

# Relatório trabalho prático 1

César A. Galvão 19/0011572

Gabriela Carneiro 18/0120816

25 de June de 2022

# Contents

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
1.1	Métodos de ordenação . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Método</b>	<b>5</b>
2.1	Testes de desempenho . . . . .	5
2.2	Amostragem . . . . .	5
2.3	Implementação do método de seleção . . . . .	5
2.4	Implementação do método de inserção . . . . .	5
2.5	Implementação do Quicksort . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Resultados</b>	<b>6</b>
3.1	Tempo de execução . . . . .	6
3.2	Número de comparações . . . . .	6
3.3	Número de movimentações . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Conclusao</b>	<b>8</b>
	<b>Anexo A - tabela com dados de execução dos algoritmos</b>	<b>9</b>
	<b>Anexo B - código comentado</b>	<b>11</b>

## Resumo

Nesta atividade foram implementadas em R três métodos de ordenação – seleção, inserção e QuickSort – e seus desempenhos foram medidos por meio de tempo de execução, número de comparações entre elementos do vetor e número de movimentações dos elementos do vetor. Os três métodos foram testados com tamanhos variados de amostras, variando o tamanho de 500 a 50.000, assim como vetores previamente organizados de quatro formas: ordenados, ordenados de maneira inversa, parcialmente aleatorizados (cerca de 10% dos elementos têm posições aleatórias) e completamente aleatorizados. As duas últimas formas foram executadas 100 vezes e as medidas de interesse são representadas por suas médias. Enquanto (INSERIR AQUI OBSERVAÇÃO), observou-se que (INSERIR OUTRA OBSERVAÇÃO). Conclui-se que (INSERIR CONCLUSAO).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Todos os documentos desse relatório podem ser verificados no repositório <https://github.com/cesar-galvao/Estatistica-computacional>

# 1 Introdução

## 1.1 Métodos de ordenação

O ordenamento de dados tem papel crucial no campo das ciências da computação. Os vários tipos de algoritmos de ordenação diferem entre si em termos de eficiência, uso de memória, complexidade, dentre outros fatores. Por esse motivo, esses algoritmos tem sido extensamente analisados por meio de pesquisas. Nesse contexto, cada algoritmo desenvolvido para ordenamento de dados tem seus benefícios e limitações, sendo que o desempenho deles pode ser otimizado de diversas maneiras (Zutshi & Goswami, 2021)<sup>2</sup>.

Na ciência da computação, a eficiência entre algoritmos é comparada geralmente em termos do tempo de execução. Muitos dos algoritmos de ordenação têm complexidade linear ou quadrática. Destes muitos tem complexidade quadrática  $O(n^2)$  como pior caso e complexidade linear como melhor caso, sendo que o desempenho dos algoritmos  $O(n^2)$  tende a cair conforme a quantidade de dados aumenta. Ainda, alguns algoritmos tem a complexidade  $O(n \log n)$  tanto no pior caso quanto em seu melhor caso (Zutshi & Goswami, 2021).

### 1.1.1 Ordenação por seleção

O método de ordenação por seleção percorre a sequência de dados e “seleciona” cada elemento que não está em sua posição correta. Em seguida, ele o troca de lugar com o elemento que está na primeira posição. O algoritmo executa esse mesmo procedimento para o restante da lista de dados.

Estas operações quando executadas têm complexidade quadrática, sendo que a busca pelo menor elemento da operação custa  $n - 1$  passos na primeira iteração. Em seguida a operação custa  $n - 2$  na segunda operação e assim por diante. Dessa forma, o custo total é dado pela soma da progressão aritmética  $\sum_{i=1}^{n-1} a_i$  de razão  $r = 1$ , com  $a_1 = 1$  e  $a_{n-1} = (n - 1)$ . Dessa forma, o tempo de execução do algoritmo é:

$$\frac{n(1 + (n - 1))}{2} = \frac{n^2}{2} \quad (1)$$

### 1.1.2 Ordenação por inserção

Esse tipo de método de ordenação “insere” cada elemento desordenado dos dados em sua posição correta. Ou seja, esse tipo de ordenação tem como rotina base a inserção ordenada, que basicamente compara o elemento que está sendo ordenado com os elementos anteriores a ele e só efetua uma movimentação quando tal elemento é maior que elemento imediatamente a sua esquerda ou quando ele ocupa a primeira posição da sequência. As operações, assim como o método de ordenação por seleção, são de ordem quadrática, em seu pior caso. Em seu melhor caso, quando os elementos já estão ordenados, o custo total é de  $O(n)$ .

