

Resultados detalhados dos métodos heurísticos para o problema *Minimum Weight Vertex Cover*

Maicon Pedro Macedo Leles
Ivanderlei Mendes Silva Filho
Tedeu Knewitz Zubarán

23 de março de 2025

1 Resultados das heurísticas construtivas para instâncias SPI tipo 1

Tabela 1: Resultados para instâncias SPI tipo 1

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)
10	10	264,8	0	451	0	311,2	0
10	20	423,4	0,5	605,5	0	473,8	0
10	30	451	1,2	625,4	0	553	0
10	40	489,8	1,8	570,8	0	531,8	0
15	20	467,3	15,9	794,4	0	544,3	0
15	40	606	54,5	852,9	0	683,4	0
15	60	684,5	97,8	898,7	0	819,7	0
15	80	810,9	126,66	979,4	0	910,9	0
15	100	882,1	155,2	975,6	0	945,6	0
20	20	490,3	337,3	916,8	0	583,9	0
20	40	745,8	1466,8	1176,4	0	929	0
20	60	875	2618,1	1204,2	0	1076,6	0
20	80	881,2	3791,5	1301,4	0	1033,1	0
20	100	1025,4	5059,7	1326,7	0	1175	0
20	120	1005,4	5846,6	1255,6	0	1165,5	0
25	40	807,7	56330,6	1365,1	0	940,5	0
25	80	1051,7	205115,4	1595,2	0	1291,4	0
25	100	1159,5	268340,6	1614,5	0	1403,9	0
25	150	1335,3	420740,6	1701,8	0	1519,3	0
25	200	1397,9	614441,5	1682,3	0	1559,7	0

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Heurística construtiva Random Edge, [3] - Heurística construtiva Ratio Edge.

2 Resultados das buscas locais para instâncias SPI tipo 1

Tabela 2: Resultados para instâncias SPI tipo 1 utilizando buscas locais

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)
10	10	264,8	0	270,4	0	290	0	279,2	0	264,8	0
10	20	423,4	0	431,9	0	440,5	0	436,2	0	426	0
10	30	451	0,001	460,2	0	500,2	0	492,2	0	463,9	0
10	40	489,8	0,001	496,5	0	523,7	0	506,1	0	495,2	0
15	20	467,3	0,015	479,1	0	498,5	0	478,8	0	468,1	0
15	40	606	0,054	613,3	0	637	0	616,5	0	610,8	0
15	60	684,5	0,097	694,4	0	720,4	0	712,3	0	685,1	0
15	80	810,9	0,126	834	0	852,3	0	853,4	0	816,5	0
15	100	882,1	0,155	908,5	0	913	0	910,9	0	882,1	0
20	20	490,3	0,337	499,4	0	520,4	0	518,3	0	490,8	0
20	40	745,8	1,466	781,1	0	829	0	790,8	0	751,4	0
20	60	875	2,618	928,1	0	958,4	0	939,2	0	880,6	0
20	80	881,2	3,791	894,5	0	963,9	0	919,5	0	891	0
20	100	1025,4	5,059	1042,5	0	1096,3	0	1045,8	0	1034	0
20	120	1005,4	5,846	1033,7	0	1078,2	0	1076	0	1012,4	0
25	40	807,7	56,330	818,5	0	885,2	0	851,2	0	813,7	0
25	80	1051,7	205,115	1073,9	0	1175,8	0	1112,3	0	1063,3	0
25	100	1159,5	268,340	1174,9	0	1275,4	0	1201	0	1174,6	0
25	150	1335,3	420,740	1365,4	0	1441,6	0	1408,6	0	1356,2	0
25	200	1397,9	614,441	1422,5	0	1444,5	0	1421	0	1399,7	0

Notas: [1] - Solução ótima, [2] - Busca local por melhor melhora com vizinhança Remove-1-vertex, [3] - Busca local por melhor melhora com vizinhança Remove-2-vertex, [4] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-1-vertex, [5] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-2-vertex.

3 Resultados das meta-heurísticas para instâncias SPI tipo 1

Tabela 3: Resultados para instâncias SPI tipo 1 utilizando Meta-heurísticas

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)	[6]	(s)
10	10	264,8	0	264,8	30	264,8	30	264,8	30	264,8	30	264,8	30
10	20	423,4	0,5	423,4	30	423,4	30	423,4	30	423,4	30	423,4	30
10	30	451	1,2	451	30	451	30	451	30	451	30	451	30
10	40	489,8	1,8	489,8	30	489,8	30	489,8	30	489,8	30	489,8	30
15	20	467,3	15,9	467,3	30	467,3	30	467,3	30	467,3	30	467,3	30
15	40	606	54,5	606	30	606	30	606	30	606	30	606,5	30
15	60	684,5	97,8	684,5	30	684,5	30	684,5	30	684,5	30	684,5	30
15	80	810,9	126,66	810,9	30	810,9	30	810,9	30	810,9	30	810,9	30
15	100	882,1	155,2	882,1	30	882,1	30	882,1	30	882,1	30	882,1	30
20	20	490,3	337,3	490,3	30	490,3	30	490,3	30	490,3	30	490,8	30
20	40	745,8	1466,8	745,8	30	745,8	30	745,8	30	745,8	30	750,9	30
20	60	875	2618,1	875	30	875	30	875	30	875	30	875,7	30
20	80	881,2	3791,5	881,2	30	881,2	30	881,2	30	881,2	30	881,2	30
20	100	1025,4	5059,7	1025,4	30	1025,4	30	1025,4	30	1025,4	30	1031,3	30
20	120	1005,4	5846,6	1005,4	30	1005,4	30	1005,4	30	1005,4	30	1005,4	30
25	40	807,7	56330,6	807,7	30	807,7	30	807,7	30	807,7	30	808	30
25	80	1051,7	205115,4	1051,7	30	1051,7	30	1051,7	30	1051,7	30	1055,3	30
25	100	1159,5	268340,6	1159,5	30	1159,5	30	1159,5	30	1159,5	30	1169,4	30
25	150	1335,3	420740,6	1335,3	30	1335,3	30	1335,3	30	1335,3	30	1335,8	30
25	200	1397,9	614441,5	1397,9	30	1397,9	30	1397,9	30	1397,9	30	1399,4	30

Notas: [1] - Solução ótima, [2] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-2-vertex, [3] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-1-vertex, [4] - VNS com busca local por melhor melhora, [5] - VNS com busca local por primeira melhora, [6] - Algoritmo Genético.

4 Resultados das heurísticas construtivas para instâncias SPI tipo 2

Tabela 4: Resultados para instâncias SPI tipo 2

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)
10	10	15,2	0	26,1	0	18,7	0
10	20	55,9	0,3	83,2	0	63,8	0
10	30	130,1	1,1	166	0	147,8	0
10	40	265,9	1,3	323,6	0	277,9	0
15	20	34,5	20	61,5	0	42,4	0
15	40	144	56,3	224,8	0	169,3	0
15	60	358,1	90	483,9	0	423,9	0
15	80	717,2	122,75	868,2	0	786	0
15	100	1091,2	145,8	1227,2	0	1141,6	0
20	20	28,5	517	56,2	0	36	0
20	40	94,7	1680,2	154,9	0	119,5	0
20	60	258,5	2822,8	367,6	0	313,1	0
20	80	522,6	3904,6	715	0	635,9	0
20	100	763,5	4785,1	964,6	0	878,8	0
20	120	1229,8	5828,3	1508,6	0	1370,2	0
25	40	80,2	72794,1	147,8	0	102,9	0
25	80	360,5	193076,6	544,2	0	446,1	0
25	100	574,7	271284,3	826,7	0	700,9	0
25	150	1337,3	374693,1	1739	0	1517,8	0
25	200	2510,5	496083,1	3001,2	0	2825,9	0

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Heurística construtiva Random Edge, [3] - Heurística construtiva Ratio Edge.

