Trabalho 1 de SSC0503 - Introdução à Ciência de Computação II

Andrey Garcia - 10734290 Gabriel Morão - 7236785 Karina Tiemi - 7978779 September 2018

1 Introdução

Neste trabalho serão coletados dados referentes a oito algoritmos de ordenação, sendo eles o Bubble Sort, o Bubble Sort com Sentinela, o Cocktail Sort, O Selection Sort, O Insertion Sort, O Merge Sort, O Heapsort e por fim o Quicksort. Tais dados são referentes a quantas atribuições e comparações são feitas durante a execução do algoritmo em vetores de tamanhos 100,1000,10000,100000,1000000 em quatro situações diferentes, uma de vetores aleatórios, uma de vetores parcialmente ordenados, uma de vetores quase inversamente ordenadas e por fim uma de vetores com vários valores repetidos.

Foram usados 8 códigos em linguagem C que se encontram nas pastas com o nome dos algoritmos referentes a cada um, também encontra-se o projeto no codeblocks usado em cada um deles(Os códigos contém comandos para o sistema, como o "system("PAUSE")"e "system("CLS")"que podem não ser executados dependedno do sistema operacional utilizado para rodar o algoritmo, sendo assim eles estão na forma de comentario, no entanto foram usados para a coleta dos dados). Para cada tipo de vetor e tamanho o algoritmo foi rodado cinco vezes afim de obter a média do número de comparações e atribuições.

Na seção abaixo encontram-se os dados referentes a cada tipo de vetor coletados para a discução do trabalho seguindo a respectiva ordem: Vetores Aleatórios, Vetores Quase Ordenados, Vetores Quase Inversamente Ordenados e Vetores com Muitos Valores Repetidos.

