

Autor(es): Ibsiany Dias Godinho e Gustavo Tadeu Alves do Couto

Parte 1: Biblioteca de Algoritmos em Grafos

Link para o GitHub da biblioteca: <https://github.com/lbsiany/grafos-ufop>

Parte 2: Análise de Algoritmos de Caminho Mínimo

Arquivo	Tempo de execução (segs)				Caminho (0 a 100)
	Dijkstra	Bellman-Ford	Bellman-Ford Melhorado	Floyd-Warshall	
Toy	-	-	-	-	Não é possível realizar a análise, o arquivo possui apenas 5 vértices.
Rg_300_4730	0.007s	0.025s	0.006s	0.046s	[0, 15, 123, 103, 207, 161, 100]
Rome99c	0.045s	0.11s	0.011s	30.3s	[0, 21, 20, 16, 17, 18, 14, 19, 159, 158, 171, 155, 181, 138, 129, 128, 65, 120, 119, 123, 124, 125, 127, 126, 72, 86, 85, 79, 90, 89, 87, 97, 100]
Facebook_combined	<u>0.014s</u>	8.904s	0.01s	17.363s	[0, 100]
USA-road-dt.DC	0.062s	2.027s	0.01s	253.282s	[0, 1, 3, 24, 291, 9356, 8871, 286, 287, 284, 285, 309, 263, 264, 265, 267, 272, 273, 268, 269, 271, 369, 370, 373, 361, 360, 366, 367, 362, 363, 365, 392, 391, 389, 390, 56, 57, 58, 59, 70, 73, 74, 79, 81, 92, 91, 101, 103, 95, 96, 97, 98, 100]
USA-road-dt.NY	178.466s	384.85s	1.17s	Não foi possível criar uma matriz de adjacências para representar o grafo	[0, 1362, 1357, 1356, 1355, 1275, 1272, 1276, 1268, 1266, 1267, 1283, 1282, 1281, 1254, 1252, 1259, 1258, 1248, 1245, 962, 963, 961, 1001, 951, 999, 997, 993, 994, 995, 986, 985, 978, 979, 968, 976, 880, 881, 873, 875, 860, 856, 853, 851, 849, 848, 475, 473, 474, 470, 469, 468,

					435, 434, 403, 402, 401, 393, 392, 390, 283, 282, 281, 268, 280, 269, 259, 255, 228, 227, 226, 224, 222, 221, 231, 232, 99, 100]
--	--	--	--	--	--

Escreva aqui as principais conclusões/explicações para os resultados obtidos:

O Algoritmo de Dijkstra apresentou um bom tempo de execução, porém ele tem uma limitação de não aceitar peso negativo.

O Algoritmo de Bellman-Ford melhorado apresentou o melhor desempenho em tempo de execução, além de aceitar peso negativo, já o algoritmo de Bellman-Ford sem a otimização apresenta resultados em tempo de execução superior ao dijkstra, mas tem a vantagem de aceitar pesos negativos.

O Algoritmo de Floyd-Warshall apresentou o pior desempenho em tempo de execução comparado aos demais algoritmos, por ser um algoritmo com base em matriz de adjacências, é muito ineficiente para resolução de grafos com muitos vértices e arestas.

Parte 3: Resolvendo o Problema do Labirinto

Para cada arquivo de labirinto abordado apresente o caminho do início até a saída e o tempo de execução em segundos para obter a resposta:

Obs: Utilizamos para resolver o labirinto o algoritmo de Dijkstra, abaixo segue o tempo de execução e o caminho encontrado.

Maze3:

caminho -> [0 1 2 12 22 23 33 34 35 36 37 38 48 49 59 69].

O tempo total foi de 0.022 segundos.

```
Caminho: [ 0 1 2 12 22 23 33 34 35 36 37 38 48 49 59 69 ]
Custo: 15
O tempo total foi de 0.022 segundos.
```

Figura 1: Caminho do grafo maze3.txt

Maze10:

caminho -> [0 1 2 33 64 95 126 127 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 203 234 265 296 327 328 359 360 361 362 363 364 395 426 457 488 519 520 551 552 553 584 585 616 617 618 619 650].

