

Unidade IV:

Tipos Abstratos de Dados Flexíveis - Lista Dupla



PUC Minas

Instituto de Ciências Exatas e Informática
Departamento de Ciência da Computação

Classe Célula Dupla

```
class CelulaDupla {  
    public int elemento;  
    public CelulaDupla prox, ant;  
    public CelulaDupla () {  
        this(0);  
    }  
    public CelulaDupla (int x) {  
        this.elemento = x;  
        this.prox = this.ant = null;  
    }  
}
```



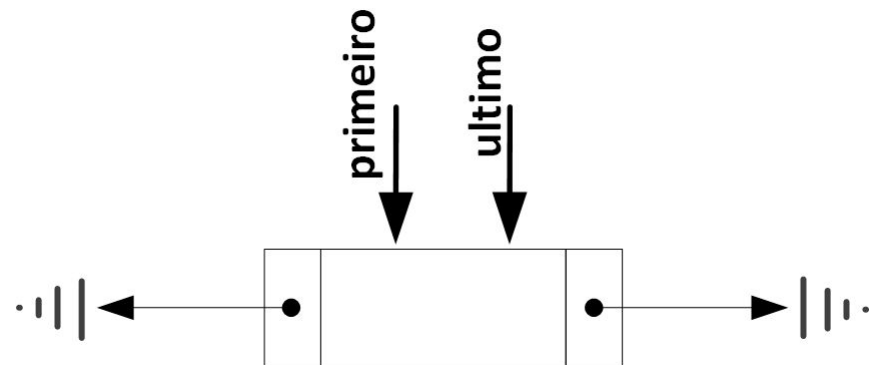
Lista Dupla Flexível

```
class ListaDupla {  
    private CelulaDupla primeiro, ultimo;  
    public ListaDupla () {  
        primeiro = new CelulaDupla();  
        ultimo = primeiro;  
    }  
    public void inserirInicio(int x) { ... }  
    public void inserirFim(int x) { ... }  
    public int removerInicio() { ... }  
    public int removerFim() { ... }  
    public void inserir(int x, int pos) { ... }  
    public int remover(int pos) { ... }  
    public void mostrar() { ... }  
}
```

Similar a Lista Simples,
contudo, considerando o
ponteiro ant

Lista Dupla Flexível

```
class ListaDupla {  
    private CelulaDupla primeiro, ultimo;  
    public ListaDupla () {  
        primeiro = new CelulaDupla();  
        ultimo = primeiro;  
    }  
    public void inserirInicio(int x) { ... }  
    public void inserirFim(int x) { ... }  
    public int removerInicio() { ... }  
    public int removerFim() { ... }  
    public void inserir(int x, int pos) { ... }  
    public int remover(int pos) { ... }  
    public void mostrar() { ... }  
}
```



Inserir no Início

```
class ListaDupla {  
    private CelulaDupla primeiro, ultimo;  
    public ListaDupla () {  
        primeiro = new CelulaDupla();  
        ultimo = primeiro;  
    }  
    public void inserirInicio(int x) { ... }  
    public void inserirFim(int x) { ... }  
    public int removerInicio() { ... }  
    public int removerFim() { ... }  
    public void inserir(int x, int pos) { ... }  
    public int remover(int pos) { ... }  
    public void mostrar() { ... }  
}
```

Inserir no Início

//LISTA DUPLA

```
public void inserirInicio(int x) {  
    CelulaDupla tmp = new CelulaDupla(x);  
    tmp.ant = primeiro;  
    tmp.prox = primeiro.prox;  
    primeiro.prox = tmp;  
    if (primeiro == ultimo) {  
        ultimo = tmp;  
    } else {  
        tmp.prox.ant = tmp;  
    }  
    tmp = null;  
}
```

//LISTA SIMPLES

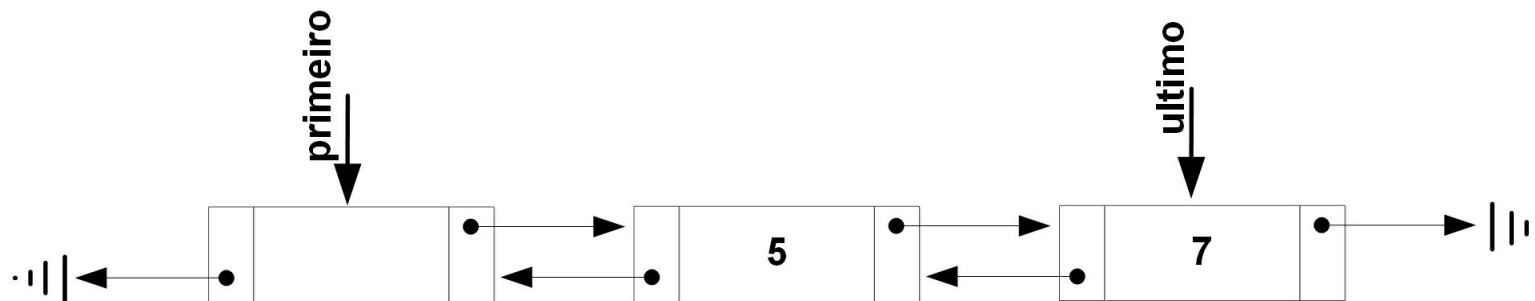
```
public void inserirInicio(int x) {  
    Celula tmp = new Celula(x);  
  
    tmp.prox = primeiro.prox;  
    primeiro.prox = tmp;  
    if (primeiro == ultimo) {  
        ultimo = tmp;  
    }  
    tmp = null;  
}
```

Inserir no Início

//LISTA DUPLA

```
public void inserirInicio(int x) {  
    CelulaDupla tmp = new CelulaDupla(x);  
    tmp.ant = primeiro;  
    tmp.prox = primeiro.prox;  
    primeiro.prox = tmp;  
    if (primeiro == ultimo) {  
        ultimo = tmp;  
    } else {  
        tmp.prox.ant = tmp;  
    }  
    tmp = null;  
}
```

Supondo uma lista com os elementos 5 e 7, vamos inserir o 3 no início



Inserir no Início

//Inserindo o 3 no início

public void inserirInicio(**int** x) { CelulaDupla tmp = **new** CelulaDupla(x);

tmp.ant = primeiro;

tmp.prox = primeiro.prox;

primeiro.prox = tmp;

if (primeiro == ultimo) {

ultimo = tmp;