2 Dados e Tabelas

Tamanho Atribuiçõe	ble Sort	Senting	el Sort	Cockta	il Sort	Insertic	on Sort
		Atribuições	Comparações	Atribuições	Comparações	Atribuições	Comparações
10^2 7302	4950	7898	4869	7545	4001	2676	2577
10^3 758879	499500	741609	495719	752253	379638	252043	251044
10^4 75011974	49995000	75037602	49938615	75059695	37635970	20483888	25015549
10^5 749927286		7505306529	4999591261	7501526674	3750246105	2500669879	2500569880
10^6 7506782016	_		49994013488	749902815395	374941211714	250197347547	250196347548
Vetor Aleatório							
Selection Sort		Merge Sort		Heap Sort		Quick Sort	
Tamanho Atribuiçõe	Comparações	Atribuições	Comparações	Atribuições	Comparações	Atribuições	Comparações
10^2 297	4950	1400	554	1732	1049	647	853
10^3 2997	499500	20000	8724	27224	17024	8829	13531
10^4 29997	49995000	28000	123681	372605	236936	111916	181701
10^5 299997	4999950000	3400000	1566545	4724865	3035134	1391909	2219637
10^6 2999997	499999500000	40000000	18716172	57143126	36950565	17971612	24897723
Vetor Aleatório							
Bu	ble Sort	Sentin	el Sort	Cockta	il Sort	Insertic	on Sort
Tamanho Atribuiçõe	Comparações	Atribuições	Comparações	Atribuições	Comparações	Atribuições	Comparações
10^2 402	4950	427	620	407	764	334	235
10^3 4190	499500	4175	7608	4174	8756	3385	2386
10^4 42236	49995000	42109	88410	41746	99945	34010	24011
10^5 420886	4999950000	420132	955856	419875	319940	340479	240480
10^6 4201407	499999500000	4205908	9910227	4206068	5399935	3402260	2402261
		V	etor Quase Orde	enado			
Selection S	ort	Merge Sort		Heap Sort		Quick Sort	
Tamanho Atribuiçõe	Comparações	Atribuições	Comparações	Atribuições	Comparações	Atribuições	Comparações
10^2 297	4950	1400	429	1784	1071	422	859
10^3 2997	499500	20000	5666	27468	17338	4183	13911
10^4 29997	49995000	280000	77922	376141	241379	42063	156349
10^5 299997	4999950000	3400000	940266	4764022	2769131	422177	2343459
10^6 2999997	499999500000	40000000	10718253	46688040	30521995	19413593	51719884
		V	etor Quase Ord	enado			
Bu	ble Sort	Sentin	el Sort	Cockta			on Sort
Bu Tamanho Atribuiçõe	Comparações	Sentino Atribuições	el Sort Comparações	Cockta Atribuições	Comparações	Atribuições	Comparações
Tamanho Atribuiçõe 10^2 11117	Comparações 4950	Sentino Atribuições 11125	el Sort Comparações 4918	Cockta Atribuições 11148	Comparações 4736	Atribuições 3908	Comparações 3809
Tamanho Atribuiçõe 10^2 11117 10^3 1450198	Comparações 4950 499500	Sentine Atribuições 11125 1449865	el Sort Comparações 4918 499485	Cockta Atribuições 11148 1450071	Comparações 4736 499279	Atribuições 3908 485109	Comparações 3809 484510
Tamanho Atribuiçõe 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948730	Comparações 4950 499500 49995000	Sentine Atribuições 11125 1449865 149489386	el Sort Comparações 4918 499485 49994935	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745	Comparações 4736 499279 49994823	Atribuições 3908 485109 49848522	Comparações 3809 484510 49838523
Tamanho Atribuiçõe 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948730 10^5 149948488	Comparações 4950 499500 49995000 0 4999950000	Sentine Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216	el Sort Comparações 4918 499485 49994935	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821	Comparações 4736 499279 49994823 4999949743	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278
Tamanho Atribuiçõe 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948730	Comparações 4950 499500 49995000 0 4999950000	Sentin- Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 1499948504220	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 4999949935	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 1499948519445	Comparações 4736 499279 49994823	Atribuições 3908 485109 49848522	Comparações 3809 484510 49838523
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948730 10^5 14994888 10^6 1499948514	Comparações 4950 499500 49995000 0 4999950000 62 499999500000	Sentine Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 149948504220 Vetor Qu	el Sort Comparações 4918 499485 49994935	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 1499948519445 te Ordenado	Comparações 4736 499279 49994823 4999949743	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948730 10^5 149948514 Selection S	Comparações	Sentine Atribuições 11125 1449865 1499485386 14994851216 1499948504220 Vetor Qu	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 4999949935 4999949935 ase Inversament	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 1499948519445 te Ordenado Heap Sort	Comparações 4736 499279 49994823 4999949743 499999499880	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053
Tamanho 10^2 11117 10^3 14948488 10^6 1499486514 Selection S Tamanho Atribuiçõe	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 149948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 4999949935 4999949935 49999499925 uase Inversamer Comparações	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 149994861821 1499948519445 tte Ordenado Heap Sort Atribuições	Comparações	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948730 10^5 149948514 Selection S Tamanho 10^2 297	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 1499948504220 Vetor Qi Merge Sort Atribuições 1400	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 4999949935 49999499925 uase Inversamen Comparações 515	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623	Comparações	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948730 10^5 10^6 1499948514 Tamanho 10^2 297 10^3 2997	Comparações	Sentin- Atribuições 11125 1449865 149483386 14994851216 1499948504220 Vetor Qi Merge Sort Atribuições 1400 20000	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 4999949935 4999949935 4999949925 Jase Inversamen Comparações 515 7111	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 1499948619445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151	Comparações 4736 499279 49994823 4999949743 49999499880 Comparações 1048 17041	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948730 10^5 149948514 Selection S Tamanho 10^2 10^2 10^3 2997 10^4 29997	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 1499948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 4999994935 49999949995 aase Inversamer Comparações 515 7111 86554	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558	Comparações 4736 499279 49994823 4999949743 499999499880 Comparações 1048 17041 236902	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 63041 82401	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605
