL;

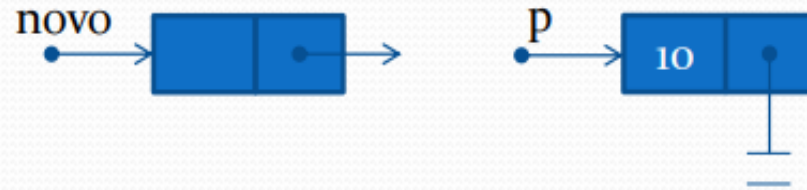


← Lista com um nó apenas

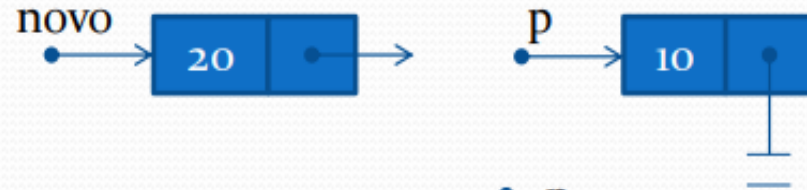
Exemplo

- Inserindo mais um nó na lista (antes do primeiro nó – inserir na frente)

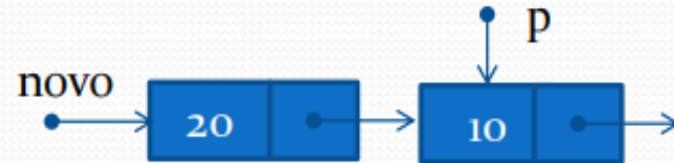
novo = new no;



novo->dado = 20;



novo->prox = p;



p = novo;



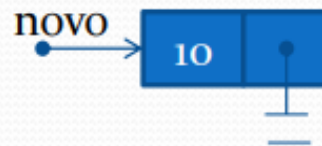
Código da Inserção

```
// cria um novo no  
no *novo = new no;
```

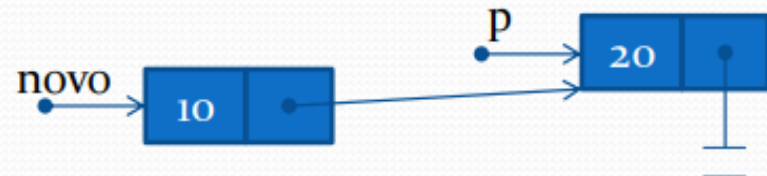


```
cout << "Valor? ";  
cin >> valor;
```

```
novo->dado = valor;  
novo->prox = NULL;
```



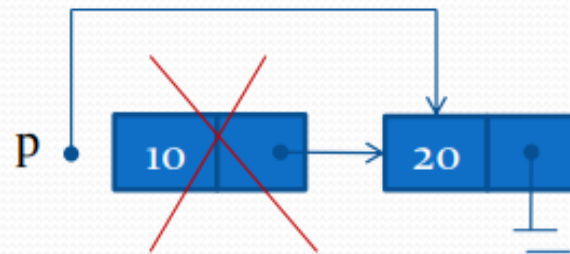
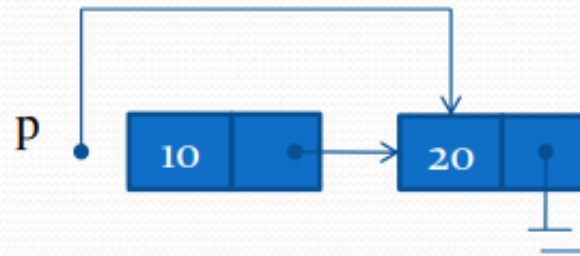
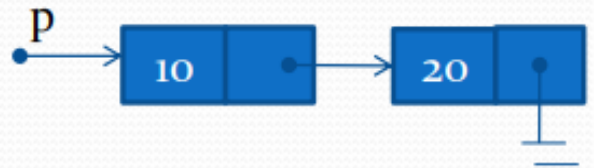
```
// inserindo no inicio da lista  
if (p != NULL) {  
    novo->prox = p;  
}  
p = novo;
```



Remoção

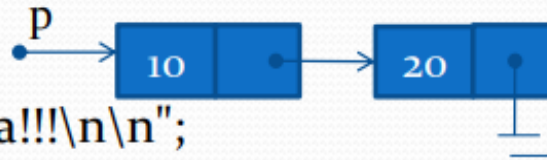
- Retirada de um Nó da lista
- Antes deve se verificar se a lista está vazia
- Para isso, verifique se o ponteiro para o primeiro elemento da lista está apontando para algum Nó

Removendo o primeiro da Lista



Código da Remoção de um nó

```
if (p == NULL) {  
    cout << "\nLista vazia!!!\n\n";  
}
```