O tempo total foi de 0.074 segundos.

```
Caminho: [ 0 1 2 33 64 95 126 127 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172
203 234 265 296 327 328 359 360 361 362 363 364 395 426 457 488 519 520 551 552 553 584 585 61
6 617 618 619 650 ]
Custo: 50
O tempo total foi de 0.074 segundos.
```

Figura 2: Caminho do grafo maze10.txt

Maze20:

Caminho -> [0 1 2 63 124 125 186 187 248 309 308 307 368 429 490 491 552 553 554 615 616 677 678 679 680 681 682 743 744 805 806 745 684 685 686 687 688 689 690 691 752 753 814 815 754

693 694 695 696 697 758 759 820 821 760 699 700 701 702 641 580 519 458 459 460 461 462 463
 464 465 466 467 468 469 470 471 532 533 594 595 596 657 658 719 720 721 782 843 904 905 966
 967 1028 1089 1088 1087 1086 1085 1084 1083 1082 1081 1142 1203 1264 1265 1326 1327 1328
 1389 1450 1511 1572 1633 1634 1695 1696 1697 1758 1819 1880 1941 2002 2003 2064 2065 2066
 2127 2188 2249 2310 2371 2372 2433 2434 2435 2436 2437 2438 2439 2500].

O tempo total foi de 0.111 segundos.

```
Caminho: [ 0 1 2 63 124 125 186 187 248 309 308 307 368 429 490 491 552 553 554 615 616 677 678
679 680 681 682 743 744 805 806 745 684 685 686 687 688 689 690 691 752 753 814 815 754 693
694 695 696 697 758 759 820 821 760 699 700 701 702 641 580 519 458 459 460 461 462 463 464 46
5 466 467 468 469 470 471 532 533 594 595 596 657 658 719 720 721 782 843 904 905 966 967 1028
1089 1088 1087 1086 1085 1084 1083 1082 1081 1142 1203 1264 1265 1326 1327 1328 1389 1450 1511 1
572 1633 1634 1695 1696 1697 1758 1819 1880 1941 2002 2003 2064 2065 2066 2127 2188 2249 2310 2371
2372 2433 2434 2435 2436 2437 2438 2439 2500 ]
Custo: 140
O tempo total foi de 0.111 segundos.
```

Figura 3: Caminho do grafo maze20.txt

Maze30:

Caminho -> [0 1 2 93 184 275 366 457 548 639 730 821 912 913 1004 1005 1006 1007 1008 917
 826 827 828 829 830 831 832 741 650 559 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 569 660
 751 752 843 844 845 846 847 848 939 1030 1121 1122 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1220
 1129 1038 947 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 774 683 684 685 686 595 504 505 506
 507 508 599 600 691 692 693 694 695 604 513 422 331 332 333 334 335 426 427 518 519 520 611
 702 793 794 885 886 977 1068 1067 1066 1065 1064 1063 1062 1153 1244 1335 1426 1517 1608
 1607 1606 1605 1696 1787 1786 1695 1694 1603 1602 1601 1600 1599 1690 1781 1780 1779 1778
 1777 1776 1775 1774 1773 1864 1955 2046 2047 2138 2139 2140 2231 2322 2413 2504 2595 2686
 2777 2778 2869 2870 2961 3052 3051 3050 3049 3140 3231 3322 3413 3412 3411 3410 3501 3592
 3591 3590 3681 3682 3773 3774 3775 3776 3777 3778 3779 3780 3781 3872 3963 4054 4145 4236
 4327 4418 4509 4600 4691 4782 4873 4964 5055 5146 5147 5238 5239 5148 5057 5058 5059 5060
 5061 5152 5153 5244 5245 5154 5063 4972 4881 4882 4883 4884 4885 4976 4977 5068 5069 5070
 5071 5072 5073 5074 5075 5076 5167 5168 5259 5260 5261 5262 5263 5172 5081 5082 5083 5084
 5085 5086 5087 5088 5089 5090 5091 5092 5093 5094 5185 5276 5367 5368 5459 5550]

