Algoritmos e Estrutura de Dados II

Aulas 11 e 12

Algoritmos de Ordenação

Prof. Dr. Dilermando Piva Jr

2º Semestre - CDN

Qual a ordem correta?

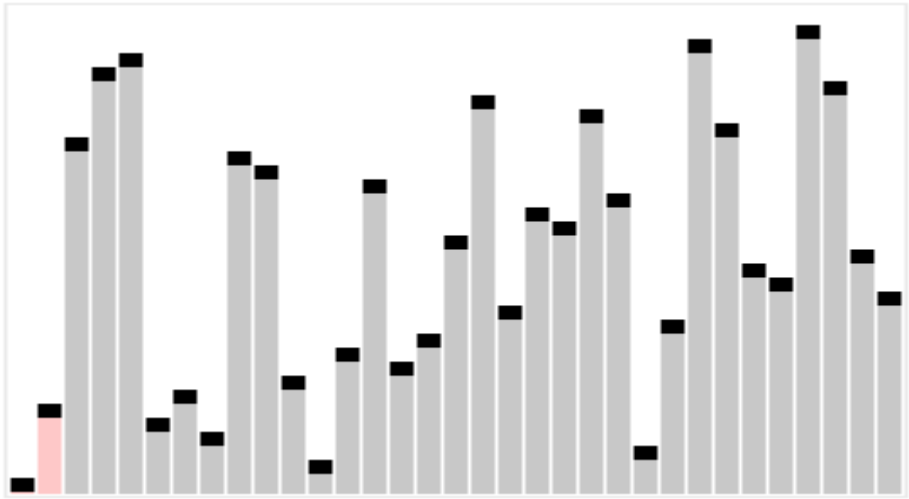
Qual a ordem correta?

Algoritmos de ordenação de dados

Ser capaz de ordenar os elementos de um conjunto de dados é uma das tarefas básicas mais requisitadas por aplicações computacionais.

Como exemplo, podemos citar a busca binária, um algoritmo de busca muito mais eficiente que a simples busca sequencial. Buscar elementos em conjuntos ordenados é bem mais rápido do que em conjuntos desordenados.

Existem diversos algoritmos de ordenação, sendo alguns mais eficientes do que outros. Vamos ver alguns deles: Bubblesort, Selectionsort, Insertionsort, Shellsort, Quicksort e Mergesort.



Bubble Sort

O algoritmo Bubblesort é uma das abordagens mais simplistas para a ordenação de dados.

A ideia básica consiste em percorrer o vetor diversas vezes, em cada passagem fazendo flutuar para o topo da lista (posição mais a direita possível) o maior elemento da sequência.

