

ALGORITMOS DE ORDENAÇÃO

Prof. André Backes

Conceitos básicos

2

- Ordenação
 - ▣ Ato de colocar um conjunto de dados em uma determinada ordem predefinida
 - ▣ Fora de ordem
 - 5, 2, 1, 3, 4
 - ▣ Ordenado
 - 1, 2, 3, 4, 5 **OU** 5, 4, 3, 2, 1
- Algoritmo de ordenação
 - ▣ Coloca um conjunto de elementos em uma certa ordem

Conceitos básicos

3

- A ordenação permite que o acesso aos dados seja feito de forma mais eficiente
 - ▣ É parte de muitos métodos computacionais
 - Algoritmos de busca, intercalação/fusão, utilizam ordenação como parte do processo
 - Aplicações em geometria computacional, bancos de dados, entre outras necessitam de listas ordenadas para funcionar

Conceitos básicos

4

- A ordenação é baseada em uma chave
 - ▣ A chave de ordenação é o **campo** do item utilizado para comparação
 - Valor armazenado em um array de inteiros
 - Campo nome de uma struct
 - etc
 - ▣ É por meio dela que sabemos se um determinado elemento está a frente ou não de outros no conjunto

Conceitos básicos

5

- Podemos usar qualquer tipo de chave
 - ▣ Deve existir uma regra de ordenação bem-definida
- Alguns tipos de ordenação
 - ▣ numérica
 - 1, 2, 3, 4, 5
 - ▣ lexicográfica (ordem alfabética)
 - Ana, André, Bianca, Ricardo

Conceitos básicos

6

- Independente do tipo, a ordenação pode ser
 - ▣ Crescente
 - 1, 2, 3, 4, 5
 - Ana, André, Bianca, Ricardo
 - ▣ Decrescente
 - 5, 4, 3, 2, 1
 - Ricardo, Bianca, André, Ana

Conceitos básicos

7

- Os algoritmos de ordenação podem ser classificados como de
 - ▣ Ordenação interna
 - O conjunto de dados a ser ordenado cabe todo na memória principal (RAM)
 - Qualquer elemento pode ser imediatamente acessado

Conceitos básicos

8

- Os algoritmos de ordenação podem ser classificados como de
 - ▣ Ordenação externa
 - O conjunto de dados a ser ordenado não cabe na memória principal
 - Os dados estão armazenados em memória secundário (por exemplo, um arquivo)
 - Os elementos são acessados sequencialmente ou em grandes blocos

Conceitos básicos

9

- Além disso, a ordenação pode ser estável ou não
 - ▣ Um algoritmo de ordenação é considerado **estável** se a ordem dos elementos com chaves iguais não muda durante a ordenação
 - ▣ O algoritmo preserva a **ordem relativa** original dos valores

Conceitos básicos

10

- Exemplo
 - ▣ Dados não ordenados
 - 5a, 2, 5b, 3, 4, 1
 - 5a e 5b são o mesmo número
 - ▣ Dados ordenados
 - 1, 2, 3, 4, 5a, 5b: ordenação **estável**
 - 1, 2, 3, 4, 5b, 5a: ordenação **não-estável**

Métodos de ordenação

11

- Os métodos de ordenação estudados podem ser divididos em
 - ▣ Básicos
 - Fácil implementação
 - Auxiliam o entendimento de algoritmos complexos
 - ▣ Sofisticados
 - Em geral, melhor desempenho

Algoritmo Bubble Sort

12

- Também conhecido como ordenação por bolha
 - ▣ É um dos algoritmos de ordenação mais conhecidos que existem
 - ▣ Remete a idéia de bolhas flutuando em um tanque de água em direção ao topo até encontrarem o seu próprio nível (ordenação crescente)

Algoritmo Bubble Sort

13

- Funcionamento
 - ▣ Compara pares de valores adjacentes e os troca de lugar se estiverem na ordem errada
 - Trabalha de forma a movimentar, uma posição por vez, o maior valor existente na porção não ordenada de um array para a sua respectiva posição no array ordenado
 - ▣ Esse processo se repete até que mais nenhuma troca seja necessária
 - Elementos já ordenados

Algoritmo Bubble Sort

14

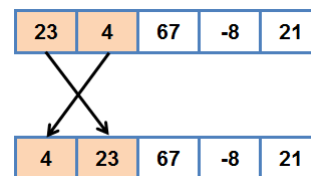
□ Algoritmo

```

41
42 void bubbleSort(int *V , int N){
43     int i, continua, aux, fim = N;
44     do{
45         continua = 0;
46         for(i = 0; i < fim-1; i++){
47             if (V[i] > V[i+1]){
48                 aux = V[i];
49                 V[i] = V[i+1];
50                 V[i+1] = aux;
51                 continua = i;
52             }
53         }
54         fim--;
55     }while(continua != 0);
56 }

```

Troca dois valores consecutivos no vetor



Algoritmo Bubble Sort

15

- Passo a passo
 - ▣ 1º iteração do-while: encontra o maior valor e o movimenta até a última posição

	Sem Ordenar					
	23	4	67	-8	21	
1º Iteração do-while						
i=0	23	4	67	-8	21	$V[i] > V[i+1]$: Trocar
i=1	4	23	67	-8	21	$V[i] < V[i+1]$: Manter
i=2	4	23	67	-8	21	$V[i] > V[i+1]$: Trocar
i=3	4	23	-8	67	21	$V[i] > V[i+1]$: Trocar
Final	4	23	-8	21	67	