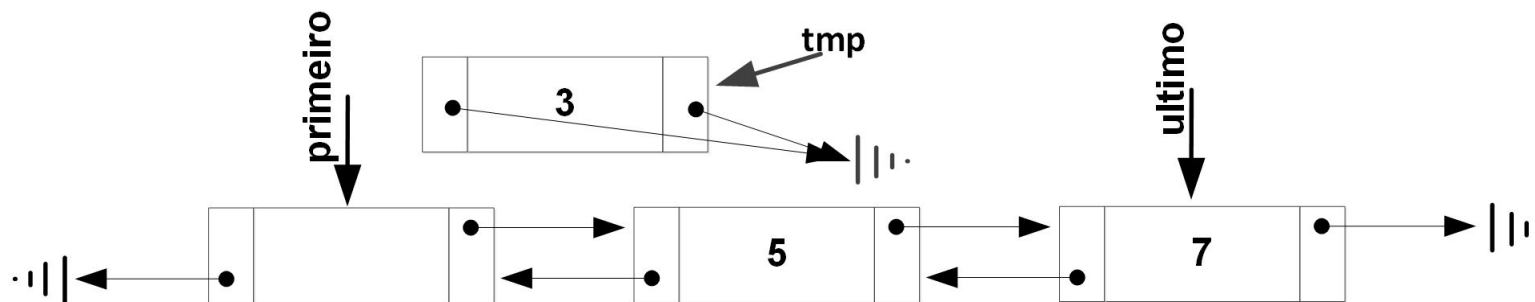
 } **else** {

tmp.prox.ant = tmp;

}

 tmp = **null**;

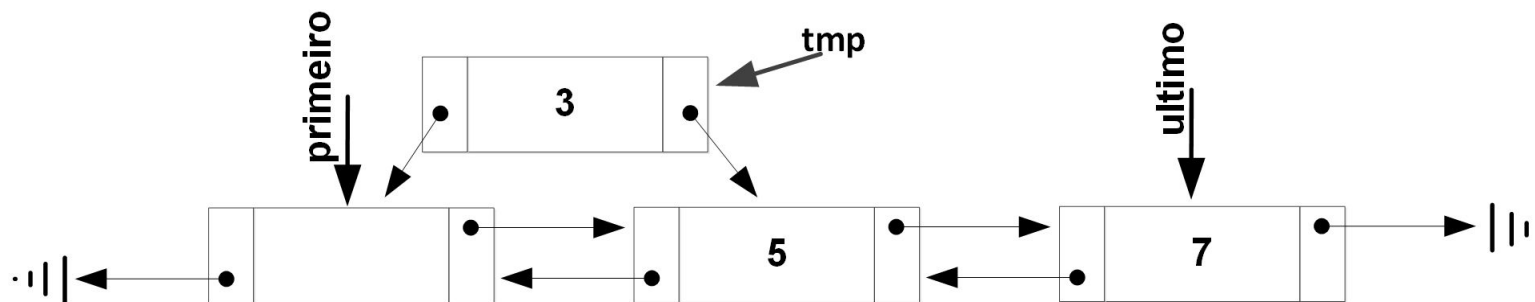
}



Inserir no Início

//Inserindo o 3 no início

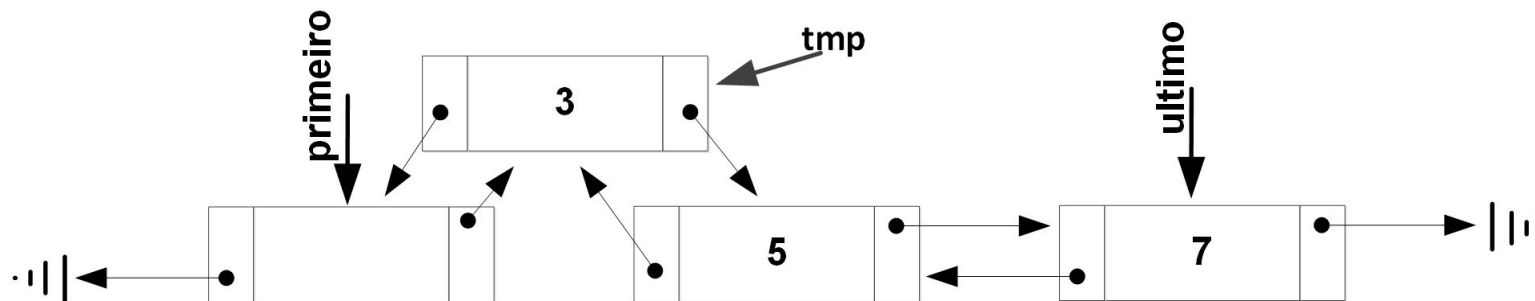
```
public void inserirInicio(int x) {  
    CelulaDupla tmp = new CelulaDupla(x);  
    tmp.ant = primeiro;  
    tmp.prox = primeiro.prox;  
    primeiro.prox = tmp;  
    if (primeiro == ultimo) {  
        ultimo = tmp;  
    } else {  
        tmp.prox.ant = tmp;  
    }  
    tmp = null;  
}
```



Inserir no Início

//Inserindo o 3 no início

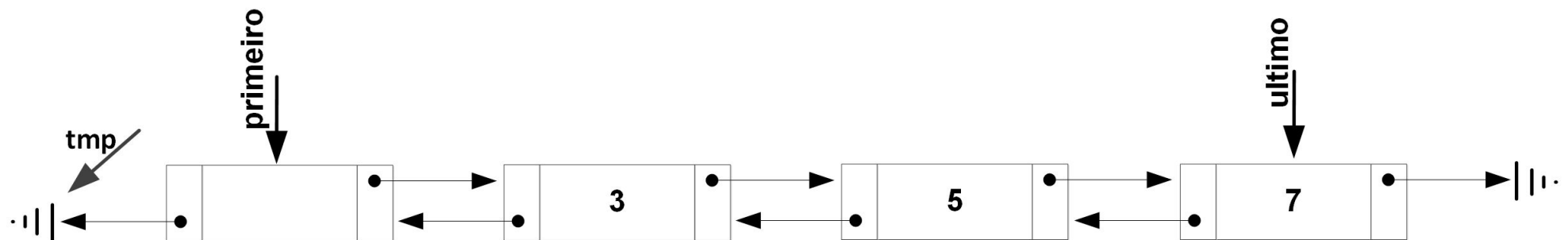
```
public void inserirInicio(int x) {  
    CelulaDupla tmp = new CelulaDupla(x);  
    tmp.ant = primeiro;  
    tmp.prox = primeiro.prox;  
    primeiro.prox = tmp;  
    if (primeiro == ultimo) {  
        ultimo = tmp;  
    } else {  
        tmp.prox.ant = tmp;  
    }  
    tmp = null;  
}
```