O tempo total foi de 0.288 segundos.

```
Caminho: [ 0 1 2 93 184 275 366 457 548 639 730 821 912 913 1004 1005 1006 1007 1008 917 826 827
828 829 830 831 832 741 650 559 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 569 660 751 752
843 844 845 846 847 848 939 1030 1121 1122 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1220 1129 1038 947
856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 774 683 684 685 686 595 504 505 506 507 508 599 600 6
91 692 693 694 695 604 513 422 331 332 333 334 335 426 427 518 519 520 611 702 793 794 885 886
977 1068 1067 1066 1065 1064 1063 1062 1153 1244 1335 1426 1517 1608 1607 1606 1605 1696 1787 17
86 1695 1694 1603 1602 1601 1600 1599 1690 1781 1780 1779 1778 1777 1776 1775 1774 1773 1864 1955
2046 2047 2138 2139 2140 2231 2322 2413 2504 2595 2686 2777 2778 2869 2870 2961 3052 3051 3050 30
49 3140 3231 3322 3413 3412 3411 3410 3501 3592 3591 3590 3681 3682 3773 3774 3775 3776 3777 3778
3779 3780 3781 3872 3963 4054 4145 4236 4327 4418 4509 4600 4691 4782 4873 4964 5055 5146 5147 52
38 5239 5148 5057 5058 5059 5060 5061 5152 5153 5244 5245 5154 5063 4972 4881 4882 4883 4884 4885
4976 4977 5068 5069 5070 5071 5072 5073 5074 5075 5076 5167 5168 5259 5260 5261 5262 5263 5172 50
81 5082 5083 5084 5085 5086 5087 5088 5089 5090 5091 5092 5093 5094 5185 5276 5367 5368 5459 5550
]
Custo: 268
O tempo total foi de 0.288 segundos.
```

Figura 4: Caminho do grafo maze30.txt

Maze40:

Caminho -> [0 1 2 123 244 245 366 367 368 489 610 731 732 853 854 855 856 857 858 859 860
 861 982 1103 1224 1345 1466 1587 1708 1829 1950 1951 2072 2073 1952 1831 1832 1833 1834
 1713 1592 1593 1594 1595 1596 1597 1598 1599 1720 1721 1842 1843 1844 1965 1966 2087 2088

2089 2090 2091 2212 2333 2454 2575 2696 2817 2938 3059 3180 3301 3422 3543 3664 3785 3784
 3783 3782 3781 3780 3779 3778 3777 3776 3775 3774 3773 3772 3771 3770 3891 4012 4133 4254
 4253 4252 4251 4372 4493 4614 4735 4734 4733 4732 4731 4730 4851 4972 5093 5214 5335 5456
 5577 5578 5699 5700 5701 5702 5703 5704 5705 5706 5707 5828 5829 5950 5951 6072 6193 6192
 6191 6190 6311 6432 6553 6674 6673 6672 6793 6914 7035 7036 7157 7158 7159 7160 7161 7162
 7163 7164 7165 7166 7167 7168 7169 7170 7049 6928 6929 6930 6931 6810 6689 6690 6691 6692
 6571 6450 6329 6208 6207 6086 6085 5964 5963 5962 5961 5960 5959 5838 5837 5716 5595 5474
 5353 5232 5111 4990 4991 4992 4993 5114 5115 5236 5237 5238 5239 5240 5119 4998 4999 5000
 5001 5002 5003 5004 5005 5006 5007 5008 5009 5010 5011 5012 5013 4892 4771 4650 4529 4528
 4407 4406 4285 4164 4043 4044 4045 4046 4047 4048 3927 3806 3807 3808 3809 3688 3567 3446
 3325 3326 3327 3328 3207 3086 3087 3088 3089 3090 3211 3212 3333 3334 3213 3092 2971 2850
 2729 2608 2607 2606 2605 2604 2483 2482 2361 2240 2119 1998 1877 1878 1879 1880 1881 1882
 1761 1640 1641 1642 1643 1644 1645 1646 1647 1648 1649 1650 1651 1652 1653 1654 1655 1656
 1657 1658 1659 1660 1661 1662 1663 1664 1543 1422 1301 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186
 1307 1428 1427 1426 1547 1668 1789 1790 1911 1912 1913 2034 2155 2276 2397 2518 2519 2640
 2641 2642 2643 2644 2765 2886 3007 3128 3249 3370 3491 3612 3611 3610 3609 3608 3607 3606
 3605 3604 3603 3602 3601 3600 3721 3842 3963 4084 4205 4326 4325 4324 4323 4444 4565 4686
 4807 4928 5049 5170 5291 5290 5289 5288 5287 5286 5285 5284 5283 5282 5403 5524 5645 5766
 5765 5764 5763 5884 6005 6004 6003 6002 6123 6244 6243 6242 6241 6362 6483 6604 6725 6724
 6723 6844 6965 7086 7207 7328 7329 7450 7451 7452 7573 7574 7695 7696 7817 7938 7937 7936
 8057 8178 8299 8300 8421 8422 8423 8424 8425 8426 8547 8668 8789 8790 8911 8912 8913 8914
 8915 9036 9157 9156 9155 9276 9397 9518 9519 9640 9641 9642 9643 9644 9645 9646 9647 9648
 9649 9650 9651 9652 9653 9654 9655 9656 9657 9658 9659 9538 9417 9418 9419 9420 9299 9178
 9057 8936 8937 8938 8939 8940 8941 8942 8943 8944 8945 8946 9067 9188 9309 9310 9431 9432
 9433 9554 9555 9676 9677 9678 9679 9800].