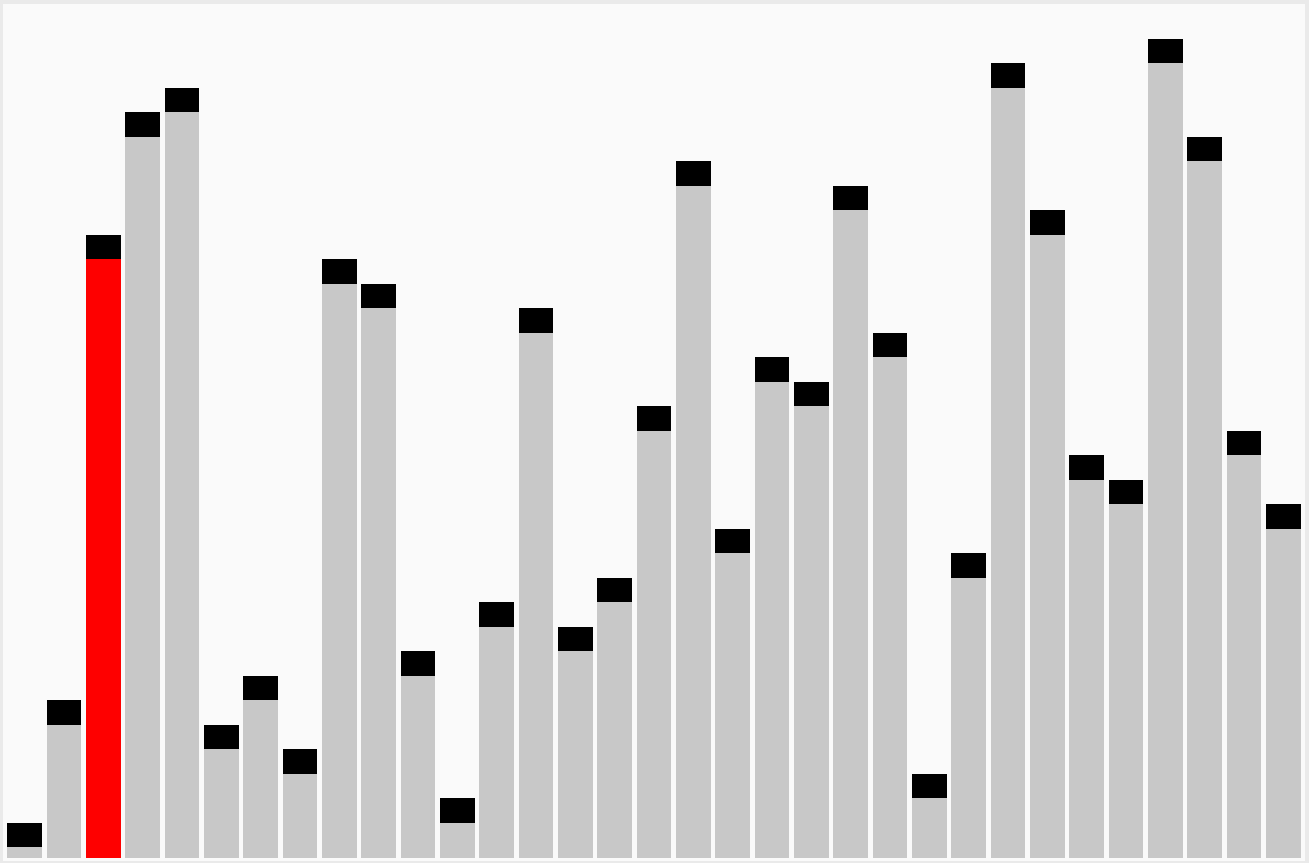
Esse padrão de movimentação lembra a forma como as bolhas em um tanque procuram seu próprio nível, e disso vem o nome do algoritmo (também conhecido como o método bolha)

Embora no melhor caso esse algoritmo necessite de apenas n operações relevantes, onde n representa o número de elementos no vetor, no pior caso são feitas n^2 operações.

Portanto, diz-se que a complexidade do método é de **ordem quadrática**. Por essa razão, ele não é recomendado para programas que precisem de velocidade e operem com quantidade elevada de dados.

Bubble Sort

A ideia básica consiste em percorrer o vetor diversas vezes, em cada passagem fazendo flutuar para o topo da lista (posição mais a direita possível) o maior elemento da sequência.



Bubble Sort

A implementação é bem simples...

```
def bubble_sort(vetor):
  n = len(vetor)

  for i in range(n):
    for j in range(0, n - i - 1):
      if vetor[j] > vetor[j + 1]:
        vetor[j], vetor[j + 1] = vetor[j+1], vetor[j]


  return vetor
```

VAMOS PARA A PRÁTICA ?!!!

Selection Sort

A ordenação por seleção é um método baseado em se passar o menor valor do vetor para a primeira posição mais a esquerda disponível, depois o de segundo menor valor para a segunda posição e assim sucessivamente, com os n – 1 elementos restantes.

Esse algoritmo compara a cada iteração um elemento com os demais, visando encontrar o menor. A complexidade desse algoritmo será sempre de ordem quadrática, isto é o número de operações realizadas depende do quadrado do tamanho do vetor de entrada.

Algumas vantagens desse método são: é um algoritmo simples de ser implementado, não usa um vetor auxiliar e portanto ocupa pouca memória, é um dos mais velozes para vetores pequenos.

