Estrutura de Dados: computação na prática com Java

Akemi Alice
Atualizado em 3 de Março

COMPARTILHE

Introdução

Imagine administrar uma grande quantidade de dados em seu programa, você com certeza procuraria utilizar a forma mais benéfica e eficiente, porém, como escolher a solução mais viável?

Estrutura de dados é a forma de organizar e guardar dados, ela existe para que determinado dado possa ser utilizado de maneira eficiente, possibilitando uma melhor administração. O objetivo deste artigo é entender como as estruturas de dados funcionam por baixo dos panos, discutir as vantagens e desvantagens de cada uma e ver, em diferentes situações, qual é o tempo de execução e performance dessas estruturas. Esse conhecimento é importante para podermos optar por uma delas em nosso programa, ou seja,

escolhendo a solução mais viável. Para isso, vamos ver na prática usando como base um projeto em Java.

Inscrições abertas para a Imersão Java da Alura

Quer subir mais um degrau na sua jornada em Java, progredir na carreira e ampliar o seu portfólio?

Então participe da Imersão Java da Alura. Serão 5 dias de aulas gratuitas para você mergulhar em programação e desenvolver a sua primeira aplicação em Java.

Além de construir um projeto do zero, você vai aprender com quem domina o assunto e se conectar com outros profissionais no canal exclusivo do Discord.

Clique aqui e inscreva-se gratuitamente

Armazenamento sequencial e Vetores

Com o **Eclipse** aberto, vamos começar o nosso primeiro projeto de estrutura de dados. Como exemplo, estaremos trabalhando com uma universidade, onde precisamos guardar e recuperar dados dos alunos. Ou seja, vamos adicioná-lo no fim ou no meio de uma lista, removê-lo, achá-lo a partir de seu número e assim por diante.

O primeiro passo nesse projeto é modelar a Classe "Aluno". Para isso criamos um novo projeto e dentro dele a classe Aluno, que é onde guardaremos o nome do aluno, que receberemos no próprio Construtor da Classe.

Em seguida, vamos criar o getter e implementar os métodos "equals" e "toString", que serão muito importantes. O "equals" é o método que serve para comparar dois objetos, no caso

alunos. Faremos um **casting** do **object** para aluno. O "toString" retorna o nome do aluno:

```
package ed;

public class Aluno {

    private String nome;

    public Aluno(String nome) {
        this.nome = nome;
    }

    public String getNome() {
         return nome;
     }

@Override
public boolean equals(Object obj) {
    Aluno outro = (Aluno) obj;
    return outro.getNome().equals(this.nome);
}

@Override
public String toString() {
    return nome;
 }
}
```

Ao fazer isso, a primeira estrutura de dados que veremos é o **Armazenamento Sequencial**. A ideia dessa estrutura é armazenar um aluno atrás do outro. Teremos um conjunto de espaços (**Array**), sendo que: o primeiro aluno fica no primeiro espaço, o segundo aluno no segundo espaço, e assim por diante.

Sabendo disso, vamos criar uma nova Classe, chamada "Vetor", na qual é preciso implementar a estrutura de armazenamento sequencial. Além disso, precisamos inserir

um **array** com 100 posições e implementar os métodos dos comportamentos desse **array**:

```
package ed;

public class Vetor {
 private Aluno[] alunos = new Aluno[100];

    public void adiciona(Aluno aluno) {
        //recebe um aluno
    }

    public Aluno pega(int posicao) {
        //recebe uma posição e devolve o aluno
        return null;
    }

    public void remove(int posicao) {
        //remove pela posição
    }

    public boolean contem(Aluno aluno) {
        //descobre se o aluno está ou não na lis
        return false;
    }

    public int tamanho() {
        //devolve a quantidade de alunos
        return 0;
    }

    public String toString() {
        //facilitará na impressão
        return Arrays.toString(alunos);
    }

}
```

Os **return**'s já foram inseridos para que possamos compilar o código. Antes de implementar os comportamentos, iremos escrever o método **main** para testar o Vetor, antes mesmo do código existir. Para isso vamos criar a Classe "VetorTeste":

```
package ed;

public class VetorTeste {

    public static void main(String[] args) {

    }
}
```

Método *adiciona*

O primeiro método que vamos testar é o "adiciona", usando dois alunos:

```
    public static void main(String[] args) {
        Aluno a1 = new Aluno("Joao");
        Aluno a2 = new Aluno("Jose");

        Vetor lista = new Vetor();

        lista.adiciona(a1);
        lista.adiciona(a2);

        System.out.println(lista);
    }
```

Ao rodar o programa, ele retorna:

```
[null, null, null, null, null...]
```

Serão 100 *null*'s, então o método "adiciona" está funcionando. Então vamos implementá-lo? A ideia é percorrer todo o *array* e, assim que encontrar uma posição nula, o aluno da vez é armazenado nela:

```
    public void adiciona(Aluno aluno) {
        for(int i = 0; i < alunos.length; i++) {
            if(alunos[i] == null) {
                alunos[i] = aluno;
                break;
            }
        }
    }
```