O tempo total foi de 0.477 segundos.

```
Caminho: [ 0 1 2 123 244 245 366 367 368 489 610 731 732 853 854 855 856 857 858 859 860 861 98
2 1103 1224 1345 1466 1587 1708 1829 1950 1951 2072 2073 1952 1831 1832 1833 1834 1713 1592 1593
1594 1595 1596 1597 1598 1599 1720 1721 1842 1843 1844 1965 1966 2087 2088 2089 2090 2091 2212 233
3 2454 2575 2696 2817 2938 3059 3180 3301 3422 3543 3664 3785 3784 3783 3782 3781 3780 3779 3778
3777 3776 3775 3774 3773 3772 3771 3770 3891 4012 4133 4254 4253 4252 4251 4372 4493 4614 4735 473
4 4733 4732 4731 4730 4851 4972 5093 5214 5335 5456 5577 5578 5699 5700 5701 5702 5703 5704 5705
5706 5707 5828 5829 5950 5951 6072 6193 6192 6191 6190 6311 6432 6553 6674 6673 6672 6793 6914 703
5 7036 7157 7158 7159 7160 7161 7162 7163 7164 7165 7166 7167 7168 7169 7170 7049 6928 6929 6930
6931 6810 6689 6690 6691 6692 6571 6450 6329 6208 6207 6086 6085 5964 5963 5962 5961 5960 5959 583
3325 3326 3327 3328 3207 3086 3087 3088 3089 3090 3211 3212 3333 3334 3213 3092 2971 2850 2729 260
8 2607 2606 2605 2604 2483 2482 2361 2240 2119 1998 1877 1878 1879 1880 1881 1882 1761 1640 1641
1642 1643 1644 1645 1646 1647 1648 1649 1650 1651 1652 1653 1654 1655 1656 1657 1658 1659 1660 166
1 1662 1663 1664 1543 1422 1301 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1307 1428 1427 1426 1547 1668
1789 1790 1911 1912 1913 2034 2155 2276 2397 2518 2519 2640 2641 2642 2643 2644 2765 2886 3007 312
8 3249 3370 3491 3612 3611 3610 3609 3608 3607 3606 3605 3604 3603 3602 3601 3600 3721 3842 3963
4084 4205 4326 4325 4324 4323 4444 4565 4686 4807 4928 5049 5170 5291 5290 5289 5288 5287 5286 528
5 5284 5283 5282 5403 5524 5645 5766 5765 5764 5763 5884 6005 6004 6003 6002 6123 6244 6243 6242
6241 6362 6483 6604 6725 6724 6723 6844 6965 7086 7207 7328 7329 7450 7451 7452 7573 7574 7695 769
6 7817 7938 7937 7936 8057 8178 8299 8300 8421 8422 8423 8424 8425 8426 8547 8668 8789 8790 8911
8912 8913 8914 8915 9036 9157 9156 9155 9276 9397 9518 9519 9640 9641 9642 9643 9644 9645 9646 964
7 9648 9649 9650 9651 9652 9653 9654 9655 9656 9657 9658 9659 9538 9417 9418 9419 9420 9299 9178
9057 8936 8937 8938 8939 8940 8941 8942 8943 8944 8945 8946 9067 9188 9309 9310 9431 9432 9433 955
4 9555 9676 9677 9678 9679 9800 ]
Custo: 496
O tempo total foi de 0.477 segundos.
```

Figura 5: Caminho do grafo maze40.txt

Maze50:

Caminho -> [0 1 2 3 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 316 467 618 769 920 1071
 1222 1223 1374 1375 1376 1377 1378 1379 1530 1531 1682 1683 1532 1381 1382 1383 1384 1233