Assim como no caso de ordenação mencionado anteriormente, o custo total é dado pela soma da progressão aritmética  $\sum_{i=1}^{n-1} a_i$  de razão  $r = 1$ , com  $a_1 = 1$  e  $a_{n-1} = (n - 1)$ . Dessa forma, o tempo de execução do algoritmo é:

$$\frac{n(1 + (n - 1))}{2} = \frac{n^2}{2} \quad (2)$$

---

<sup>2</sup>Zutshi, A, Goswami, D. (2021) *Systematic review and exploration of new avenues for sorting algorithm*

### 1.1.3 Quick Sort

O Quicksort geralmente é implementado recursivamente. Um pivô aleatório é escolhido e todos os elementos são reorganizados em torno do pivô em ordem crescente mantendo-o como referência. A escolha do pivô determina a complexidade do quicksort sendo que em algumas versões, nos melhores casos, o algoritmo tem complexidade de  $O(n \log n)$ , podendo chegar até  $O(n \log \log n)$ . No entanto, se o pivô for selecionado em uma das extremidades da sequência, ele passa a ter complexidade de  $O(n^2)$ .

Escolher um pivô aleatoriamente é uma boa estratégia para diminuir significativamente a probabilidade de ocorrência do pior caso, já que, para o pior caso acontecer, o pivô escolhido deveria ser sempre o pior tendo uma probabilidade de ocorrência

$$p = \frac{1}{n!}. \quad (3)$$

### 1.1.4 Comparação entre métodos de ordenação

Comparando os diferentes tipos de estratégia de ordenação, é esperado que o método de ordenação por seleção efetue menos trocas do que o método de ordenação por inserção, pois há uma troca apenas por iteração. Desse modo, o algoritmo efetua  $n$  trocas. Já o método de inserção efetua ao menos uma troca por iteração.

Contudo, este efetua menos comparações do que o algoritmo de seleção, pois nem sempre o elemento a ser inserido de forma ordenada deve ir até o final do vetor. Isso só ocorre no pior caso, isto é, quando os elementos estão ordenados em ordem decrescente. O algoritmo de seleção precisa comparar todos os elementos restantes a cada iteração para determinar qual é o menor deles.

Ambos os métodos citados acima estão na mesma classe de complexidade ( $O(n^2)$ ). No entanto, o método de inserção apresenta melhor desempenho do que o método de seleção na prática.

Dentre os três, o Quick Sort é o mais eficiente, tendo uma complexidade de  $O(n \log n)$ , exceto no seu pior cenário, quando atinge a mesma complexidade dos outros dois tipos avaliados.

## 2 Método

### 2.1 Testes de desempenho

Os testes de desempenho realizados para cada um dos algoritmos de ordenação tomaram em conta duas dimensões: tamanho de amostra e ordenação prévia do vetor a ser ordenado.

Para poder comparar os métodos, três medidas foram feitas para todos os tamanhos de amostra: contagem da quantidade de movimentações, quantidade de comparações entre elementos e tempo de execução. Vetores ordenados nas duas direções tiveram testes realizados apenas uma vez, enquanto aqueles que possuíam algum elemento aleatório foram realizados cem vezes e os valores considerados para comparação são as médias dessas cem realizações de teste.

### 2.2 Amostragem

As amostras foram criadas utilizando a função `gera.amostra(size, ordem, seed)` disponível no código anexo. Os argumentos correspondem a tamanho, ordenamento e seed para a geração da aleatoriedade desejada. A função retorna uma lista de dois elementos: o vetor e o método de ordenação desejado.

O tamanho da amostra permitido na função é qualquer número inteiro. Não foram realizados controles para tamanho 0 e números negativos, porém qualquer número estritamente positivo tem retorno válido. Para os testes, foram utilizados cinco tamanhos de amostra: 500, 1.000, 5.000, 10.000 e 50.000.

O argumento *ordem* da função recebe uma das quatro ordenações testadas, quais sejam: completamente ordenado, inversamente ordenado, completamente aleatorizado e parcialmente aleatorizado. Este caso compreende 10% de aleatorização dos elementos do vetor.

### 2.3 Implementação do método de seleção

O método seleção foi implementado na função `selecao()`, que recebe a lista da função de amostragem como argumento. Inicialmente, o elemento  $a_i, i = 1, 2, \dots, n - 1$ , é tomado como mínimo ( $min = i$ ) e é comparado aos elementos  $a_j, j = 2, 3, \dots, n$  seguintes. Se  $a_j < a_{min}$ , esses elementos são invertidos e o mínimo é redefinido,  $min = j$ . essas operações são realizadas em um laço `for` de dois níveis, conforme o código anexo.