Como desvantagens podemos citar o fato de que ele não é muito eficiente para grandes vetores.

Selection Sort

Processo: passar o menor valor do vetor para a primeira posição mais a esquerda disponível, depois o de segundo menor valor para a segunda posição e assim sucessivamente, com os n – 1 elementos restantes.

Selection Sort

A implementação é a seguinte:

```
def selection_sort(vetor):
  n = len(vetor)

  for i in range(n):
    id_minimo = i
    for j in range(i + 1, n):
      if vetor[id_minimo] > vetor[j]:
        id_minimo = j
    vetor[i], vetor[id_minimo] = vetor[id_minimo], vetor[i]

  return vetor
```

VAMOS PARA A PRÁTICA ?!!!

Insertion Sort

Insertion sort, ou **ordenação por inserção**, é o algoritmo de ordenação que, dado um vetor inicial constrói um vetor final com um elemento de cada vez, uma inserção por vez.

Assim como algoritmos de ordenação quadráticos, é bastante eficiente para problemas com pequenas entradas, sendo o mais eficiente entre os algoritmos desta ordem de classificação.

Podemos fazer uma comparação do Insertion sort com o modo de como algumas pessoas organizam um baralho num jogo de cartas. Imagine que você está jogando cartas. Você está com as cartas na mão e elas estão ordenadas. Você recebe uma nova carta e deve colocá-la na posição correta da sua mão de cartas, de forma que as cartas obedeçam a ordenação.

A cada nova carta adicionada a sua mão de cartas, a nova carta pode ser menor que algumas das cartas que você já tem na mão ou maior, e assim, você começa a comparar a nova carta com todas as cartas na sua mão até encontrar sua posição correta. Você insere a nova carta na posição correta, e, novamente, sua mão é composta de cartas totalmente ordenadas. Então, você recebe outra carta e repete o mesmo procedimento. Então outra carta, e outra, e assim por diante, até você não receber mais cartas.

Insertion Sort

Esta é a ideia por trás da ordenação por inserção. Percorra as posições do vetor, começando com o índice zero. Cada nova posição é como a nova carta que você recebeu, e você precisa inseri-la no lugar correto no sub-vetor ordenado à esquerda daquela posição.

6 5 3 1 8 7 2 4

Insertion Sort

A implementação 1 é a seguinte:

```
# insertion sort 1
def insertion_sort1(vetor):
  n = len(vetor)

  for i in range(1, n):
    marcado = vetor[i]

    j = i - 1
    while j >= 0 and marcado < vetor[j]:
      vetor[j + 1] = vetor[j]
      j -= 1
    vetor[j + 1] = marcado

  return vetor
```

Insertion Sort

A implementação 2 é a seguinte:

```
# insertion sort 2
def insertion_sort2(vetor):
    # Percorre cada elemento de L
    for i in range(1, len(vetor)):
        k = i
        # Insere o pivô na posição correta
        while k > 0 and vetor[k] < vetor[k-1]:
            vetor[k], vetor[k-1] = vetor[k-1], vetor[k]
            k = k - 1
```

VAMOS PARA A PRÁTICA ?!!!

Shell Sort

Shell sort é o mais eficiente algoritmo de classificação dentre os de complexidade quadrática.