Tamanho 10^2 11117 10^3 14941848 10^4 1499486514 Selection S Tamanho 10^2 297 10^3 29997 10^5 299997	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 1499948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições 1400 280000 3400000	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 499994935 4999949935 4999949992 aase Inversamer Comparações 515 7111 86554 1034414	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 149948618241 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459	Comparações 4736 499279 49994823 499949743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 82401 825394	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948730 10^5 149948514 Selection S Tamanho 10^2 10^2 10^3 2997 10^4 29997	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149483986 14994851216 1499948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 34000000 40000000	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 4999949935 49999499925 jase Inversamen Comparações 515 7111 86554 1034414 12078102	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966	Comparações 4736 499279 49994823 4999949743 499999499880 Comparações 1048 17041 236902	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 63041 82401	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605
Tamanho 10^2 11117 10^3 14941848 10^4 1499486514 Selection S Tamanho 10^2 297 10^3 29997 10^5 299997	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149483986 14994851216 1499948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 34000000 40000000	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 499994935 4999949935 4999949992 aase Inversamer Comparações 515 7111 86554 1034414	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966	Comparações 4736 499279 49994823 499949743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 82401 825394	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948730 149948851 10^6 149948514 Selection S Tamanho 10^2 10^3 297 10^3 2997 10^4 299997 10^6 2999997	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149483986 14994851216 1499948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 34000000 40000000	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 499994935 4999949925 Jase Inversamen Comparações 515 7111 86554 1034414 12078102 Jase Inversamen	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966	Comparações 4736 499279 49994823 4999489743 49999999999999999999999999999999999	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 82401 825394 8263664	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 1498488 10^6 149948514 Selection S Tamanho 10^2 297 10^3 2997 10^5 299997 10^6 2999997	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 1499948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 3400000 Vetor Qu Sentin	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 499994935 49999949935 49999949995 jaase Inversamen 515 7111 86554 1034414 12078102 jaase Inversamen	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 149948618241 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966 te Ordenado	Comparações 4736 499279 49994823 499949743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 82401 825394 8263664	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948708 10^5 14994868 10^6 Selection S Atribuiçõe 297 10^3 2997 10^4 10^5 299997 10^6 299997	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 149948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 34000000 Vetor Qu Sentin Atribuições	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 4999949935 49999499925 Jase Inversamen Comparações 515 7111 86554 1034414 12078102 Jase Inversamen el Sort Comparações	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966 te Ordenado	Comparações 4736 499279 49994823 499949743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035 il Sort Comparações	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 82401 825394 8263664	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044 DI Sort Comparações
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948708 10^5 14994868 10^6 Selection S Atribuiçõe 297 10^3 2997 10^4 10^5 299997 10^6 299997	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 1499948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 3400000 Vetor Qu Sentin	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 499994935 49999949935 49999949995 jaase Inversamen 515 7111 86554 1034414 12078102 jaase Inversamen	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966 te Ordenado	Comparações 4736 499279 49994823 499949743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 82401 825394 8263664 Insertic Atribuições	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948730 10^5 1499488514 10^6 1499948514 Selection S Tamanho 10^2 10^3 2997 10^3 2997 10^4 299997 10^5 2999997 Tamanho Atribuição 10^2 10^3 10^4 10^5 2999997 10^6 10^7 10^7 10^7 10^7 10^7 10^7 10^7 10^7	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 14994851216 1499948504220 Vetor Qi Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 3400000 400000000 Vetor Qi Sentin Atribuições 6817	Sort Comparações 499485 499485 49994935 4999949935 4999949995 49999949995 49999949995 497111 86554 1034414 10278102	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 149948519445 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966 te Ordenado Cockta Atribuições 6544 737301	Comparações 4736 499279 49994823 4999489743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035 il Sort Comparações 3857	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 82401 825394 8263664 Insertic Atribuições 2411	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044 Comparações 2312