Algoritmo Bubble Sort

16

- Passo a passo
 - ▣ 2º iteração do-while: encontra o segundo maior valor e o movimenta até a penúltima posição

2º Iteração do-while						
i=0	4	23	-8	21	67	$V[i] < V[i+1]$: Manter
i=1	4	23	-8	21	67	$V[i] > V[i+1]$: Trocar
i=2	4	-8	23	21	67	$V[i] > V[i+1]$: Trocar
Final	4	-8	21	23	67	

Algoritmo Bubble Sort

17

- Passo a passo
 - ▣ Processo continua até todo o array estar ordenado

3ª Iteração do-while

i=0

4	-8	21	23	67
---	----	----	----	----

 $V[i] > V[i+1]$: Trocar

i=1

-8	4	21	23	67
----	---	----	----	----

 $V[i] < V[i+1]$: Manter

Final

-8	4	21	23	67
----	---	----	----	----

4ª Iteração do-while

i=0

-8	4	21	23	67
----	---	----	----	----

 $V[i] < V[i+1]$: Manter

Não houve mudanças: ordenação concluída

Ordenado

-8	4	21	23	67
----	---	----	----	----

Algoritmo Bubble Sort

18

- Vantagens
 - ▣ Simples e de fácil entendimento e implementação
 - ▣ Está entre os métodos de ordenação mais difundidos existentes
- Desvantagens
 - ▣ Não é um algoritmo eficiente
 - Sua eficiência diminui drasticamente a medida que o número de elementos no array aumenta
 - É estudado apenas para fins de desenvolvimento de raciocínio

Algoritmo Bubble Sort

19

- Complexidade
 - ▣ Considerando um array com **N** elementos, o tempo de execução é:
 - $O(N)$, melhor caso: os elementos já estão ordenados.
 - $O(N^2)$, pior caso: os elementos estão ordenados na ordem inversa.
 - $O(N^2)$, caso médio.

Algoritmo Selection Sort

20

- Também conhecido como ordenação por seleção
 - ▣ É outro algoritmo de ordenação bastante simples
 - ▣ A cada passo ele **seleciona** o melhor elemento para ocupar aquela posição do array
 - Maior ou menor, dependendo do tipo de ordenação
 - Na prática, possui um desempenho quase sempre superior quando comparado com o bubble sort

Algoritmo Selection Sort

21

□ Funcionamento

- ▣ A cada passo, procura o menor valor do array e o coloca na primeira posição do array
 - Divide o array em duas partes: a parte ordenada, a esquerda do elemento analisado, e a parte que ainda não foi ordenada, a direita do elemento.
- ▣ Descarta-se a primeira posição do array e repete-se o processo para a segunda posição
- ▣ Isso é feito para todas as posições do array

Algoritmo Selection Sort

22

□ Algoritmo

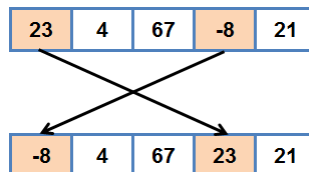
```

74 |
75 | void selectionSort(int *V, int N){
76 |     int i, j, menor, troca;
77 |     for(i = 0; i < N-1; i++){
78 |         menor = i;
79 |         for(j = i+1; j < N; j++){
80 |             if(V[j] < V[menor])
81 |                 menor = j;
82 |         }
83 |         if(i != menor){
84 |             troca = V[i];
85 |             V[i] = V[menor];
86 |             V[menor] = troca;
87 |         }
88 |     }
89 | }

```

} Procura o menor elemento em relação a "i"

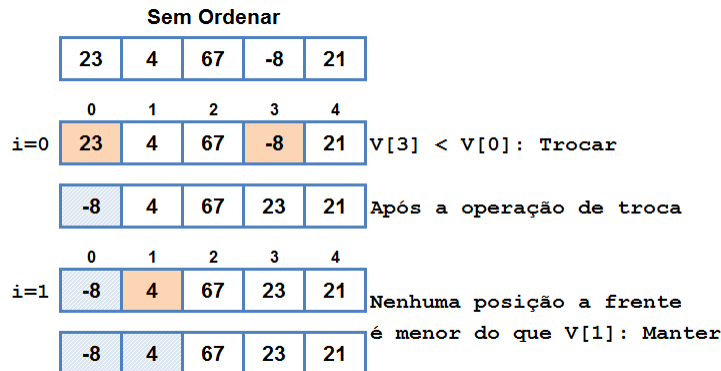
} Troca os valores da posição atual com a "menor"



Algoritmo Selection Sort

23

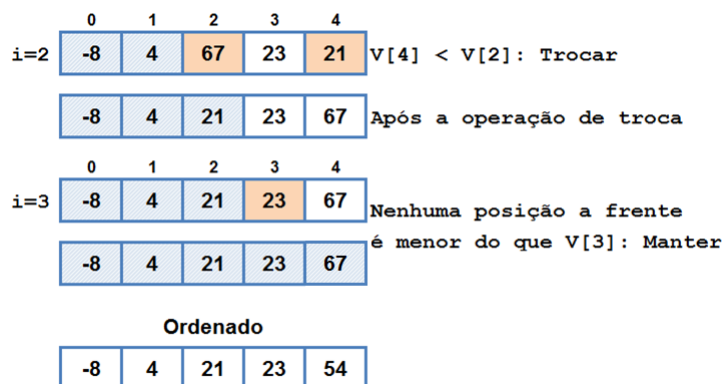
- Passo a passo
 - ▣ Para cada posição i , procura no restante do array o menor valor para ocupá-la