5 Resultados das buscas locais para instâncias SPI tipo 2

Tabela 5: Resultados para instâncias SPI tipo 2 utilizando buscas locais

n	m	[1]	(ms)	[2]	(ms)	[3]	(ms)	[4]	(ms)	[5]	(ms)
10	10	15,2	0	15,2	0	17,5	0	15,6	0	15,3	0
10	20	55,9	0	57,3	0	60	0	60,3	0	57,1	0
10	30	130,1	0,001	134,8	0	140,5	0	139	0	134,6	0
10	40	265,9	0,001	276,2	0	273,1	0	276,6	0	265,9	0
15	20	34,5	0,020	34,7	0	38,9	0	35,7	0	34,7	0
15	40	144	0,056	144,9	0	149,3	0	148,5	0	144,1	0
15	60	358,1	0,090	372,1	0	398,1	0	372,7	0	359,9	0
15	80	717,2	0,122	719,2	0	754,8	0	723,6	0	717,2	0
15	100	1091,2	0,145	1108,5	0	1128,3	0	1108,5	0	1091,2	0
20	20	28,5	0,517	28,6	0	30,3	0	28,9	0	28,6	0
20	40	94,7	1,680	96,3	0	102	0	97,2	0	95,3	0
20	60	258,5	2,822	265,9	0	283,6	0	266	0	264,5	0
20	80	522,6	3,904	545,7	0	581,1	0	549,7	0	530,5	0
20	100	763,5	4,785	786,8	0	812,8	0	789,6	0	775,8	0
20	120	1229,8	5,828	1262,5	0	1310,6	0	1285	0	1248,4	0
25	40	80,2	72,794	81,1	0	88,6	0	82,2	0	80,6	0
25	80	360,5	193,076	368,9	0	392,3	0	373,4	0	365,6	0
25	100	574,7	271,284	581,6	0	614,5	0	589,9	0	580	0
25	150	1337,3	374,693	1380,3	0	1440,5	0	1384,5	0	1362,9	0
25	200	2510,5	496,083	2536,7	0	2685,3	0	2584,9	0	2534,7	0

Notas: [1] - Solução ótima, [2] - Busca local por melhor melhora com vizinhança Remove-1-vertex, [3] - Busca local por melhor melhora com vizinhança Remove-2-vertex, [4] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-1-vertex, [5] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-2-vertex.

6 Resultados das meta-heurísticas para instâncias SPI tipo 2

Tabela 6: Resultados para instâncias SPI tipo 2 utilizando Meta-heurísticas

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)	[6]	(s)
10	10	15,2	0	15,2	30	15,2	30	15,2	30	15,2	30	15,2	30
10	20	55,9	0,3	55,9	30	55,9	30	55,9	30	55,9	30	55,9	30
10	30	130,1	1,1	130,1	30	130,1	30	130,1	30	130,1	30	130,1	30
10	40	265,9	1,3	265,9	30	265,9	30	265,9	30	265,9	30	265,9	30
15	20	34,5	20	34,5	30	34,5	30	34,5	30	34,5	30	34,7	30
15	40	144	56,3	144	30	144	30	144	30	144	30	144	30
15	60	358,1	90	358,1	30	358,1	30	358,1	30	358,1	30	358,1	30
15	80	717,2	122,75	717,2	30	717,2	30	717,2	30	717,2	30	717,2	30
15	100	1091,2	145,8	1091,2	30	1091,2	30	1091,2	30	1091,2	30	1091,2	30
20	20	28,5	517	28,5	30	28,5	30	28,5	30	28,5	30	28,6	30
20	40	94,7	1680,2	94,7	30	94,7	30	94,7	30	94,7	30	94,8	30
20	60	258,5	2822,8	258,5	30	258,5	30	258,5	30	258,5	30	259	30
20	80	522,6	3904,6	522,6	30	522,6	30	522,6	30	522,6	30	523,8	30
20	100	763,5	4785,1	763,5	30	763,5	30	763,5	30	763,5	30	763,5	30
20	120	1229,8	5828,3	1229,8	30	1229,8	30	1229,8	30	1229,8	30	1232	30
25	40	80,2	72794,1	80,2	30	80,2	30	80,2	30	80,2	30	80,4	30
25	80	360,5	193076,6	360,5	30	360,5	30	360,5	30	360,5	30	361,7	30
25	100	574,7	271284,3	574,7	30	574,7	30	574,7	30	574,7	30	575,5	30
25	150	1337,3	374693,1	1337,3	30	1337,3	30	1337,3	30	1337,3	30	1339	30
25	200	2510,5	496083,1	2510,5	30	2510,5	30	2510,5	30	2510,5	30	2517,1	30

Notas: [1] - Solução ótima, [2] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-2-vertex, [3] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-1-vertex, [4] - VNS com busca local por melhor melhora, [5] - VNS com busca local por primeira melhora, [6] - Algoritmo Genético.

7 Resultados das heurísticas construtivas para instâncias MPI tipo 1

Tabela 7: Resultados para instâncias MPI tipo 1

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)
50	50	1213,6	0,1	2342,2	0	1413,1	0
50	100	1617,3	0	2834,4	0	1958,5	0
50	250	2292,6	2,3	3125,5	0	2748,5	0
50	500	2696,7	0,1	3303	0	3011,7	0
50	750	2958,7	0,2	3373,8	0	3216,8	0
50	1000	3076	0,2	3349,4	0	3235,9	0
100	100	2479,8	1	4749,7	0	2958,6	0
100	250	3676,4	0,81	5929,5	0	4425,2	0
100	500	4523,5	1	6349,4	0	5506,7	0
100	750	5119,6	0,4	6582,9	0	5982,9	0
100	1000	5327,3	1	6662,4	0	6106,2	0
100	2000	6114,7	0,4	6938,9	0	6716,9	0
150	150	3695,3	0,88	7241,9	0	4368,6	0
150	250	4708	0	8128,5	0	5666,7	0
150	500	6056,9	0,7	9298,3	0	7328,2	0
150	750	6922,7	2	9633,9	0	8286,9	0
150	1000	7509	2	10137,3	0	8755,3	0
150	2000	8518,5	1	10260,9	0	9725	0
150	3000	8786,7	2	10093,7	0	9687,3	0
200	250	5370,2	0	10153,5	0	6434,1	0
200	500	7372,9	1	12199,5	0	8953,1	0
200	750	8420,4	1	12470,3	0	10243,9	0
200	1000	9102,7	2	12863,4	0	10967	0
200	2000	10849,3	2	13577,1	0	12561,4	0
200	3000	11499,1	3	13654,1	0	12979,3	0
250	250	6113,6	3	11732	0	7126,6	0
250	500	8484,1	1	14519,3	0	10282	0
250	750	9780,8	2	15406	0	12103,5	0
250	1000	10877,7	5	15979,6	0	13259,7	0
250	2000	12712,2	8	16587,7	0	14907,7	0
250	3000	13921,7	14	17022,8	0	16006,4	0
250	5000	14820,6	8	17121	0	16460,7	0
300	300	7407	2	14377,4	0	8827,1	0
300	500	9486,8	3	16584,2	0	11558,2	0
300	750	11147,5	4	18068,6	0	13791,7	0
300	1000	12052,6	18	18470,4	0	14595,2	0
300	2000	14900,3	4	19963,8	0	17708	0
300	3000	16064,7	13	20334,8	0	18878,3	0
300	5000	17441	49	20632,9	0	19668,6	0

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUN-
NEN, 2021), [2] - Heurística construtiva Random Edge, [3]
- Heurística construtiva Ratio Edge.