Rodando novamente o teste, ele vai retornar:

```
[Joao, Jose, null, null, null...]
```

Agora os dois alunos foram inseridos no **array**. Mas perceba que o algoritmo que implementamos não é muito performático, pois quanto maior o número de alunos inseridos no **array**, mais demorado será o método, uma vez que o laço irá percorrer várias vezes os espaços já preenchidos. Vamos tentar melhorá-lo para que não fique dependente da quantidade de elementos na lista. Para isso, vamos usar do seguinte código:

```
    private Aluno[] alunos = new Aluno[100];
    private int totalDeAlunos = 0;

    public void adiciona(Aluno aluno) {
        this.alunos[totalDeAlunos] = aluno;
        totalDeAlunos++;
    }
```

Método *tamanho*

O próximo método que vamos testar é o "tamanho":

```
    public int tamanho() {
        return totalDeAlunos;
    }
```

Vamos acrescentar no método **main**:

```
        System.out.println(lista.tamanho());
        lista.adiciona(a1);
        System.out.println(lista.tamanho());
        lista.adiciona(a2);
        System.out.println(lista.tamanho());
```

Ele retornará:

```
0
1
2
[Joao, Jose, null, null, null...]
```

A cada iteração ele retorna o tamanho da lista de alunos preenchida.

Método *contem*

Vamos implementar o método "contem". Queremos "perguntar" para a lista se um aluno específico está ou não nela.

```
    public boolean contem(Aluno aluno) {

        for(int i = 0; i < totalDeAlunos; i++) {
```

```
            if(aluno.equals(alunos[i])) {
                return true;
            }
        }
        return false;
    }
```

Para testar o "*true*", adicionamos no *main:

```
System.out.println(lista.contem(a1));
```

Rodando:

```
0
1
2
[Joao, Jose, null, null, null...]
true
```

Para testar o "**false**" criamos um aluno que não será adicionado na lista:

```
Aluno a3 = new Aluno("Danilo");
System.out.println(lista.contem(a3));
```

Rodando:

```
0
1
2
[Joao, Jose, null, null, null...]
true
false
```

Método *pega*

Para implementar este método - que nos retorna o nome do aluno na posição que perguntamos - fazemos:

```
    public Aluno pega(int posicao) {
        return alunos[posicao];
    }
```

Lembre-se que nosso **array** possui 100 posições. O que aconteceria se perguntássemos sobre o aluno na posição 200? Vamos testar pelo **main**:

```
Aluno x = lista.pega(1);
System.out.println(x);
```

O programa retorna o "Jose", pois é ele que está na posição de número 1. Se escolhermos a posição 200, o programa retorna um erro com a mensagem "*ArrayIndexOutOfBounds*", ou seja, estamos tentando acessar uma posição do *array* que não existe.

Vamos começar a pensar na validação dos dados que vamos passar para o programa. Precisamos que ele retorne, por exemplo, uma mensagem mais amigável, ao invés de um erro. Criaremos um método auxiliar que irá dizer se uma determinada posição está ocupada ou não:

```
private boolean posicaoOcupada(int posicao) {
    return posicao >= 0 && posicao < totalDeAlun
}
```

No método "pega":

```
    public Aluno pega(int posicao) {

        if(!posicaoOcupada(posicao)) {
            throw new IllegalArgumentException("
        }

        return alunos[posicao];
    }
```

Essa parte é muito importante, pois é nossa responsabilidade a implementação da estrutura para garantir que ela trate bem qualquer dado errado passado pelo usuário.

Outro método *adiciona*

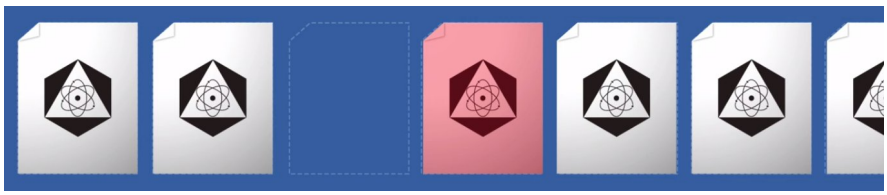
Vamos implementar um outro método que, diferentemente do "adiciona" que já vimos, insere um aluno em qualquer posição do **array**:

```
public void adiciona(int posicao, Aluno aluno) {

}
```

Vamos pensar como construir esse método. Vamos imaginar, no nosso *array* de 100, que as primeiras dez posições já estão preenchidas. Queremos inserir um aluno na terceira posição, como na imagem abaixo:

Para isso, vamos arrastar todos os alunos da terceira posição em diante para a direita e colocamos aquele aluno no buraco que ficou, como podemos observar na imagem a seguir:



Então fazemos:

```
public void adiciona(int posicao, Aluno aluno) {

    for(int i = totalDeAlunos - 1; i >= posicao;
        alunos[i+1] = alunos[i];
    }
    alunos[posicao] = aluno;
    totalDeAlunos++;
}
```