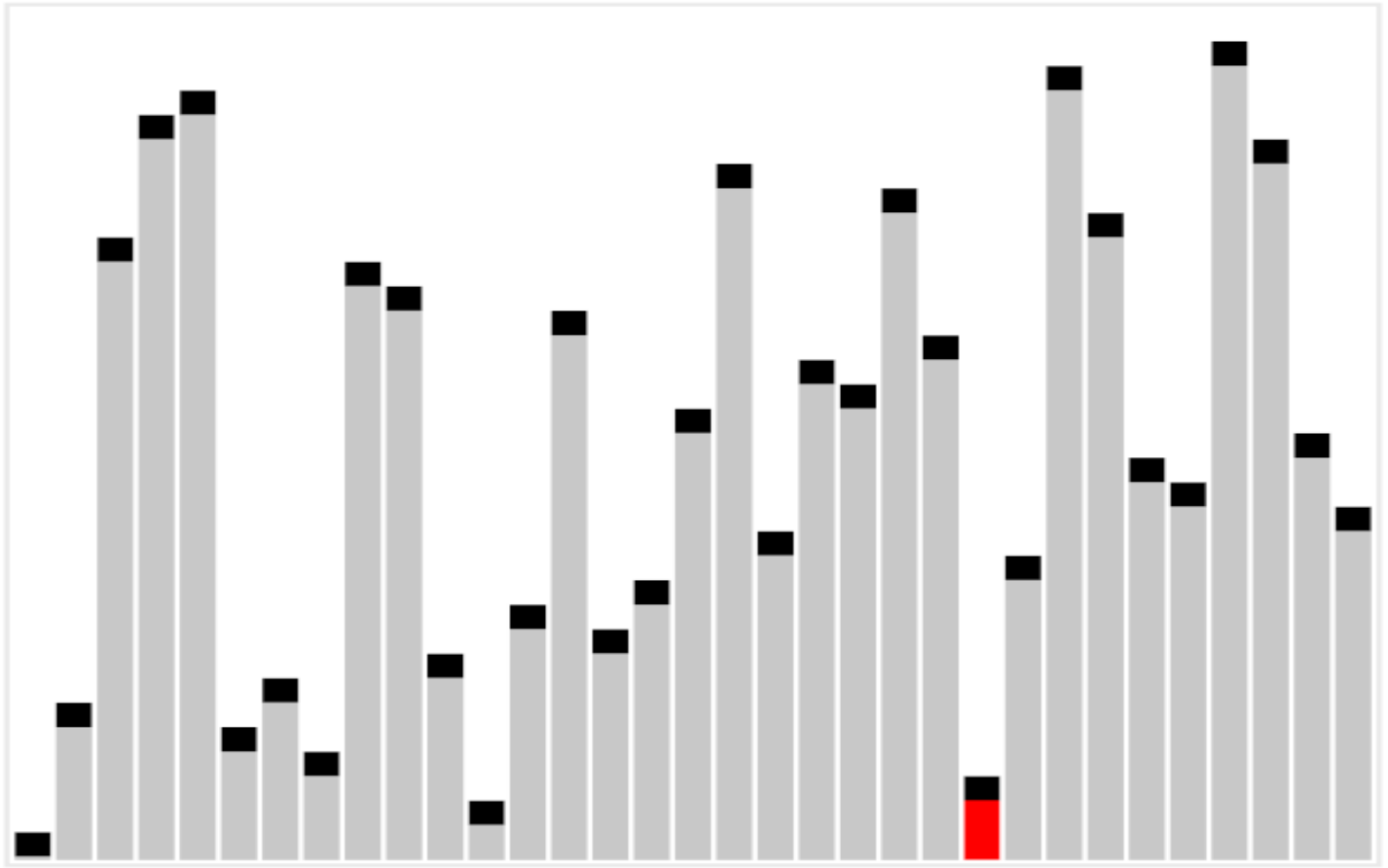
É um refinamento do método de inserção (Insertion Sort).

O algoritmo difere do método de inserção pelo fato de no lugar de considerar o array a ser ordenado como um único segmento, ele considera vários segmentos sendo aplicado o método de inserção (Insertion Sort) em cada um deles.

Basicamente o algoritmo passa várias vezes pela lista dividindo o grupo maior em menores. Nos grupos menores é aplicado o método da ordenação por inserção. Implementações do algoritmo.

Shell Sort

Deve-se escolher um intervalo inicial h. Em seguida, dividir a coleção em vários subgrupos, de forma que elementos em um mesmo subgrupo estão a uma distância h entre si. O passo seguinte é a ordenação de cada subgrupo usando o algoritmo de Ordenação por Inserção. Diminua o valor do intervalo h e repita os passos acima até que o intervalo h seja maior que 0. Ao final, a coleção está ordenada.