8 Resultados das buscas locais para instâncias MPI tipo 1

Tabela 8: Resultados para instâncias MPI tipo 1 utilizando buscas locais

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)
50	50	1213,6	0,1	1228,1	0	1322,9	0	1241	0	1220,7	0,001
50	100	1617,3	0	1652,6	0	1771,4	0	1660,7	0	1622	0,001
50	250	2292,6	2,3	2380,1	0	2442,6	0	2369,6	0	2319,8	0,001
50	500	2696,7	0,1	2788,8	0	2863,3	0	2779,3	0	2716,5	0,002
50	750	2958,7	0,2	3006,9	0	3063,2	0	3014,2	0	3013	0,002
50	1000	3076	0,2	3135,3	0	3160,8	0	3129,7	0	3108,1	0,002
100	100	2479,8	1	2540	0	2665,8	0	2572,5	0	2486,5	0,008
100	250	3676,4	0,81	3802,1	0	3951,8	0	3951,8	0	3830,9	0,011
100	500	4523,5	1	4682,8	0	4861,8	0	4760,5	0	4548	0,013
100	750	5119,6	0,4	5272	0	5417,3	0	5356	0	5215,4	0,014
100	1000	5327,3	1	5526,6	0	5616,8	0	5554,9	0	5407,9	0,013
100	2000	6114,7	0,4	6235,6	0	6384,3	0	6293	0	6206,3	0,016
150	150	3695,3	0,88	3731	0	3939,5	0	3755,9	0	3705,9	0,024
150	250	4708	0	4831	0	5047,4	0	4887,3	0	4758,6	0,031
150	500	6056,9	0,7	6237,3	0	6442,2	0	6312,8	0	6129,2	0,032
150	750	6922,7	2	7183	0	7381,2	0	7188,8	0	6975,5	0,034
150	1000	7509	2	7733,6	0	8039,3	0	7777,4	0	7622,9	0,033
150	2000	8518,5	1	8823,2	0	8996,8	0	8928	0	8686,9	0,049
150	3000	8786,7	2	8986,2	0	9160,3	0	9030,3	0	8885,9	0,047
200	250	5370,2	0	5475,3	0	5689,5	0	5551,2	0	5387,4	0,057
200	500	7372,9	1	7615,6	0	7816,8	0	7752,1	0	7442,1	0,075
200	750	8420,4	1	8746,9	0	8883,9	0	8709,5	0	8505,2	0,077
200	1000	9102,7	2	9473,9	1	9724,6	0	9511,7	0	9218,5	0,088
200	2000	10849,3	2	11198,4	0	11459,2	0	11267,1	0	11029,8	0,091
200	3000	11499,1	3	11790,7	1	12096,7	0,001	11817,7	0	11659,2	0,090
250	250	6113,6	3	6233,7	0	6432,8	0	6277	0	6144,1	0,120
250	500	8484,1	1	8649,8	0,002	9030,8	0,001	8790	0	8556,6	0,158
250	750	9780,8	2	10109,4	0,002	10421,9	0,001	10204,2	0	9910,1	0,170
250	1000	10877,7	5	11233,2	0,002	11499,2	0,002	11304,7	0	10988,9	0,159
250	2000	12712,2	8	13165	0,002	13386,8	0,002	13221,1	0	12846,5	0,193
250	3000	13921,7	14	14379	0,002	14602,9	0,002	14424,5	0	14133,5	0,207
250	5000	14820,6	8	15287,6	0,002	15521,3	0,002	15209,8	0	15004,2	0,238
300	300	7407	2	7561,7	0,001	7764,5	0	7639,6	0	7458,1	0,183
300	500	9486,8	3	9705,1	0,002	10039,4	0,001	9860,7	0	9565,9	0,237
300	750	11147,5	4	11500	0,003	11765,7	0,002	11557	0	11279,3	0,301
300	1000	12052,6	18	12403,4	0,003	12719,8	0,003	12464,7	0	12160,8	0,266
300	2000	14900,3	4	15453,7	0,003	15731,5	0,003	15483,9	0	15065,4	0,296
300	3000	16064,7	13	16718,6	0,003	17075,2	0,003	16676,9	0	16386,9	0,303
300	5000	17441	49	17905,3	0,004	18221,6	0,003	17969,5	0	17710	0,363

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Busca local por melhor melhora com vizinhança Remove-1-vertex, [3] - Busca local por melhor melhora com vizinhança Remove-2-vertex, [4] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-1-vertex, [5] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-2-vertex.

9 Resultados das meta-heurísticas para instâncias MPI tipo 1

Tabela 9: Resultados para instâncias MPI tipo 1 utilizando Meta-heurísticas (Continua)

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)	[6]	(s)
50	50	1213,6	0,1	1213,6	30	1213,6	30	1213,6	30	1213,6	30	1216,6	30
50	100	1617,3	0	1617,3	30	1617,3	30	1617,3	30	1617,3	30	1632,1	30
50	250	2292,6	2,3	2292,6	30	2292,6	30	2292,6	30	2292,6	30	2316,7	30
50	500	2696,7	0,1	2698,4	30	2696,7	30	2696,7	30	2696,7	30	2723,3	30
50	750	2958,7	0,2	2962,9	30	2958,7	30	2958,7	30	2958,7	30	2969,9	30
50	1000	3076	0,2	3076	30	3076	30	3076	30	3076	30	3080,2	30
100	100	2479,8	1	2481,2	30	2479,8	30	2479,8	30	2479,8	30	2485,5	30
100	250	3676,4	0,81	3677,1	30	3676,4	30	3677,2	30	3676,4	30	3705	30
100	500	4523,5	1	4530,4	30	4523,5	30	4532,3	30	4523,5	30	4581,1	30
100	750	5119,6	0,4	5136,5	30	5125,7	30	5137,6	30	5119,6	30	5198,4	30
100	1000	5327,3	1	5346,9	30	5327,3	30	5331,4	30	5327,3	30	5382,7	30
100	2000	6114,7	0,4	6138,4	30	6114,7	30	6116,6	30	6114,7	30	6164,7	30
150	150	3695,3	0,88	3701,2	30	3700,3	30	3697,7	30	3695,3	30	3708,5	30
150	250	4708	0	4719	30	4723	30	4712,9	30	4708	30	4751,6	30
150	500	6056,9	0,7	6074,7	30	6070,3	30	6064,2	30	6058	30	6126,2	30
150	750	6922,7	2	6938	30	6931,9	30	6947,2	30	6922,7	30	7030,7	30
150	1000	7509	2	7524,9	30	7517,1	30	7525,1	30	7509	30	7602,7	30
150	2000	8518,5	1	8542,3	30	8525,9	30	8547,7	30	8518,5	30	8630,9	30

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-2-vertex, [3] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-1-vertex, [4] - VNS com busca local por melhor melhora, [5] - VNS com busca local por primeira melhora, [6] - Algoritmo Genético.