Inserir no Início

//Inserindo o 3 no início

```
public void inserirInicio(int x) {  
    CelulaDupla tmp = new CelulaDupla(x);  
    tmp.ant = primeiro;  
    tmp.prox = primeiro.prox;  
    primeiro.prox = tmp;  
    if (primeiro == ultimo) {  
        ultimo = tmp;  
    } else {  
        tmp.prox.ant = tmp;  
    }  
    tmp = null;  
}
```



Inserir no Fim

```
class ListaDupla {  
    private CelulaDupla primeiro, ultimo;  
    public ListaDupla () {  
        primeiro = new CelulaDupla();  
        ultimo = primeiro;  
    }  
    public void inserirInicio(int x) { ... }  
    public void inserirFim(int x) { ... }  
    public int removerInicio() { ... }  
    public int removerFim() { ... }  
    public void inserir(int x, int pos) { ... }  
    public int remover(int pos) { ... }  
    public void mostrar() { ... }  
}
```

Inserir no Fim

//LISTA DUPLA

```
public void inserirFim(int x) {  
    ultimo.prox = new CelulaDupla(x);  
    ultimo.prox.ant = ultimo;  
    ultimo = ultimo.prox;  
}
```

//LISTA SIMPLES

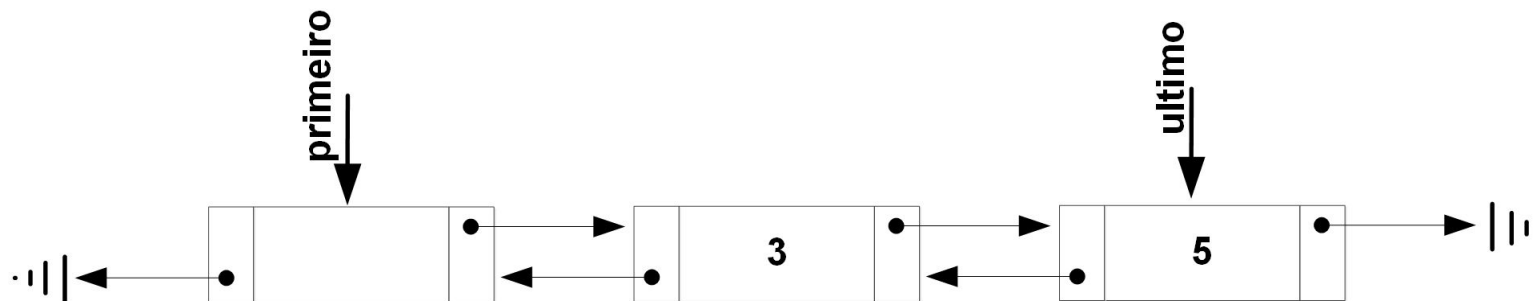
```
public void inserirFim(int x) {  
    ultimo.prox = new Celula(x);  
  
    ultimo = ultimo.prox;  
}
```

Inserir no Fim

//LISTA DUPLA

```
public void inserirFim(int x) {  
    ultimo.prox = new CelulaDupla(x);  
    ultimo.prox.ant = ultimo;  
    ultimo = ultimo.prox;  
}
```

Supondo uma lista com os elementos 3 e 5, vamos inserir o 7 no fim



Inserir no Fim

```
//LISTA DUPLA
```

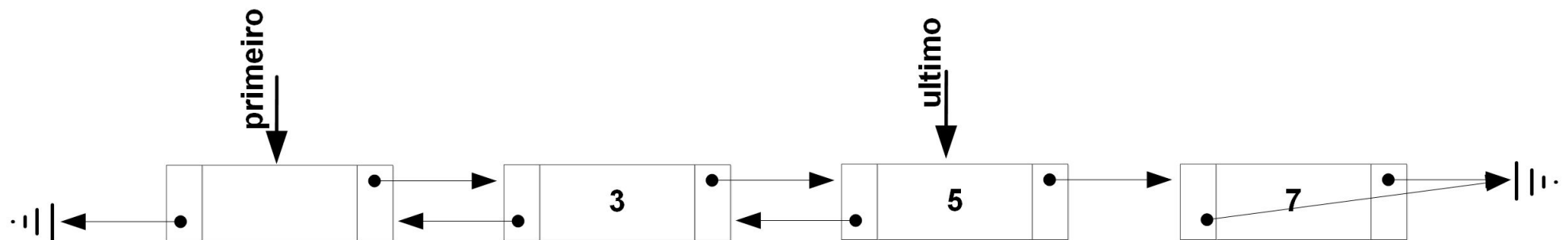
```
public void inserirFim(int x) {
```

```
    ultimo.prox = new CelulaDupla(x);
```

```
    ultimo.prox.ant = ultimo;
```

```
    ultimo = ultimo.prox;
```