Shell Sort

A implementação 1 é a seguinte:

```
def shell_sort1(vetor):
    h = 1
    n = len(vetor)
    while h > 0:
        for i in range(h, n):
            c = vetor[i]
            j = i
            while j >= h and c < vetor[j - h]:
                vetor[j] = vetor[j - h]
                j = j - h
                vetor[j] = c
        h = int(h / 2.2)
    return vetor
```

Shell Sort

A implementação 2 é a seguinte:

```
def shell_sort2(vetor):
  intervalo = len(vetor) // 2

  while intervalo > 0:
    for i in range(intervalo, len(vetor)):
      temp = vetor[i]
      j = i
      while j >= intervalo and vetor[j - intervalo] > temp:
        vetor[j] = vetor[j - intervalo]
        j -= intervalo
      vetor[j] = temp
    intervalo //= 2

  return vetor
```

VAMOS PARA A PRÁTICA ?!!!

Quicksort

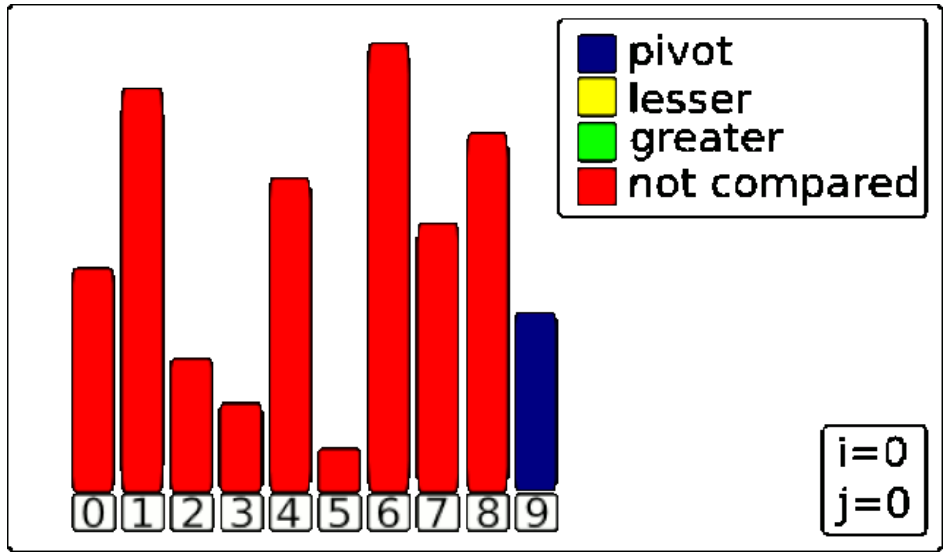
O algoritmo Quicksort segue o paradigma conhecido como “Dividir para Conquistar” pois ele quebra o problema de ordenar um vetor em subproblemas menores, mais fáceis e rápidos de serem resolvidos.