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14948730 10^5 10^6 1499948514 Selection S Tamanho 10^2 10^3 2997 10^3 2997 10^4 299997 10^5 2999997 Tamanho Atribuiçõe Bu Tamanho Atribuiçõe 10^2 10^3 747752	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 1499948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 3400000 Vetor Qu Sentin Atribuições 6817 746115	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 499994935 49999949935 49999949995 jaase Inversamen 515 7111 86554 1034414 12078102 jaase Inversamen el Sort Comparações 4691 497737 49947236	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 149994861821 1499948619445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966 te Ordenado Cockta Atribuições 6544	Comparações 4736 499279 49994823 4999949743 4999949743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035 il Sort Comparações 3857 377468	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 82401 82401 825394 8263664 Insertii Atribuições 2411 248397	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044 Do Sort Comparações 2312 247318
Tamanho 10-2 11117 10-3 10-4 10-5 10-6 10-9 10-5 10-5 10-6 10-9 10-6 10-1 10-1 10-1 10-1 10-2 10-3 10-4 10-5 10-6 10-2 10-3 10-4 10-5 10-6 10-2 10-3 10-4 10-6 10-2 10-3 10-4 10-5 10-6 10-2 10-3 10-4 10-5 10-2 10-3 10-4 10-5 10-2 10-3 10-4 10-5 10-2 10-3 10-4 10-5 10-2 10-3 10-4 10-5 10-6	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149493386 14994851216 1499948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 3400000 Vetor Qu Sentin Atribuições 6817 746115 75231520 7491581763	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 499994935 49999994935 499999949995 515 7111 86554 1034414 12078102 Jase Inversamen el Sort Comparações 4691 497737 49947236 499451758	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994851821 149994851821 149994519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966 te Ordenado Cockta Atribuições 6544 737301 74714786 7500836486	Comparações 4736 499279 49994823 499949743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035 il Sort Comparações 3877 377468 37576487 3756047812	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 82401 825394 8263664 Insertic Atribuições 2411 248397 24811500 25001577111	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044 Comparações 2312 247318 24801501 2500057112
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 10^5 149948488 10^6 149948514 Selection S Tamanho 10^2 297 10^3 2997 10^5 299997 10^6 2999997 Tamanho 10^2 10^3 10^4 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^6 10^6 10^6 10^6 10^6 10^6 10^6	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 14994851216 1499948504220 Vetor Qi Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 3400000 400000000 Vetor Qi Sentin Atribuições 6817 746115 7451521520 7491581763 750526987746	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 499994935 49999994935 499999949995 515 7111 86554 1034414 12078102 Jase Inversamen el Sort Comparações 4691 497737 49947236 499451758	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 149994861821 1499948619445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966 te Ordenado Cockta Atribuições 6544 737301 7714786 7500835486 750082924179	Comparações 4736 499279 49994823 499949743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035 il Sort Comparações 3877 377468 37576487 3756047812	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 82401 825394 8263664 Insertic Atribuições 2411 248397 24811500 25001577111	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044 Comparações 2312 247318 24801501 2500057112
Tamanho 10-2 11117 10-3 10-4 10-5 10-6 10-9 10-5 10-5 10-6 10-9 10-6 10-1 10-1 10-1 10-1 10-2 10-3 10-4 10-5 10-6 10-2 10-3 10-4 10-5 10-6 10-2 10-3 10-4 10-6 10-2 10-3 10-4 10-5 10-6 10-2 10-3 10-4 10-5 10-2 10-3 10-4 10-5 10-2 10-3 10-4 10-5 10-2 10-3 10-4 10-5 10-2 10-3 10-4 10-5 10-6	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 14994851216 1499948504220 Vetor Qi Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 3400000 400000000 Vetor Qi Sentin Atribuições 6817 746115 7451521520 7491581763 750526987746	Sort	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 149994861821 1499948619445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966 te Ordenado Cockta Atribuições 6544 737301 7714786 7500835486 750082924179	Comparações 4736 499279 49994823 499949743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035 il Sort Comparações 3877 377468 37576487 3756047812	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 82401 825394 8263664 Insertic Atribuições 2411 248397 24811500 25001577111	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044 Comparações 2312 247318 24801501 2500057112
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 14994814 10^6 149948814 10^6 149948814 Tamanho 10^2 10^3 10^4 2997 10^3 2997 10^6 299997 10^6 2999997 Tamanho 10^2 10^2 10^3 10^4 2999997 10^6 74982150 10^6 7498598202	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 1499948504220 Vetor Qt Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 3400000 Vetor Qt Sentin Atribuições 6817 746115 75231520 7491581763 750526987746 Vetor	Sort	Cockta Atribuições 11118 1450071 149485745 14994861821 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 48917966 te Ordenado Cockta Atribuições 6544 737301 74714786 750082924179 Repetidos	Comparações 4736 499279 49994823 499949743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035 il Sort Comparações 3877 377468 37576487 3756047812	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 82401 82401 825394 8263664 Insertic Atribuições 2411 248397 24811500 2500157111 250224052664	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044 Comparações 2312 247318 24801501 2500057112
Tamanho 10^2 11117 10^3 10^4 10^5 10^6 14994851 Selection S Tamanho 10^2 297 10^3 2997 10^5 299997 10^6 2999997 Tamanho 10^2 10^3 2997 10^5 299997 10^6 299997 Tamanho 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 74982150 7498589302 Selection S	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 1499948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 3400000 Vetor Qu Sentin Atribuições 6817 746115 75231520 7491581763 75056987746 Vetor Merge Sort	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 499994935 4999994935 499999949925 jase Inversamen 515 7111 86554 1034414 12078102 jase Inversamen el Sort Comparações 4691 497137 49947236 499451758 499489500120 Muitos Valores	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966 te Ordenado Cockta Atribuições 6544 737301 74714786 7500835486 750082924179 Repetidos Heap Sort	Comparações 4736 499279 49994823 499949743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035 il Sort Comparações 387 377468 37576487 3756047812 375090164709	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 82401 825394 8263664 Insertic Atribuições 2411 248397 24811500 25001577111 250224052664 Quick Sort	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044 Comparações 2312 247318 24801501 250023052665