Tabela 10: Resultados para instâncias MPI tipo 1 utilizando Meta-heurísticas (Conclusão)

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)	[6]	(s)
150	3000	8786,7	2	8819,7	30	8792,3	30	8799,7	30	8786,7	30	8891	30
200	250	5370,2	0	5375,7	30	5373,9	30	5373,8	30	5370,2	30	5404,1	30
200	500	7372,9	1	7402	30	7400,2	30	7387,9	30	7376,7	30	7456,5	30
200	750	8420,4	1	8442	30	8452	30	8447,5	30	8430	30	8555,6	30
200	1000	9102,7	2	9124,1	30	9150,4	30	9136	30	9113,7	30	9264,2	30
200	2000	10849,3	2	10892,5	30	10865,3	30	10881,1	30	10853	30	11010,9	30
200	3000	11499,1	3	11567,1	30	11507,1	30	11522,3	30	11502,4	30	11665,6	30
250	250	6113,6	3	6117,6	30	6124,2	30	6114,8	30	6114,8	30	6180,7	30
250	500	8484,1	1	8504,6	30	8514,9	30	8484,1	30	8484,1	30	8592,2	30
250	750	9780,8	2	9810,5	30	9792,6	30	9800,7	30	9780,8	30	9904,9	30
250	1000	10877,7	5	10949,7	30	10933	30	10942,8	30	10902	30	11048,7	30
250	2000	12712,2	8	12796	30	12746,7	30	12784,5	30	12735,4	30	12959,8	30
250	3000	13921,7	14	14021	30	13980,6	30	14005,2	30	13937,9	30	14198	30
250	5000	14820,6	8	14925,2	30	14848,2	30	14889,3	30	14855,6	30	15058,5	30
300	300	7407	2	7418	30	7430,1	30	7407,7	30	7407,3	30	7493,8	30
300	500	9486,8	3	9512,2	30	9519,5	30	9507,1	30	9491,5	30	9607,3	30
300	750	11147,5	4	11199,8	30	11192,6	30	11172,8	30	11150,2	30	11284,5	30
300	1000	12052,6	18	12101,5	30	12095	30	12127	30	12063,4	30	12230,1	30
300	2000	14900,3	4	14978,2	30	14934,1	30	14947,8	30	14938	30	15204,4	30
300	3000	16064,7	13	16171,6	30	16093,8	30	16210,9	30	16094,7	30	16367,5	30
300	5000	17441	49	17548,1	30	17464,3	30	17492,5	30	17464,9	30	17775,4	30

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-2-vertex, [3] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-1-vertex, [4] - VNS com busca local por melhor melhora, [5] - VNS com busca local por primeira melhora, [6] - Algoritmo Genético.

10 Resultados das heurísticas construtivas para instâncias MPI tipo 2

Tabela 11: Resultados para instâncias MPI tipo 2

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)
50	50	69,7	0	141,6	0	86,7	0
50	100	268,7	0	438,9	0	350,7	0
50	250	1844,3	0,4	2555,3	0	2227,7	0
50	500	8095,8	1	9975,1	0	9202,7	0
50	750	19262,3	0	22022,3	0	21131,1	0
100	50	54,3	0	116	0	63,9	0
100	100	144,2	0,5	288,9	0	178,3	0
100	250	873,2	10,25	1438,7	0	1144,4	0
100	500	3661,8	0,6	5160,4	0	4609,5	0
100	750	9036,5	0,7	11610,2	0	11164	0
150	50	50,3	0,1	101,2	0	57,4	0
150	100	117,6	0,5	245,5	0	143,3	0
150	250	568,3	0	1037,4	0	753,6	0
150	500	2317,1	1,3	3684,1	0	2960,9	0
150	750	5366,7	1	7612,5	0	6794,4	0
200	50	48,4	0	97,7	0	52,4	0
200	100	109,5	0,2	232,1	0	128	0
200	250	433,9	0,3	844,5	0	564	0
200	500	1718,4	1	2883,8	0	2243,2	0
200	750	3907,8	3	5898,9	0	5052,3	0
250	250	378,3	1,3	770	0	477,3	0
250	500	1372,6	1	2410,6	0	1773,5	0
250	750	3211,1	5	5098,1	0	4267,4	0
250	1000	5620,5	3	8602,4	0	7232,6	0
250	2000	25230,5	16	33470,9	0	30691,1	0
250	5000	170459,4	10	198570,1	0	191210	0
300	250	329,8	1,2	679,2	0	410,3	0
300	500	1158,8	11	2110	0	1508,8	0
300	750	2624,1	4	4389,1	0	3408,3	0
300	1000	4689,4	3	7317,4	0	6064,4	0
300	2000	20096	5	27600,5	0	25167,3	0
300	5000	139398,5	7	166406,4	0	159601,1	0

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUN-NEN, 2021), [2] - Heurística construtiva Random Edge, [3] - Heurística construtiva Ratio Edge.

11 Resultados das buscas locais para instâncias MPI tipo 2

Tabela 12: Resultados para instâncias MPI tipo 2 utilizando buscas locais

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)
50	50	69,7	0	71,5	0	74,4	0	71,6	0	70	0,001
50	100	268,7	0	273,9	0	293,8	0	274,7	0	275,9	0,001
50	250	1844,3	0,4	1896,2	0	2012,2	0	1920,6	0	1868,9	0,001
50	500	8095,8	1	8333,9	0	8593,8	0	8416,5	0	8219,5	0,002
50	750	19262,3	0	19651,8	0	20185,6	0	19718,2	0	19392,2	0,002
100	50	54,3	0	55,1	0	60,3	0	55,4	0	54,6	0,006
100	100	144,2	0,5	145,5	0	154,6	0	145,5	0	144,9	0,008
100	250	873,2	10,25	900,1	0	928,9	0	903	0	881,8	0,011
100	500	3661,8	0,6	3854	0	3976,5	0	3847,9	0	3781,8	0,014
100	750	9036,5	0,7	9355,7	0	9654,6	0	9406,9	0	9235,8	0,012
150	50	50,3	0,1	50,8	0	53,5	0	50,9	0	50,6	0,017
150	100	117,6	0,5	119,6	0	130,5	0	119,5	0	118,6	0,020
150	250	568,3	0	591,8	0	606,4	0	589,1	0	575	0,028
150	500	2317,1	1,3	2383,3	0	2436,8	0	2379	0	2349,5	0,033
150	750	5366,7	1	5537,1	0	5706,4	0	5549	0	5441,6	0,039
200	50	48,4	0	48,7	0	50,9	0	48,8	0	48,6	0,036
200	100	109,5	0,2	110,6	0	117,2	0	111	0	109,8	0,039
200	250	433,9	0,3	443,6	0	457,5	0	444	0	439,6	0,052
200	500	1718,4	1	1783,6	0,001	1826,4	0,001	1779,3	0	1746,5	0,064
200	750	3907,8	3	4070,8	0,001	4191,8	0,001	4083,5	0	3994,8	0,077
250	250	378,3	1,3	387,3	0,001	395,2	0,001	388,4	0	380,6	0,108
250	500	1372,6	1	1427	0,004	1455	0,002	1426,8	0	1399,7	0,115
250	750	3211,1	5	3337,3	0,004	3391,4	0,003	3315,3	0	3271,5	0,140
250	1000	5620,5	3	5859,6	0,003	5986,9	0,003	5858,7	0	5724	0,145
250	2000	25230,5	16	26118,8	0,003	26730,8	0,003	26284,4	0	25670,7	0,171
250	5000	170459,4	10	174725,8	0,002	178716,5	0,001	175104	0	172987,6	0,200
300	250	329,8	1,2	335,4	0,002	352,9	0	336,6	0	332,2	0,160
300	500	1158,8	11	1201,4	0,005	1219,9	0,003	1198,7	0	1175,6	0,211
300	750	2624,1	4	2718,8	0,005	2748,3	0,004	2736	0	2671	0,203
300	1000	4689,4	3	4841,5	0,006	4914,4	0,004	4859,9	0	4748,7	0,251
300	2000	20096	5	20904,1	0,005	21324,3	0,004	20771,7	0	20450,2	0,266
300	5000	139398,5	7	143405	0,003	146311,5	0,003	143601,4	0	141269,2	0,330

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Busca local por melhor melhora com vizinhança Remove-1-vertex, [3] - Busca local por melhor melhora com vizinhança Remove-2-vertex, [4] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-1-vertex, [5] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-2-vertex.