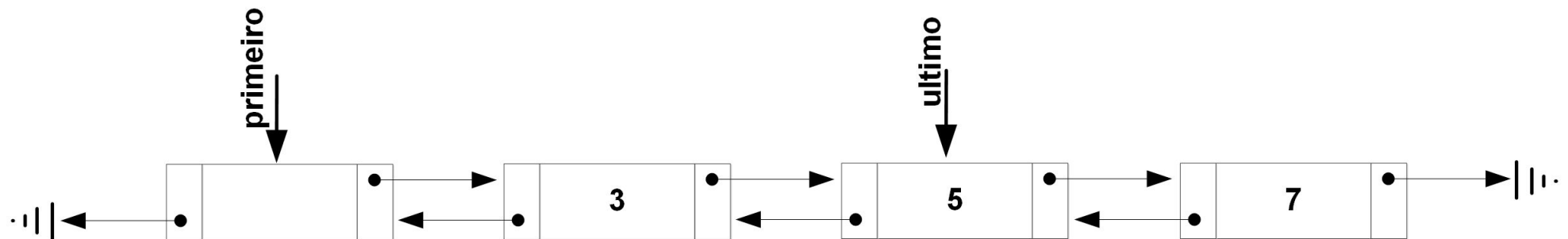
```
}
```



Inserir no Fim

//LISTA DUPLA

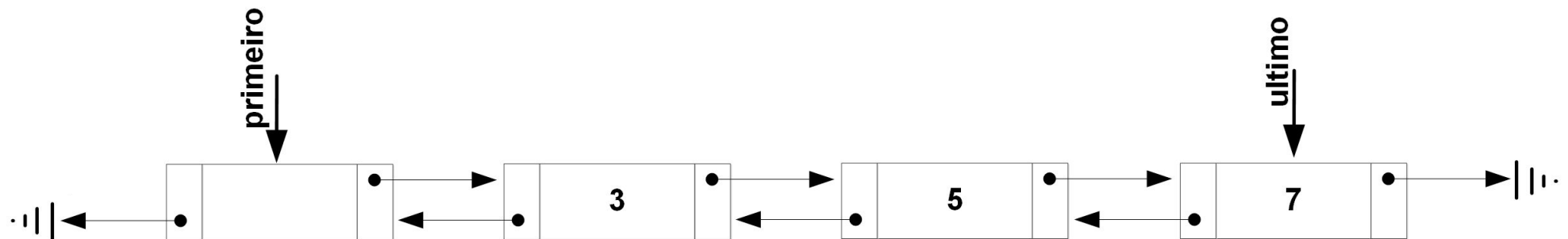
```
public void inserirFim(int x) {  
    ultimo.prox = new CelulaDupla(x);  
    ultimo.prox.ant = ultimo;  
    ultimo = ultimo.prox;  
}
```



Inserir no Fim

//LISTA DUPLA

```
public void inserirFim(int x) {  
    ultimo.prox = new CelulaDupla(x);  
    ultimo.prox.ant = ultimo;  
    ultimo = ultimo.prox;  
}
```

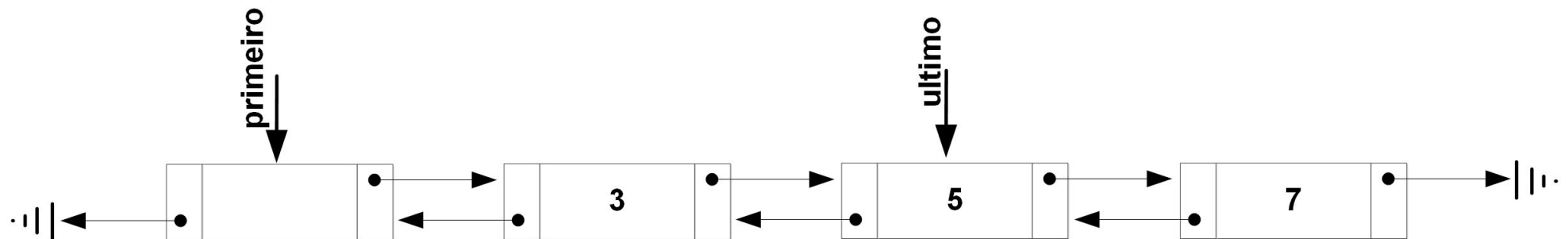


//LISTA DUPLA

```
public void inserirFim(int x) {  
    ultimo.prox = new CelulaDupla(x);  
    ultimo.prox.ant = ultimo;  
    ultimo = ultimo.prox;  
}
```

- A linha marcada pode ser substituída pelo código abaixo?

ultimo = ultimo.prox.ant.prox.ant.prox



Remover no Início

```
class ListaDupla {  
    private CelulaDupla primeiro, ultimo;  
    public ListaDupla () {  
        primeiro = new CelulaDupla();  
        ultimo = primeiro;  
    }  
    public void inserirInicio(int x) { ... }  
    public void inserirFim(int x) { ... }  
    public int removerInicio() { ... }  
    public int removerFim() { ... }  
    public void inserir(int x, int pos) { ... }  
    public int remover(int pos) { ... }  
    public void mostrar() { ... }  
}
```

Remover no Início

//LISTA DUPLA

```
public int removerInicio() throws Exception {  
    if (primeiro == ultimo)  
        throw new Exception("Erro!");  
    CelulaDupla tmp = primeiro;  
    primeiro = primeiro.prox;  
    int elemento = primeiro.elemento;  
    tmp.prox = primeiro.ant = null;  
    tmp = null;  
    return elemento;  
}
```

//LISTA SIMPLES

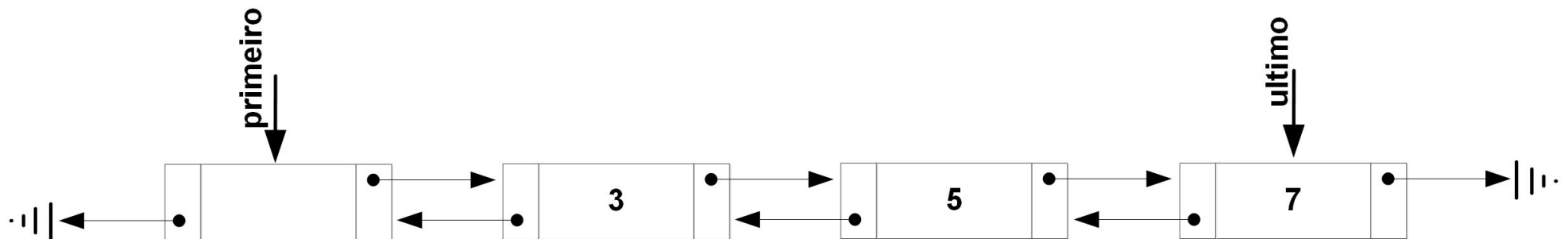
```
public int removerInicio() throws Exception {  
    if (primeiro == ultimo)  
        throw new Exception("Erro!");  
    Celula tmp = primeiro;  
    primeiro = primeiro.prox;  
    int elemento = primeiro.elemento;  
    tmp.prox = null;  
    tmp = null;  
    return elemento;  
}
```