Tamanho 10^2 11117 10^3 10^4 10^5 10^2 10^3 10^4 109948514 Tamanho 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 299997 10^6 299997 Tamanho 10^2 10^3 10^4 10^5 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 299997 Tamanho 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 369 749825989 749825989 74985980202 Selection S Tamanho Atribuiçõe 6369 749825989 74985980202	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 14994851216 1499948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 34000000 Vetor Qu Sentin Atribuições 6817 746115 75231520 7491581763 750526987746 Vetor Merge Sort Atribuições	el Sort Comparações 4918 499485 49994935 4999949935 4999949935 Jase Inversamen Comparações 515 7111 86554 1034414 12078102 Jase Inversamen el Sort Comparações 4691 497736 499451758 499989500120 Muitos Valores Comparações	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966 te Ordenado Cockta Atribuições 6544 737301 74714786 7500835486 750082924179 Repetidos	Comparações 4736 499279 49994823 499949743 49999499880 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035 il Sort Comparações 3857 377468 37576487 3756047812 375090164709 Comparações	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 825394 8263664 Insertic Atribuições 2411 248397 24811500 2500157111 250224052664 Quick Sort Atribuições	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044 Comparações 2312 247318 24801501 2500057112 250023052665 Comparações Comparações Comparações Comparações Comparações Comparações Comparações Comparações
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 1498488 10^6 149948514 Selection S Tamanho 10^2 10^3 2997 10^3 2997 10^6 299997 10^6 299997 Bu Tamanho 10^2 6369 74782550 10^6 748859882 7498589202 Selection S Atribuiçõe 10^2 10^3 747752 10^4 10^5 748859888 7498589202	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 14994851216 1499948504220 Vetor Qi Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 3400000 400000000 Vetor Qi Sentin Atribuições 6817 746115 746115 750526987746 Vetor Merge Sort Atribuições 1400	Sort	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 149994861821 1499948619445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966 te Ordenado Cockta Atribuições 6544 737301 74714786 7500839487 750082924179 Repetidos Heap Sort Atribuições 1639	Comparações 4736 499279 49994823 4999489743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035 il Sort Comparações 3867 377468 37576477 3756947812 375090164709 Comparações 1060	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 82401 825394 8263664 Insertic Atribuições 2411 248397 2480157011 250224052664 Quick Sort Atribuições 772	Comparações 3809 4843102 489383278 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044 Comparações 2312 247318 24801501 250023052665 Comparações 714
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450198 10^4 1494878 10^6 149948514 Selection S Atribuiçõe 14994868 149948514 Selection S 297 10^3 2997 10^6 299997 10^6 299997 10^6 10^2 10^3 10^4 10^5 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 297 10^3 2997	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 14994851216 1499948504220 Vetor Qi Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 3400000 Vetor Qi Sentin Atribuições 6817 746115 75231520 7491581763 750526987746 Vetor Merge Sort Atribuições 1400 20000	Sort	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994861821 149994861821 1499948619445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966 te Ordenado Cockta Atribuições 6544 737301 74774786 750082924179 Repetidos Heap Sort Atribuições 1639 27056	Comparações 4736 499279 49994823 4999949743 4999949743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035 il Sort Comparações 3867 377468 37576487 3756047812 375090164709 Comparações 1060 17030	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 82401 82401 825394 8263664 Insertic Atribuições 2411 248397 24811500 2500157111 250224052664 Quick Sort Atribuições 772 9985	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044 Comparações 2312 247318 24801501 250023052665 Comparações 714 12457
Tamanho 10^2 11117 10^3 1450138 10^4 14948738 10^6 149948514 Selection S Tamanho 10^2 297 10^3 2997 10^5 299997 10^6 2999997 Tamanho 10^2 10^3 10^4 10^5 10^5 10^6 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^2 10^3 10^4 10^2 10^3 10^4 10^4 10^2 10^3 10^4 10^4 10^4 10^4 10^4 10^4 10^4 10^4	Comparações	Sentin Atribuições 11125 1449865 149489386 14994851216 1499948504220 Vetor Qu Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000 3400000 Vetor Qu Sentin Atribuições 6817 746115 75231520 7491581763 750526987746 Vetor Merge Sort Atribuições 1400 20000 280000	Sort	Cockta Atribuições 11148 1450071 149485745 14994867821 14994861821 1499948519445 te Ordenado Heap Sort Atribuições 1623 25151 349558 4488459 54917966 te Ordenado Cockta Atribuições 6544 737301 7474786 7500835486 7500835486 750082924179 Repetidos Heap Sort Atribuições 1639 27056 372393	Comparações 4736 499279 49994823 499949743 4999949980 Comparações 1048 17041 236902 3032137 37012035 il Sort Comparações 3857 377468 37576487 3756047812 375090164709 Comparações 1060 17030 236931	Atribuições 3908 485109 49848522 4998493277 499984840052 Quick Sort Atribuições 651 8041 82401 825394 8263664 Insertic Atribuições 2411 248397 24811500 25001577111 250224052664 Quick Sort Atribuições 772 9985 123629	Comparações 3809 484510 49838523 4998383278 499983840053 Comparações 870 13318 176605 2379584 68000044 Comparações 2312 247318 24801501 2500257112 250223052665 Comparações 714 12457 166147