12 Resultados das meta-heurísticas para instâncias MPI tipo 2

Tabela 13: Resultados para instâncias MPI tipo 2 utilizando Meta-heurísticas (Continua)

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)	[6]	(s)
50	50	69,7	0	69,7	30	69,7	30	69,7	30	69,7	30	70,2	30
50	100	268,7	0	268,9	30	268,7	30	268,7	30	268,7	30	274,2	30
50	250	1844,3	0,4	1844,4	30	1844,3	30	1844,3	30	1844,3	30	1874,2	30
50	500	8095,8	1	8096,7	30	8095,8	30	8095,8	30	8095,8	30	8134,1	30
50	750	19262,3	0	19262,3	30	19262,3	30	19262,3	30	19262,3	30	19406,5	30
100	50	54,3	0	54,3	30	54,3	30	54,3	30	54,3	30	54,4	30
100	100	144,2	0,5	144,2	30	144,3	30	144,2	30	144,2	30	148,2	30
100	250	873,2	10,25	873,5	30	874,1	30	872,6	30	872,6	30	887,5	30
100	500	3661,8	0,6	3679,4	30	3676,7	30	3661,8	30	3661,8	30	3774,4	30
100	750	9036,5	0,7	9057,9	30	9059,6	30	9039,6	30	9036,6	30	9223,7	30
150	50	50,3	0,1	50,3	30	50,3	30	50,3	30	50,3	30	50,4	30
150	100	117,6	0,5	117,8	30	117,8	30	117,6	30	117,6	30	118,5	30
150	250	568,3	0	571,5	30	570,1	30	569,2	30	568,3	30	586,7	30
150	500	2317,1	1,3	2321	30	2321,6	30	2317,2	30	2317,1	30	2338,1	30
150	750	5366,7	1	5382,6	30	5372,1	30	5381,9	30	5366,7	30	5452,8	30
200	50	48,4	0	48,4	30	48,4	30	48,4	30	48,4	30	48,5	30

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-2-vertex, [3] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-1-vertex, [4] - VNS com busca local por melhor melhora, [5] - VNS com busca local por primeira melhora, [6] - Algoritmo Genético.

Tabela 14: Resultados para instâncias MPI tipo 2 utilizando Meta-heurísticas (Conclusão)

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)	[6]	(s)
200	100	109,5	0,2	109,5	30	109,5	30	109,5	30	109,5	30	110,3	30
200	250	433,9	0,3	434,9	30	437,3	30	434,2	30	433,9	30	439,1	30
200	500	1718,4	1	1731,4	30	1728,5	30	1725,3	30	1718,9	30	1751,2	30
200	750	3907,8	3	3928,5	30	3924,9	30	3915,2	30	3910,9	30	4002,2	30
250	250	378,3	1,3	378,7	30	378,7	30	378,5	30	378,3	30	384,8	30
250	500	1372,6	1	1379,7	30	1384	30	1374,6	30	1372,7	30	1406,8	30
250	750	3211,1	5	3238,1	30	3228,7	30	3218,1	30	3218,2	30	3319,4	30
250	1000	5620,5	3	5673,4	30	5642,4	30	5643,8	30	5625,5	30	5797	30
250	2000	25230,5	16	25394,2	30	25388,7	30	25317,9	30	25256,8	30	25625,9	30
250	5000	170459,4	10	171516,2	30	170781,4	30	171024,5	30	170587,2	30	173357,4	30
300	250	329,8	1,2	330,2	30	330,4	30	330	30	330	30	333,7	30
300	500	1158,8	11	1164,1	30	1167,1	30	1159,8	30	1159,3	30	1191,5	30
300	750	2624,1	4	2635,6	30	2640,5	30	2631,8	30	2631,3	30	2705,8	30
300	1000	4689,4	3	4708,9	30	4711,4	30	4704,7	30	4690,4	30	4791	30
300	2000	20096	5	20225,9	30	20179,6	30	20189,5	30	20143,6	30	20675,4	30
300	5000	139398,5	7	140712,3	30	140007,9	30	140058,7	30	139856,3	30	141780	30

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-2-vertex, [3] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-1-vertex, [4] - VNS com busca local por melhor melhora, [5] - VNS com busca local por primeira melhora, [6] - Algoritmo Genético.

13 Resultados das heurísticas construtivas para instâncias LPI

Tabela 15: Resultados para instâncias LPI

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)
500	500	760	1	1515	0	1012	0
500	1000	2589	3	4443	0	3539	0
500	2000	10961	8	16812	0	14085	0
500	5000	82393	12	105980	0	97957	0
500	10000	353473	2.584	407943	0,001	393831	0,001
800	500	641	3	1291	0	794	0
800	1000	1786	5	3600	0	2298	0
800	2000	6802	29	11529	0	8782	0
800	5000	46146	428	64288	0	57770	0
800	10000	196743	2.51	247120	0,001	233372	0,001
1000	1000	1465	2	2946	0	1795	0
1000	5000	36167	2.818	51633	0	46654	0
1000	10000	160532	536	206826	0,001	192183	0,001
1000	15000	365765	513	447065	0,002	430907	0,003
1000	20000	712005	2.779	836603	0,003	802702	0,004

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Heurística construtiva Random Edge, [3] - Heurística construtiva Ratio Edge.

14 Resultados das buscas locais para instâncias LPI

Tabela 16: Resultados para instâncias LPI utilizando buscas locais

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)
500	500	760	1	783	0,014	788	0,010	790	0,001	769	0,715
500	1000	2589	3	2633	0,023	2667	0,016	2690	0,002	2596	0,720
500	2000	10961	8	11350	0,020	11409	0,019	11340	0,002	11133	0,852
500	5000	82393	12	84321	0,018	87224	0,014	85864	0,002	83751	1508
500	10000	353473	2.584	361614	0,011	365752	0,011	366110	0,002	359009	2,335
800	500	641	3	656	0,022	669	0,011	661	0,004	654	2,550
800	1000	1786	5	1838	0,048	1857	0,033	1835	0,006	1808	4,140
800	2000	6802	29	6994	0,066	7081	0,050	7037	0,005	6972	4,181
800	5000	46146	428	48384	0,058	48673	0,053	48461	0,006	47228	5,618
800	10000	196743	2.51	203428	0,050	203779	0,042	203610	0,008	199404	5,600
1000	1000	1465	2	1501	0,065	1517	0,044	1503	0,009	1484	6,555
1000	5000	36167	2.818	37896	0,129	37712	0,119	37946	0,012	37069	13,867
1000	10000	160532	536	167199	0,089	169723	0,081	165663	0,009	163142	7,781
1000	15000	365765	513	378161	0,083	379435	0,130	378659	0,013	372875	9,375
1000	20000	712005	2.779	732493	0,084	739392	0,075	730209	0,012	724090	17,664

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Busca local por melhor melhora com vizinhança Remove-1-vertex, [3] - Busca local por melhor melhora com vizinhança Remove-2-vertex, [4] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-1-vertex, [5] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-2-vertex.