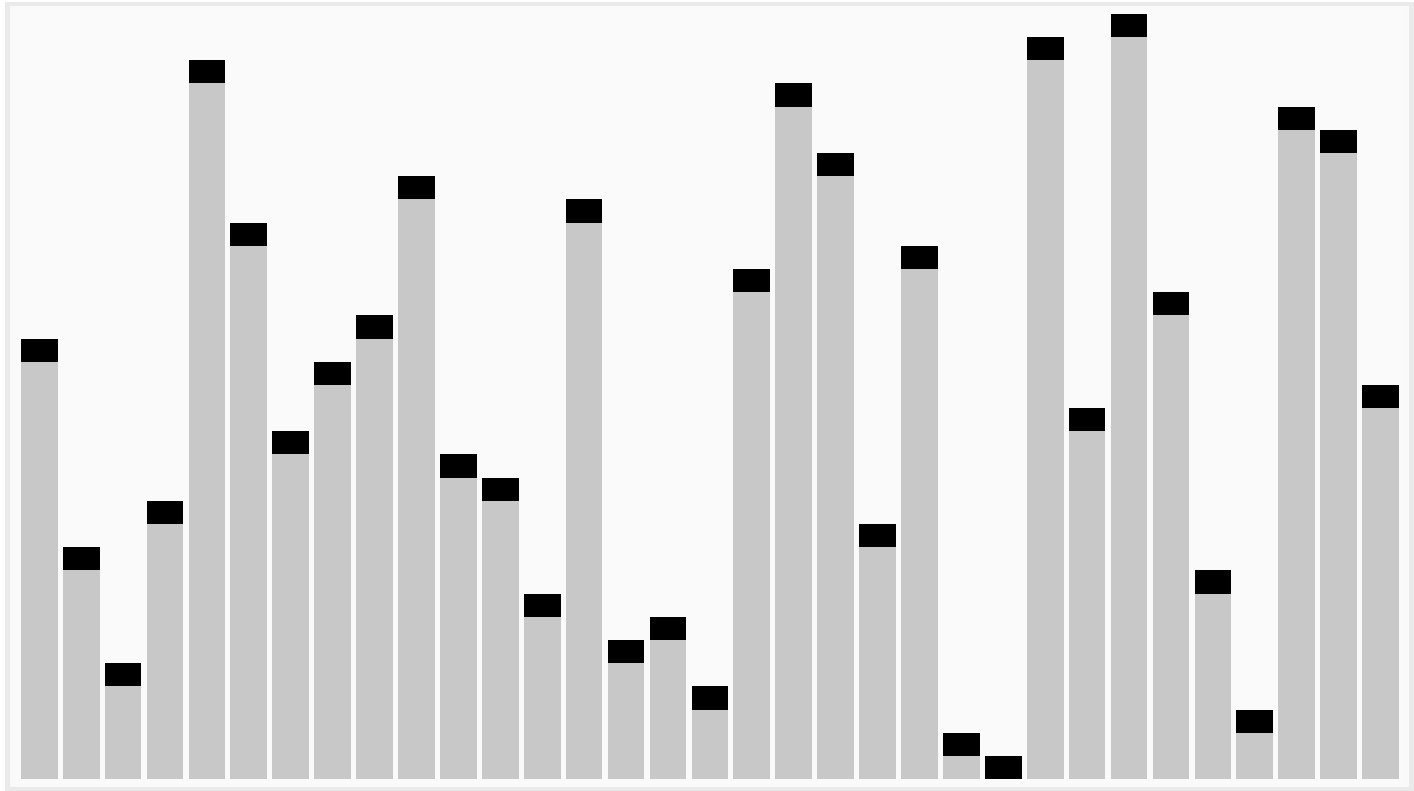
Primeiramente, o método divide o vetor original em duas partes: os elementos menores que o pivô (tipicamente escolhido como o primeiro ou último elemento do conjunto). O método então ordena essas partes de maneira recursiva. O algoritmo pode ser dividido em 3 passos principais:

1. Escolha do pivô: em geral, o pivô é o primeiro ou último elemento do conjunto.
2. Particionamento: reorganizar o vetor de modo que todos os elementos menores que o pivô apareçam antes dele (a esquerda) e os elementos maiores apareçam após ele (a direita). Ao término dessa etapa o pivô estará em sua posição final
3. Ordenação: recursivamente aplicar os passos acima aos sub-vetores produzidos durante o particionamento. O caso limite da recursão é o sub-vetor de tamanho 1, que já está ordenado.

Quicksort

Este método escolhe um pivô tipicamente no início ou no final do array. O Particiona recebe como parâmetro dois índices do array, lo e hi, que será a parte do array a ser particionada, então escolhe-se um índice i e percorre-se o array usando outro índice j realizando trocas, quando necessário, a fim de que todos os elementos menores ou iguais ao pivô fiquem antes do índice i e os elementos i + 1 até hi, ou j - 1, sejam maiores que o pivô .





