Laboratório – Ordenação.

Curso: Engenharia de computação.

Nome: Pedro Henrique Teixeira de Souza.

1 – Implementação.

Os algoritmos podem ser encontrados nesse repositório do GitHub: https://github.com/phtsouza/AnaliseDeAgoritmos

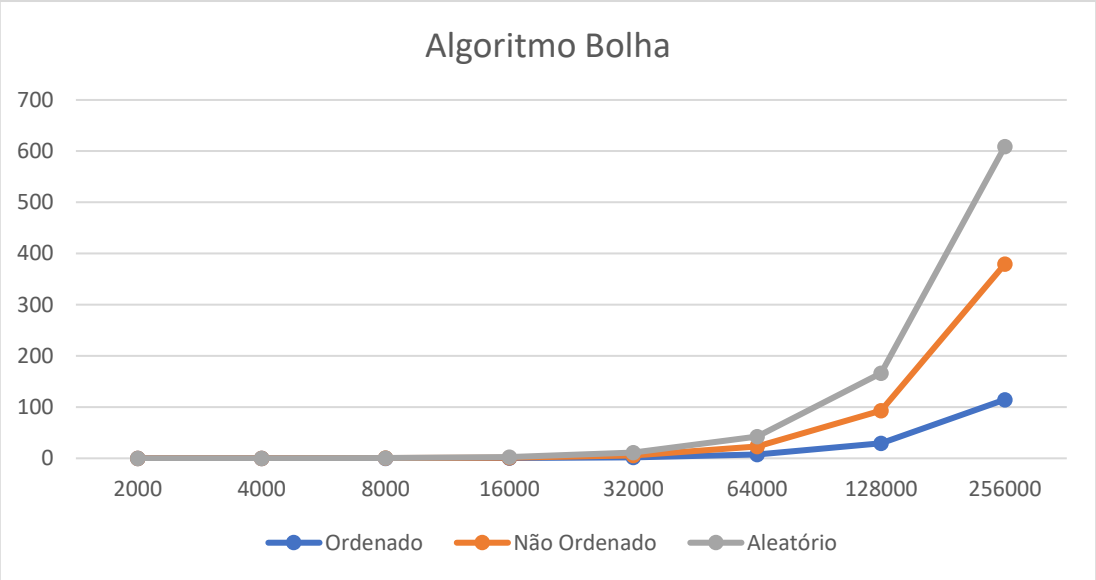
Link da apresentação: https://www.youtube.com/watch?v=wKJWzkiDclA

2 – Análise de Desempenho Experimental

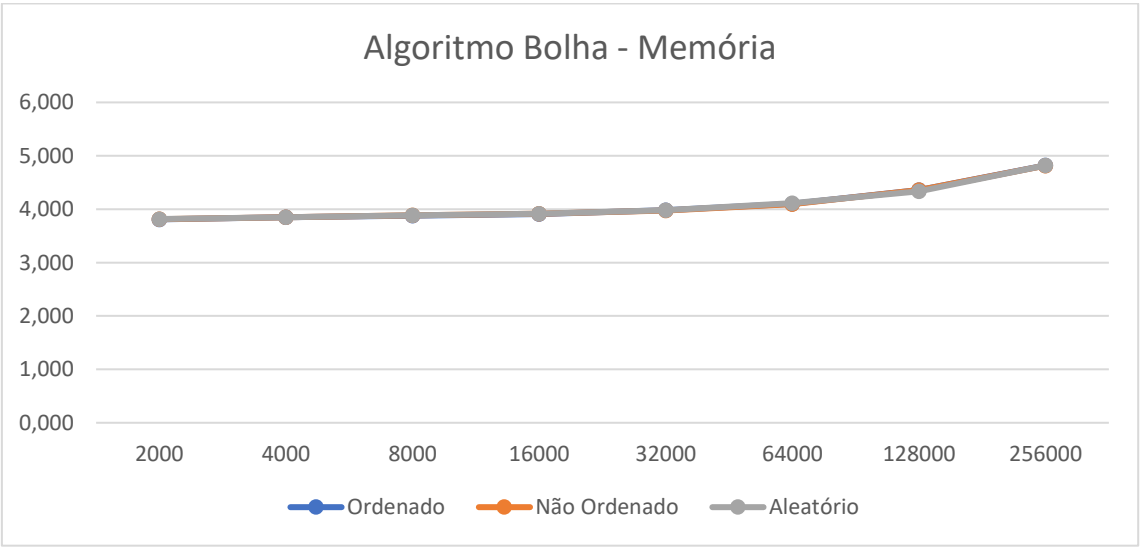
A) Algoritmo Bolha

O algoritmo funciona comparando um elemento da posição atual, com outro da próxima posição. Caso a posição seja menor que a outra já é realizada a troca entre eles.

Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	0,007	0,017	0,022
4000	0,029	0,069	0,08
8000	0,111	0,243	0,277
16000	0,427	1,017	1,178
32000	1,868	3,888	5,206
64000	7,438	15,637	19,457
128000	29,559	63,475	73,422
256000	114,604	264,726	229,706



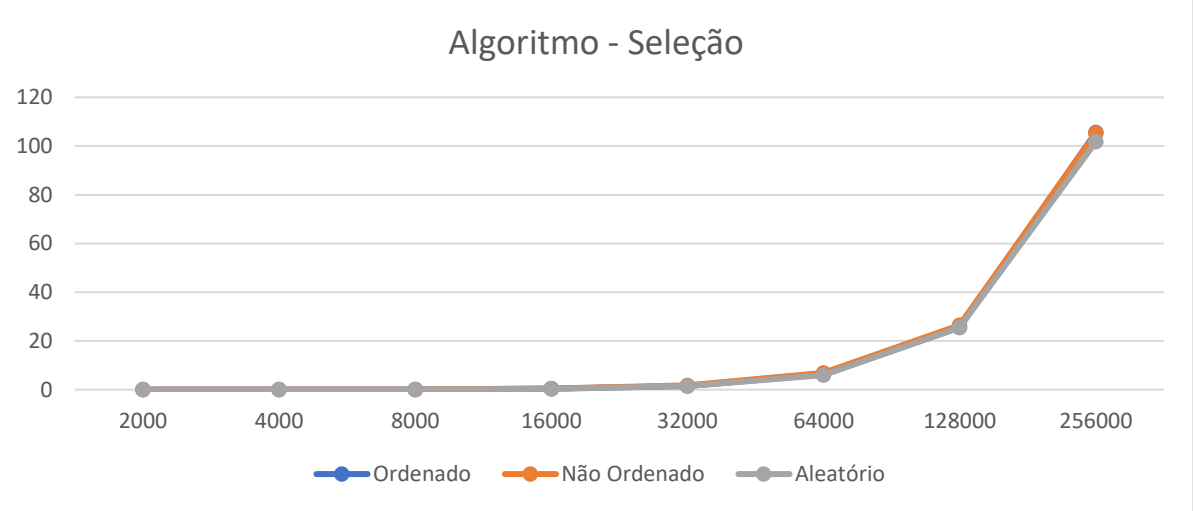
Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	3,810	3,813	3,816
4000	3,850	3,848	3,852
8000	3,880	3,883	3,887
16000	3,910	3,914	3,918
32000	3,980	3,977	3,980
64000	4,100	4,098	4,113
128000	4,360	4,359	4,336
256000	4,820	4,816	4,820