15 Resultados das meta-heurísticas para instâncias LPI

Tabela 17: Resultados para instâncias LPI utilizando Meta-heurísticas

n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)	[6]	(s)
500	500	760	1	762	30	763	30	760	30	760	30	774	30
500	1000	2589	3	2596	30	2600	30	2596	30	2602	30	2664	30
500	2000	10961	8	11132	30	11152	30	11096	30	11048	30	11243	30
500	5000	82393	12	82621	30	82573	30	83010	30	83043	30	84184	30
500	10000	353473	2.584	354303	30	353473	30	355375	30	358808	30	359775	30
800	500	641	3	648	30	649	30	642	30	647	30	661	30
800	1000	1786	5	1790	30	1789	30	1796	30	1800	30	1841	30
800	2000	6802	29	6811	30	6861	30	6847	30	6964	30	6947	30
800	5000	46146	428	46247	30	46400	30	46529	30	46590	30	48029	30
800	10000	196743	2.51	198306	30	197890	30	198189	30	198883	30	203073	30
1000	1000	1465	2	1477	30	1480	30	1469	30	1479	30	1500	30
1000	5000	36167	2.818	36445	30	36407	30	36356	30	36738	30	37462	30
1000	10000	160532	536	162326	30	162239	30	163597	30	162721	30	164292	30
1000	15000	365765	513	367508	30	369075	30	369077	30	372568	30	375094	30
1000	20000	712005	2.779	718452	30	717626	30	722015	30	720334	30	728189	30

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-2-vertex, [3] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-1-vertex, [4] - VNS com busca local por melhor melhora, [5] - VNS com busca local por primeira melhora, [6] - Algoritmo Genético.

16 Resultados das heurísticas construtivas para instâncias ALPI

Tabela 18: Resultados para instâncias ALPI (Continua)

Instância	n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)
bio-dmela	7393	25569	168704	38.031	310239	0,004	198974	0,005
bio-yeast	1458	1948	29557	1	56825	0	33149	0
C2000-5	2000	999836	136452	41.789	137763	0,522	137746	0,614
C2000-9	2000	1799532	139464	778	140024	1,074	139948	1,262
ca-AstroPh	17903	196972	759298	19.852	1052190	0,057	799543	0,068
ca-citeseer	227320	814134	8192657	413.299	12350093	0,264	8517810	0,420
ca-CondMat	21363	91286	805053	75.398	1203543	0,020	849235	0,077
ca-CSphd	1882	1740	33272	1	71170	0	35960	0
ca-dblp-2010	226413	716460	7728114	327.534	11983051	0,200	8071022	0,448
ca-dblp-2012	317080	1049866	10454259	668.775	16458062	0,491	10957496	1,167
ca-Erdos992	6100	7515	32550	0	64455	0,001	34575	0,003
ca-GrQc	4158	13422	139698	5.917	221376	0,002	149346	0,002
ca-HepPh	11204	117619	431027	82.198	622561	0,028	455559	0,045
ca-MathSciNet	332689	820644	8914795	195.165	15416692	0,409	9591749	0,422
frb56-25-1	1400	869624	96479	7.176	98411	0,477	98391	0,638
frb56-25-2	1400	869899	97136	21	99295	0,448	99208	0,638
frb56-25-3	1400	869921	94638	20.475	96553	0,457	96524	0,518
frb56-25-4	1400	869262	95476	69	97466	0,459	97462	0,520
frb56-25-5	1400	869699	97978	2.217	100029	0,453	99942	0,480
frb59-26-1	1534	1049256	107857	19.651	109907	0,559	109725	0,686
frb59-26-2	1534	1049648	106154	24.754	108265	0,562	108108	0,665
frb59-26-3	1534	1049729	102452	26	104380	0,551	104299	0,710
frb59-26-4	1534	1048800	104498	1.915	106471	0,557	106259	0,747
frb59-26-5	1534	1049829	105725	25	107617	0,553	107482	0,621
ia-email-EU	32430	54397	57326	0	113316	0,009	63816	13
ia-email-univ	1133	5451	38443	0.02	60986	0	44545	0
ia-enron-large	33696	180811	810068	42.574	1282608	0,044	866319	0,051
ia-fb-messages	1266	6451	37016	19	64096	0	41997	0,001
ia-reality	6809	7680	5880	0	11367	0	6219	0,001
ia-wiki-Talk	92117	360767	1108809	885	2141193	0,122	1252247	0,136
keller6	3361	4619898	230608	0.11	235436	3,255	235224	3,711
MANN-a45	1035	533115	71923	23	72156	0,228	72147	0,296
MANN-a81	3321	5506380	234192	125	234460	3,854	234424	4,840
p-hat1500-1	1500	284923	96959	139	102935	0,120	100381	0,114
p-hat1500-2	1500	568960	100664	28	105073	0,263	103460	0,319

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Heurística construtiva Random Edge, [3] - Heurística construtiva Ratio Edge.

Tabela 19: Resultados para instâncias ALPI (Conclusão)

Instância	n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)
p-hat1500-3	1500	847244	103593	27	104557	0,439	104309	0,470
rec-amazon	91813	125704	3033071	138.893	5237516	0,033	3494194	0,047
sc-nasasrb	54870	1311227	3504821	30.854	3794404	0,432	3671288	0,634
sc-shipsec1	140385	1707759	7879985	249.157	9502471	0,588	8896766	0,682
soc-brightkite	56739	212945	1368666	10.306	2476853	0,060	1563432	0,062
soc-delicious	536108	1365961	5711927	20.222	11136018	0,474	7102113	0,601
soc-douban	154908	327162	608796	0	1205857	0,080	672836	0,121
soc-epinions	26588	100120	626082	38.717	1142651	0,022	707307	0,028
soc-gowalla	196591	950327	5506387	43.478	9412932	0,377	6248325	0,427
soc-slashdot	70068	358647	1433215	70.305	2658602	0,139	1650104	0,162
soc-twitter-follows	404719	713319	161186	0	322977	0,232	189598	0,317
socfb-Berkeley13	22900	852419	1173387	7.656	1476383	0,443	1288761	0,646
socfb-CMU	6621	249959	340212	90.476	425567	0,086	373254	0,101
socfb-Duke14	9885	506437	525162	13.761	643483	0,219	571400	0,249
socfb-Indiana	29732	1305757	1599355	119.652	1952060	0,715	1744769	0,805
socfb-MIT	6402	251230	318399	32.877	401878	0,106	350207	0,095
socfb-OR	63392	816886	2439380	27.944	3618797	0,387	2767219	0,421
socfb-Penn94	41536	1362220	2129870	92.442	2676520	0,774	2347711	0,836
socfb-Stanford3	11586	568309	586806	101.504	738765	0,263	641234	0,270
socfb-UCLA	20453	747604	1034938	59.215	1302958	0,379	1140283	0,394
socfb-UConn	17206	604867	904116	19.685	1116460	0,296	988476	0,340
socfb-UCSB37	14917	482215	766458	96.357	963958	0,196	846579	0,257
socfb-Ullinois	30795	1264421	1640078	113.337	2003395	0,665	1794455	0,764
socfb-Wisconsin87	23831	835946	1258166	107.351	1551440	0,426	1374118	0,463
tech-internet-as	40164	85123	360077	6.19	751965	0,017	399995	0,023
tech-p2p-gnutella	62561	147878	1085103	14.868	2001453	0,037	1203240	0,045
tech-RL-caida	190914	607610	4860951	95.681	8957099	0,239	5828750	0,252
tech-routers-rf	2113	6632	52114	3.599	96693	0	59554	0,001
tech-WHOIS	7476	56943	147561	51.754	258776	0,011	163667	0,013
web-arabic-2005	163598	1747269	7680046	55.051	9391934	0,444	7901816	0,784
web-BerkStan	12305	19500	332872	30.462	583048	0,002	370698	0,004
web-edu	3031	6474	90119	46.234	170470	0	105788	0
web-google	1299	2773	31942	9	50827	0	34175	0
web-indochina-2004	11358	47606	469990	61.86	648394	0,007	491920	0,008
web-sk-2005	121422	334419	3654966	81.965	5858656	0,078	3908356	0,098
web-spam	4767	37375	150349	48.55	242644	0,006	170007	0,007
web-webbase-2001	16062	25593	165712	44.25	302620	0,003	180060	0,005

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Heurística construtiva Random Edge, [3] - Heurística construtiva Ratio Edge.