### 2.4 Implementação do método de inserção

O método seleção foi implementado na função `insercao()`, que recebe a lista da função de amostragem como argumento. Considerando  $i = 2, 3, \dots, n$  como o iterador primário e  $j = 1, 2, \dots, n - 1$ , tem-se  $x_i, x_j$  e  $x_{temp}$ . Na primeira iteração, defini-se  $x_{temp} = x_i$ . Enquanto  $x_j$  e  $j > 0$ , redefinise-se  $x_{j+1} = x_j$  e  $j = j - 1$  até que uma das condições não sejam mais satisfeitas. Neste momento, reatribui-se  $x_{j+1} = x_{temp}$  e itera-se sobre o próximo valor de  $i$ .

### 2.5 Implementação do Quicksort

Este algoritmo foi implementado em dois níveis: a função `quick_base()`, objeto principal de análise, aplica o algoritmo enquanto `quick_completa()` permite o retorno das medidas de interesse. A ordenação inicia com a seleção de um pivô, aqui selecionado como a posição mediana do comprimento do vetor, e redistribui os elementos do vetor. Enquanto os elementos menores que o pivô são passados para a esquerda dele, os maiores são passados para a direita. Em seguida, a função recursivamente opera sobre os braços do vetor até que todo ele esteja ordenado.

### 3 Resultados

#### 3.1 Tempo de execução

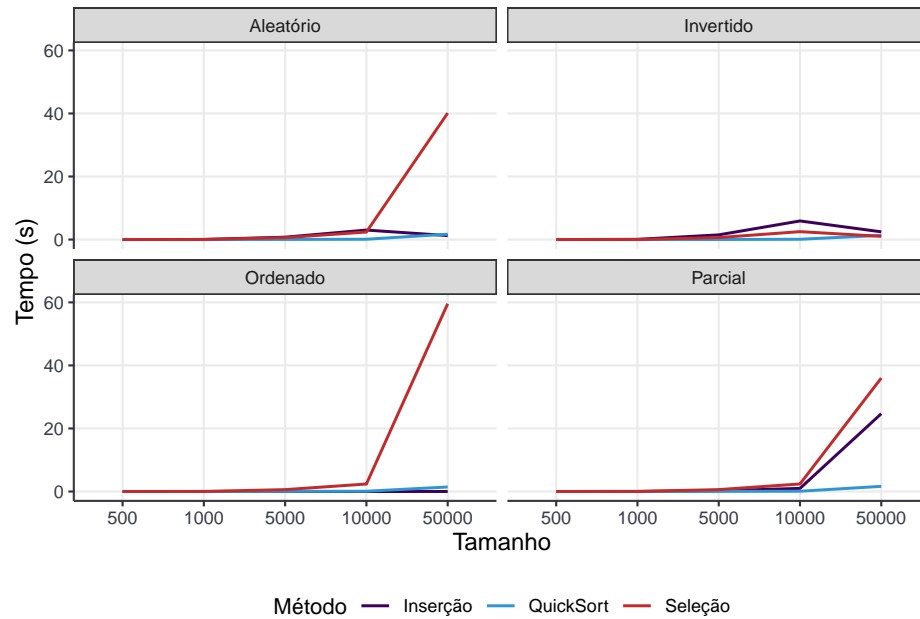


Figure 1: Tempo de execução dos métodos desagregado por ordenamento original da amostra