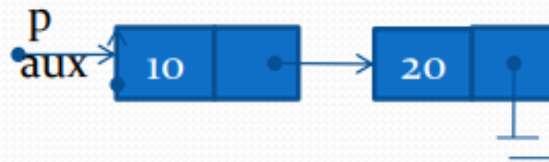


```
else {
```

```
    no *aux;
```

aux →

```
    aux = p;
```

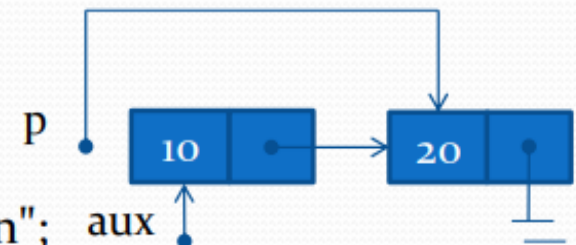
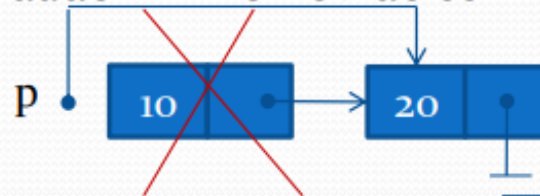


```
    p = p->prox;
```

```
    cout << aux->dado << " removido com sucesso\n";
```

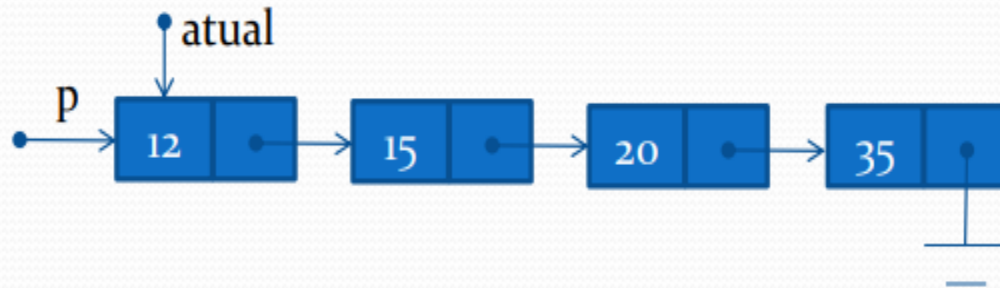
```
    delete aux;
```

```
}
```

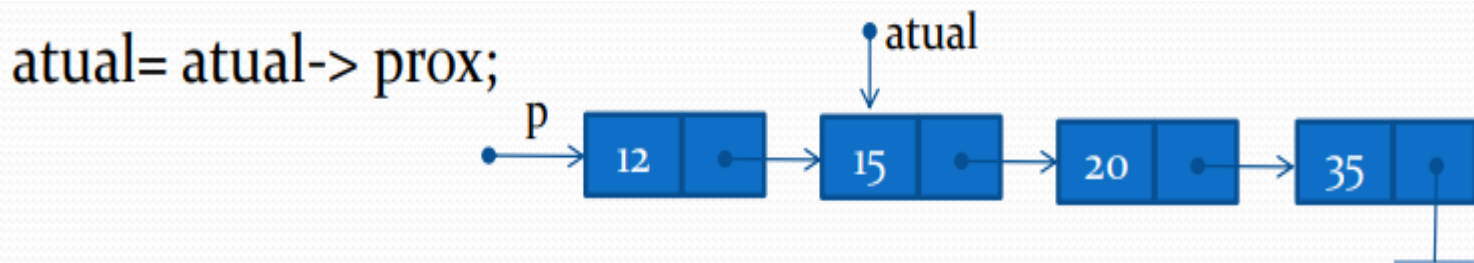


Percorrer a lista

- Verificar se a lista não está vazia
- Usando um ponteiro auxiliar, percorrer a lista a partir do primeiro elemento