17 Resultados das buscas locais para instâncias ALPI

Tabela 20: Resultados para instâncias ALPI com Buscas Locais(Continua)

Instância	n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)
bio-dmela	7393	25569	168704	38.031	172419	0,901	170476	30
bio-yeast	1458	1948	29557	1	29936	0,011	29625	15,819
C2000-5	2000	999836	136452	41.789	136917	0,332	136905	30
C2000-9	2000	1799532	139464	778	139571	0,925	139656	30
ca-AstroPh	17903	196972	759298	19.852	764053	9,701	764502	30
ca-citeseer	227320	814134	8192657	413.299	8427625	30	8495862	30
ca-CondMat	21363	91286	805053	75.398	809407	13,567	812876	30
ca-CSphd	1882	1740	33272	1	33561	13	33317	30
ca-dblp-2010	226413	716460	7728114	327.534	7987563	30	8048787	30
ca-dblp-2012	317080	1049866	10454259	668.775	10887654	30	10938808	30
ca-Erdos992	6100	7515	32550	0	32550	0,063	32550	30
ca-GrQc	4158	13422	139698	5.917	140759	0,214	140113	30
ca-HepPh	11204	117619	431027	82.198	433922	2,635	432581	30
ca-MathSciNet	332689	820644	8914795	195.165	9490325	30	9564148	30
frb56-25-1	1400	869624	96479	7.176	97742	0,241	97742	30
frb56-25-2	1400	869899	97136	21	98870	0,167	98028	30
frb56-25-3	1400	869921	94638	20.475	95982	0,374	95334	30
frb56-25-4	1400	869262	95476	69	95766	0,451	95906	30
frb56-25-5	1400	869699	97978	2.217	99466	0,387	98828	30
frb59-26-1	1534	1049256	107857	19.651	109330	0,729	108927	30
frb59-26-2	1534	1049648	106154	24.754	106696	1,160	106689	30
frb59-26-3	1534	1049729	102452	26	103494	0,596	103603	30
frb59-26-4	1534	1048800	104498	1.915	106035	0,356	105120	30
frb59-26-5	1534	1049829	105725	25	107059	0,325	106052	30
ia-email-EU	32430	54397	57326	0	57601	1,799	57384	30
ia-email-univ	1133	5451	38443	0.02	39148	0,010	38624	12,254
ia-enron-large	33696	180811	810068	42.574	815959	18,461	821330	30
ia-fb-messages	1266	6451	37016	19	37934	0,010	37164	14,740
ia-reality	6809	7680	5880	0	5880	0,066	5880	30
ia-wiki-Talk	92117	360767	1108809	885	1119405	30	1162333	30
keller6	3361	4619898	230608	0.11	231253	4,821	234130	30
MANN-a45	1035	533115	71923	23	72037	0,082	72036	30
MANN-a81	3321	5506380	234192	125	234311	2,096	234312	30
p-hat1500-1	1500	284923	96959	139	97972	0,145	97456	30
p-hat1500-2	1500	568960	100664	28	101328	0,373	100963	30
p-hat1500-3	1500	847244	103593	27	103842	0,331	103906	30

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-1-vertex, [3] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-2-vertex.

Tabela 21: Resultados para instâncias ALPI com Buscas Locais(Conclusão)

Instância	n	m	[1]	(ms)	[2]	(ms)	[3]	(ms)
rec-amazon	91813	125704	3033071	138.893	3168152	30	3321260	30
sc-nasasrb	54870	1311227	3504821	30.854	3549899	30	3570498	30
sc-shipsec1	140385	1707759	7879985	249.157	8362646	30	8598083	30
soc-brightkite	56739	212945	1368666	10.306	1392792	30	1452334	30
soc-delicious	536108	1365961	5711927	20.222	6925642	30	7050832	30
soc-douban	154908	327162	608796	0	610132	30	633460	30
soc-epinions	26588	100120	626082	38.717	634101	14,919	637268	30
soc-gowalla	196591	950327	5506387	43.478	6004510	30	6163818	30
soc-slashdot	70068	358647	1433215	70.305	1457357	30	1530478	30
soc-twitter-follows	404719	713319	161186	0	163375	30	168452	30
socfb-Berkeley13	22900	852419	1173387	7.656	1195420	14,583	1210511	30
socfb-CMU	6621	249959	340212	90.476	347051	0,832	345063	30
socfb-Duke14	9885	506437	525162	13.761	536743	2,496	533414	30
socfb-Indiana	29732	1305757	1599355	119.652	1632522	24,834	1658006	30
socfb-MIT	6402	251230	318399	32.877	324901	0,768	322457	30
socfb-OR	63392	816886	2439380	27.944	2502556	30	2624616	30
socfb-Penn94	41536	1362220	2129870	92.442	2171356	30	2236845	30
socfb-Stanford3	11586	568309	586806	101.504	596918	4,046	597490	30
socfb-UCLA	20453	747604	1034938	59.215	1056330	11,518	1068954	30
socfb-UConn	17206	604867	904116	19.685	921849	7,231	925219	30
socfb-UCSB37	14917	482215	766458	96.357	781229	6,561	783191	30
socfb-Ullinois	30795	1264421	1640078	113.337	1673309	23,452	1706657	30
socfb-Wisconsin87	23831	835946	1258166	107.351	1280455	14,705	1298027	30
tech-internet-as	40164	85123	360077	6.19	362243	13,164	363573	30
tech-p2p-gnutella	62561	147878	1085103	14.868	1091809	30	1147011	30
tech-RL-caida	190914	607610	4860951	95.681	5541159	30	5730993	30
tech-routers-rf	2113	6632	52114	3.599	53322	0,041	52319	30
tech-WHOIS	7476	56943	147561	51.754	149357	0,686	148781	30
web-arabic-2005	163598	1747269	7680046	55.051	7817767	30	7873545	30
web-BerkStan	12305	19500	332872	30.462	338172	3,383	336306	30
web-edu	3031	6474	90119	46.234	93398	0,063	90859	30
web-google	1299	2773	31942	9	32137	8	31942	12,955
web-indochina-2004	11358	47606	469990	61.86	473537	2,509	472261	30
web-sk-2005	121422	334419	3654966	81.965	3729885	30	3828027	30
web-spam	4767	37375	150349	48.55	153463	0,512	151726	30
web-webbase-2001	16062	25593	165712	44.25	167406	1,366	166771	30

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-1-vertex, [3] - Busca local por primeira melhora com vizinhança Remove-2-vertex.