Vamos testá-lo adicionando um aluno:

```
lista.adiciona(1, a3);
System.out.println(lista);
```

Ao que o programa retorna:

```
[Jose, Danilo, Jose, null, null...]
```

O aluno Danilo foi para a posição 1 empurrando todos para a direita. Porém, da mesma forma que o "pega", precisamos de uma validação:

```
private boolean posicaoValida(int posicao) {
    return posicao >= 0 && posicao <= totalDeAlu
}
```

E no método:

```
public void adiciona(int posicao, Aluno aluno) {

    if(!posicaoValida(posicao)) {
        throw new IllegalArgumentException("posi
    }
    for(int i = totalDeAlunos - 1; i >= posicao;
        alunos[i+1] = alunos[i];
    }
    alunos[posicao] = aluno;
    totalDeAlunos++;
}
```

Método *remove*

O nosso próximo desafio é o método "remove", que será parecido com o "adiciona", porém pensando inversamente: retiramos o aluno da posição **n** e empurramos para a esquerda todos aqueles que vinham depois dele:

```
public void remove(int posicao) {
    for(int i = posicao; i < this.totalDeAlunos;
        this.alunos[i] = this.alunos[i+1];
    }
    totalDeAlunos--;
}
```

Testando:

```
lista.remove(1);
System.out.println(lista);
```

Antes estava assim:

```
[Jose, Danilo, Jose, null, null...]
```

E agora:

```
[Joao, Jose, null, null, null...]
```

Redimensionando o *array*

Já implementamos os principais métodos do nosso Vetor. Porém, perceba que o tamanho do **array** é constante, valendo 100. Nós queremos que ele seja mutável de acordo com o número de alunos.

Em Java não conseguimos mudar o tamanho de um **array**, então teremos que criar um novo maior e copiar tudo que está no antigo para este. Criamos o método "**garanteEspaço**":

```
private void garanteEspaco() {
    if(totalDeAlunos == alunos.length) {
        Aluno[] novoArray = new Aluno[alunos.len
        for(int i = 0; i < alunos.length; i++) {
            novoArray[i] = alunos[i];
        }
        this.alunos= novoArray;
    }
```

```
}
```

Falta agora invocar nos dois métodos "adiciona":

```
public void adiciona(Aluno aluno) {
    this.garanteEspaco();
    ...
}

public void adiciona(int posicao, Aluno aluno) {
    this.garanteEspaco();
    ...
}
```

Agora se adicionar mais elementos do que o tamanho do antigo *array*, ele será redimensionado em um novo *array*.

Para testar essa implementação vamos criar um laço no **main** que vai adicionar 300 alunos:

```
for(int i = 0; i < 300; i++) {
    Aluno y = new Aluno("Joao" + i);
    lista.adiciona(y);
}
System.out.println(lista);
```

O programa, de fato, retornará uma lista de 300 elementos:

```
[Joao, Jose, Joao 0, Joao 1, Joao 2, Joao 3...]
```

Nesse exemplo, perceba que houve dois redimensionamentos:

1. Quando passou de 100, dobrando o *array* para 200 posições;
2. Quando passou de 200, dobrando o *array* para 400 posições (tendo 100 delas valores *null*).

O *ArrayList*

O Java já tem uma implementação de Vetor, é a classe conhecida por "*ArrayList*". Ela é bem parecida com tudo o que fizemos até agora e funciona como um armazenamento sequencial, possuindo os métodos implementados nesta aula:

```
ArrayList<Aluno> listaDoJava = new ArrayList<Alu
```

Apesar dela existir e facilitar nossa vida, foi importante aprendermos como e o que implementar para criarmos uma estrutura de dados.

Listas ligadas

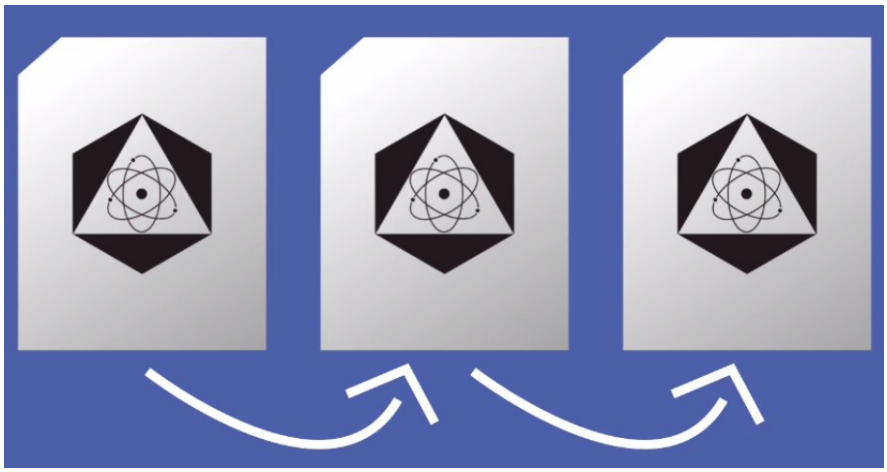
Utilizamos vetores e vimos que são boas estruturas de dados para diversos casos, como: adicionar elementos no fim do vetor; pegar um elemento aleatório; remover elementos.