Algoritmo Selection Sort

24

- Passo a passo
 - ▣ Para cada posição i , procura no restante do array o menor valor para ocupá-la



Algoritmo Selection Sort

25

- Vantagem
 - ▣ Estável: não altera a ordem dos dados iguais
- Desvantagens
 - ▣ Sua eficiência diminui drasticamente a medida que o número de elementos no array aumenta
 - Não é recomendado para aplicações que envolvam grandes quantidade de dados ou que precisem de velocidade

Algoritmo Selection Sort

26

- Complexidade
 - ▣ Considerando um array com **N** elementos, o tempo de execução é sempre de ordem **$O(N^2)$**
 - A eficiência do selection sort não depende da ordem inicial dos elementos
 - ▣ Melhor do que o bubble sort
 - Apesar de possuírem a mesma complexidade no caso médio, na prática o selection sort quase sempre supera o desempenho do bubble sort pois envolve um número menor de comparações

Algoritmo Insertion Sort

27

- Também conhecido como ordenação por inserção
 - ▣ Similar a ordenação de cartas de baralho com as mãos
 - Pegue uma carta de cada vez e a insira em seu devido lugar, sempre deixando as cartas da mão em ordem



Algoritmo Insertion Sort

28

- Funcionamento
 - ▣ O algoritmo percorre o array e para cada posição **X** verifica se o seu valor está na posição correta
 - Isso é feito andando para o começo do array a partir da posição **X** e movimentando uma posição para frente os valores que são maiores do que o valor da posição **X**
 - Desse modo, teremos uma posição livre para inserir o valor da posição **X** em seu devido lugar

Algoritmo Insertion Sort

29

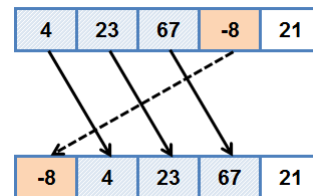
Algoritmo

```

61
62 void insertionSort(int *V, int N){
63     int i, j, aux;
64     for(i = 1; i < N; i++){
65         aux = V[i];
66         for(j = i; (j > 0) && (aux < V[j - 1]); j--){
67             V[j] = V[j - 1];
68             V[j] = aux;
69         }
70     }

```

Move as cartas maiores para frente e insere na posição vaga

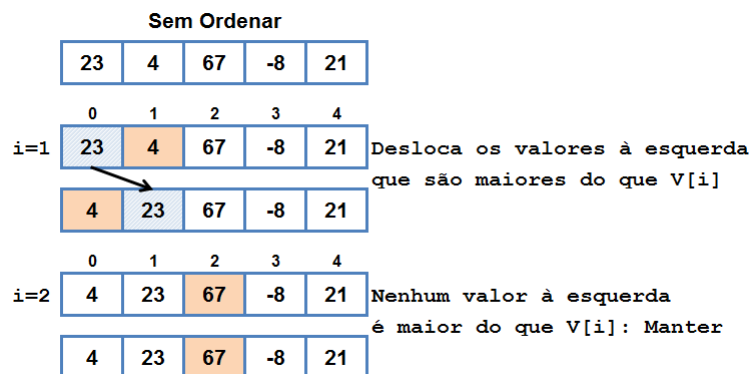


Algoritmo Insertion Sort

30

Passo a passo

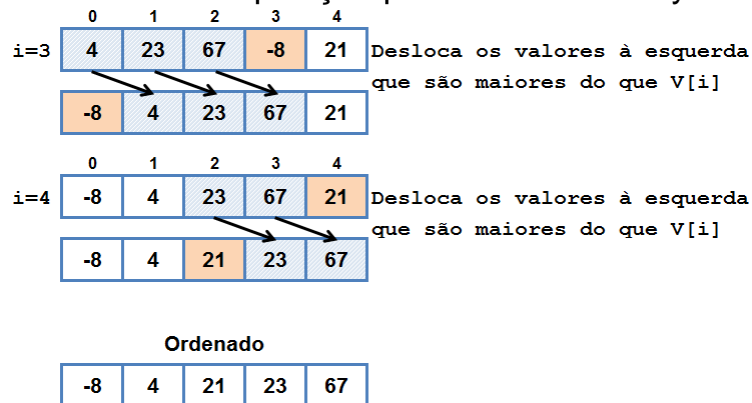
- Para cada posição i , movimenta os valores maiores uma posição para frente no array



Algoritmo Insertion Sort

31

- Passo a passo
 - ▣ Para cada posição i , movimenta os valores maiores uma posição para frente no array



Algoritmo Insertion Sort

32

- Vantagens
 - ▣ Fácil implementação
 - ▣ Na prática, é mais eficiente que a maioria dos algoritmos de ordem quadrática
 - Como o selection sort e o bubble sort.
 - ▣ Um dos mais rápidos algoritmos de ordenação para conjuntos pequenos de dados
 - Superando inclusive o quick sort

Algoritmo Insertion Sort

33

- Vantagens
 - ▣ Estável: não altera a ordem dos dados iguais
 - ▣ Online
 - Pode ordenar elementos a medida que os recebe (tempo real)
 - Não precisa ter todo o conjunto de dados para colocá-los em ordem

Algoritmo Insertion Sort

34

- Complexidade
 - ▣ Considerando um array com **N** elementos, o tempo de execução é:
 - $O(N)$, melhor caso: os elementos já estão ordenados.
 - $O(N^2)$, pior caso: os elementos estão ordenados na ordem inversa.
 - $O(N^2)$, caso médio.