Remover no Início

//LISTA DUPLA

```
public int removerInicio() throws Exception {  
    if (primeiro == ultimo)  
        throw new Exception("Erro!");  
    CelulaDupla tmp = primeiro;  
    primeiro = primeiro.prox;  
    int elemento = primeiro.elemento;  
    tmp.prox = primeiro.ant = null;  
    tmp = null;  
    return elemento;  
}
```

Exercício: Supondo uma lista com os elementos 3, 5 e 7, execute o remover no início



Remover no Fim

```
class ListaDupla {  
    private CelulaDupla primeiro, ultimo;  
    public ListaDupla () {  
        primeiro = new CelulaDupla();  
        ultimo = primeiro;  
    }  
    public void inserirInicio(int x) { ... }  
    public void inserirFim(int x) { ... }  
    public int removerInicio() { ... }  
    public int removerFim() { ... }  
    public void inserir(int x, int pos) { ... }  
    public int remover(int pos) { ... }  
    public void mostrar() { ... }  
}
```

Remover no Fim

//LISTA DUPLA

```
public int removerFim() throws Exception {  
    if (primeiro == ultimo)  
        throw new Exception("Erro!");  
  
    int elemento = ultimo.elemento;  
    ultimo = ultimo.ant;  
    ultimo.prox.ant = null;  
    ultimo.prox = null;  
    return elemento;  
}
```

//LISTA SIMPLES

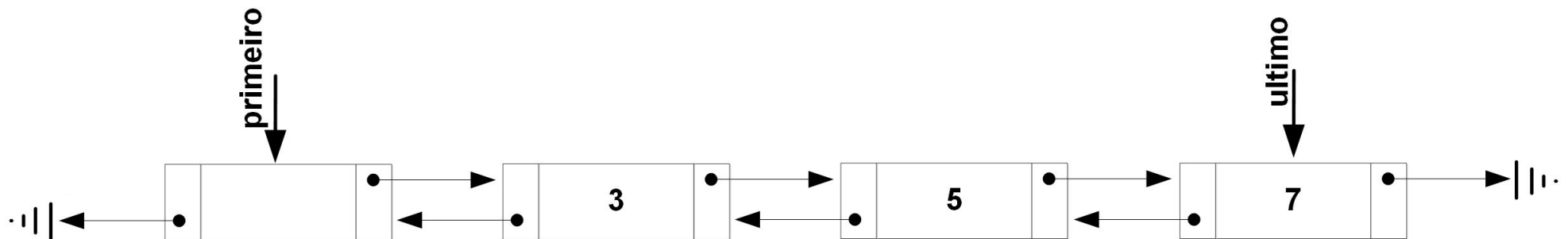
```
public int removerFim() throws Exception {  
    if (primeiro == ultimo)  
        throw new Exception("Erro!");  
    Celula i;  
    for(i = primeiro; i.prox != ultimo; i = i.prox);  
    int elemento = ultimo.elemento;  
    ultimo = i;  
  
    i = ultimo.prox = null;  
    return elemento;  
}
```

Remover no Fim

//LISTA DUPLA

```
public int removerFim() throws Exception {  
    if (primeiro == ultimo)  
        throw new Exception("Erro!");  
  
    int elemento = ultimo.elemento;  
    ultimo = ultimo.ant;  
    ultimo.prox.ant = null;  
    ultimo.prox = null;  
    return elemento;  
}
```

Exercício: Supondo uma lista com os elementos 3, 5 e 7, execute o remover no fim




```
class ListaDupla {  
    private CelulaDupla primeiro, ultimo;  
    public ListaDupla () {  
        primeiro = new CelulaDupla();  
        ultimo = primeiro;  
    }  
    public void inserirInicio(int x) { ... }  
    public void inserirFim(int x) { ... }  
    public int removerInicio() { ... }  
    public int removerFim() { ... }  
    public void inserir(int x, int pos) { ... }  
    public int remover(int pos) { ... }  
    public void mostrar() { ... }  
}
```

//LISTA DUPLA

```
public void inserir(int x, int pos) throws
Exception {
    int tamanho = tamanho();
    if (pos < 0 || pos > tamanho){
        throw new Exception("Erro!");
    } else if (pos == 0){ inserirInicio(x);
    } else if (pos == tamanho){ inserirFim(x);
    } else {
        CelulaDupla i = primeiro;
        for (int j = 0; j < pos; j++, i = i.prox);

        CelulaDupla tmp = new CelulaDupla(x);
        tmp.ant = i;
        tmp.prox = i.prox;
        tmp.ant.prox = tmp.prox.ant = tmp;
        tmp = i = null;
    }
}
```

//LISTA SIMPLES

```
public void inserir(int x, int pos) throws
Exception {
    int tamanho = tamanho();
    if (pos < 0 || pos > tamanho){
        throw new Exception("Erro!");
    } else if (pos == 0){    inserirInicio(x);
    } else if (pos == tamanho){ inserirFim(x);
    } else {
        Celula i = primeiro;
        for (int j = 0; j < pos; j++, i = i.prox);

        Celula tmp = new Celula(x);

        tmp.prox = i.prox;
        i.prox = tmp;
        tmp = i = null;
    }
}
```