Porém, outros métodos já não eram tão simples como, por exemplo, inserir um elemento no meio do vetor, esta que é uma atividade computacionalmente cara e com processo de execução lento.

Já vimos o Vetor e observamos seus prós e contras e agora vamos aprender sobre uma outra lista. Com ela tentaremos melhorar o código para que essa adição de elementos no meio do **array** seja um processo mais rápido.

A essa lista nós damos o nome de **lista ligada**. A diferença dela para o Vetor é que neste os elementos estão um do lado do outro na memória, enquanto que na **lista ligada** eles

estão em lugares diferentes, porém um aponta para o outro indicando o próximo.



Então, é dessa forma que iremos desenhar a estrutura, na qual um elemento também conhecerá o endereço do próximo. Para isso, vamos criar uma Classe "Celula" que possuirá um objeto e seu seguinte (do tipo "Celula"). Para facilitar, vamos também criar um Construtor e *getters* (para o elemento) e *setters* (para o elemento e para a Celula):

```
public Celula(Object elemento, Celula proximo) {
    this.elemento = elemento;
    this.proximo = proximo;
}

public Celula getProximo() {
    return proximo;
}

public void setProximo(Celula proximo) {
    this.proximo = proximo;
}

public Object getElemento() {
    return elemento;
}
```

Agora vamos criar a Classe "ListaLigada" e definir suas funções:

```
package ed.listaligada;

public class ListaLigada {

    public void adicionaNoComeco(Object elemento

    public void adiciona(Object elemento) {}

    public void adiciona(int posicao, Object ele

    public Object pega(int posicao) { return nul

    public void remove(int posicao) {}

    public int tamanho() { return 0; }

    public boolean contem(Object o) { return fal
}
```

Método *adicionaNoComeco*

Vamos começar imaginando que já temos uma lista com células apontando uma para outra. Para uma nova Célula entrar no começo do *array* ela deve apontar para sua próxima, ou seja, a primeira do *array* atual. Então devemos ter um atributo chamado "primeira". Como a lista começa vazia, essa célula aponta para *null*:

```
public class ListaLigada {

    private Celula primeira = null;

    public void adicionaNoComeco(Object elemento
```

```
        Celula nova = new Celula(elemento, prime

    }
```

Na lista vazia, ao adicionarmos uma célula na primeira posição do *array*, ela deverá apontar para *null*. Já quando acrescentamos uma próxima, também no começo, esta apontará para a anterior; e soma-se 1 ao total de elementos:

```
public class ListaLigada {

    private Celula primeira = null;
    private int totalDeElementos = 0;

    public void adicionaNoComeco(Object elemento
        Celula nova = new Celula(elemento, prime
        this.primeira = nova;

        this.totalDeElementos++;
    }
```

Para testar, vamos criar a Classe "TestaListaLigada" com o método *main* e implementar para imprimir depois de cada inserção de elemento:

```
package ed.listaligada

public class TestaListaLigada {

    public static void main(String[] args) {
        ListaLigada lista = new ListaLigada();

        System.out.println(lista);
        lista.adicionaNoComeco("mauricio");
        System.out.println(lista);
```

```
        lista.adicionaNoComeco("paulo");
        System.out.println(lista);
        lista.adicionaNoComeco("guilherme");
        System.out.println(lista);
    }
}
```

Se deixarmos desse jeito, o retorno não será amigável e não entenderemos nada. Vamos criar um *toString* amigável na Classe "ListaLigada":

```
@Override
public String toString () {

    if(this.totalDeElementos == 0) {
        return "[]";
    }

    Celula atual = primeira;

    StringBuilder builder = new StringBuilder("[

    for(int i = 0; i < totalDeElementos; i++) {
        builder.append(atual.getElemento());
        builder.append(",");

        atual = atual.getProximo();
    }

    builder.append("]");

    return builder.toString();
}
```

Ao rodarmos, retorna:

```
[]
[mauricio,]
[paulo,mauricio,]
[guilherme,paulo,mauricio,]
```

Método *adiciona* (no *fim* da lista)

Para **Listas Ligadas**, este método é um pouco mais complexo. O que nos diz se um elemento é o último do *array* é se ele apontar para um *null*. Para isso é necessário varrer toda a lista. Vamos resolver o problema criando uma seta para o último elemento (da mesma forma que fizemos para o primeiro):

```
private Celula primeira = null;

private Celula ultima = null;
```

Com essa mudança teremos que arrumar algumas coisas no método "adicionaNoComeco". Se a lista está vazia, o primeiro elemento também será o último:

```
    public void adicionaNoComeco(Object elemento
        Celula nova = new Celula(elemento, prime
        this.primeira = nova;

        if(this.totalDeElementos == 0) {
            this.ultima = this.primeira;
        }

        this.totalDeElementos++;
    }
```