#### 3.2 Número de comparações

#### 3.3 Número de movimentações

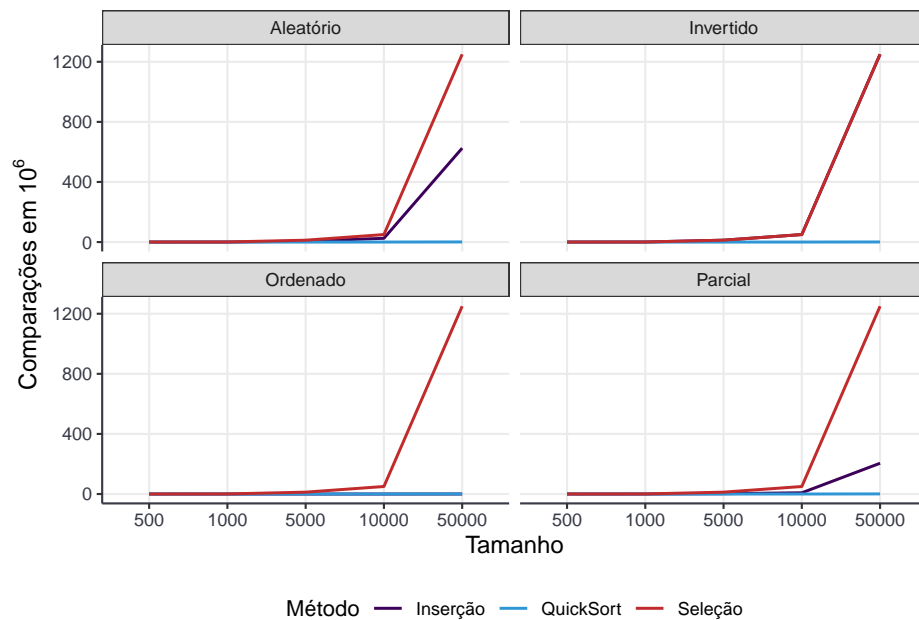


Figure 2: Quantidade de comparações dos métodos desagregado por ordenamento original da amostra

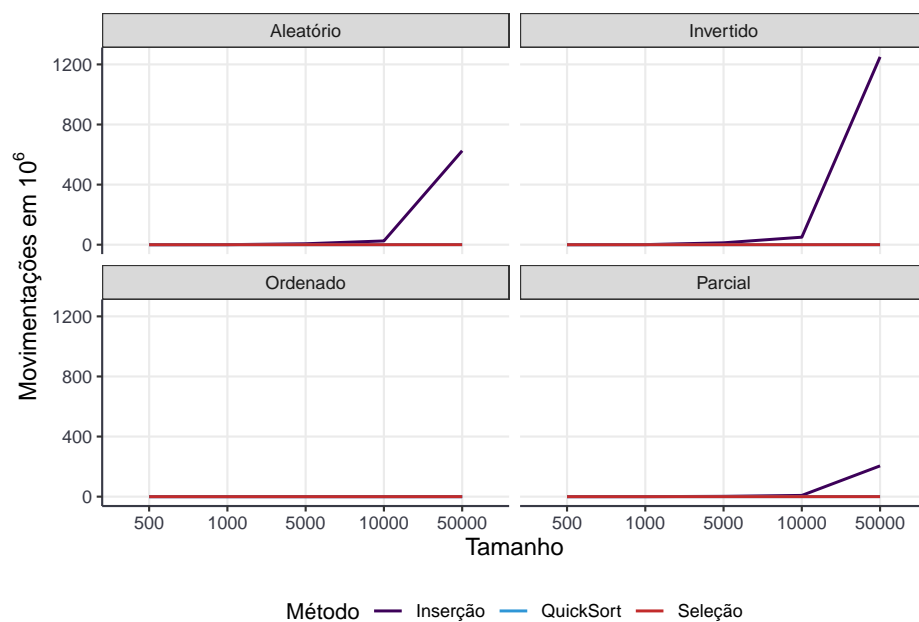


Figure 3: Quantidade de movimentações dos métodos desagregado por ordenamento original da amostra

## **4 Conclusao**

Comparar o que se esperava pelas medidas teóricas com o que foi calculado. Corrobora ou não?