//LISTA DUPLA

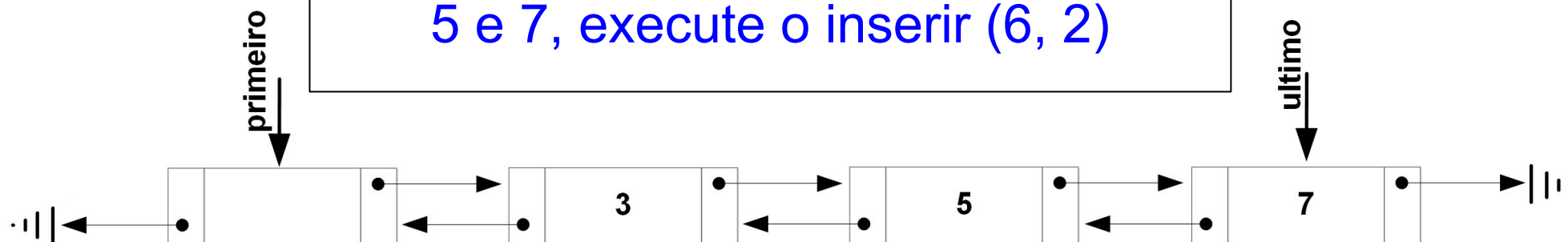
```

public void inserir(int x, int pos) throws Exception {
    int tamanho = tamanho();
    if (pos < 0 || pos > tamanho){
        throw new Exception("Erro!");
    } else if (pos == 0){
        inserirInicio(x);
    } else if (pos == tamanho){
        inserirFim(x);
    } else {
        CelulaDupla i = primeiro;
        for (int j = 0; j < pos; j++, i = i.prox);

        CelulaDupla tmp = new CelulaDupla(x);
        tmp.ant = i;
        tmp.prox = i.prox;
        tmp.ant.prox = tmp.prox.ant = tmp;
        tmp = i = null;
    }
}

```

Exercício: Supondo a lista com o 3, 5 e 7, execute o inserir (6, 2)



```
class ListaDupla {  
    private CelulaDupla primeiro, ultimo;  
    public ListaDupla () {  
        primeiro = new CelulaDupla();  
        ultimo = primeiro;  
    }  
    public void inserirInicio(int x) { ... }  
    public void inserirFim(int x) { ... }  
    public int removerInicio() { ... }  
    public int removerFim() { ... }  
    public void inserir(int x, int pos) { ... }  
    public int remover(int pos) { ... }  
    public void mostrar() { ... }  
}
```

//LISTA DUPLA

```
public int remover(int pos) throws Exception {
    int elemento, tamanho = tamanho();
    if (primeiro == ultimo){
        throw new Exception("Erro!");
    } else if (pos < 0 || pos >= tamanho){
        throw new Exception("Erro!");
    } else if (pos == 0){
        elemento = removerInicio();
    } else if (pos == tamanho - 1){
        elemento = removerFim();
    } else {
        CelulaDupla i = primeiro.prox;
        for (int j = 0; j < pos; j++, i = i.prox);
        i.ant.prox = i.prox;
        i.prox.ant = i.ant;
        elemento = i.elemento;
        i.prox = i.ant = null;
        i = null;
    }
    return elemento;
}
```

//LISTA SIMPLES

```
public int remover(int pos) throws Exception {
    int elemento, tamanho = tamanho();
    if (primeiro == ultimo){
        throw new Exception("Erro!");
    } else if (pos < 0 || pos >= tamanho){
        throw new Exception("Erro!");
    } else if (pos == 0){
        elemento = removerInicio();
    } else if (pos == tamanho - 1){
        elemento = removerFim();
    } else {
        Celula i = primeiro;
        for (int j = 0; j < pos; j++, i = i.prox);
        Celula tmp = i.prox;
        elemento = tmp.elemento;
        i.prox = tmp.prox;
        tmp.prox = null;
        i = tmp = null;
    }
    return elemento;
}
```

Remover

//LISTA DUPLA

```

public int remover(int pos) throws Exception {
    int elemento, tamanho = tamanho();
    if (primeiro == ultimo){
    } else if (pos < 0 || pos >= tamanho){
    } else if (pos == 0){
    } else if (pos == tamanho - 1){
    } else {
        CelulaDupla i = primeiro;
        i.ant.prox = i.prox;
        elemento = i.elemento;
    }
    return elemento;
}

```

```

throw new Exception("Erro!");

```

```

throw new Exception("Erro!");

```

```

elemento = removerInicio();

```

```

elemento = removerFim();

```

```

for (int j = 0; j <= pos; j++, i = i.prox);

```

```

i.prox.ant = i.ant;

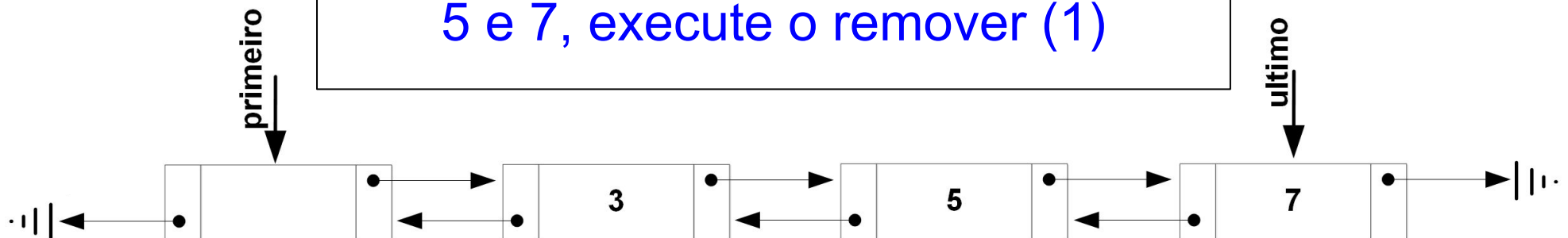
```

```

i = i.prox = i.ant = null;

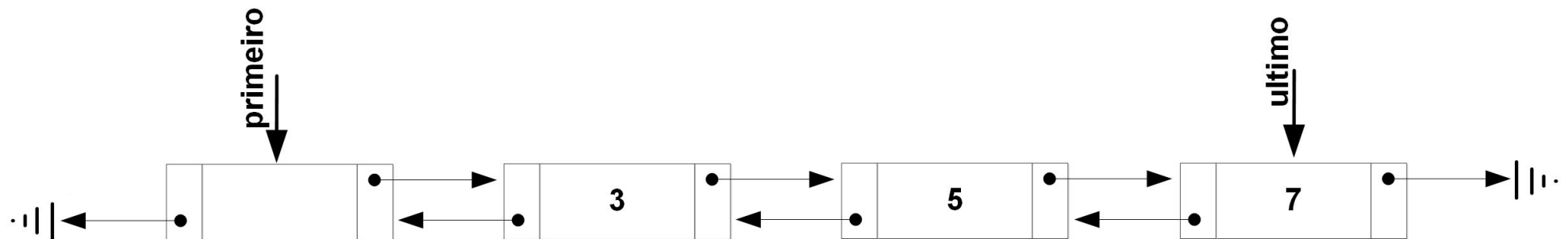
```