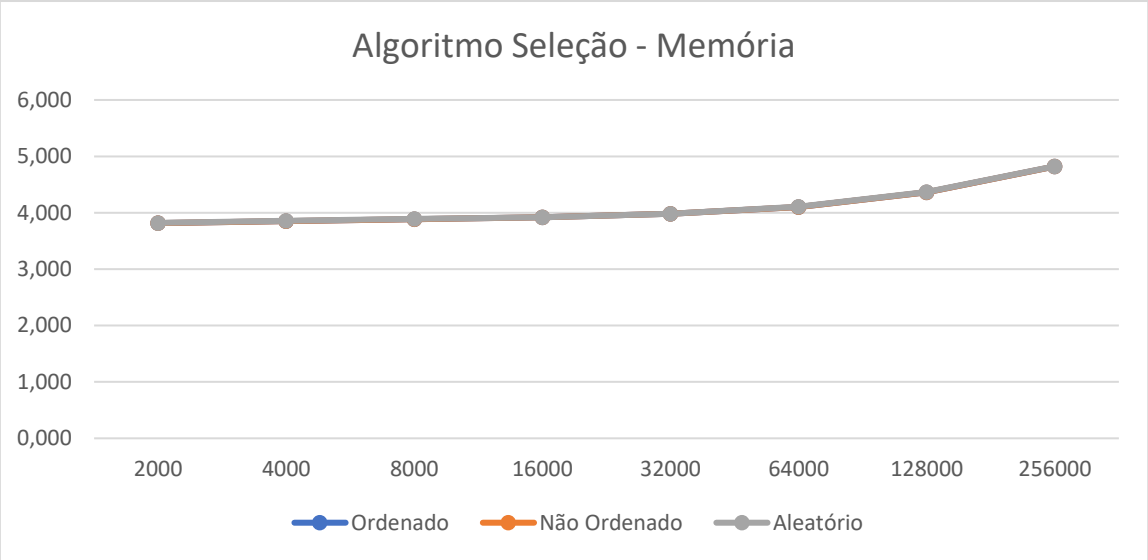
B) Algoritmo Seleção

Esse algoritmo procura o menor elemento do vetor e realiza a troca com o elemento que está na primeira posição, após isso realiza o mesmo procedimento, porém a troca é feita em uma posição à frente da troca passada.

Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	0,006	0,009	0,006
4000	0,03	0,032	0,03
8000	0,099	0,108	0,1
16000	0,401	0	0
32000	1	2	1
64000	6	7	6
128000	26	26	26
256000	106	105	102



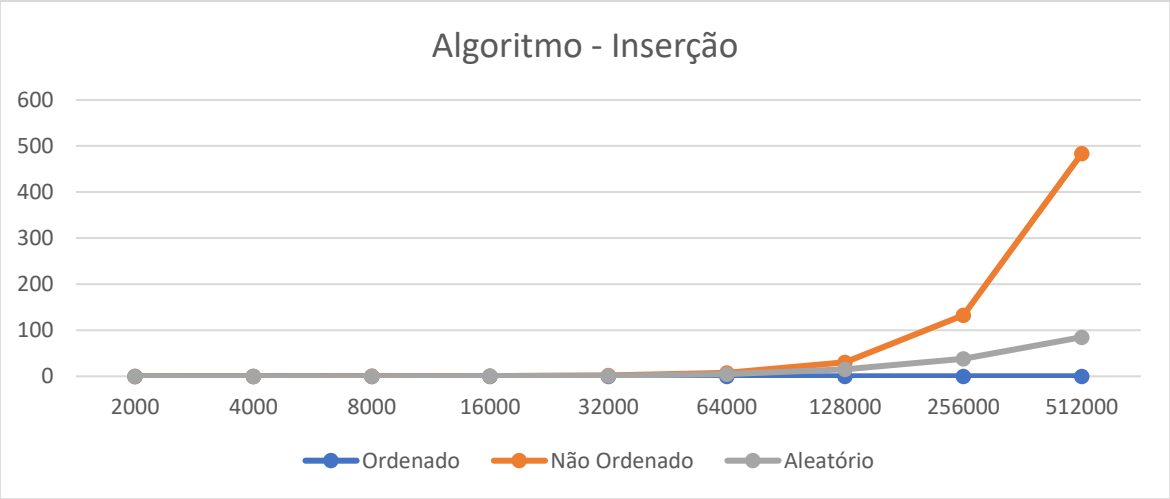
Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	3,816	3,816	3,820
4000	3,852	3,852	3,855
8000	3,887	3,887	3,891
16000	3,918	3,918	3,922
32000	3,980	3,980	3,984
64000	4,102	4,102	4,105
128000	4,363	4,363	4,367
256000	4,820	4,820	4,824



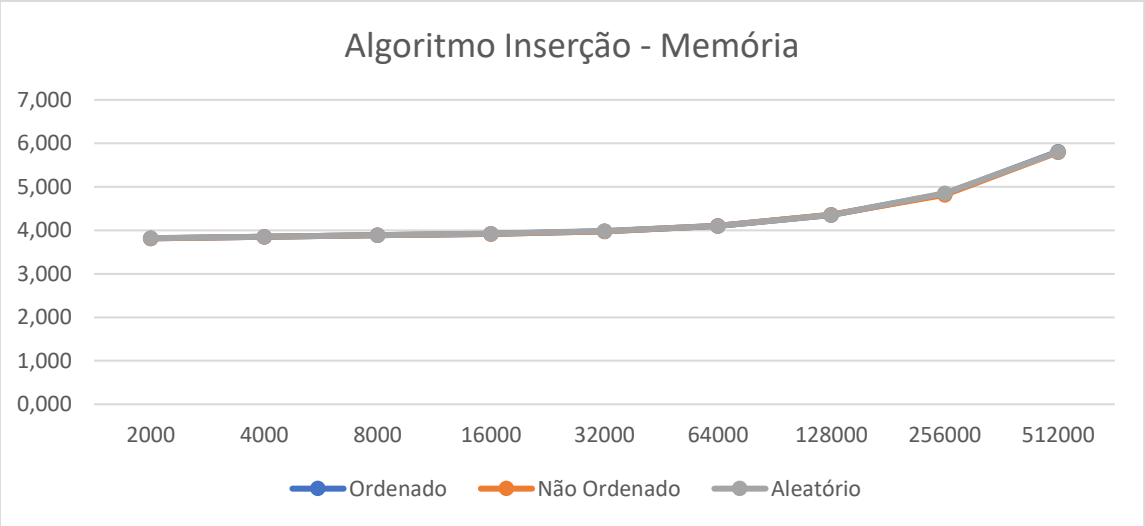
C) Algoritmo Inserção

Esse algoritmo funciona da seguinte forma, existem duas sequências, aquelas ordenadas e as que vão ser ordenadas. Se um elemento da posição atual for menor que a próxima posição não acontece nada, porém caso contrário o menor elemento é armazenado em uma variável temporária, com ela é feita as comparações até o valor ser alocado em sua posição correta.

Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	0	0,012	0,005
4000	0	0,044	0,025
8000	0	0,197	0,078
16000	0	1	0
32000	0	2	1
64000	0.001	7	4
128000	0.001	31	15
256000	0.001	132	38
512000	0.004	483	85



Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	3,816	3,816	3,820
4000	3,852	3,852	3,855
8000	3,887	3,887	3,891
16000	3,918	3,918	3,922
32000	3,980	3,980	3,984
64000	4,102	4,102	4,105
128000	4,352	4,363	4,355
256000	4,836	4,820	4,852
512000	5,813	5,797	5,801

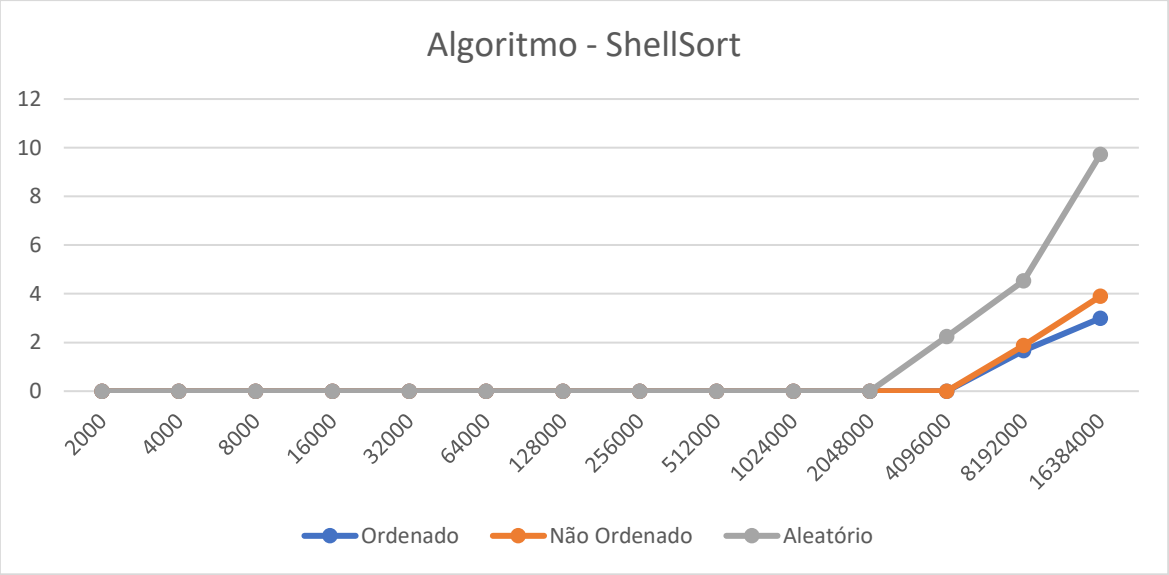


D) Algoritmo ShellSort

Esse algoritmo funciona da seguinte maneira, o array inicial é separado em uma quantidade “h” de pseudo arrays, logo após é realizado o algoritmo de inserção em cada um. Depois é reduzido o valor de “h” e o processo é realizado

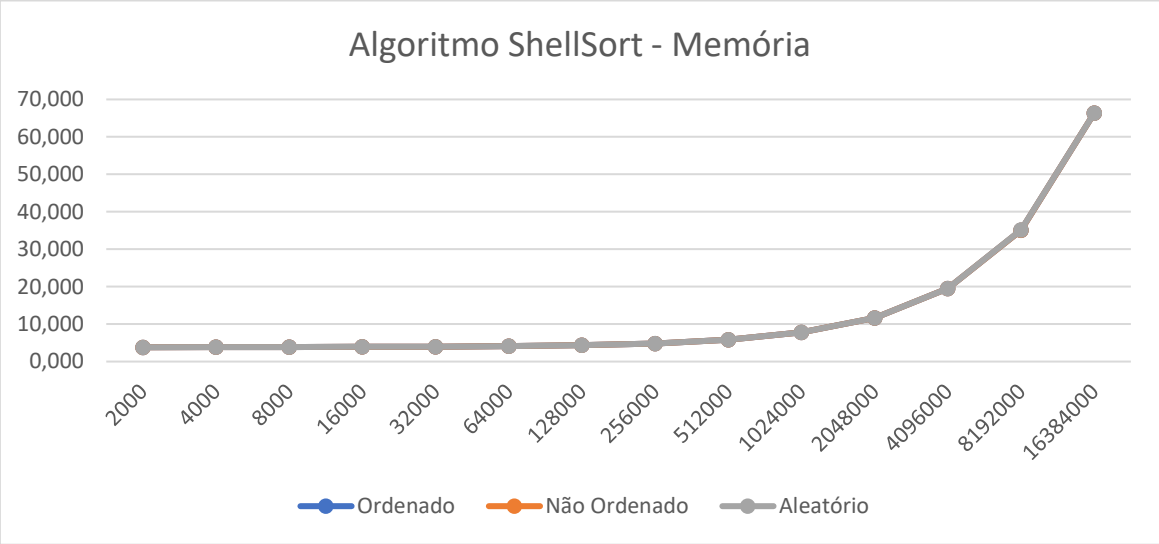
de novo até que “h” seja igual a 1 e seja efetuado o processo de inserção pela última vez.

Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	0.000	0.001	0.000
4000	0.001	0.001	0.001
8000	0.000	0.001	0.001
16000	0.002	0.006	0.005
32000	0.002	0.010	0.010
64000	0.008	0.016	0.021
128000	0.016	0.088	0.045
256000	0.033	0.069	0.091
512000	0.066	0.132	0.187
1024000	0.120	0.255	0.482
2048000	0.250	0.398	0.868
4096000	0.573	0.755	2,241
8192000	1,667	1,873	4,538
16384000	2,997	3,901	9,732



Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	3,820	3,820	3,824
4000	3,855	3,855	3,859
8000	3,891	3,891	3,895
16000	3,922	3,922	3,926
32000	3,984	3,984	3,988
64000	4,105	4,105	4,109
128000	4,355	4,355	4,359
256000	4,840	4,840	4,844
512000	5,816	5,816	5,820