Algoritmo Merge Sort

35

- Também conhecido como ordenação por intercalação
 - ▣ Algoritmo recursivo que usa a idéia de *dividir para conquistar* para ordenar os dados
 - Parte do princípio de que é mais fácil ordenar um conjunto com poucos dados do que um com muitos
 - ▣ O algoritmo divide os dados em conjuntos cada vez menores para depois ordená-los e combiná-los por meio de intercalação (merge)

Algoritmo Merge Sort

36

- Funcionamento
 - ▣ Divide, recursivamente, o array em duas partes
 - Continua até cada parte ter apenas um elemento
 - ▣ Em seguida, combina dois array de forma a obter um array maior e ordenado
 - A combinação é feita intercalando os elementos de acordo com o sentido da ordenação (crescente ou decrescente)
 - ▣ Este processo se repete até que exista apenas um array

Algoritmo Merge Sort

37

- Algoritmo usa 2 funções
 - ▣ mergeSort : divide os dados em arrays cada vez menores
 - ▣ merge: intercala os dados de forma ordenada em um array maior

```

23
24 void mergeSort(int *V, int inicio, int fim){
25     int meio;
26     if(inicio < fim){
27         meio = floor((inicio+fim)/2);
28         mergeSort(V, inicio, meio);
29         mergeSort(V, meio+1, fim);
30         merge(V, inicio, meio, fim);
31     }
32 }

```

Chama a função para as 2 metades

Combina as 2 metades de forma ordenada

Algoritmo Merge Sort

38

- Algoritmo

```

void merge(int *V, int inicio, int meio, int fim){
    int *temp, p1, p2, tamanho, i, j, k;
    int fim1 = 0, fim2 = 0;
    tamanho = fim-inicio+1;
    p1 = inicio;
    p2 = meio+1;
    temp = (int *) malloc(tamanho*sizeof(int));
    if(temp != NULL){
        for(i=0; i<tamanho; i++){
            if(!fim1 && !fim2){
                if(V[p1] < V[p2]){
                    temp[i]=V[p1++];
                } else {
                    temp[i]=V[p2++];
                }
            } else if(p1>meio) fim1=1;
            else if(p2>fim) fim2=1;
        } else {
            if(!fim1)
                temp[i]=V[p1++];
            else
                temp[i]=V[p2++];
        }
    }
    for(j=0, k=inicio; j<tamanho; j++, k++){
        V[k]=temp[j];
    }
    free(temp);
}

```

Combinar ordenando

Vetor acabou?

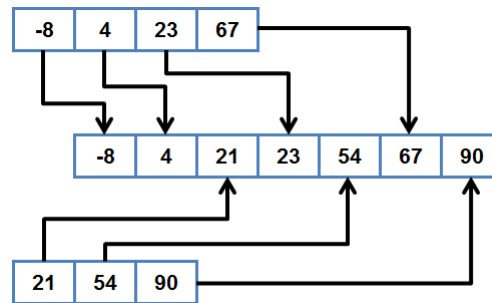
Copia o que sobrar

Copiar do auxiliar para o original

Algoritmo Merge Sort

39

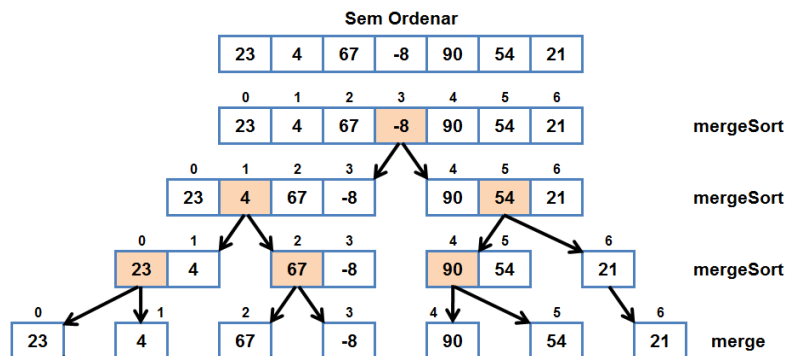
- Passo a passo: função merge
 - ▣ Intercala os dados de forma ordenada em um array maior
 - ▣ Utiliza um array auxiliar



Algoritmo Merge Sort

40

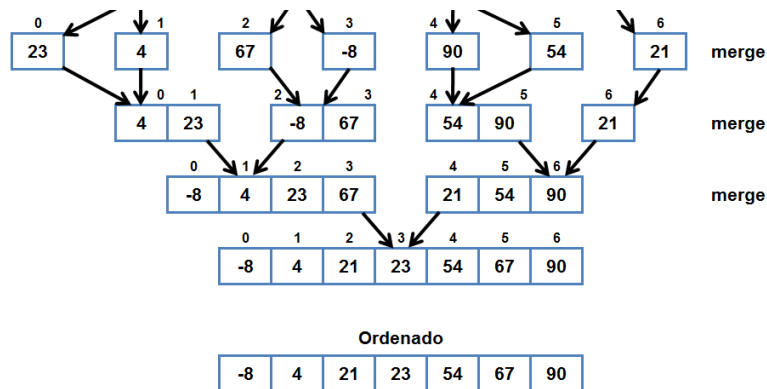
- Passo a passo
 - ▣ Divide o array até ter **N** arrays de 1 elemento cada