Quicksort

A implementação é a seguinte:

```
def particao(vetor, inicio, final):
    pivo = vetor[final]
    i = inicio - 1

    for j in range(inicio, final):
        if vetor[j] <= pivo:
        i += 1
        vetor[i], vetor[j] = vetor[j], vetor[i]
    vetor[i + 1], vetor[final] = vetor[final], vetor[i + 1]
    return i + 1
```

Quicksort

A implementação é a seguinte:

```
def quick_sort(vetor, inicio=0, final=(len(vetor)-1)):
    if inicio < final:
        posicao = particao(vetor, inicio, final)
        # Esquerda
        quick_sort(vetor, inicio, posicao - 1)
        # Direito
        quick_sort(vetor, posicao + 1, final)
    return vetor
```

VAMOS PARA A PRÁTICA ?!!!

Mergesort (ordenação por intercalação)

O algoritmo Mergesort utiliza a abordagem Dividir para Conquistar. A ideia básica consiste em dividir o problema em vários subproblemas e resolver esses subproblemas através da recursividade e depois conquistar, o que é feito após todos os subproblemas terem sido resolvidos através da união das resoluções dos subproblemas menores.

Trata-se de um algoritmo recursivo que divide uma lista continuamente pela metade.

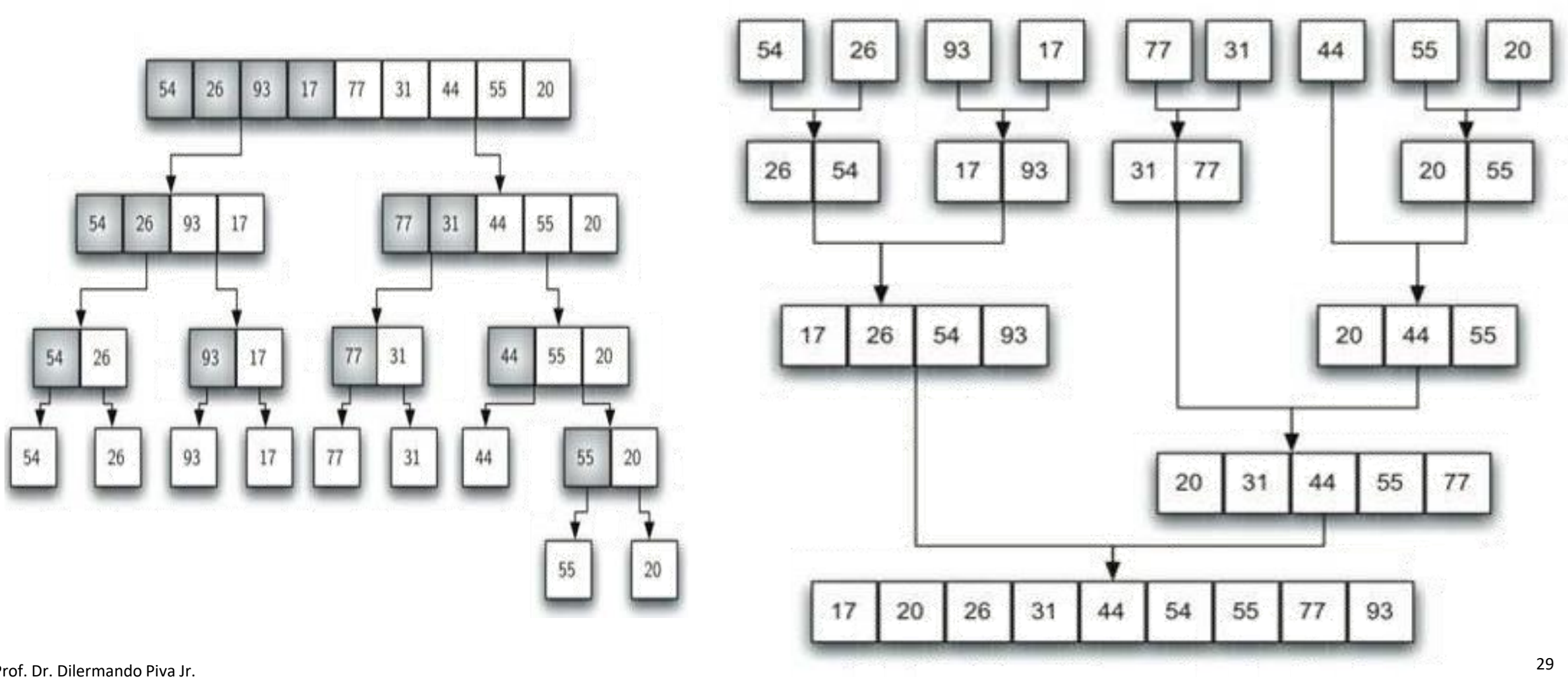
- Se a lista estiver vazia ou tiver um único elemento, ela está ordenada por definição (o caso base).
- Se a lista tiver mais de um elemento, dividimos a lista e invocamos recursivamente um Mergesort em ambas as metades.