18 Resultados das meta-heurísticas para instâncias ALPI

Tabela 22: Resultados para instâncias ALPI utilizando Meta-heurísticas (Continua)

Instância	n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)
bio-dmela	7393	25569	168704	38.031	198974	30	198974	30	171847	30	175404	30
bio-yeast	1458	1948	29557	1	29712	30	33149	30	29612	30	29732	30
C2000-5	2000	999836	136452	41.789	137433	30	137377	30	136898	30	136929	30
C2000-9	2000	1799532	139464	778	139741	30	139749	30	139604	30	139605	30
ca-AstroPh	17903	196972	759298	19.852	799543	30	799543	30	764118	30	783680	30
ca-citeseer	227320	814134	8192657	413.299	8517810	30	8517810	30	8424069	30	8517810	30
ca-CondMat	21363	91286	805053	75.398	849235	30	849235	30	809900	30	842691	30
ca-CSphd	1882	1740	33272	1	33454	30	35960	30	33317	30	33483	30
ca-dblp-2010	226413	716460	7728114	327.534	8071022	30	8071022	30	7987833	30	8071022	30
ca-dblp-2012	317080	1049866	10454259	668.775	10957496	30	10957496	30	10885234	30	10957496	30
ca-Erdos992	6100	7515	32550	0	34555	30	34575	30	32550	30	32550	30
ca-GrQc	4158	13422	139698	5.917	149346	30	149346	30	140604	30	140161	30
ca-HepPh	11204	117619	431027	82.198	455559	30	455559	30	434245	30	439096	30
ca-MathSciNet	332689	820644	8914795	195.165	9591749	30	9591749	30	9485536	30	9591749	30
frb56-25-1	1400	869624	96479	7.176	98121	30	98139	30	96958	30	97098	30
frb56-25-2	1400	869899	97136	21	98970	30	98955	30	97961	30	97650	30
frb56-25-3	1400	869921	94638	20.475	96279	30	96300	30	95027	30	94638	30
frb56-25-4	1400	869262	95476	69	97184	30	97219	30	95650	30	97034	30
frb56-25-5	1400	869699	97978	2.217	99670	30	99729	30	98340	30	98996	30
frb59-26-1	1534	1049256	107857	19.651	109611	30	109624	30	107952	30	107952	30
frb59-26-2	1534	1049648	106154	24.754	108004	30	107980	30	106895	30	107309	30
frb59-26-3	1534	1049729	102452	26	104104	30	104186	30	102925	30	103598	30
frb59-26-4	1534	1048800	104498	1.915	106153	30	106108	30	104942	30	104600	30
frb59-26-5	1534	1049829	105725	25	107380	30	107353	30	105898	30	105890	30

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-2-vertex, [3] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-1-vertex, [4] - - VNS com busca local por primeira melhora.

Tabela 23: Resultados para instâncias ALPI utilizando Meta-heurísticas (Continua)

Instância	n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)
ia-email-EU	32430	54397	57326	0	63816	30	63816	30	57403	30	58939	30
ia-email-univ	1133	5451	38443	0.02	38545	30	38491	30	38844	30	39040	30
ia-enron-large	33696	180811	810068	42.574	866319	30	866301	30	817071	30	861389	30
ia-fb-messages	1266	6451	37016	19	37095	30	37158	30	37197	30	37246	30
ia-reality	6809	7680	5880	0	6219	30	6219	30	5880	30	5880	30
ia-wiki-Talk	92117	360767	1108809	885	1252247	30	1252247	30	1121071	30	1250725	30
keller6	3361	4619898	230608	0.11	235092	30	235083	30	232160	30	231196	30
MANN-a45	1035	533115	71923	23	72030	30	72001	30	71968	30	71992	30
MANN-a81	3321	5506380	234192	125	234319	30	234304	30	234318	30	234234	30
p-hat1500-1	1500	284923	96959	139	100381	30	100381	30	97315	30	97820	30
p-hat1500-2	1500	568960	100664	28	103460	30	103460	30	101161	30	101064	30
p-hat1500-3	1500	847244	103593	27	104224	30	104242	30	103887	30	103834	30
rec-amazon	91813	125704	3033071	138.893	3494148	30	3494194	30	3164458	30	3493462	30
sc-nasasrb	54870	1311227	3504821	30.854	3671288	30	3671288	30	3549600	30	3660244	30
sc-shipsec1	140385	1707759	7879985	249.157	8896766	30	8896766	30	8360694	30	8896766	30
soc-brightkite	56739	212945	1368666	10.306	1563432	30	1563432	30	1391735	30	1562334	30
soc-delicious	536108	1365961	5711927	20.222	7102113	30	7102113	30	6918750	30	7102113	30
soc-douban	154908	327162	608796	0	672836	30	672836	30	610113	30	671707	30
soc-epinions	26588	100120	626082	38.717	707307	30	707307	30	634202	30	696484	30
soc-gowalla	196591	950327	5506387	43.478	6248325	30	6248325	30	5992775	30	6248325	30
soc-slashdot	70068	358647	1433215	70.305	1650104	30	1650104	30	1457213	30	1650104	30
soc-twitter-follows	404719	713319	161186	0	189563	30	189598	30	162278	30	189598	30
socfb-Berkeley13	22900	852419	1173387	7.656	1288729	30	1288761	30	1195459	30	1266067	30
socfb-CMU	6621	249959	340212	90.476	373254	30	373254	30	346048	30	346786	30
socfb-Duke14	9885	506437	525162	13.761	571334	30	571400	30	533210	30	536829	30

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-2-vertex, [3] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-1-vertex, [4] - - VNS com busca local por primeira melhora.

Tabela 24: Resultados para instâncias ALPI utilizando Meta-heurísticas (Conclusão)

Instância	n	m	[1]	(s)	[2]	(s)	[3]	(s)	[4]	(s)	[5]	(s)
socfb-Indiana	29732	1305757	1599355	119.652	1744670	30	1744722	30	1630218	30	1744769	30
socfb-MIT	6402	251230	318399	32.877	350207	30	350207	30	323427	30	322788	30
socfb-OR	63392	816886	2439380	27.944	2767219	30	2767219	30	2504822	30	2766472	30
socfb-Penn94	41536	1362220	2129870	92.442	2347628	30	2347711	30	2171798	30	2343919	30
socfb-Stanford3	11586	568309	586806	101.504	641234	30	641234	30	596137	30	606536	30
socfb-UCLA	20453	747604	1034938	59.215	1140283	30	1140283	30	1054947	30	1112317	30
socfb-UConn	17206	604867	904116	19.685	988397	30	988476	30	919722	30	955632	30
socfb-UCSB37	14917	482215	766458	96.357	846579	30	846579	30	781938	30	806597	30
socfb-Uillinois	30795	1264421	1640078	113.337	1794455	30	1794455	30	1669522	30	1780644	30
socfb-Wisconsin87	23831	835946	1258166	107.351	1374118	30	1374118	30	1281041	30	1348179	30
tech-internet-as	40164	85123	360077	6.19	399995	30	399995	30	362654	30	395994	30
tech-p2p-gnutella	62561	147878	1085103	14.868	1203240	30	1203240	30	1092967	30	1201758	30
tech-RL-caida	190914	607610	4860951	95.681	5828697	30	5828679	30	5542676	30	5828750	30
tech-routers-rf	2113	6632	52114	3.599	52556	30	59554	30	52328	30	52682	30
tech-WHOIS	7476	56943	147561	51.754	163667	30	163667	30	149233	30	148961	30
web-arabic-2005	163598	1747269	7680046	55.051	7901816	30	7901816	30	7817695	30	7901816	30
web-BerkStan	12305	19500	332872	30.462	370698	30	370698	30	338336	30	355047	30
web-edu	3031	6474	90119	46.234	105748	30	105757	30	90988	30	93141	30
web-google	1299	2773	31942	9	32015	30	32759	30	31942	30	31942	30
web-indochina-2004	11358	47606	469990	61.86	491871	30	491882	30	473426	30	478073	30
web-sk-2005	121422	334419	3654966	81.965	3908356	30	3908356	30	3727342	30	3907573	30
web-spam	4767	37375	150349	48.55	169957	30	169965	30	151594	30	153075	30
web-webbase-2001	16062	25593	165712	44.25	180060	30	180060	30	167618	30	168541	30

Notas: [1] - Resultados de MAE-HTS (WANG; LÜ; PUNNEN, 2021), [2] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-2-vertex, [3] - Simulated Annealing com vizinhança Remove-1-vertex, [4] - VNS com busca local por primeira melhora, [5] - Algoritmo Genético.

Referências

WANG, Y.; LÜ, Z.; PUNNEN, A. P. A fast and robust heuristic algorithm for the minimum weight vertex cover problem. *IEEE Access*, IEEE, v. 9, p. 31932–31945, 2021.