## Anexo A - tabela com dados de execução dos algoritmos

metodo	tamanho	ordenamento	tempo	comparacoes	movimentacoes
Inserção	500	Aleatório	0.0073818 secs	63175.45	63674.45
Inserção	500	Invertido	0.0150082 secs	125249.00	125748.00
Inserção	500	Ordenado	0.0000713 secs	499.00	998.00
Inserção	500	Parcial	0.0024790 secs	21346.50	21845.50
Inserção	1000	Aleatório	0.0300949 secs	251098.85	252097.85
Inserção	1000	Invertido	0.0617530 secs	500499.00	501498.00
Inserção	1000	Ordenado	0.0003610 secs	999.00	1998.00
Inserção	1000	Parcial	0.0100131 secs	83807.18	84806.18
Inserção	5000	Aleatório	0.7530582 secs	6247376.11	6252375.11
Inserção	5000	Invertido	1.4874601 secs	12502499.00	12507498.00
Inserção	5000	Ordenado	0.0007043 secs	4999.00	9998.00
Inserção	5000	Parcial	0.2473113 secs	2052134.50	2057133.50
Inserção	10000	Aleatório	3.0103041 secs	24992830.95	25002829.95
Inserção	10000	Invertido	5.9000266 secs	50004999.00	50014998.00
Inserção	10000	Ordenado	0.0012832 secs	9999.00	19998.00
Inserção	10000	Parcial	0.9891398 secs	8209190.67	8219189.67
Inserção	50000	Aleatório	1.2550940 secs	625139777.91	625189776.91
Inserção	50000	Invertido	2.4522927 secs	1250024999.00	1250074998.00
Inserção	50000	Ordenado	0.0067918 secs	49999.00	99998.00
Inserção	50000	Parcial	24.6829854 secs	204828410.49	204878409.49
QuickSort	500	Aleatório	0.0016056 secs	4693.96	3134.49
QuickSort	500	Invertido	0.0009158 secs	3510.00	750.00
QuickSort	500	Ordenado	0.0009406 secs	3753.00	0.00
QuickSort	500	Parcial	0.0013527 secs	4245.99	1624.32
QuickSort	1000	Aleatório	0.0042355 secs	10498.21	6969.87
QuickSort	1000	Invertido	0.0025663 secs	8006.00	1500.00
QuickSort	1000	Ordenado	0.0028448 secs	8498.00	0.00
QuickSort	1000	Parcial	0.0031550 secs	9649.42	3935.13
QuickSort	5000	Aleatório	0.0350165 secs	65796.11	42854.85
QuickSort	5000	Invertido	0.0198913 secs	52286.00	7500.00
QuickSort	5000	Ordenado	0.0364048 secs	54774.00	0.00
QuickSort	5000	Parcial	0.0306256 secs	62592.02	26409.63
QuickSort	10000	Aleatório	0.0971727 secs	143824.18	92592.51
QuickSort	10000	Invertido	0.0881560 secs	114548.00	15000.00
QuickSort	10000	Ordenado	0.0848975 secs	119535.00	0.00
QuickSort	10000	Parcial	0.0882310 secs	138064.31	58672.14
QuickSort	50000	Aleatório	1.7015193 secs	848051.17	543859.65
QuickSort	50000	Invertido	1.3288860 secs	692262.00	75000.00
QuickSort	50000	Ordenado	1.4357085 secs	717248.00	0.00
QuickSort	50000	Parcial	1.6348659 secs	845808.05	364271.70
Seleção	500	Aleatório	0.0060219 secs	124750.00	1485.98
Seleção	500	Invertido	0.0063689 secs	124750.00	999.00
Seleção	500	Ordenado	0.0063312 secs	124750.00	499.00
Seleção	500	Parcial	0.0058984 secs	124750.00	1321.76
Seleção	1000	Aleatório	0.0241992 secs	499500.00	2984.90
Seleção	1000	Invertido	0.0250914 secs	499500.00	1999.00
Seleção	1000	Ordenado	0.0242286 secs	499500.00	999.00
Seleção	1000	Parcial	0.0240066 secs	499500.00	2827.52
Seleção	5000	Aleatório	0.5993001 secs	12497500.00	14980.26

(continued)

metodo	tamanho	ordenamento	tempo	comparacoes	movimentacoes
Seleção	5000	Invertido	0.6298366 secs	12497500.00	9999.00
Seleção	5000	Ordenado	0.5931146 secs	12497500.00	4999.00
Seleção	5000	Parcial	0.5999767 secs	12497500.00	14840.56
Seleção	10000	Aleatório	2.3946125 secs	49995000.00	29979.50
Seleção	10000	Invertido	2.5044448 secs	49995000.00	19999.00
Seleção	10000	Ordenado	2.3760064 secs	49995000.00	9999.00
Seleção	10000	Parcial	2.3942290 secs	49995000.00	29790.08
Seleção	50000	Aleatório	40.1216324 secs	1249975000.00	149976.26
Seleção	50000	Invertido	1.0167490 secs	1249975000.00	99999.00
Seleção	50000	Ordenado	59.5748768 secs	1249975000.00	49999.00
Seleção	50000	Parcial	36.0013029 secs	1249975000.00	149808.78

## Anexo B - código comentado

O código a seguir está estruturado da seguinte forma:

1. Definição da função geradora de amostras e testes de funcionamento;
2. Métodos de ordenamento;
  - 2.1. Definição da função de seleção;
  - 2.2. Definição da função de inserção;
  - 2.3. Definição da função de quicksort;
    - 2.3.1. Definição da função quicksort base;
    - 2.3.2. Definição da função envoltória para realizar a medição de tempo e completar os demais outputs necessários;
3. Testes de comparação
  - 3.1. Testes de comparação para amostras em ordem direta ou inversa;
  - 3.2. Testes de comparação para amostras parcialmente ou totalmente aleatórias;
  - 3.3. Cálculo das médias das medidas do item 3.2.

```
# funcao geradora de amostras ----
gera.amostra <- function(size, ordem, seed){
  #funcao para facilitar teste de argumento ORDEM na funcao
  `~%notin%` <- Negate(`%in%`)

  #opcoes de argumento
  opcoes <- c("ordenado", "invertido", "aleatorio", "parcial")
  #testa ordem da funcao
  if (ordem %notin% opcoes) {
    stop("Selecione uma das opcoes possíveis: \nordenado, invertido, aleatorio ou parcial.",
         call. = FALSE)}

  if(missing(seed)){message("Argumento não usado: random seed.")}
  else {set.seed(seed)}

  #testa tamanho da amostra
  if (size - as.integer(size) != 0){
    message("Tamanho de amostra será convertido para o \nmenor número inteiro mais próximo.")
  }
  #converte para realizar os calculos
  size <- as.integer(size)

  #gera amostra
  if (ordem == "ordenado"){
    vec <- 1L:size
  } else if (ordem == "invertido"){
    vec <- size:1L
  } else if (ordem == "aleatorio"){
    vec <- sample(c(1L:size), size)
  } else if (ordem == "parcial") {
    vec <- 1L:size
    amostra <- sample(vec, size = as.integer(size*0.1))
    locais <- sample(as.integer(size*0.1))
    antigos_velhos <- matrix(c(amostra, locais), ncol = 2)
    vec[locais] <- antigos_velhos[,1]
```

```

vec[amostra] <- antigos_velhos[,2]

}
return(list(amostra = vec, ordem = ordem))
}
## exemplos de amostras ----
gera.amostra(15L, "parcial") #uso correto sem seed
gera.amostra(15.2, "aleatorio", seed = 1234) #uso com decimal e com seed
gera.amostra(15L, "aleatorio", seed = 1234) #demonstra que o vetor é igual se o seed é igual
gera.amostra(15L, "aleatorio") #demonstra que o vetor é diferente sem seed fornecido
gera.amostra(10L, "cassildis") #demonstra interrupcao da execucao da funcao

# Metodos de ordenacao ----

## Selecao ----
selecao <- function(amostra, .show_all = FALSE){

  #amostra <- gera.amostra(size, ordem) - removido

  x <- amostra$amostra
  size <- length(amostra$amostra)

  # if (length(x) == 1){ - removido. Considerar apenas as amostrar geradas, numéricas
  # x <- as.character(x)
  # x <- unlist(strsplit(tolower(x), split = "*"))
  # }

  comparacoes <- 0
  movimentacoes <- 0 #copias, reatribuicoes
  t1 <- Sys.time()

  #tamanho do vetor
  n <- length(x)
  #loop de ordenacao
  for(i in 1:(n-1)){ #para i de 1 ao penultimo
    min = i #considere o primeiro como o menor
    for(j in (i+1):n){ #para j do segundo ao ultimo
      if(x[j] < x[min]) {#compara x[j] ao x[i] (considerado minimo)
        min <- j #se x[j] for menor, o indice minimo deve ser j
      }
      comparacoes <- comparacoes+1 #aumenta o contador de comparacoes
    }
    temp <- x[min] #objeto temporario com o menor valor - COPIA
    movimentacoes <- movimentacoes + 1

    #objetos originais para comparacao
    xmin_antigo <- x[min]
    xi_antigo <- x[i]

    #objetos novos apos reposicionamento - REPOSICIONAMENTOS (talvez)
    x[min] <- x[i] #antigo indice do minimo se torna o maior valor
    x[i] <- temp #antigo indice maior recebe valor minimo,
    ## armazenado na variavel temporaria