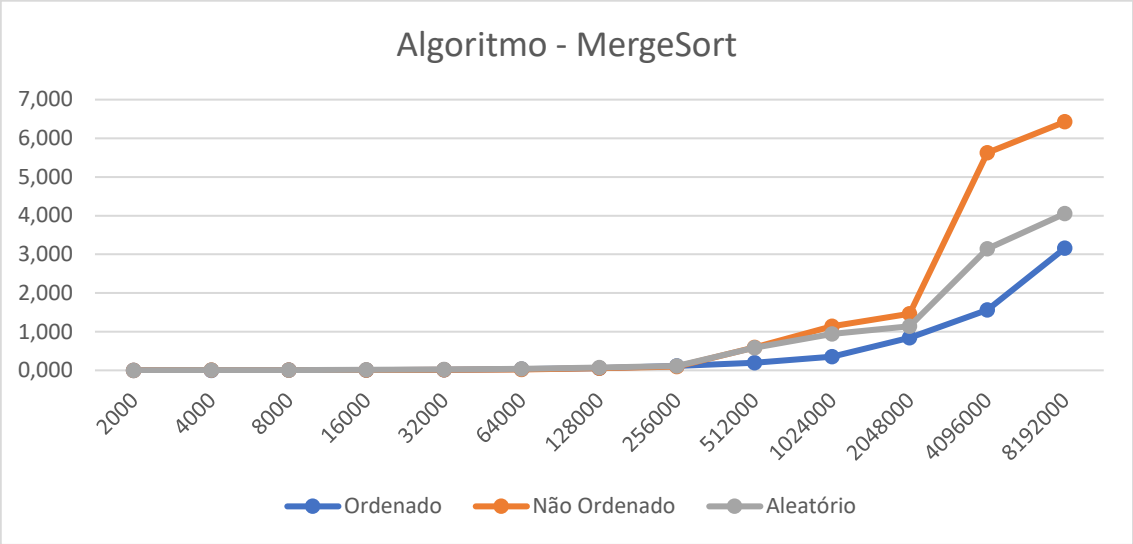
1024000	7,770	7,770	7,773
2048000	11,676	11,676	11,680
4096000	19,488	19,488	19,492
8192000	35,113	35,113	35,117
16384000	66,363	66,363	66,367



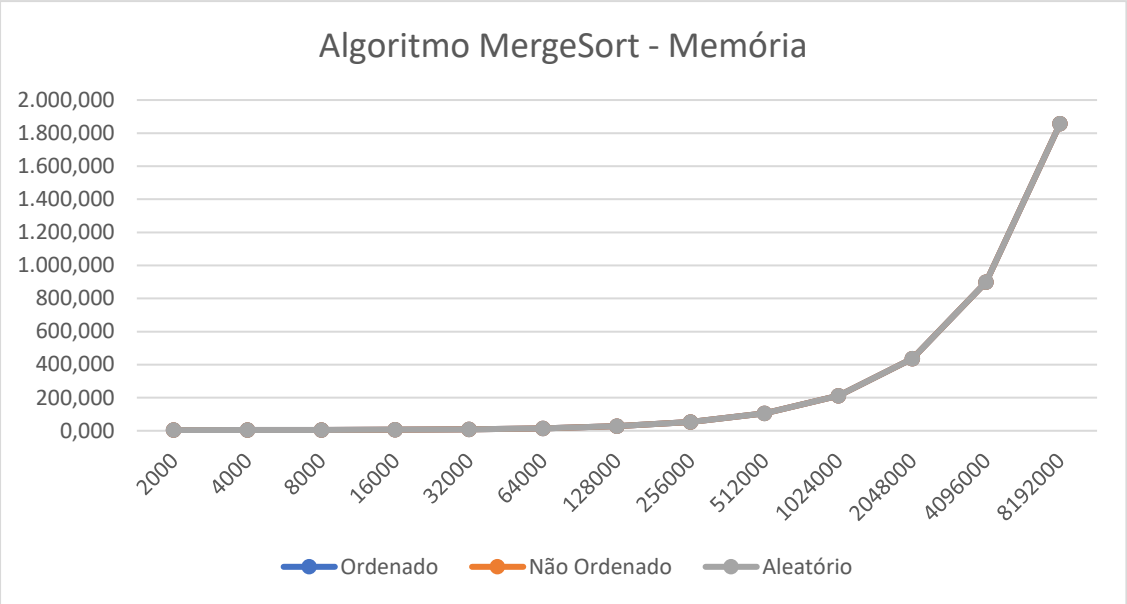
E) Algoritmo MergeSort

Esse algoritmo normalmente é implementado com recursividade e funciona dividindo o vetor inicial em sub vetores até que todos tenham o tamanho de um elemento. Após isso os vetores vão intercalando para serem ordenados entre si. Este algoritmo consome muita memória pela necessidade da criação de muitos vetores.

Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	0,002	0,001	0,002
4000	0,001	0,003	0,003
8000	0,003	0,003	0,007
16000	0,006	0,004	0,012
32000	0,015	0,012	0,025
64000	0,031	0,027	0,042
128000	0,055	0,055	0,071
256000	0,112	0,101	0,115
512000	0,198	0,597	0,588
1024000	0,352	1,140	0,944
2048000	0,843	1,466	1,144
4096000	1,559	5,629	3,141
8192000	3,159	6,426	4,054



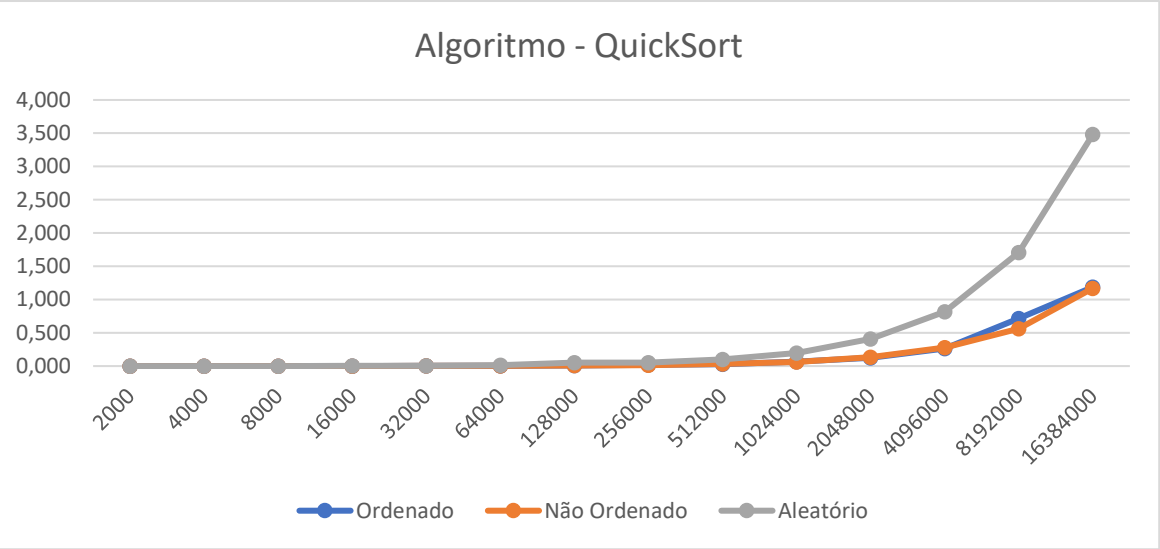
Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	3,992	3,992	4,016
4000	4,363	4,363	4,387
8000	5,055	5,059	5,078
16000	6,410	6,410	6,434
32000	9,277	9,246	9,254
64000	15,371	15,379	15,434
128000	27,465	27,445	27,449
256000	53,074	52,992	53,012
512000	105,129	104,957	105,109
1024000	212,891	212,867	212,898
2048000	436,754	436,777	436,750
4096000	899,836	899,867	899,777
8192000	1.857,445	1.857,559	1.857,461