Algoritmo Merge Sort

41

- Passo a passo
 - ▣ Intercala os arrays até obter um único array de **N** elementos



Algoritmo Merge Sort

42

- Complexidade
 - ▣ Considerando um array com **N** elementos, o tempo de execução é de ordem **$O(N \log N)$** em todos os casos
 - ▣ Sua eficiência não depende da ordem inicial dos elementos
 - No pior caso, realiza cerca de 39% menos comparações do que o quick sort no seu caso médio
 - Já no seu melhor caso, o merge sort realiza cerca de metade do número de iterações do seu pior caso

Algoritmo Merge Sort

43

- Vantagens
 - ▣ Estável: não altera a ordem dos dados iguais
- Desvantagens
 - ▣ Possui um gasto extra de espaço de memória em relação aos demais métodos de ordenação
 - Ele cria uma cópia do array para cada chamada recursiva
 - Em outra abordagem, é possível utilizar um único array auxiliar ao longo de toda a sua execução

Algoritmo Quick Sort

44

- Também conhecido como ordenação por partição
 - ▣ É outro algoritmo recursivo que usa a idéia de *dividir para conquistar* para ordenar os dados
 - ▣ Se baseia no problema da separação
 - Em inglês, *partition subproblem*

Algoritmo Quick Sort

45

- Problema da separação
 - ▣ Em inglês, *partition subproblem*
 - ▣ Consiste em reorganizar o array usando um valor como **pivô**
 - Valores menores do que o **pivô** ficam a esquerda
 - Valores maiores do que o **pivô** ficam a direita

0	1	2	3	4	5	6
23	4	67	-8	90	54	21
-8	4	21	23	90	54	67

pivô

Algoritmo Quick Sort

46

- Funcionamento
 - ▣ Um elemento é escolhido como pivô
 - ▣ Valores menores do que o pivô são colocados antes dele e os maiores, depois
 - Supondo o pivô na posição **X**, esse processo cria duas partições: **[0,...,X-1]** e **[X+1,...,N-1]**.
 - ▣ Aplicar recursivamente a cada partição
 - Até que cada partição contenha um único elemento

-8	4	21	23	90	54	67
----	---	----	----	----	----	----

pivô

-8	4	21	23	90	54	67
----	---	----	----	----	----	----

Algoritmo Quick Sort

47

- Algoritmo usa 2 funções
 - ▣ quickSort : divide os dados em arrays cada vez menores
 - ▣ particiona: calcula o pivô e rearranja os dados

```

void quickSort(int *V, int inicio, int fim) {
    int pivo;
    if(fim > inicio){
        pivo = particiona(V, inicio, fim);
        quickSort(V, inicio, pivo-1);
        quickSort(V, pivo+1, fim);
    }
}

```

Algoritmo Quick Sort

48

- Algoritmo

```

19 int particiona(int *V, int inicio, int final ){
20     int esq, dir, pivo, aux;
21     esq = inicio;
22     dir = final;
23     pivo = V[inicio];
24     while(esq < dir){
25         while(V[esq] <= pivo) } Avança posição da esquerda
26             esq++;
27         while(V[dir] > pivo) } Recua posição da direita
28             dir--;
29         if(esq < dir){
30             aux = V[esq];
31             V[esq] = V[dir];
32             V[dir] = aux; } Trocar esq e dir
33     }
34 }
35 V[inicio] = V[dir];
36 V[dir] = pivo;
37 return dir;
38 }

```


Algoritmo Quick Sort

49

□ Passo a passo: função particiona

particiona(V,0,6)

esq	23	4	67	-8	90	54	21	dir	esq <= pivo: incrementa esq
esq	23	4	67	-8	90	54	21	dir	esq <= pivo: incrementa esq
esq	23	4	67	-8	90	54	21	dir	esq > pivo: comparar dir
esq	23	4	67	-8	90	54	21	dir	dir < pivo: trocar esq e dir de lugar
esq	23	4	21	-8	90	54	67	dir	esq < dir: continua o while

Primeira chamada

while(esq < dir)

Algoritmo Quick Sort

50

□ Passo a passo: função particiona

Segunda chamada

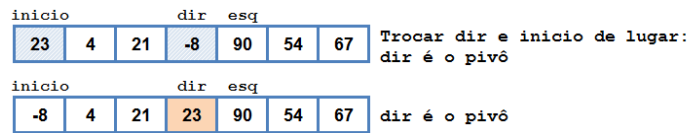
while(esq < dir)

esq	23	4	21	-8	90	54	67	dir	esq <= pivo: incrementa esq
esq	23	4	21	-8	90	54	67	dir	esq <= pivo: incrementa esq
esq	23	4	21	-8	90	54	67	dir	esq > pivo: comparar dir
esq	23	4	21	-8	90	54	67	dir	dir > pivo: decrementa dir
esq	23	4	21	-8	90	54	67	dir	dir > pivo: decrementa dir
esq	23	4	21	-8	90	54	67	dir	dir > pivo: decrementa dir
dir	23	4	21	-8	90	54	67	esq	dir < pivo e dir < esq: terminar o while