3 Análise dos algoritmos

Nesta seção serão analisados os dados extraídos de cada algoritmo em cada um dos cenários analisados.

- Bubble Sort: Esse algoritmo teve seu melhor desempenho em vetores quase ordenados, e seu pior desempenho deu-se no caso de vetores quase inversamente ordenados. É interessante notar que este algoritmo faz um número fixo de comparações entre elementos do vetor independente se ele e aleatório, quase ordenado, quase inversamente ordenado ou com vários valores repetidos.
- Bubble Sort com sentinela (Sentinel Sort): Esse algoritmo teve seu melhor desempenho em vetores quase ordenados, e seu pior desempenho deu-se no caso de vetores quase inversamente ordenados. Diferentemente de sua implementação sem sentinela, o número de comparações varia dependendo do tipo de vetor usado, consequentemente, ele realiza em média menos operações que sua versão sem sentinela.
- Bubble Sort com coquetel: Observa-se que para este algoritmo, o melhor desempenho foi para vetores quase ordenados, enquanto que quase inversamente ordenados apresentou o pior desempenho. De forma análoga, com exceção do quase ordenado que apresentou valores muito próximos para todos os tamanhos, como era de se esperar o tempo decorrido para aumento do tamanho do vetor era notório, característica de sua complexidade. Assim como o algoritmo com sentinela, o número de comparações varia dependendo do tipo de vetor, algumas vezes variando dentro do próprio tipo.
- Insertion Sort: Esse algoritmo teve seu melhor desempenho em vetores quase ordenados, vale a pena notar que para esse caso o algoritmo tem o seu desempenho quase 85000 vezes melhor. Já seu pior desempenho deu-se no caso de vetores quase inversamente ordenados.
- Selection Sort: Como se era esperado, não há melhor ou pior caso quando se compara os tipos de vetor, pois o modo como o algoritmo funciona apresenta o mesmo valor de comparações e atribuições para todos. Ao comparar os diferentes tamanhos, também como se era esperado, vemos um aumento constante, onde se o tamanho é aumento 10 vezes, o número de atribuições e comparações também é. O tempo decorrido para cada análise também foi como esperado, não havendo muita diferença para tamanhos menores, mas ao chegarmos no maior tamanho o tempo cresce significativamente.
- Merge Sort: Esse algoritmo teve seu melhor desempenho em vetores quase ordenados, e seu pior desempenho deu-se no caso de vetores totalmente aleatórios, apesar de as diferenças entre o desempenho em cada caso não ser tão grande. Um fato interessante é que esse algoritmo faz

um número fixo de atribuições com elementos do vetor para cada um dos tamanhos das estruturas de dados independentemente de serem valores totalmente aleatórios, quase ordenados, quase inversamente ordenados ou com muitos valores repetidos.