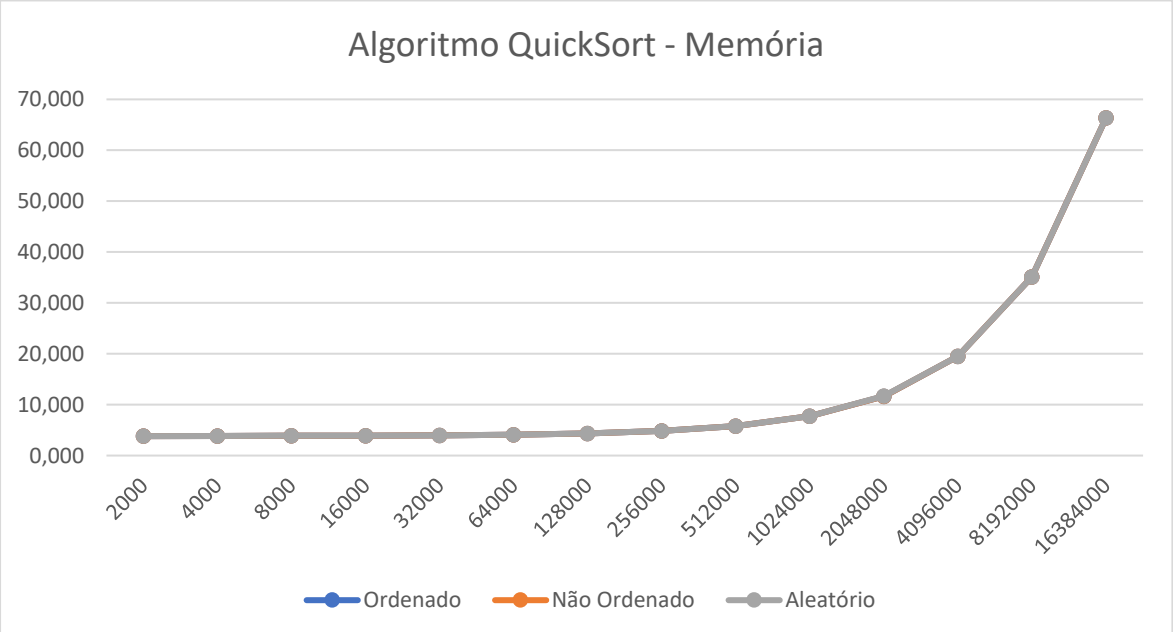
F) Algoritmo QuickSort

Nesse algoritmo se define um pivô (sempre recebe a posição do meio do vetor), pelo qual divide o vetor em dois pontos (a esquerda menores que o pivô e a direita maiores que o pivô). Cada lado da lista será ordenado para que no final elas juntas fiquem totalmente na ordem correta.

Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	0,000	0,001	0,000
4000	0,001	0,000	0,000
8000	0,001	0,001	0,001
16000	0,001	0,001	0,003
32000	0,002	0,002	0,005
64000	0,005	0,003	0,013
128000	0,010	0,007	0,05
256000	0,016	0,014	0,054
512000	0,030	0,031	0,102
1024000	0,065	0,063	0,196
2048000	0,124	0,133	0,408
4096000	0,263	0,280	0,818
8192000	0,717	0,564	1,707
16384000	1,187	1,170	3,481



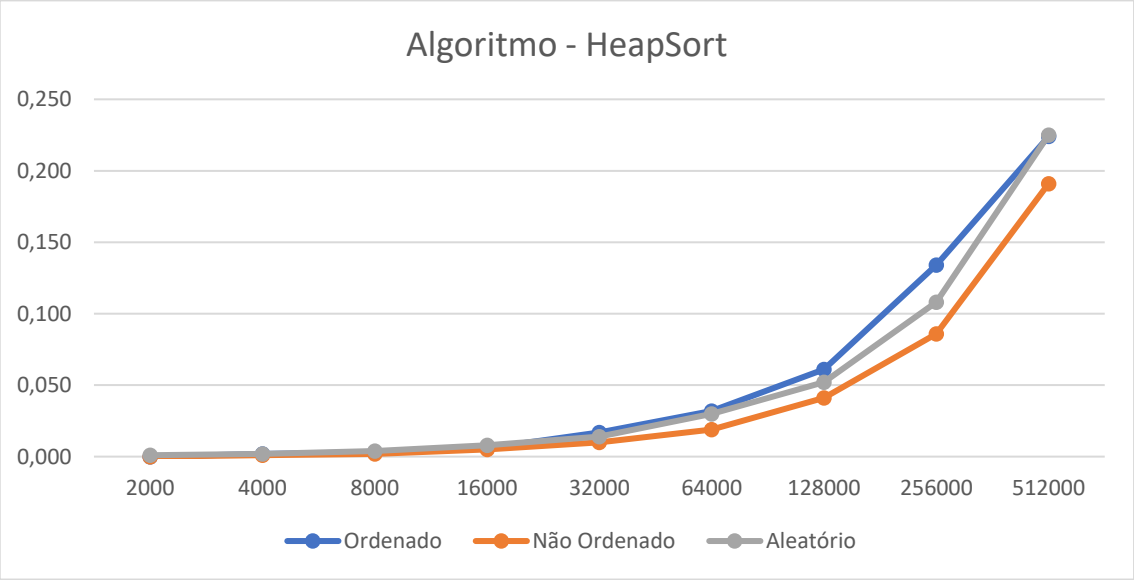
Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	3,820	3,820	3,824
4000	3,855	3,855	3,859
8000	3,891	3,891	3,895
16000	3,922	3,922	3,926
32000	3,984	3,984	3,988
64000	4,105	4,105	4,109
128000	4,355	4,355	4,359
256000	4,840	4,840	4,844
512000	5,816	5,816	5,820
1024000	7,770	7,770	7,773
2048000	11,676	11,676	11,680
4096000	19,488	19,488	19,492
8192000	35,113	35,113	35,117
16384000	66,363	66,363	66,367