```

```

    #testa se houve reposicionamento
    if(xmin_antigo != x[min]){movimentacoes <- movimentacoes + 1}
    if(xi_antigo != x[i]){movimentacoes <- movimentacoes + 1}
  }
  t <- Sys.time()-t1

  if(.show_all == FALSE){
    return(data.frame(
      metodo = "selecao",
      tamanho = size,
      ordenamento = amostra$ordem,
      # objeto_original = amostra,
      # objeto_ordenado = x,
      tempo = t,
      comparacoes = comparacoes,
      movimentacoes = movimentacoes)
    )
  } else {
    return(list(
      metodo = "selecao",
      tamanho = size,
      ordenamento = amostra$ordem,
      objeto_original = amostra$amostra,
      objeto_ordenado = x,
      tempo = t,
      comparacoes = comparacoes,
      movimentacoes = movimentacoes)
    )
  }
}

### exemplo ----
amostra <- gera.amostra(20, "parcial", seed = 1234)
selecao(amostra)
selecao(amostra, .show_all = T)

## Insercao ----

insercao <- function(amostra, .show_all = FALSE){
  x <- amostra$amostra
  size <- length(amostra$amostra)
  comparacoes <- 0
  movimentacoes <- 0 #copias, reatribuicoes
  t1 <- Sys.time()

  #tamanho do vetor
  n <- length(x)
  #loop de ordenacao
  for(i in 2:n){ # a partir de i = 2
    temp = x[i] # selecione o i-esimo
    movimentacoes <- movimentacoes+1
    j = i-1

```

```

while(x[j] > temp && j > 0){ #
  comparacoes <- comparacoes+1
  x[j+1] <- x[j]
  movimentacoes <- movimentacoes+1
  j <- j-1
}
comparacoes <- comparacoes+1
#1 comparacao se x[j] > temp == FALSE
x[j+1] <- temp
movimentacoes <- movimentacoes+1
}

t <- Sys.time()-t1

if(.show_all == FALSE){
  return(data.frame(
    metodo = "insercao",
    tamanho = size,
    ordenamento = amostra$ordem,
    # objeto_original = amostra,
    # objeto_ordenado = x,
    tempo = t,
    comparacoes = comparacoes,
    movimentacoes = movimentacoes)
  )
} else {
  return(list(
    metodo = "insercao",
    tamanho = size,
    ordenamento = amostra$ordem,
    objeto_original = amostra$amostra,
    objeto_ordenado = x,
    tempo = t,
    comparacoes = comparacoes,
    movimentacoes = movimentacoes)
  )
}
}

### exemplo ----
amostra <- gera.amostra(20, "parcial", seed = 1234)
insercao(amostra)
insercao(amostra, .show_all = T)

## QuickSort ----

quicksort_base <- function(vetor, esq = 1, dir = length(vetor),
  movimentacoes = 0, comparacoes = 0){

  pivot <- vetor[as.integer((esq+dir)/2)] # pega ponto médio como pivo
  i <- esq

```

```

j <- dir

while(i <= j){
  #compara i com j no while(i <= j)
  comparacoes <- comparacoes+1

  # enquanto o pivo for maior que o numero à esquerda
  # avanca com i até achar um numero maior que o pivot
  # compara x[i] com pivot
  while(vetor[i] < pivot){
    i <- i+1
    comparacoes <- comparacoes+1
  }

  # enquanto o pivo for menor que o numero à direita
  # retrocede com j até achar um numero menor que o pivot
  # compara x[j] com pivot
  while(vetor[j] > pivot){
    j <- j-1
    comparacoes <- comparacoes+1
  }

  #se o índice i for menor que o índice j
  #realiza movimentacoes
  #prossegue com os contadores
  if(i <= j){
    temp <- vetor[i]
    vetor[i] <- vetor[j]
    vetor[j] <- temp
    if(i<j){movimentacoes <- movimentacoes+3}
    i <- i + 1
    j <- j - 1
  }
  # #se os indices forem iguais
  # #cruza os apontadores
  # if(i == j){
  #   i <- i + 1
  #   #j <- j - 1
  # }
}

# prints pra auditoria de um digito que estava escapando do ordenamento
#print(vetor)
#print(glue::glue("i = {i}, j = {j}, pivot = {pivot}, es = {esq}, dir = {dir}"))

#quicksort da esquerda
if(esq < j){
  resultado <- quicksort_base(vetor, esq = esq, dir = j,
                              movimentacoes = movimentacoes, comparacoes = comparacoes)
  vetor <- resultado$vetor
  movimentacoes <- resultado$movimentacoes
  comparacoes <- resultado$comparacoes
}