Assim que as metades estiverem ordenadas, a operação fundamental, chamada de intercalação, é realizada.

Intercalar é o processo de pegar duas listas menores ordenadas e combiná-las de modo a formar uma lista nova, única e ordenada.

Mergesort (ordenação por intercalação)

A imagem apresenta as duas fases do algoritmo: dividir e intercalar (conquistar)



Mergesort

De forma animada, como funciona o algoritmo mergesort...

6 5 3 1 8 7 2 4

Mergesort

A função MergeSort começa perguntando pelo caso base. Se o tamanho da lista for menor ou igual a um, então já temos uma lista ordenada e nenhum processamento adicional é necessário. Se, por outro lado, o tamanho da lista for maior do que um, então usamos a operação de slice do Python para extrair a metades esquerda e direita. É importante observar que a lista pode não ter um número par de elementos. Isso, contudo, não importa, já que a diferença de tamanho entre as listas será de apenas um elemento.

Quando a função MergeSort retorna da recursão (após a chamada nas metades esquerda e direita), elas já estão ordenadas. O resto da função é responsável por intercalar as duas listas ordenadas menores em uma lista ordenada maior. Note que a operação de intercalação coloca um item por vez de volta na lista original (vetor) ao tomar repetidamente o menor item das listas ordenadas.

Mergesort

A implementação é a seguinte:

```
def merge_sort(vetor):
    if len(vetor) > 1:
        divisao = len(vetor) // 2
        esquerda = vetor[:divisao].copy()
        direita = vetor[divisao:].copy()

        merge_sort(esquerda)
        merge_sort(direita)

        i, j, k = 0, 0, 0

        # Ordena esquerda e direita
        while i < len(esquerda) and j < len(direita):
            if esquerda[i] < direita[j]:
                vetor[k] = esquerda[i]
                i += 1
            else:
                vetor[k] = direita[j]
                j += 1
            k += 1

        # Ordenação final
        while i < len(esquerda):
            vetor[k] = esquerda[i]
            i += 1
            k += 1
        while j < len(direita):
            vetor[k] = direita[j]
            j += 1
            k += 1
    return vetor
```

VAMOS PARA A PRÁTICA ?!!!

Comparativo...

Algoritmo	Comparações			Movimentações			Espaço	Estável	In situ
	Melhor	Médio	Pior	Melhor	Médio	Pior			
Bubble	$O(n^2)$			$O(n^2)$			$O(1)$	**Sim**	**Sim**
Selection	$O(n^2)$			$O(n)$			$O(1)$	**Não***	**Sim**
Insertion	$O(n)$	$O(n^2)$		$O(n)$	$O(n^2)$		$O(1)$	**Sim**	**Sim**
Merge	$O(n\ log\ n)$			–			$O(n)$	**Sim**	**Não**
Quick	$O(n\ log\ n)$		$O(n^2)$	–			$O(n)$	**Não***	**Sim**
Shell	$O(n^{1.25})$ ou $O(n\ (ln\ n)^2)$			–			$O(1)$	**Não**	**Sim**

* Existem versões estáveis.

Comparativo...

Algoritmos	Tempo de Execução (vetor c/ 5000 números)
Bubble Sort	**2,57 seg**
Selection Sort	**1,27 seg**
Insertion Sort	**1,8 seg**
Shell Sort	**1,26 seg**
Quick Sort	**26,5 ms**
Merge Sort	**18,2 ms**