Exercício: Supondo a lista com o 3, 5 e 7, execute o remover (1)



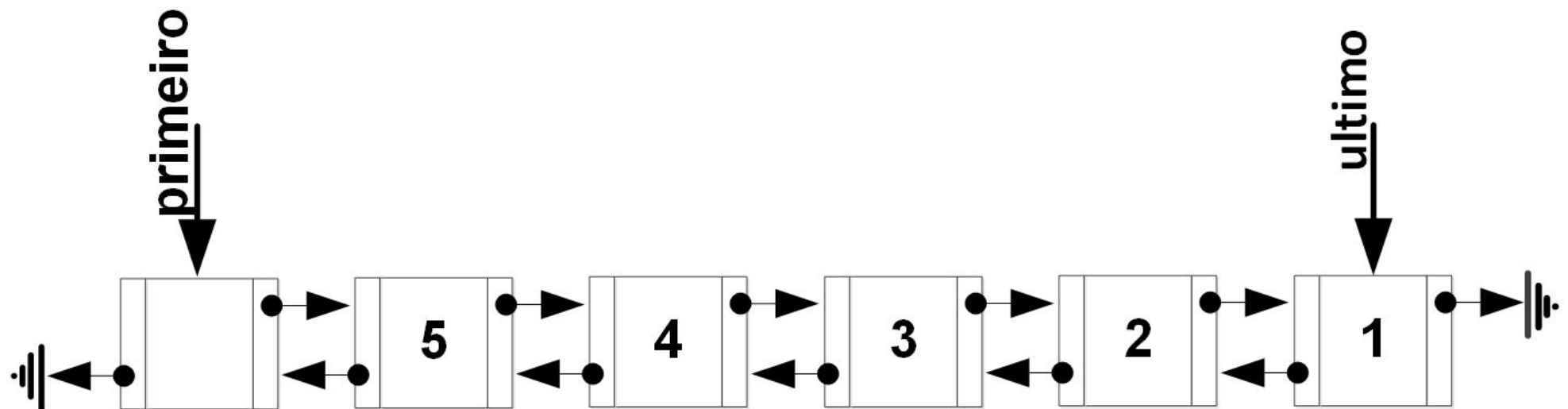
```
class ListaDupla {
    private CelulaDupla primeiro, ultimo;
    public ListaDupla () {
        primeiro = new CelulaDupla();
        ultimo = primeiro;
    }
    public void inserirInicio(int x) { ... }
    public void inserirFim(int x) { ... }
    public int removerInicio() { ... }
    public int removerFim() { ... }
    public void inserir(int x, int pos) { ... }
    public int remover(int pos) { ... }
    public void mostrar() { ... }
}
```

Exercício: Implemente o mostrar e o execute para uma lista com os elementos 3, 5 e 7



Exercício

- Faça um método que inverta a ordem dos elementos da **lista dupla**. No exemplo abaixo, após a inversão, os elementos ficarão na ordem crescente

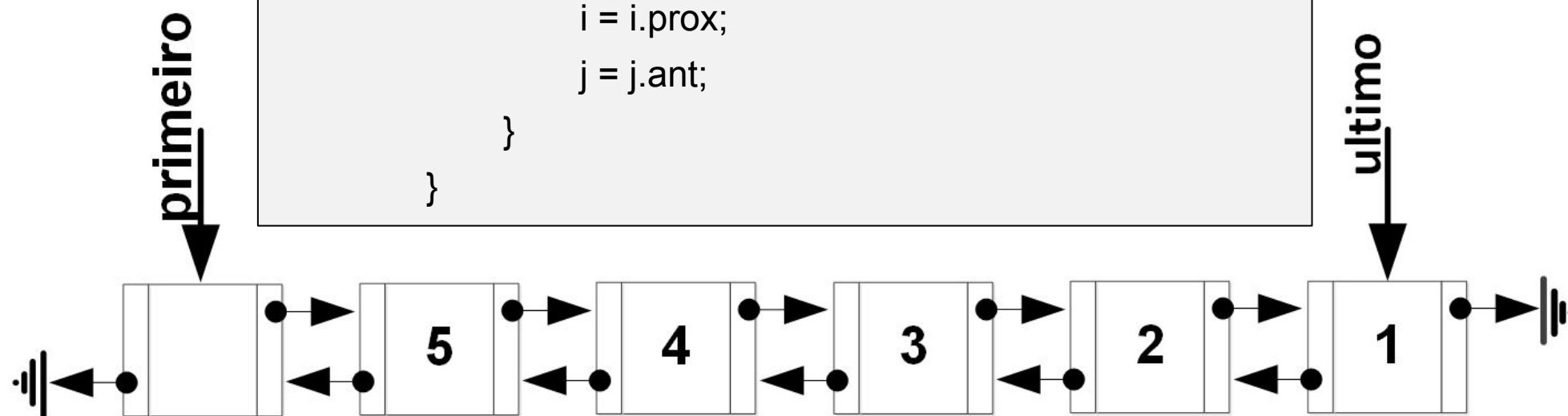


Exercício

- Faça um método que inverta a ordem dos elementos da **lista dupla**. No exemplo abaixo, após a inversão, os elementos ficarão na ordem crescente