Algoritmo Quick Sort

51

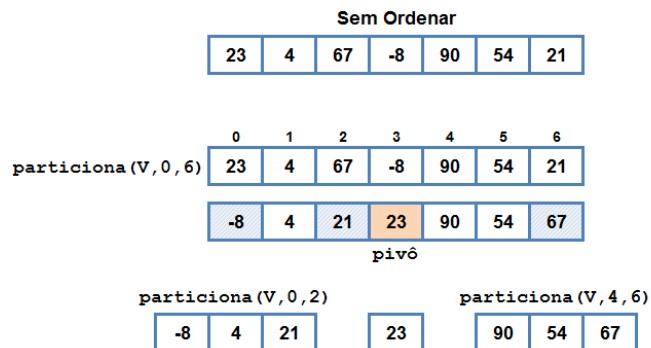
□ Passo a passo: função particiona



Algoritmo Quick Sort

52

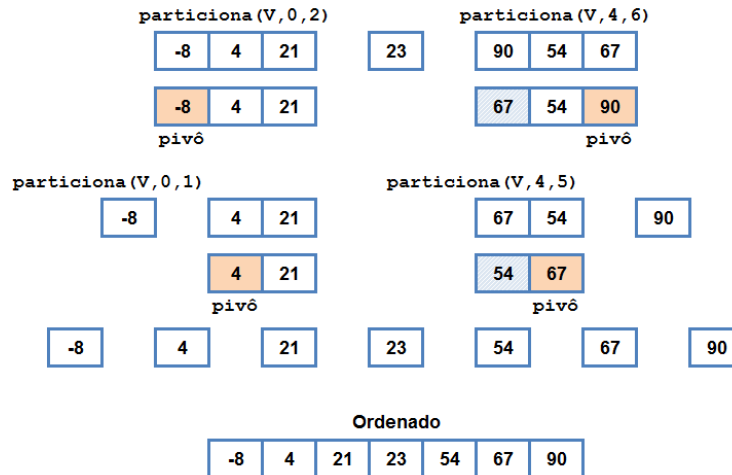
□ Passo a passo



Algoritmo Quick Sort

53

Passo a passo



Algoritmo Quick Sort

54

Complexidade

- Considerando um array com **N** elementos, o tempo de execução é:
 - $O(N \log N)$, melhor caso e caso médio;
 - $O(N^2)$, pior caso.
- Em geral, é algoritmo muito rápido. Porém, é um algoritmo lento em alguns casos especiais
 - Por exemplo, quando o particionamento não é balanceado

Algoritmo Quick Sort

55

- Desvantagens
 - ▣ Não é um algoritmo estável
 - ▣ **Como escolher o pivô?**
 - Existem várias abordagens diferentes
 - No pior caso o pivô divide o array de **N** em dois: uma partição com **N-1** elementos e outra com **0** elementos
 - **Particionamento não é balanceado**
 - Quando isso acontece a cada nível da recursão, temos o tempo de execução de **$O(N^2)$**

Algoritmo Quick Sort

56

- Desvantagens
 - ▣ No caso de um particionamento não balanceado, o insertion sort acaba sendo mais eficiente que o quick sort
 - O pior caso do quick sort ocorre quando o array já está ordenado, uma situação onde a complexidade é **$O(N)$** no insertion sort
- Vantagem
 - ▣ Apesar de seu pior caso ser quadrático, costuma ser a melhor opção prática para ordenação de grandes conjuntos de dados

Algoritmo Counting Sort

57

- Também conhecido como ordenação por contagem
 - ▣ Algoritmo de ordenação para valores inteiros
 - ▣ Esses valores devem estar dentro de um determinado intervalo
 - ▣ A cada passo ele conta o número de ocorrências de um determinado valor no array

Algoritmo Counting Sort

58

- Funcionamento
 - ▣ Usa um array auxiliar de tamanho igual ao maior valor a ser ordenado, **K**
 - ▣ O array auxiliar é usado para contar quantas vezes cada valor ocorre
 - ▣ Valor a ser ordenado é tratado como índice.
 - ▣ Percorre o array auxiliar verificando quais valores existem e os coloca no array ordenado

Algoritmo Counting Sort

59

□ Algoritmo

```

#define K 100
void countingSort(int *V, int N){
    int i, j, k;
    int baldes [K];
    for(i = 0; i < K; i++)
        baldes[i] = 0;
    for(i = 0; i < N; i++)
        baldes[V[i]]++;

    for(i = 0, j = 0; j < K; j++)
        for(k = baldes[j]; k > 0; k--)
            V[i++] = j;
}

```

Algoritmo Counting Sort

60

□ Passo a passo

Sem Ordenar

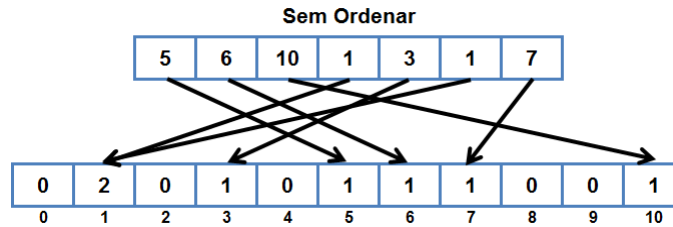
5	6	10	1	3	1	7
---	---	----	---	---	---	---