1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 937 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 947 948
 1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 955 804 653 502 503 504 505 506 507 508 357 206
 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 367 518 669 820 971 1122 1273 1424 1575 1576 1727
 1728 1729 1730 1731 1732 1733 1734 1735 1736 1737 1738 1889 2040 2191 2342 2493 2494 2645
 2646 2647 2798 2799 2950 2951 2952 3103 3104 3255 3256 3257 3408 3409 3560 3561 3562 3563
 3564 3565 3716 3867 4018 4169 4320 4321 4472 4473 4474 4625 4776 4927 5078 5229 5230 5381
 5382 5533 5684 5683 5682 5681 5832 5983 6134 6285 6284 6283 6434 6435 6586 6587 6588 6739
 6890 7041 7042 7193 7194 7195 7196 7197 7348 7499 7650 7801 7952 8103 8102 8101 8252 8253
 8404 8405 8406 8407 8408 8257 8106 8107 8108 8109 8110 8111 8112 8113 8264 8415 8566 8717
 8868 9019 9170 9171 9322 9323 9324 9325 9326 9327 9478 9479 9630 9631 9632 9783 9784 9935
 9936 9937 10088 10089 10240 10241 10392 10543 10694 10845 10844 10693 10692 10541 10540
 10539 10538 10537 10536 10535 10534 10685 10836 10987 11138 11289 11440 11591 11742 11741
 11740 11739 11738 11737 11736 11735 11734 11733 11884 12035 12186 12337 12336 12335 12334
 12333 12332 12331 12482 12633 12784 12935 12934 12933 13084 13235 13386 13387 13538 13539
 13540 13691 13842 13993 13994 14145 14146 14147 14298 14449 14600 14601 14752 14753 14754
 14905 14906 15057 15058 15059 15060 15061 15062 15063 15064 15065 15066 15067 15068 15069
 15070 15071 15072 15073 15074 15075 15076 14925 14774 14623 14472 14473 14474 14475 14324
 14173 14022 13871 13872 13873 13874 13875 13876 13877 13878 14029 14180 14331 14332 14483
 14484 14485 14636 14637 14788 14789 14790 14791 14792 14641 14490 14491 14492 14493 14494
 14645 14796 14947 14948 15099 15250].

O tempo total foi de 0.916 segundos.

```
Caminho: [ 0 1 2 3 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 316 467 618 769 920 1071 122
2 1223 1374 1375 1376 1377 1378 1379 1530 1531 1682 1683 1532 1381 1382 1383 1384 1233 1082 1083
1084 1085 1086 1087 1088 937 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 947 948 1099 1100 1101
1102 1103 1104 1105 1106 955 804 653 502 503 504 505 506 507 508 357 206 207 208 209 210 211 2
12 213 214 215 216 367 518 669 820 971 1122 1273 1424 1575 1576 1727 1728 1729 1730 1731 1732 17
33 1734 1735 1736 1737 1738 1889 2040 2191 2342 2493 2494 2645 2646 2647 2798 2799 2950 2951 2952
3103 3104 3255 3256 3257 3408 3409 3560 3561 3562 3563 3564 3565 3716 3867 4018 4169 4320 4321 44
72 4473 4474 4625 4776 4927 5078 5229 5230 5381 5382 5533 5684 5683 5682 5681 5832 5983 6134 6285
6284 6283 6434 6435 6586 6587 6588 6739 6890 7041 7042 7193 7194 7195 7196 7197 7348 7499 7650 78
01 7952 8103 8102 8101 8252 8253 8404 8405 8406 8407 8408 8257 8106 8107 8108 8109 8110 8111 8112
8113 8264 8415 8566 8717 8868 9019 9170 9171 9322 9323 9324 9325 9326 9327 9478 9479 9630 9631 96
32 9783 9784 9935 9936 9937 10088 10089 10240 10241 10392 10543 10694 10845 10844 10693 10692 10541
10540 10539 10538 10537 10536 10535 10534 10685 10836 10987 11138 11289 11440 11591 11742 11741 1174
0 11739 11738 11737 11736 11735 11734 11733 11884 12035 12186 12337 12336 12335 12334 12333 12332 12
331 12482 12633 12784 12935 12934 12933 13084 13235 13386 13387 13538 13539 13540 13691 13842 13993
13994 14145 14146 14147 14298 14449 14600 14601 14752 14753 14754 14905 14906 15057 15058 15059 15060
15061 15062 15063 15064 15065 15066 15067 15068 15069 15070 15071 15072 15073 15074 15075 15076 149
25 14774 14623 14472 14473 14474 14475 14324 14173 14022 13871 13872 13873 13874 13875 13876 13877 1
3878 14029 14180 14331 14332 14483 14484 14485 14636 14637 14788 14789 14790 14791 14792 14641 14490
14491 14492 14493 14494 14645 14796 14947 14948 15099 15250 ]
Custo: 368
O tempo total foi de 0.916 segundos.
```

Figura 6: Caminho do grafo maze50.txt