Voltemos ao desafio de inserir no final. Criamos uma nova célula cujo próximo elemento é *null*, afinal ela está sendo adicionada no final do *array*. Precisamos fazer com que a última atual aponte para essa nova.

```
public void adiciona(Object elemento) {

    Celula nova = new Celula(elemento, null);
    this.ultima.setProximo(nova);
    this.ultima = nova;
    this.totalDeElementos++;
}
```

Mas precisamos cuidar do caso particular em que a lista está vazia e faremos isso nos utilizando do outro método já implementado:

```
public void adiciona(Object elemento) {

    if(this.totalDeElementos == 0) {
        adicionaNoComeco(elemento);
    } else {
        Celula nova = new Celula(elemento, null)
        this.ultima.setProximo(nova);
        this.ultima = nova;
        this.totalDeElementos++;
    }
}
```

Vamos testar:

```
lista.adiciona("marcelo");
System.out.println(lista);
```

O que retorna:

```
[guilherme,paulo,mauricio,marcelo,]
```

Método *adiciona* (no *meio* da lista)

Para implementarmos esse método vamos criar outros dois para ajudar. Um irá indicar quando a posição existir, estiver ocupada:

```
private boolean posicaoOcupada(int posicao) {
    return posicao >= 0 && posicao < this.totalD
}
```

E o outro irá apontar para a célula na qual queremos inserir o elemento:

```
private Celula pegaCelula(int posicao) {

    if(!posicaoOcupada(posicao)) {
        throw new IllegalArgumentException("posi
    }

    Celula atual = primeira;

    for(int i = 0; i < posicao; i++) {
        atual = atual.getProximo();
    }
    return atual;
}
```

Imaginemos agora, mais uma vez, que já possuímos uma lista onde um elemento aponta para o outro. O elemento da

esquerda deve apontar para o novo, e este para o da direita. Então, em código, fazemos:

```
public void adiciona(int posicao, Object elemento

    Celula anterior = this.pegaCelula(posicao - 1
    Celula nova = new Celula(elemento, anterior.g
}
```

Dessa forma pegamos a Célula da esquerda (anterior) e a nova no lugar da próxima (anterior.getProximo). Por fim, basta fazer com que a anterior seja a nova e somar 1 no total de elementos:

```
public void adiciona(int posicao, Object elemento

    Celula anterior = this.pegaCelula(posicao - 1
    Celula nova = new Celula(elemento, anterior.g
    anterior.setProximo(nova);
    this.totalDeElementos++;
}
```

Ainda falta implementar o método para quando a lista estiver vazia ou quando a posição "do meio" seja, na realidade, a última:

```
public void adiciona(int posicao, Object elemento

    if(posicao == 0) {
        adicionaNoComeco(elemento);
    } else if (posicao == this.totalDeElementos)
        adiciona(elemento);
    } else {
        Celula anterior = this.pegaCelula(posica
        Celula nova = new Celula(elemento, anter
```

```
            anterior.setProximo(nova);
            this.totalDeElementos++;
    }
```

Vamos testar, fazendo no *main*:

```
lista.adiciona(2, "gabriel");
System.out.println(lista);
```

O que retorna:

```
[guilherme,paulo,gabriel,mauricio,marcelo,]
```

Método *pega*

Para o "pega":

```
public Object pega(int posicao) {
    return this.pegaCelula(posicao).getElemento(
}
```

No *main*:

```
Object x = lista.pega(2);
System.out.println(x);
```

Retorna:

```
gabriel
```

Método *tamanho*

Para o "tamanho":

```
public int tamanho() {
    return this.totalDeElementos;
}
```

No *main*:

```
System.out.println(lista.tamanho());
```

O que retorna:

```
5
```

Método *remove*

Antes de implementarmos o método "remove", vamos fazer o "removeDoComeco":

```
public void removeDoComeco() {
    if(this.totalDeElementos == 0) {
        throw new IllegalArgumentException("list
    }

    this.primeira = this.primeira.getProximo();
    this.totalDeElementos--;

    if(this.totalDeElementos == 0) {
        this.ultima = null;
```

```
    }
}
```

Testando:

```
lista.removeDoComeco();
System.out.println(lista);
```

O que retorna:

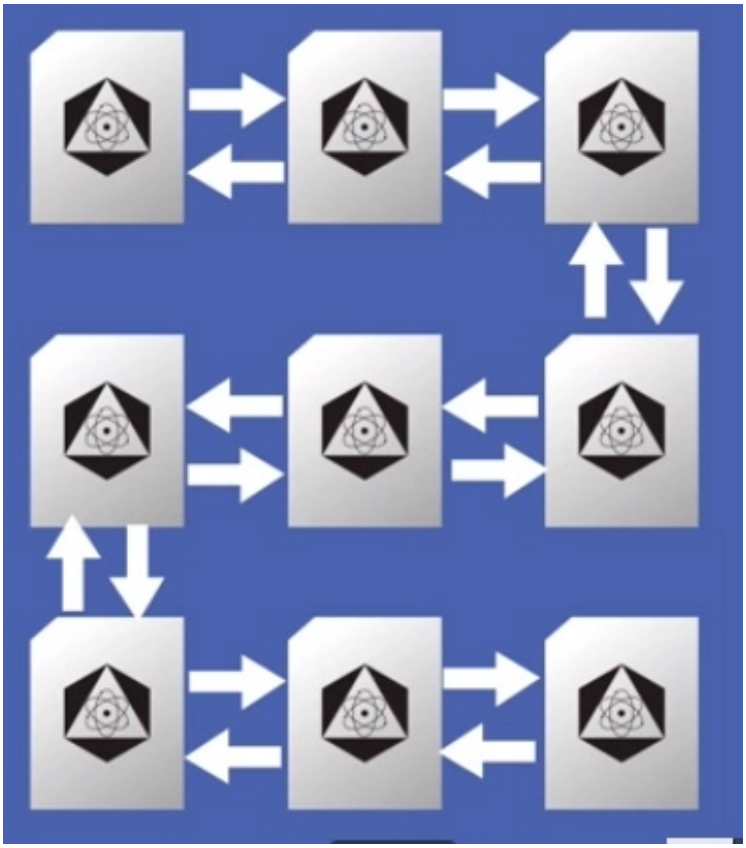
```
[paulo,gabriel,mauricio,marcelo]
```

O elemento na primeira posição (Guilherme) foi removido.

Listas duplamente ligadas

Já aprendemos sobre **Listas ligadas**, cuja ideia era a de que uma célula estava ligada à sua próxima em um *array*. Ela nos facilitou em relação à implementação e velocidade de execução.

Agora, vamos conhecer as **Listas duplamente ligadas**, cujos elementos não apenas apontam para seu próximo, mas também para seu anterior.



Então, voltando à nossa Classe `Celula`, vamos criar um novo parâmetro com seu *getter* e *setter*:

```
private Celula anterior;

...

public Celula getAnterior() {
    return anterior;
}

public void setAnterior(Celula anterior) {
    this.anterior = anterior;
}
```

E vamos criar um Construtor que irá nos ajudar ao implementarmos o primeiro método:

```
public Celula(Object elemento) {
    this(null, elemento);
}
```

Vamos, a partir de agora, repensar o nosso código implementado na aula anterior para ele se adequar aos novos parâmetros.

Método *adicionaNoComeco*

Na Classe "ListaLigada", o primeiro método que implementamos foi o "adicionaNoComeco". Vamos reescrevê-lo:

```
public void adicionaNoComeco(Object elemento) {
    if(this.totalDeElementos == 0) {
        Celula nova = new Celula(elemento);
        this.primeira = nova;
        this.ultima = nova;
    } else {
        Celula nova = new Celula(this.primeira, 
        this.primeira.setAnterior(nova);
        this.primeira = nova;
    }
    this.totalDeElementos++;
}
```

Vamos entender este código:

- Se a lista está vazia, criamos uma célula e o próximo dela é *null* e logicamente o anterior também. Isto já havíamos feito anteriormente;
- Criamos uma nova célula cuja próxima é a primeira. E a anterior a esta é a nova. E a primeira é a nova.

Método *adiciona* (no fim)

```
public void adiciona(Object elemento) {
    if(this.totalDeElementos == 0) {
        adicionaNoComeco(elemento);
    } else {
        Celula nova = new Celula(elemento);
        this.ultima.setProxima(nova);
        nova.setAnterior(this.ultima);
        this.ultima = nova;
        this.totalDeElementos++;
```

Muito parecido com o método anteriormente implementado. A única diferença é que *setamos* para a célula anterior.

Vamos relembrar o que fizemos?

- **Criamos uma nova célula.**
- **A última aponta a próxima para essa nova célula.**
- **A nova aponta a anterior para a última atual.**
- **A última atual agora é a nova célula.**

Método *adiciona* (numa posição qualquer)

```
public void adiciona(int posicao, Object elemento

    if(posicao == 0) {
        adicionaNoComeco(elemento);
    } else if (posicao == this.totalDeElementos)
        this.adiciona(elemento);
    } else {
        Celula anterior = pegaCelula(posicao - 1
        Celula proxima = anterior.getProxima();
```

```
        Celula nova = new Celula(anterior.getPro
        nova.setAnterior(anterior);
        anterior.setProxima(nova);
        proxima.setAnterior(nova);
        this.totalDeElementos++;
}
```

Método *remove* (do fim)

Agora que sabemos sobre *lista duplamente ligada*, podemos fazer o método remove do fim.