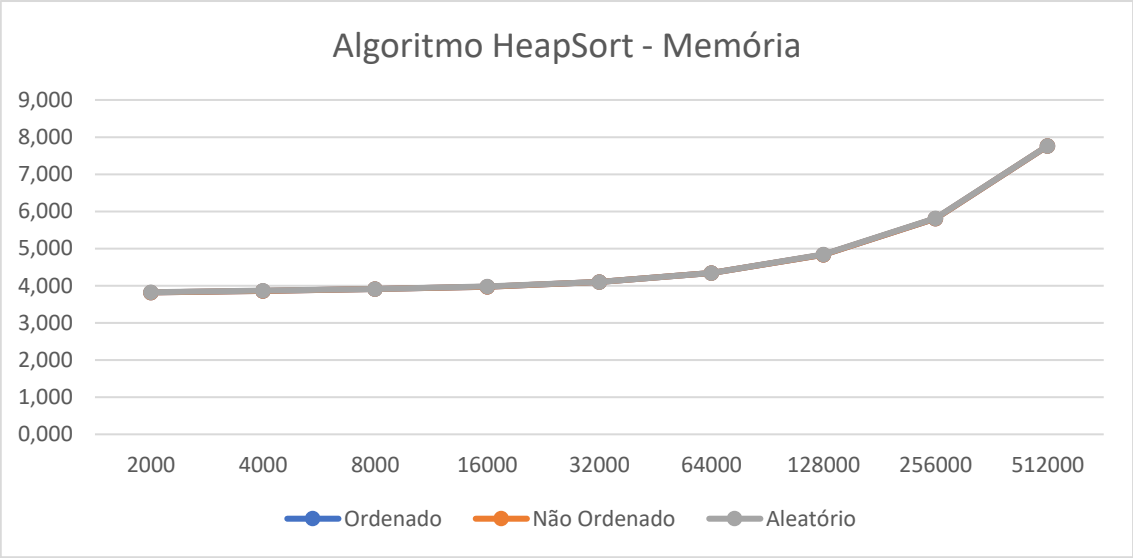
G) Algoritmo Heapsort

Se inspira no algoritmo de seleção, ele funciona por meio de uma heap (árvore de dados do vetor) invertida, ou seja, logo no início já será possível identificar o maior elemento do vetor. A ordenação é feita tendo como base a árvore de dados criada fazendo a ordenação debaixo pra cima.

Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	0,000	0,000	0,001
4000	0,002	0,001	0,002
8000	0,003	0,002	0,004
16000	0,006	0,005	0,008
32000	0,017	0,010	0,014
64000	0,032	0,019	0,030
128000	0,061	0,041	0,052
256000	0,134	0,086	0,108
512000	0,224	0,191	0,225



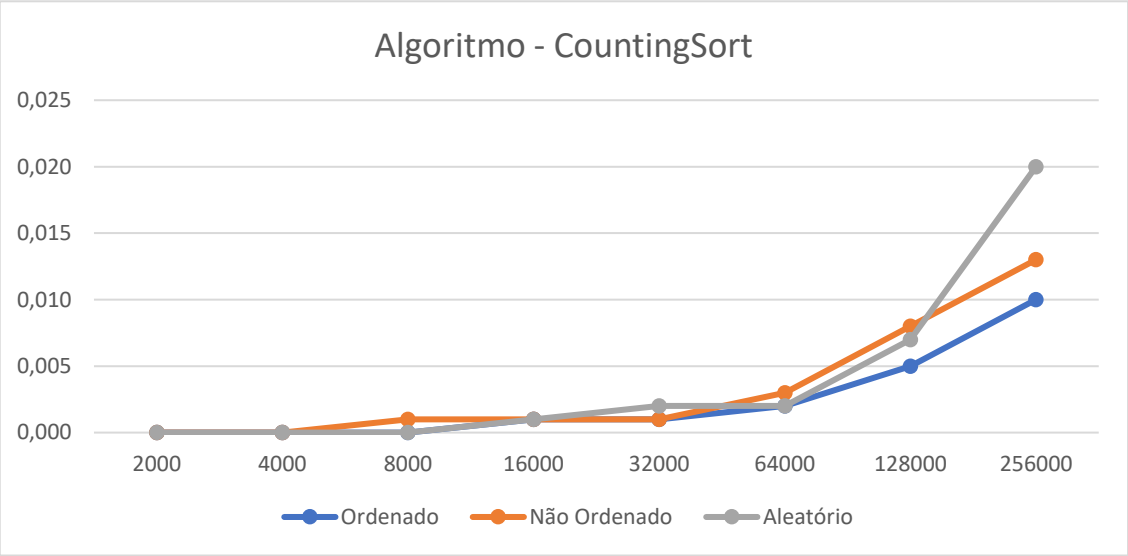
Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	3,820	3,820	3,824
4000	3,863	3,863	3,867
8000	3,910	3,910	3,914
16000	3,973	3,973	3,977
32000	4,098	4,098	4,102
64000	4,340	4,340	4,344
128000	4,836	4,836	4,840
256000	5,809	5,809	5,813
512000	7,762	7,762	7,766



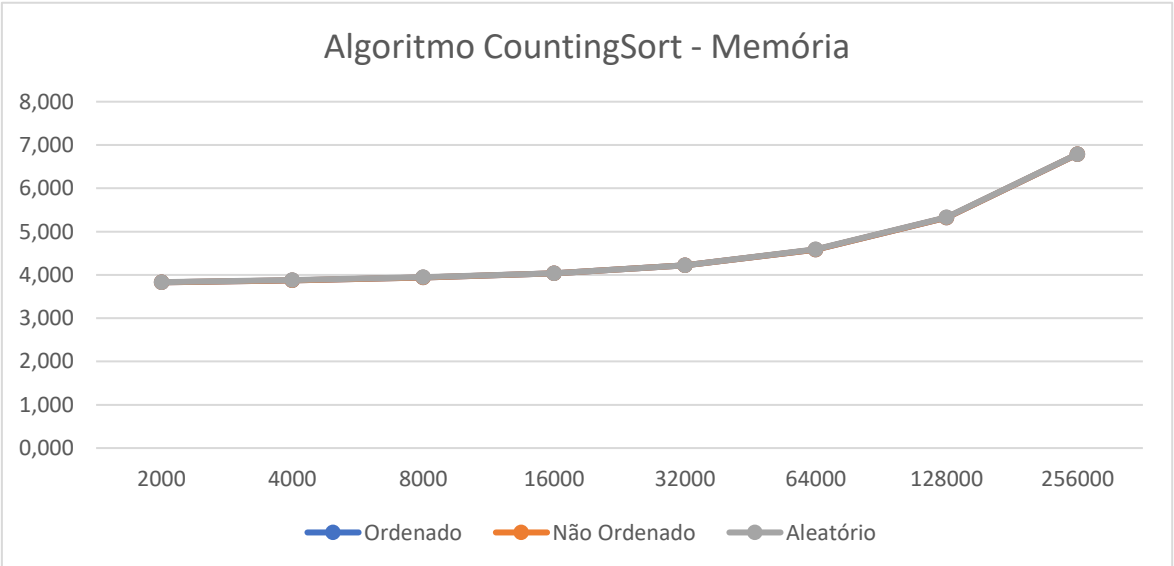
H) Algoritmo CountingSort

Nesse algoritmo para inicializar ele procura o maior elemento presente no vetor, para assim, criar um novo vetor de contagem com o tamanho do valor de maior elemento (array de contagem). Nesse array de contagem é realizado o somatório da posição 0 até a posição atual. Exemplo: A posição atual é 2, o valor armazenado nela será da somatória da posição 0 e 1. Após preenchido o array de contagem, será produzido o vetor final, ele funciona de forma em que o valor armazenado na posição representa a posição em que o índice ficará no vetor final.

Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	0,000	0,000	0,000
4000	0,000	0,000	0,000
8000	0,000	0,001	0,000
16000	0,001	0,001	0,001
32000	0,001	0,001	0,002
64000	0,002	0,003	0,002
128000	0,005	0,008	0,007
256000	0,010	0,013	0,020



Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	3,828	3,828	3,832
4000	3,875	3,875	3,879
8000	3,941	3,941	3,945
16000	4,035	4,035	4,039
32000	4,219	4,219	4,223
64000	4,586	4,586	4,590
128000	5,324	5,324	5,328
256000	6,785	6,785	6,789



I) Meu algoritmo

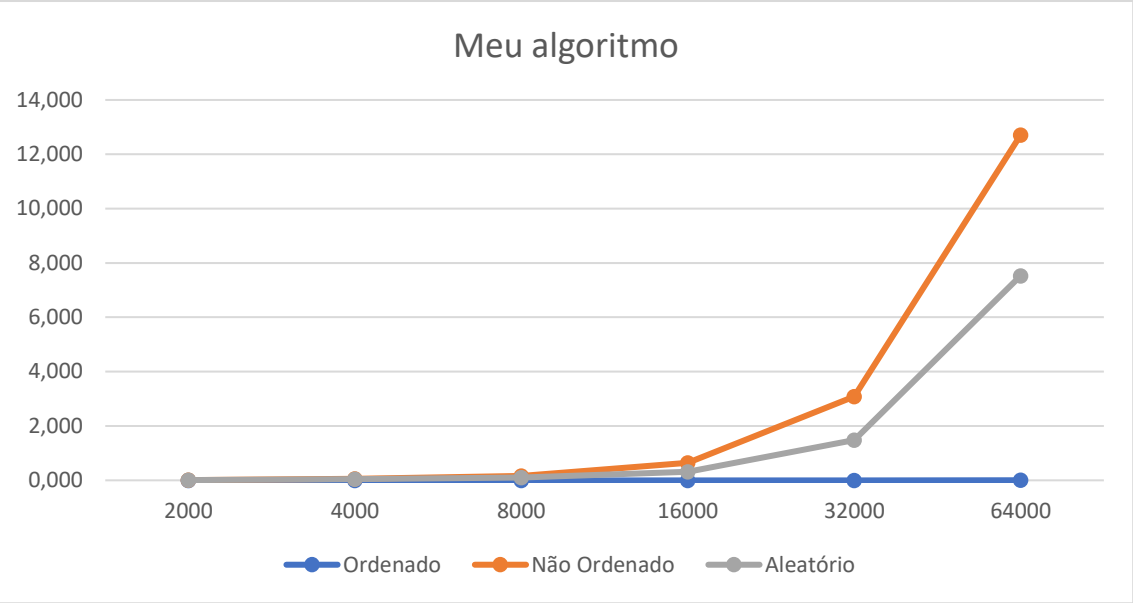
Para a implementação desse algoritmo, utilizei o pré-processamento por cores do algoritmo shellsort e após isso fiz a ordenação com o algoritmo quicksort.

Dessa forma:

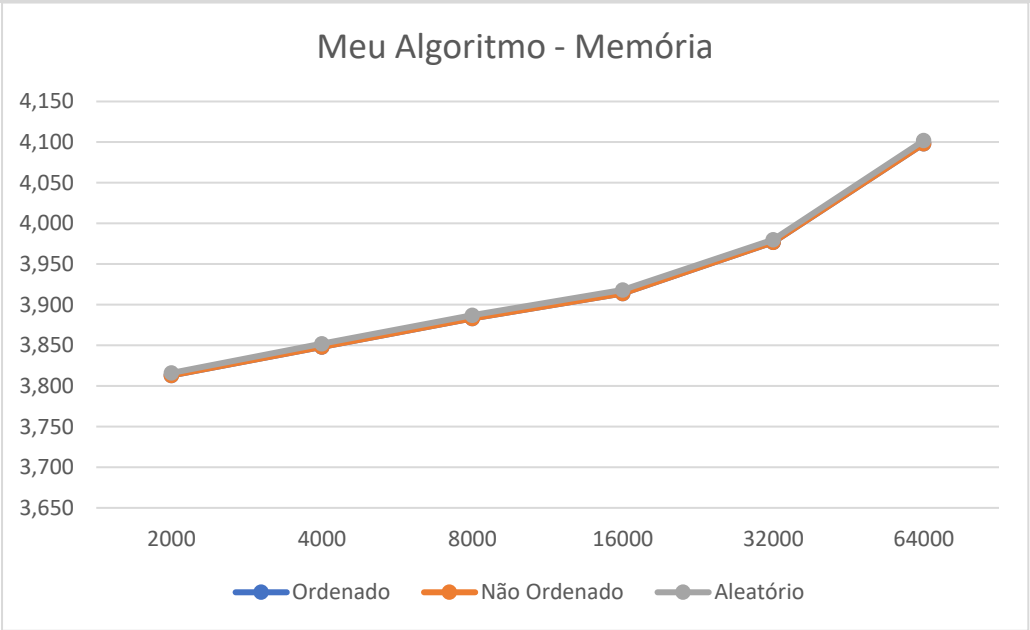
```
void insercaoPorCor(int *array, int n, int cor, int h){
    for (int i = (h + cor); i < n; i+=h) {
        int tmp = array[i];
        int j = i - h;
        while ((j >= 0) && (array[j] > tmp)) {
            array[j + h] = array[j];
            j-=h;
        }
        array[j + h] = tmp;
    }
}

void quicksortRec(int *array, int esq, int dir) {
    int i = esq, j = dir;
    int pivo = array[(dir+esq)/2];
    while (i <= j) {
        while (array[i] < pivo) i++;
        while (array[j] > pivo) j--;
        if (i <= j) {
            swap(array + i, array + j);
            i++;
            j--;
        }
    }
    if (esq < j)  quicksortRec(array, esq, j);
    if (i < dir)  quicksortRec(array, i, dir);
}

void meuAlgoritmo(int *array, int n) {
    insercaoPorCor(array, n, 0, 1);
    quicksortRec(array, 0, n-1);
}
```

Esses foram os resultados alcançados:

Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	0,000	0,009	0,009
4000	0,000	0,061	0,043
8000	0,001	0,167	0,097
16000	0,001	0,640	0,311
32000	0,002	3,081	1,483
64000	0,003	12,709	7,531



Valor para N	Ordenado	Não Ordenado	Aleatório
2000	3,813	3,813	3,816
4000	3,848	3,848	3,852
8000	3,883	3,883	3,887
16000	3,914	3,914	3,918
32000	3,977	3,977	3,980
64000	4,098	4,098	4,102



3 – Análise dos Resultados Analíticos e Experimentais

A) Algoritmo Bolha

O algoritmo bolha é um dos piores casos em comparação com os outros, pois por ele não ter pior ou melhor caso, ele sempre faz n ao quadrado comparações, gastando mais tempo.