- Heapsort: Todos os valores de tempo foram muito próximos para este algoritmo, observando-se que por pouco o pior caso encontrado foi para vetores quase inversamente ordenados enquanto que o melhor caso varia entre os outros 3, dependendo do tamanho, sendo no vetor quase ordenado a apresentação de melhor desempenho. O número de comparações não se manteve constante nem entre tipos de vetores e nem em tamanho. No primeiro observa-se que apesar da variação, os valores médios são muitos próximos, enquanto que no segundo caso observa-se o aumento esperado de acordo com o tamanho do vetor.
- Quicksort: Neste algoritmo, para pequenos tamanhos de vetor não se nota diferença significativa de tempo, porém ao nos aproximarmos de tamanhos maiores de vetor, os de tipo vetor aleatório e quase inversamente ordenado saem na frente, onde o segundo é infimamente melhor até o caso de maior vetor, onde apresentou pior desempenho que todos os outros tipos. Por diferença ínfima também, observa-se que o pior desempenho seria para o vetor quase ordenado. OBS: Para a implementação desse algoritmo foi usado um pivô com um número aleatório selecionado a cada chamada recursiva do algoritmo.

4 Comparações entre os algoritmos

Nesta seção serão comparados os algoritmos, em relação a número de comparações e de atribuições em cada caso.

1. Vetores Aleatorios.

Para vetores aleatórios o algoritmo que teve melhor desempenho em relação as comparações (para todos os tamanhos) foi o Merge Sort, seguido pelo Quicksort e pelo Heapsort, os outros algoritmos fazem muito mais comparações que estes seguindo a ordem, do que faz menos comparações para o que faz mais: Insertion Sort, Cocktail Sort, Bubble Sort com Sentinela, Bubble Sort e Selection Sort empatados como os que fazem mais comparações.

Já em relação ao número de atribuições a situação é diferente, o algoritmo que realiza menos trocas é o Selection Sort para todos os tamanhos de vetor. Depois dele vêm o Quicksort, o Merge Sort e o Heapsort, por fim temos o Insertion Sort, o Cocktail Sort, o Bubble Sort com Sentinela e por fim o Bubble Sort.

Os resultados estão de acordo com o esperado pela complexidade dos algotirmos. O Merge Sort e o Heap Sort possuem complexidade O(nlogn)

enquanto o Quick Sort pode ser também do mesmo no caso médio mas O(n) no pior caso. Todos os outros algoritmos estudados apresentam complexidade O(n) para comparações, o que explica seu pior desempenho neste quesito. Para as atribuições (ou trocas), o Selection Sort apresenta complexidade O(n), seguido por Quick, Merge e Heap Sort com complexidades O(nlogn) e os últimos, O(n).

2. Vetores Quase Ordenados. Para vetores quase ordenados o algoritmo que obteve o melhor desempenho em relação ao número de comparações foi disparadamente o Insertion Sort para todos os tamanhos de vetor, seguido dele vêm o Cocktail Sort, e o Bubble Sort com Sentinela para tamanhos maiores que 100000 e o Merge Sort para tamanhos menores que 100000, em seguida, para tamanhos até 100000, o Quicksort tem uma ligeira vantagem em relação ao Heapsort que e perdida no caso do tamanho 1000000. Por fim vêm o Bubble e o Selection Sort na última colocação.

Em relação as atribuições nota-se também uma vantagem do Selection Sort em relação aos outros métodos que não e tão grande quanto para vetores totalmente aleatórios, mas ainda assim o método se dá melhor nessa ocasião, seguido de perto pelo Insertion Sort depois pelas variações do Bubble Sort. Já o algoritmo que teve o pior desempenho em relação as atribuições foi o Heapsort.