Se o *array* possui apenas um elemento, chamamos o método "removeDoComeco":

```
public void removeDoFim() {
    if(this.totalDeElementos == 1) {
        this.removeDoComeco();
    }
```

Para removermos o elemento do fim, precisamos da penúltima célula, que está ligada a ele:

```
public void removeDoFim() {
    if(this.totalDeElementos == 1) {
        this.removeDoComeco();
    } else {
        Celula penultima = this.ultima.getAnteri
        penultima.setProxima(null);
        this.ultima = penultima;
        this.totalDeElementos--;
    }
}
```

Vamos testar o método. Antes, a lista possuía `mauricio, cecilia, paulo`. Chamando a função:

```
lista.removeDofim();
System.out.println(lista);
```

O retorno será:

```
[mauricio, cecilia]
```

Método *remove* (de qualquer posição)

Se o elemento estiver na primeira ou na última posição basta chamar os métodos já implementados:

```
public void remove(int posicao) {
    if(posicao == 0) {
        this.removeDoComeco();
    } else if (posicao == this.totalDeElementos
        this.removeDoFim();
    }
}
```

Mas agora precisamos pensar em como remover o elemento do meio. Vamos navegar e dar os nomes aos elementos e *setar* seus anteriores e próximos:

```
public void remove(int posicao) {
    if(posicao == 0) {
        this.removeDoComeco();
    } else if (posicao == this.totalDeElementos
        this.removeDoFim();
```

```
    } else {
        Celula anterior = this.pegaCelula(posica
        Celula atual = anterior.getProximo();
        Celula proxima = atual.getProximo();

        anterior.setProximo(proxima);
        proxima.setAnterior(anterior);

        this.totalDeElementos--;
    }
}
```

Vamos testar este método. Primeiramente acrescentamos mais alguns nomes na lista para termos algo assim:

```
[mauricio, cecilia, jose, joao]
```

Agora fazemos, por exemplo:

```
lista.remove(2);
System.out.println(lista);
```

O que nos retorna:

```
[mauricio, cecilia, joao]
```

O elemento na posição 2, José, foi removido da lista.

Método *contem*

Este método será parecido com o do Vetor. Vamos utilizar o `while`, que é uma outra abordagem de laço.

```
public boolean contem(Object elemento) {
    Celula atual = this.primeira;

    while(atual != null) {
        if(atual.getElemento().equals(elemento))
            return true;
        }
        atual = atual.getProximo();
    }
    return false;
}
```

O método varrerá todo o **array** até encontrar, (**true**) ou não (**false**), o elemento citado.

Vamos testar:

```
System.out.println(lista.contem("mauricio"));
System.out.println(lista.contem("danilo"));
```

O programa retornará:

```
true
false
```

O Maurício está na lista e o Danilo não.

Pilhas

Já aprendemos sobre **listas ligadas** e **duplamente ligadas**. Tais listas possuíam células que apontavam para outras, anteriores e posteriores. Vimos nos exercícios que o Java já tem tudo isso implementado por meio da Classe *LinkedList*.

Neste momento, veremos uma outra estrutura de dados cuja principal diferença, em relação aos outros tipos de estruturas de dados, é guardar os diversos estados de uma aplicação para que no futuro, se necessário, seja possível voltar a estes estados. A essa estrutura damos o nome de ***Pilha***.

Vamos criar um pacote e, dentro dele, a Classe "Pilha". As operações que teremos nessa pilha são:

```
package ed.pilha

public class Pilha {

    public void insere(String nome) {

    }

    public String remove() {
        return "";
    }

    public boolean vazia() {
        return false;
    }
}
```

A **Pilha** segue a regra de inserção de elementos um após o outro e a remoção funciona da mesma forma, do último para o primeiro elemento. Para começar a implementar, não começamos do zero. Já temos uma parte do código feita, pois a fizemos nos estudos de listas. Vamos utilizar a implementação que o Java nos oferece.

```
package ed.pilha

import java.util.LinkedList;
import java.util.List;

public class Pilha {
```

```
private List<String> nomes = new LinkedList<Stri
```

Vamos criar um documento para teste para começar a implementar os métodos:

```
package ed.pilha

public class TesteDaPilha {

    public static void main(String[] args) {
        Pilha pilha = new Pilha();
    }
}
```

O que já devemos implementar também é o *toString*:

```
@Override
public String toString() {
    return nomes.toString();
}
```

Método *insere*

Implementar o método utilizando o conceito de *Pilha* é simples, pois sempre seguiremos uma ordem. Então o método **insere** ficará assim:

```
public void insere(String nome) {
    nomes.add(nome);
}
```

Testando:

```
pilha.insere("Mauricio");
System.out.println(pilha);

pilha.insere("Guilherme");
System.out.println(pilha);
```

O que retorna:

```
[Mauricio]
[Mauricio, Guilherme]
```

Método *remove*

Aqui basta chamar o "remove" do *LinkedList* passando o elemento na casa `nomes.size()-1` :

```
public String remove() {
    return nomes.remove(nomes.size()-1);
}
```

Para testar vamos pedir para imprimir cada elemento que será removido e depois a lista final:

```
String r1 = pilha.remove();
System.out.println(r1);

String r2 = pilha.remove();
System.out.println(r2);

System.out.println(pilha);
```

O que nos retorna:

```
Guilherme
Mauricio
[]
```

Os elementos foram removidos começando do final da lista.