Função de custo: F(n) = θ(n^2).

B) Algoritmo Seleção

O algoritmo seleção de acordo com os testes não tem melhor ou pior caso. Ele sempre faz o número de (n^2)/2 + n/2.

Função de custo: F(n) = θ(n).

C) Algoritmo Inserção

O algoritmo inserção, diferente dos outros dois apresentados até agora tem um pior e melhor caso, pelo qual é quando o vetor não estar ordenado. Porém, quando o vetor estar ordenado ele se sai muito bem nos testes. No melhor caso é feito θ(n) comparações. Já no pior caso é feito θ(n^2).

Função de custo: No melhor caso θ(n). No pior caso θ(n^2).

D) Algoritmo ShellSort

A razão de funcionamento do algoritmo ainda não é conhecida, porém pode se afirmar que cada incremento não deve ser múltiplo do anterior. O shellsort é uma ótima escolha quando os arquivos de tamanho médio e ele é um algoritmo de fácil implementação pois utiliza poucas linhas de código. Porém sua desvantagem é quando não se sabe a ordem do vetor, pois ele é dependente da ordem inicial do arquivo.

Função de custo na conjectura de Knuth:

Conjectura 1: C(n) = θ(n^1,25).

Conjectura 2: C(n) = θ(n(ln n)^2).

E) Algoritmo MergeSort

Esse algoritmo não existe pior caso, sempre realiza θ(n(ln n)) comparações, porém seu ponto negativo é a quantidade de memória gasta para o seu processamento, pois é necessário criar vários vetores.

Função de custo: θ(n(ln n)).

F) Algoritmo QuickSort

O melhor caso desse algoritmo é quando o vetor é divido em partes iguais, já o pior caso é quando o pivô é o menor ou maior elemento do array.

Função de custo melhor caso: θ(n(ln n)).

Função de custo pior caso: θ(n^2).

G) Algoritmo HeapSort

Nesse algoritmo o melhor e pior caso são iguais, em ambos a sua função de custo será de θ(n(ln n)). Porém, mesmo assim ele perde para o quicksort em relação ao tempo de processamento.

H) Algoritmo CountingSort

Apresenta ótimos resultados em seus testes, porém tem um limitador pois ele só funciona com números inteiros e positivos. Portanto, também não apresenta melhor ou pior caso.

Função de custo: θ(n(ln n)).

4 – Conclusão

Dentre os algoritmos analisados, ainda assim é difícil apontar um que seja melhor que todos os outros em qualquer situação. Porém, analisando os casos em questão o quicksort é aquele que apresenta melhor resultado em geral. Ainda assim, podemos analisar o countingsort, pelo qual é aquele que apresenta os melhores resultados em questão do tempo gasto, porém ele é limitado a números positivos e inteiros. Agora, quando o vetor já se encontra ordenado, o melhor algoritmo de acordo com os testes feitos, é o de inserção.

Podemos então com esse trabalho, como são os resultados dos algoritmos na prática e com isso fica mais claro qual é a melhor opção para cada situação.

Agora, falando sobre a relação de análise de complexidade e análise experimental, temos algo curioso. As funções de custo do heapsort e quicksort são iguais, porém ao realizar os testes, é possível perceber uma grande

superioridade de desempenho em todos os casos por conta do quicksort e isso só foi possível ser visto por conta da análise prática do algoritmo.

Temos como exemplo o mergesort, pelo qual apresenta um ótimo resultado de processamento, porém é limitado por conta da memória devido ao fato de ele criar uma alta quantidade de vetores, no entanto em casos pelo qual se trata de uma alta quantidade de dados, é totalmente inviável sua utilização.

5 – Extra – QuickSort(Pior Caso) x Bolha

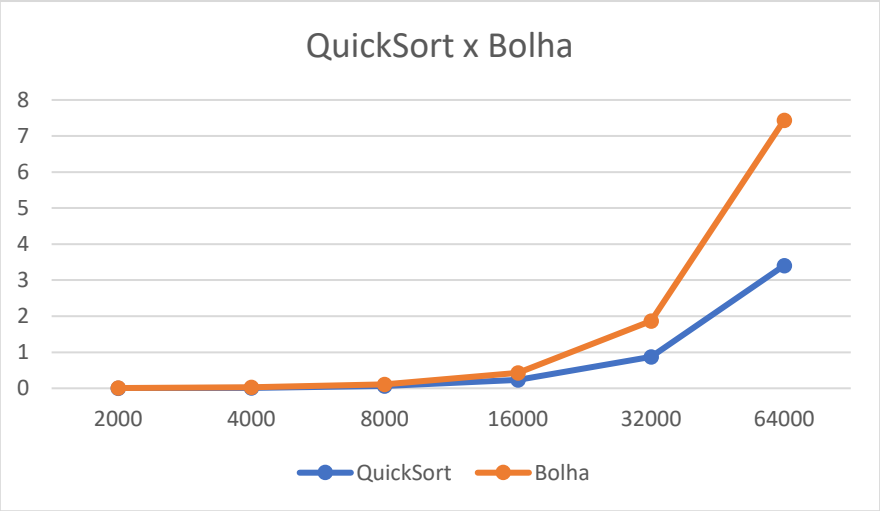
Essa parte extra do trabalho é uma experiência muito interessante, pois no pior caso do quicksort ele tem a mesma função de custo do algoritmo bolha, θ(n^2). Porém na prática podemos ver a diferença real dos resultados.

Para a criação do pior caso, foi criado um procedimento:

```
void piorCasoQuick(int *vet, int n){
   int i, j;
   for(i = 0; i<n/2; i++){
      vet[i] = i;
   }
   vet[n/2] = i;
   for(i = i+1, j = vet[(n/2)-1]; i<n; i++, j--){
      vet[i] = j;
   }
}
```

Com isso, podemos analisar os seguintes resultados:

Valor para N	QuickSort	Bolha
2000	0,004	0,007
4000	0,014	0,029
8000	0,068	0,111
16000	0,232	0,427
32000	0,871	1,868
64000	3,406	7,438



Contudo, após a análise do gráfico podemos ver que ainda assim com a mesma função de custo, na prático o algoritmo quicksort é muito superior.