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Algoritmo Counting Sort

61

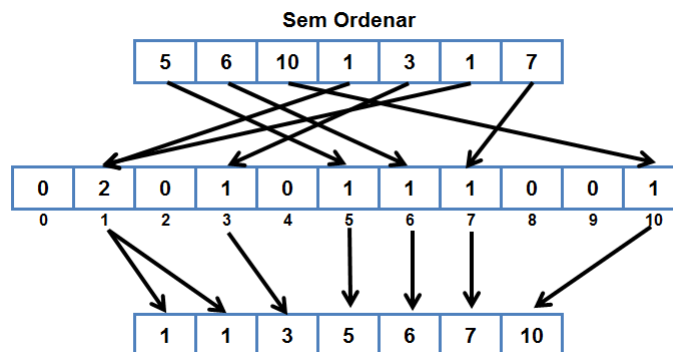
□ Passo a passo



Algoritmo Counting Sort

62

□ Passo a passo



Algoritmo Counting Sort

63

- Complexidade
 - ▣ Complexidade linear
 - ▣ Considerando um array com **N** elementos e o maior valor sendo **K**, o tempo de execução é sempre de ordem **$O(N+K)$**
 - ▣ **K** é o tamanho do array auxiliar

Algoritmo Counting Sort

64

- Vantagem
 - ▣ Estável: não altera a ordem dos dados iguais
 - ▣ Processamento simples
- Desvantagens
 - ▣ Não recomendado para grandes conjuntos de dados (**K** muito grande)
 - ▣ Ordena valores inteiros positivos (pode ser modificado para outros valores)

Algoritmo Bucket Sort

65

- Também conhecido como ordenação usando baldes
 - ▣ Algoritmo de ordenação para valores inteiros
 - ▣ Usa um conjunto de **K** baldes para separar os dados
 - ▣ A ordenação dos valores é feita por balde

Algoritmo Bucket Sort

66

- Funcionamento
 - ▣ Distribui os valores a serem ordenados em um conjunto de baldes.
 - Cada balde é um array auxiliar
 - Cada balde guarda uma faixa de valores
 - ▣ Ordena os valores de cada balde.
 - Isso é feito usando outro algoritmo de ordenação ou ele mesmo
 - ▣ Percorre os baldes e coloca os valores de cada balde de volta no array ordenado

Algoritmo Bucket Sort

67

□ Algoritmo

```
#define TAM 5 // tamanho do balde
struct balde{
    int qtd;
    int valores[TAM];
};

void bucketSort(int *V, int N){
    int i, j, maior, menor, nroBaldes, pos;
    struct balde *bd;
    // acha maior e menor valor
    maior = menor = V[0];
    for(i = 1; i < N; i++) {
        if(V[i] > maior) maior = V[i];
        if(V[i] < menor) menor = V[i];
    }
    // Inicializa baldes
    nroBaldes = (maior - menor) / TAM + 1;
    bd = (struct balde *) malloc(nroBaldes * sizeof(struct balde));
    for(i = 0; i < nroBaldes; i++)
        bd[i].qtd = 0;
```

Algoritmo Bucket Sort

68

□ Algoritmo

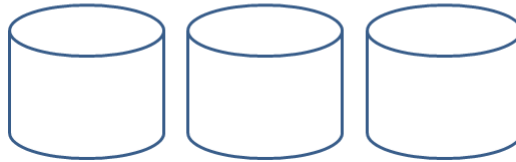
```
// Distribui os valores nos baldes
for(i = 0; i < N; i++){
    pos = (V[i] - menor) / TAM;
    bd[pos].valores[bd[pos].qtd] = V[i];
    bd[pos].qtd++;
}
// Ordena baldes e coloca no array
pos = 0;
for(i = 0; i < nroBaldes; i++){
    insertionSort(bd[i].valores, bd[i].qtd);
    for (j = 0; j < bd[i].qtd; j++){
        V[pos] = bd[i].valores[j];
        pos++;
    }
}
free(bd);
}
```

Algoritmo Bucket Sort

69

□ Passo a passo

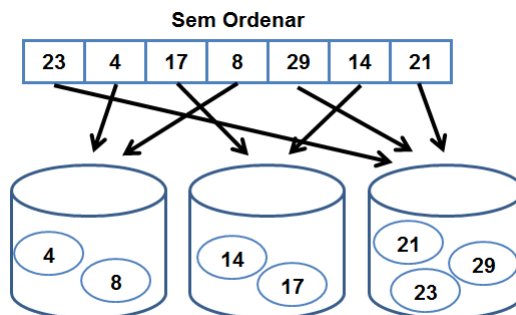
Sem Ordenar						
23	4	17	8	29	14	21



Algoritmo Bucket Sort

70

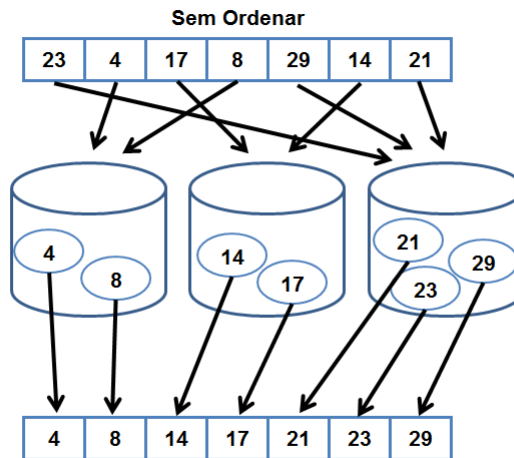
□ Passo a passo



Algoritmo Bucket Sort

71

□ Passo a passo



Algoritmo Bucket Sort

72

□ Vantagem

- ▣ Estável: não altera a ordem dos dados iguais
 - Exceto se usar um algoritmo não estável nos baldes
- ▣ Processamento simples
- ▣ Parecido com o Counting Sort
 - Mas com baldes mais sofisticados