```

```

#quicksort da direita
if(i < dir){
  resultado <- quicksort_base(vetor, esq = i, dir = dir,
                             movimentacoes = movimentacoes, comparacoes = comparacoes)
  vetor <- resultado$vetor
  movimentacoes <- resultado$movimentacoes
  comparacoes <- resultado$comparacoes
}
return(list(
  vetor = vetor,
  movimentacoes = movimentacoes,
  comparacoes = comparacoes
))
}

quick_completa <- function(amostra, .show_all = FALSE){

  vetor <- amostra$amostra

  t1 <- Sys.time()
  resultados <- quicksort_base(vetor)
  t <- Sys.time()-t1

  if(.show_all == FALSE){
    return(data.frame(
      metodo = "quicksort",
      tamanho = length(amostra$amostra),
      ordenamento = amostra$ordem,
      # objeto_original = amostra$amostra,
      # objeto_ordenado = resultados$vetor,
      tempo = t,
      comparacoes = resultados$comparacoes,
      movimentacoes = resultados$movimentacoes)
    )
  } else {
    return(list(
      metodo = "quicksort",
      tamanho = length(amostra$amostra),
      ordenamento = amostra$ordem,
      objeto_original = amostra$amostra,
      objeto_ordenado = resultados$vetor,
      tempo = t,
      comparacoes = resultados$comparacoes,
      movimentacoes = resultados$movimentacoes)
    )
  }
}

### exemplo
amostra <- gera.amostra(20, "parcial", seed = 1234)
quick_completa(amostra)
quick_completa(amostra, .show_all = T)

```



```

# Limpeza ----
rm(list=setdiff(ls(), c("gera.amostra", "selecao", "insercao",
                        "quicksort_base", "quick_completa")))
gc()

# Testes de comparação ----

# tamanhos de vetores: 0.5K, 1K, 5K, 10K, 50K
tamanhos <- c(500L, 1000L, 5000L, 10000L, 50000L)
# ordenações possíveis: ordenados, 10% desordenados, aleatorio, e ordem invertida
ordens_simples <- c("ordenado", "invertido")
ordens_medias <- c("parcial", "aleatorio")

## computa tabela de ordenacoes simples se arquivo nao existe ----
if(!dir.exists("./dados gerados tp1/")){
  dir.create("./dados gerados tp1/")
}

if(!file.exists("trabalho pratico 1/dados gerados tp1/comps_simples.Rdata")){

  comps_simples <- data.frame()

  ### loop de amostras nao aleatorizadas ----

  for(i in tamanhos[1:5]){ #poderia ser otimizado para nao gerar amostras toda vez
    for(j in ordens_simples){
      amostra <- gera.amostra(i,j, seed = 12345)
      comps_simples <- rbind(comps_simples, selecao(amostra),
                            insercao(amostra), quick_completa(amostra))
    }
  }

  ### salva o arquivo, se nao existe ----
  saveRDS(comps_simples, "trabalho pratico 1/dados gerados tp1/comps_simples.Rdata")
} else {comps_simples <- readRDS("trabalho pratico 1/dados gerados tp1/comps_simples.Rdata")}

## computa tabela com multiplas iteracoes nos casos aleatorizados se nao existe ----
if(!file.exists("trabalho pratico 1/dados gerados tp1/comps_iter.Rdata")){

  comps_iter <- data.frame()

  ### loop amostras aleatorizadas
  for(k in 1:100){
    #print(paste("k = ", k)) - para auditoria
    for(i in tamanhos[1:5]){ #poderia ser otimizado para nao gerar amostras toda vez
      #print(paste("i = ", i)) - para auditoria
      for(j in ordens_medias){
        amostra <- gera.amostra(i,j, seed = k)
        comps_iter <- rbind(comps_iter, selecao(amostra),
                            insercao(amostra), quick_completa(amostra))
        #COMO NO ANTERIOR, BOTAR TODOS NO RBIND
      }
    }
  }
}

```

```

    }
  }
}

### salva o arquivo, se nao existe ----
saveRDS(comps_iter, "trabalho pratico 1/dados gerados tp1/comps_iter.Rdata")

} else {comps_iter <- readRDS("trabalho pratico 1/dados gerados tp1/comps_iter.Rdata")}

## calculo das médias dos casos aleatorizados ----
library(dplyr)
medias <-comps_iter %>%
  group_by(metodo, tamanho, ordenamento)%>%
  summarise(across(tempo:movimentacoes, mean))

saveRDS(medias, "trabalho pratico 1/dados gerados tp1/medias_iter.Rdata")

# limpeza do ambiente, deixar apenas funcoes e objetos finais

rm(list=setdiff(ls(), c("gera.amostra", "selecao", "insercao",
                        "quicksort_base", "quick_completa",
                        "comps_iter", "comps_simples", "medias")))

gc()

```