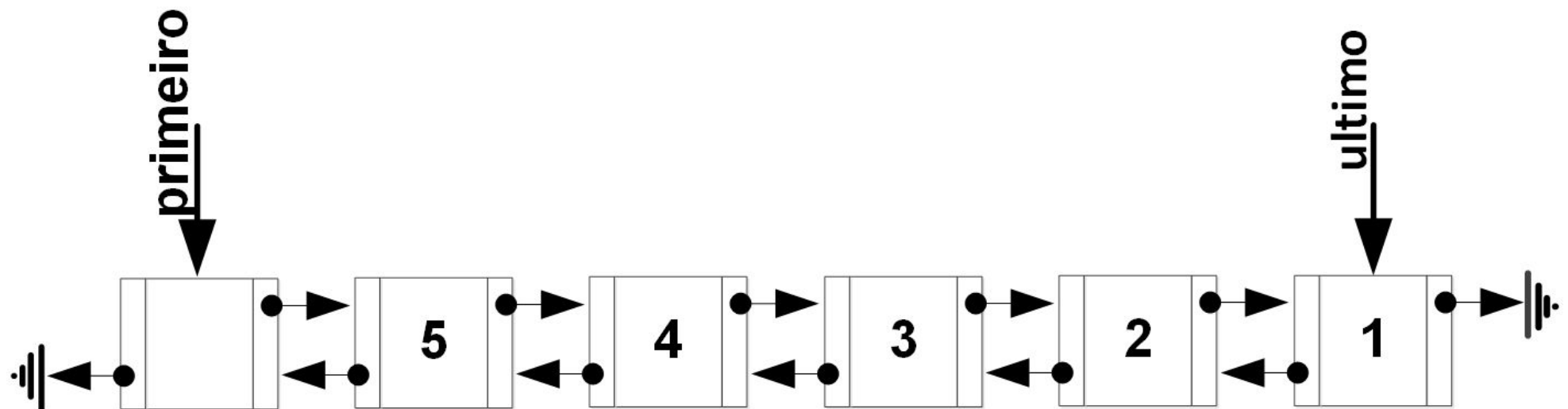
```
void invert(){  
    Celula i = primeiro.prox; Celula j = ultimo;  
    while (i != j && j.prox != i){  
        int tmp = i.elemento;  
        i.elemento = j.elemento;  
        j.elemento = tmp;  
        i = i.prox;  
        j = j.ant;  
    }  
}
```

Veja que a condição $i \neq j$ é para uma lista com número ímpar de elementos. Para par, $j.prox \neq i$.



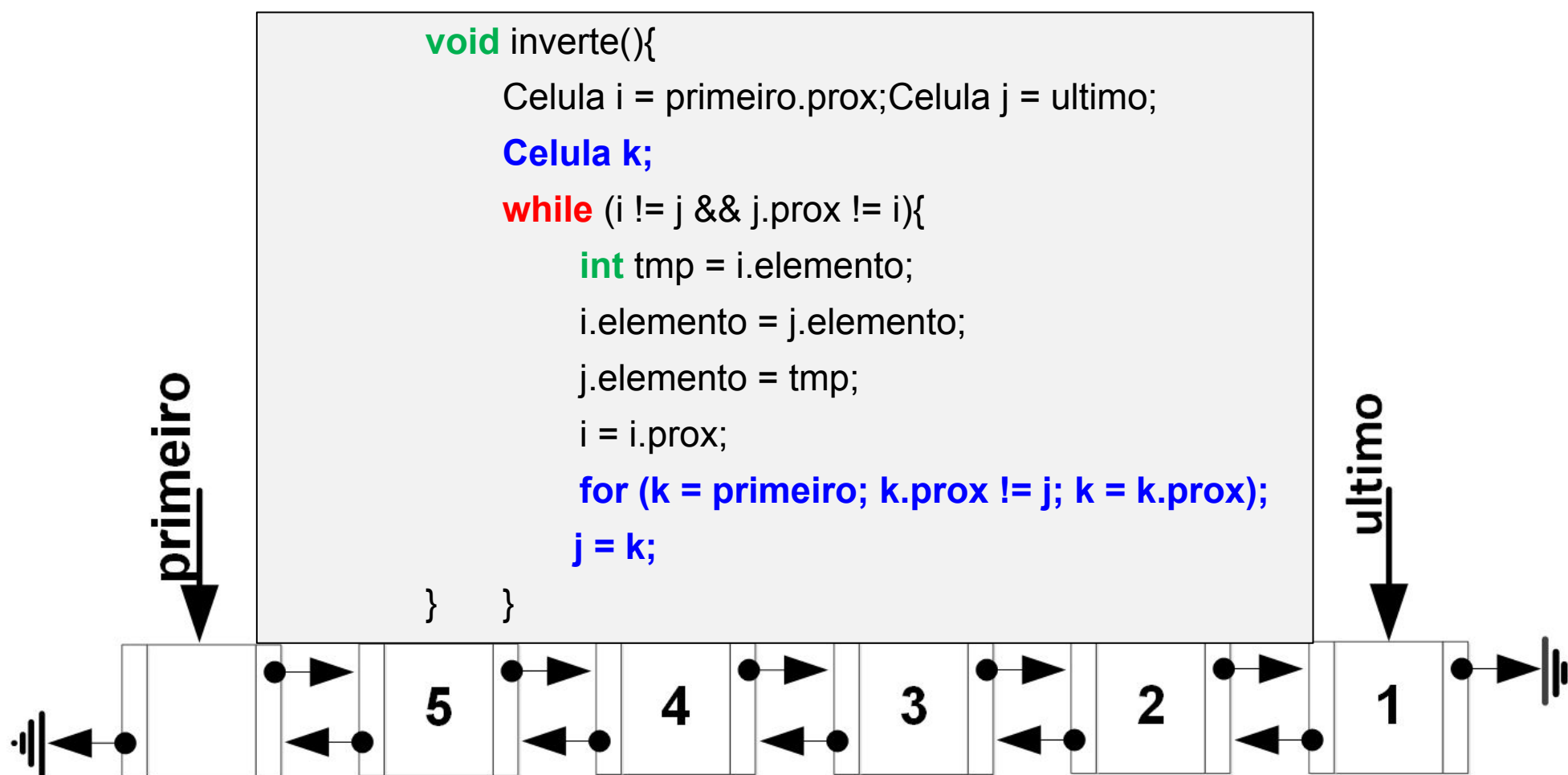
Exercício

- Faça um método que inverta a ordem dos elementos da **lista simples**. No exemplo abaixo, após a inversão, os elementos ficarão na ordem crescente



Exercício

- Faça um método que inverta a ordem dos elementos da **lista simples**. No exemplo abaixo, após a inversão, os elementos ficarão na ordem crescente



Exercício

- Implemente o algoritmo de Shellsort na **lista dupla**.

Exercício

- Implemente o algoritmo de Shellsort na **lista simples**.

Exercício

- Implemente o algoritmo de Quicksort na **lista dupla**.

Exercício

- Implemente o algoritmo de Quicksort na **lista simples**.