□ Desvantagens

- ▣ Dados devem estar uniformemente distribuídos
- ▣ Não recomendado para grandes conjuntos de dados
- ▣ Ordena valores inteiros positivos (pode ser modificado para outros valores)

Algoritmo Bucket Sort

73

- Complexidade
 - ▣ Considerando um array com **N** elementos e **K** baldes, o tempo de execução é
 - ▣ **$O(N+K)$** , melhor caso: dados estão uniformemente distribuídos
 - ▣ **$O(N^2)$** , pior caso: todos os elementos são colocados no mesmo balde

Ordenação de array de struct

74

- A ordenação de um array de inteiros é uma tarefa simples
 - ▣ Na prática, trabalhamos com dados um pouco mais complexos, como estruturas
 - ▣ Mais dados para manipular

```

11 struct aluno{
12     int matricula;
13     char nome[30];
14     float n1,n2,n3;
15 };

```

Ordenação de array de struct

75

- Como fazer a ordenação quando o que temos é um array de struct?

```
struct aluno V[6];
```

matricula; nome[30]; n1,n2,n3;	matricula; nome[30]; n1,n2,n3;	matricula; nome[30]; n1,n2,n3;	matricula; nome[30]; n1,n2,n3;	matricula; nome[30]; n1,n2,n3;	matricula; nome[30]; n1,n2,n3;
V[0]	V[1]	V[2]	V[3]	V[4]	V[5]

Ordenação de array de struct

76

- **Relembrando**
- A ordenação é baseada em uma chave
 - ▣ A chave de ordenação é o **campo** do item utilizado para comparação
 - Valor armazenado em um array de inteiros
 - **Campo de uma struct**
 - etc
 - ▣ É por meio dela que sabemos se um determinado elemento está a frente ou não de outros no conjunto

Ordenação de array de struct

77

- Ou seja, devemos modificar o algoritmo para que a comparação das chaves seja feita utilizando um determinado campo da **struct**
- Exemplo
 - ▣ Vamos modificar o **insertion sort**
 - Essa modificação vale para os outros métodos

```

62 void insertionSort(int *V, int N){
63     int i, j, aux;
64     for(i = 1; i < N; i++){
65         aux = V[i];
66         for(j = i; (j > 0) && (aux < V[j - 1]); j--){
67             V[j] = V[j - 1];
68             V[j] = aux;
69         }
70     }

```

Ordenação de array de struct

78

- Duas novas formas de ordenação
 - ▣ Por **matricula**

```

void insertionSortMatricula(struct aluno *V, int N){
    int i, j;
    struct aluno aux;
    for(i = 1; i < N; i++){
        aux = V[i];
        for(j=i; (j>0) && (aux.matricula<V[j-1].matricula); j--){
            V[j] = V[j - 1];
            V[j] = aux;
        }
    }
}

```

Ordenação de array de struct

79

- Duas novas formas de ordenação
 - ▣ Por nome

```

/*saida strcmp(str1,str2)
   == 0: str1 é igual a str2
   > 0: str1 vem depois de str2
   < 0: str1 vem antes de str2
*/
void insertionSortNome(struct aluno *V, int N){
    int i, j;
    struct aluno aux;
    for(i = 1; i < N; i++){
        aux = V[i];
        for(j=i; (j>0) && (strcmp(aux.nome,V[j-1].nome)<0); j--){
            V[j] = V[j-1];
        }
        V[j] = aux;
    }
}

```

Material Complementar

80

- Vídeo Aulas
 - ▣ Aula 47: Ordenação de Vetores:
 - ▣ youtu.be/vPHHV6iAU2E
 - ▣ Aula 48: Ordenação: BubbleSort:
 - ▣ youtu.be/qU8N_bmebQ4
 - ▣ Aula 49: Ordenação: InsertionSort:
 - ▣ youtu.be/79buQYoWszA
 - ▣ Aula 50: Ordenação: SelectionSort:
 - ▣ youtu.be/zjcGGqskf5s
 - ▣ Aula 51: Ordenação: MergeSort:
 - ▣ youtu.be/RZbg5oT5Fgw
 - ▣ Aula 52: Ordenação: QuickSort:
 - ▣ youtu.be/spywQ2ix_Co

Material Complementar

81

- Vídeo Aulas
 - ▣ Aula 53: Ordenação: HeapSort:
youtu.be/zSYOMJ1E52A
 - ▣ Aula 54: Ordenação em Vetor de Struct:
youtu.be/LFs-sIQesVw
 - ▣ Aula 55: Ordenação – Usando a função qsort():
youtu.be/HtvfggO0IM4
 - ▣ Aula 123 - Ordenação: CountingSort:
youtu.be/En8daEdcpJU
 - ▣ Aula 124 - Ordenação: BucketSort:
youtu.be/4J89y2Pv_qM