Neste caso os resultados são explicados principalmente pelo funcionamento do código e em como são feitas as comparações. O fato do vetor estar quase ordenado indica que poucas atribuições deverão ser realizadas e assim o vetor se ordena mais rapidamente, não necessitando de mais comparações. Os outros algoritmos funcionam de forma diferente, separando o vetor e/ou o bagunçando antes/durante a ordenação, o que acaba a atrasando a ordenação e necessitando de mais comparações.

3. Vetores Quase Inversamente Ordenados. Para esse tipo de dado o algoritmo que obteve o melhor desempenho em relação ao número de comparações foi o Merge Sort seguido do Quicksort e pelo Heapsort, isso Para vetores de até 100000 posições, a partir disso esses dois ultimos algoritmos invertem-se em relação a seu desempenho. Por fim temos o Insertion Sort, Cocktail Sort, Sentinel Sort e por fim Bubble Sort e Selection Sort como os piores para esse caso.

Já em relação ao número de atribuições o Selection Sort continua sendo quem realiza menos, seguido Quicksort, Mergesort e Heapsort. Com um desempenho mediano para esse quesito temos o Sentinel Sort, o Bubble Sort e o Cocktail Sort e por fim o Insertion Sort tem o pior desempenho nesse caso.

Assim como no caso dos Vetores Quase Ordenados, o modo de operação influencia muito. Novamente como está quase ordenado, o Selection Sort precisa de menos trocas, mas mais que anteriormente pois agora deve "desinveter" o vetor, mas como suas comparações se iniciam no começo

do vetor, seu número é grande. Os outros algoritmos quadraticos vão trabalhar de forma semelhante ao Vetor Quase Ordenado, porém pela inversão apresentada do vetor, o número de comparações e trocas é grande os limitando muito. Como o Heap, Quick e Merge não se importam com a ordenação inicial, não são afetados pela inversão do vetor e apresentam resultados proximos dos anteriores, ficando atrás do Selection e a frente dos outros.

4. Vetores Vetor Muitos Valores Repetidos Neste caso, em relação ao número de comparações foi o Merge Sort, seguido do Quicksort e do Heapsort, com valores intermediários, temos o Insertion Sort e o Cocktail Sort, ja os que ocupam os piores lugares nessas comparação são o Sentinel Sort, e o Selection e Bubble Sort empatados na ultima posição.

Para as atribuições quem se da melhor como nos casos anteriores ainda é o Selection Sort seguido do Quicksort, do Merge Sort e do Heapsort, seguindo deles temos o Insertion Sort, o Cocktail Sort, o Sentinel Sort e o Bubble Sort(variando entre esses três ultimos qual é o melhor, para vetores até 10000 posições o Cocktail Sort faz menos comparações, a partir dai quem faz menos e o Bubble Sort, seguido do Sentinel Sort e por fim do próprio Cocktail Sort).

Os métodos de ordenação quadráticos não levam tanto em consideração os valores repetidos, realizando comparações desnecessárias diversas vezes até que o vetor esteja ordenado. Por isso, os algoritmos não quadráticos saem em vantagem neste quesito. Para as atribuições o mesmo pensamento se aplica, porém o Selection Sort continua apresentando complexidade O(n), selecionando o menor e o endereçando a posição inicial para cada varredura, realizando assim um menor número de trocas.

5 Conclusões

Aqui será dito, avaliando **apenas** o número de comparações e atribuições (dado isso, coisas como tempo de execução, estabilidade do método, quantidade de espaço extra ou qualquer outra característica relacionada aos algoritmos serão ignoradas para tal conclusão), qual(quais) algoritmos usar para cada tipo de vetor e qual tamanho.

Para todos os tipos de vetores e tamanhos, se o processo de realizar atribuições for algo muito custoso o Selection Sort e a melhor opção para se usar independentemente do tipo de vetor, pois faz o mesmo número de atribuições, que consegue ser menor que os outros, em todas as situações.

Caso contrário para vetores aleatórios os métodos que se saíram melhor, levando em conta o número de comparações e atribuições foram o Merge Sort o Quicksort. Já para vetores quase ordenados, quem se sai melhor é o Insertion Sort seguido pelas variações do Bubble Sort. Já para vetores quase inversamente ordenados de até 100000 posições o Quicksort é o mais indicado, depois disso a situação muda e quem tem o melhor desempenho é o Merge Sort. Por fim

para vetores com muitos valores repetidos o Quicksort se destaca como quem faz menos operações.