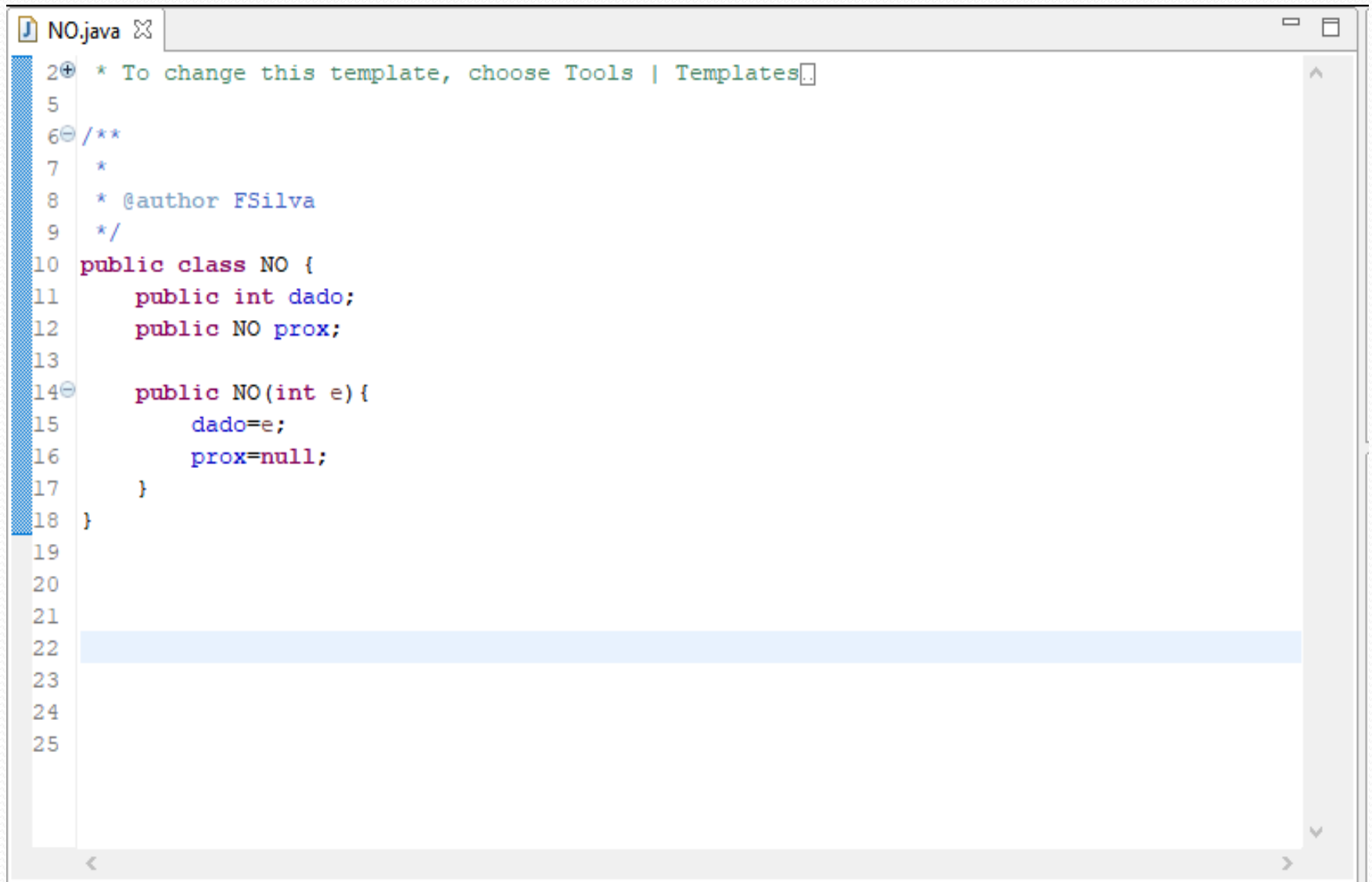
- Move-se o ponteiro auxiliar pela lista



Código para Percorrer

```
if (p == NULL) {  
    cout << "\nLista vazia!!!\n\n";  
}  
else {  
    no *atual;  
    atual = p;  
    cout << "\nLista => ";  
    while (atual != NULL) {  
        cout << atual->dado << "\t";  
        atual = atual->prox;  
    }  
    cout << endl;  
}
```

Exemplo de Lista Encadeada




```
NO.java ✕
2+ * To change this template, choose Tools | Templates
5
6- /**
7  *
8  * @author FSilva
9  */
10 public class NO {
11     public int dado;
12     public NO prox;
13
14-     public NO(int e) {
15         dado=e;
16         prox=null;
17     }
18 }
19
20
21
22
23
24
25
```

Exemplo de Lista Encadeada



```
NO.java  ListaLigada.java
8  /**
9   *
10  * @author Fabio
11  */
12  public class ListaLigada {
13      private NO inicio;
14
15      public ListaLigada() {
16          inicio=null;
17      }
18
19      public void AdicionaFinal(int e) {
20          if (inicio==null) {
21              NO n=new NO(e);
22              inicio=n;
23          }
24          else{
25              NO aux=inicio;
26              while(aux.prox!=null) {
27                  aux=aux.prox;
28              }
29              NO n=new NO(e);
30              aux.prox=n;
31          }
32      }
```

Exemplo de Lista Encadeada



```
39
40 public int RemoveFinal() {
41     int r=-1;
42     if (inicio==null) {
43         System.out.println("Lista Vazia");
44     }
45     else{
46         if (inicio.prox==null) {
47             r=inicio.dado;
48             inicio=null;
49         }
50         else{
51             NO aux1=inicio;
52             NO aux2=inicio;
53
54             while(aux1.prox!=null) {
55                 aux2=aux1;
56                 aux1=aux1.prox;
57             }
58
59             r=aux1.dado;
60             aux2.prox=null;
61         }
62     }
63     return r;
```

Contatos

- Email: fabio.silva321@fatec.sp.gov.br
- LinkedIn: <https://br.linkedin.com/in/b41a5269>
- Facebook: <https://www.facebook.com/fabio.silva.56211>