Método *vazia*

Este método indica se a lista está vazia ou não. Temos duas maneiras de implementá-lo:

```
public boolean vazia() {
    return nomes.size() == 0;
}
```

Ou usando a função do *LinkedList*:

```
public boolean vazia() {
    return nomes.isEmpty();
}
```

Para testar, vamos imprimir o comando booleano `System.out.println(pilha.vazia());` antes e depois de inserir elementos na lista. Veremos que retornará:

```
true
false
```

Antes a lista estava vazia e após inserirmos os elementos ela não estará mais.

O Java também já possui uma Classe própria para **pilhas**, cujo nome é **Stack**. Substituindo os nomes de nossos métodos para os da Classe do Java, temos:

- insere -> **push**
- remove -> **pop**

Podemos escrever no arquivo de teste:

```
Stack<String> stack = new Stack<String>();
stack.push("Mauricio");
stack.push("Marcelo");

System.out.println(stack);
```

O que imprime `[Mauricio, Marcelo]`. E para remover:

```
stack.pop();
System.out.println(stack);
```

O quê imprime `[Mauricio]`.

Método *peek*

Como vimos, o **pop** remove o último elemento da pilha. O método **peek** trabalha em cima desse elemento também, porém sem removê-lo, já que ele apenas o retorna. Portanto, se temos a pilha `[Mauricio, Marcelo]`,

```
String nome = stack.peek();
System.out.println(nome);
```

Nos retorna `Marcelo`.

Usabilidade das *pilhas*

O conceito de **pilhas** é amplamente utilizado por compiladores e autômatos, portanto, podemos afirmar que

essa estrutura de dados tem muita usabilidade em ciência da computação. O próprio, e muito conhecido, comando "Desfazer" dos editores de texto, de código, de imagens, etc. tem como base as **pilhas**. Podemos também brincar com palavras e inverter a ordem de suas letras utilizando as pilhas.

Filas

Agora vamos conhecer as **Filas**, que se estruturam de modo parecido com as pilhas. Porém, diferente das pilhas, na qual o primeiro elemento a entrar é o último a sair, em filas o primeiro a entrar é o primeiro a sair.

Criemos a Classe "Fila", que será suportada pelo *LinkedList*, e terá alguns métodos e o toString.

```
package ed.fila;

import java.util.LinkedList;
import java.util.List;

public class Fila {

    private List<String> alunos = new LinkedList

    //métodos

@Override
public String toString() {
    return alunos.toString();
}

}
```

Criamos também, como é de costume, o método *main* para testar as funções de Fila:

```
package ed.fila

public class TesteDaFila {

    public static void main(String[] args) {
        Fila fila = new Fila();

    }
}
```

Método *adiciona*

Este método funciona igual ao da Pilha:

```
public void adiciona(String aluno) {
    alunos.add(aluno);
}
```

Fazemos para teste:

```
fila.adiciona("Mauricio");
fila.adiciona("Guilherme");

System.out.println(fila);
```

O quê retorna:

```
[Mauricio, Guilherme]
```

Método *remove*

Lembre-se que, na estrutura de **Fila**, será removido sempre o primeiro elemento do array, então fazemos:

```
public String remove() {
    return alunos.remove(0);
}
```

Para testarmos:

```
String x1 = fila.remove();
System.out.println(x1);
System.out.println(fila);
```

O que retorna:

```
Mauricio
[Guilherme]
```

"Mauricio", que é o primeiro elemento, foi removido.

Método *vazia*

Nos falta ainda esse método. Implementamos da seguinte forma:

```
public boolean vazia() {
    return alunos.isEmpty();
}
```

Queue

Da mesma forma que a estrutura de Pilhas tinha o nome de **Stack**, à estrutura de Filas damos o nome de ***Queue***:

```
Queue<String> filaDoJava = new LinkedList<String
```

Para as filas os métodos têm os seguintes nomes:

- adiciona: **add**
- remove: **poll**

Implementamos da seguinte forma:

```
Queue<String> filaDoJava = new LinkedList<String

filaDoJava.add("Mauricio");
String x2 = filaDoJava.poll();
```

Se imprimirmos o `x2`, nos retorna `Mauricio`.

Conclusão

Neste artigo, vimos na prática **vetores**, **lista ligada**, **lista duplamente ligada**, **pilha** e **fila**. É muito importante compreender como uma estrutura funciona por baixo dos panos e, por isso, o estudo de estrutura de dados é uma parte fundamental na programação e na formação de profissionais da área. Aprendendo isso, você estará preparado para optar pela melhor solução.

Se esse conteúdo te interessou, você pode acessar os links abaixo para potencializar sua aprendizagem:

- Estrutura de dados: Uma introdução
- Hipsters Ponto Tech: Estrutura de dados com Roberta Arcoverde
- Hipsters Ponto Tech: Algoritmos e estrutura de dados
- Formação Java e Orientação a Objetos

Esse artigo é baseado em um conteúdo desenvolvido pelo Maurício Aniche, em 2014.