

6

Resultados

Nesse capítulo, apresenta-se em detalhe os resultados obtidos pelo algoritmo de *branch-and-cut-and-price* robusto implementado para o CVRP. O algoritmo foi testado com o conjunto de instâncias disponíveis em www.branchandcut.org. Todas instâncias com até 135 vértices foram resolvidas à otimalidade, dezoito delas pela primeira vez. Os testes foram rodados em um Pentium IV, 2.4 GHz, com 1 GB de RAM. Ao longo desse capítulo, chama-se o algoritmo de *branch-and-cut-and-price* com escolha dinâmica da geração de colunas de *Dyn-BCP* e o *branch-and-cut-and-price* com geração de colunas pré-determinada de *BCP*. Primeiramente, mostra-se os limites inferiores obtidos pelo algoritmo BCP no nó raiz, comparando-os com os limites obtidos em [46]. Depois, são apresentados e analisados os resultados do algoritmo completo.

6.1

Limites Inferiores

A tabela 6.1 compara diversos limites inferiores obtidos para o CVRP. Os limites inferiores L1, L2 e L3 são apresentados nas três primeiras colunas. Eles correspondem aos limites descritos no capítulo 4. Relembra-se que calcular L1 e L3 requer uma separação exata dos *capacity cuts* (cara computacionalmente) que é feita usando o resolvidor MIP do CPLEX. As instância na tabela são as 41 com pelo menos 50 vértices para as quais os limites L1 e L3 podem ser calculados em tempo razoável. A coluna **LLE04** mostra os limites inferiores obtidos em [46], que eram os melhores disponíveis na literatura até essa dissertação. As três colunas seguintes contêm os limites inferiores obtidos no nó raiz do algoritmo BCP com eliminação de *s*-ciclos (para $s = 2, 3, 4$). A coluna **OPT** é o valor da solução ótima e **T(3)** é o tempo total de CPU (em segundos) gasto no nó raiz do BCP com $s = 3$,

o valor mais comumente usado pelo algoritmo Dyn-BCP. Como BCP usa somente a separação heurística dos *capacity cuts*, o limite inferior obtido para $s = 2$ é um pouco pior que L3 em algumas instâncias. No entanto, esse limite é normalmente melhor que L3 em função da utilização de outras famílias de cortes. Na média, o algoritmo com $s = 4$ foi 61% mais lento que para $s = 3$, que por sua vez foi cerca de 12% mais lento que para $s = 2$. A última linha mostra o *gap* médio de cada limite, considerando somente as instâncias com ótimo conhecido.

A tabela 6.1 mostra que as maiores melhorias são obtidas utilizando a abordagem de *branch-and-cut-and-price* ao invés do *branch-and-cut* puro. Além disso, a eliminação de ciclos de tamanhos maiores traz ganhos significativos no valor dos limites inferiores resultantes. Porém os tempos gastos para computar os limites inferiores para valores $s > 3$ foram considerados muito altos e, por isso, apenas a eliminação de ciclos de tamanho até 3 foi utilizada por Dyn-BCP ao resolver a árvore de *branch-and-bound*.

Os maiores ganhos do algoritmo de BCP em relação ao *branch-and-cut* puro (LLE04), geralmente acontecem quando a taxa n/K é menor. Nesses casos, colunas sem ciclos pequenos são bem próximas de rotas comuns, então o *gap* dual tende a ser menor. A figura 6.1, criada a partir das instâncias da tabela 6.1 com a solução ótima conhecida, ilustra essa observação. O eixo horizontal representa a taxa n/K . O valor plotado é $(s3 - lle)/(opt - lle)$, onde $s3$ é o limite inferior de BCP com $s = 3$, lle é o limite inferior de [46] e opt é o valor da solução ótima. A taxa representa a diminuição do *gap* dual resultante em relação ao *gap* de [46]. O valor é zero quando ambos os algoritmos produzem o mesmo resultado; valores positivos significam que os *gaps* de BCP são menores, e valores negativos representam casos em que [46] tem *gaps* menores. Os círculos representam instâncias resolvidas pela primeira vez pelo nosso algoritmo, enquanto cruzeiros indicam instâncias que já haviam sido resolvidas à otimalidade. Apenas uma instância (B-n56-k7) possui valor negativo (-0.009). O valor negativo é causado provavelmente pelo fato de não serem adicionados tantos cortes como em [46]. Como muitos cortes traziam ganho pequeno ao valor do limite inferior obtido, foi imposto um número máximo de cortes a serem adicionados ao LP, de forma a não tornar o LP pesado demais. O *gap* foi reduzido geralmente em mais de 50%, o que foi suficiente para fechar diversas instâncias em aberto.

A tabela 6.2 apresenta resultados agregados para o nó raiz usando 4 diferentes versões do algoritmo de BCP: o *branch-and-cut* puro, e o

branch-and-cut-and-price com eliminação de ciclos de tamanhos 2, 3 e 4. Considera-se nos cálculos somente as 36 instâncias com pelo menos 50 vértices para as quais o algoritmo Dyn-BCP escolheu utilizar a geração de colunas e encontrou a solução ótima. Para evitar que os valores ficassem concentrados perto das instâncias maiores, os valores apresentados são as médias geométricas entre os valores obtidos para as instâncias.

Para cada variante, são mostrados o tempo para resolver o nó raiz, assim como o tempo gasto para resolver as três fases do algoritmo: geração de colunas, separação e resolução de LPs. Para referência, são mostrados o número de colunas e linhas adicionados pela geração de colunas e pela separação, respectivamente (as linhas e colunas originais não são consideradas). Também são mostrados o número de iterações de geração de colunas, assim como o número de passadas realizadas pelo algoritmo. Para o BCP, cada passada é definida como a aplicação da geração de colunas (até a convergência) seguida pela chamada das rotinas de separação; para o *branch-and-cut* puro, uma passada é definida como o número de vezes que as rotinas de separação são chamadas. Por último, é mostrado o *gap* entre o limite inferior encontrado pelo algoritmo e o melhor limite superior disponível.

A tabela 6.2 torna evidente que mesmo a forma mais simples de geração de colunas (a que elimina somente 2-ciclos) reduz o *gap* em quase três vezes quando comparado ao *branch-and-cut* puro. Apesar da resolução do nó raiz usualmente levar um pouco mais tempo se a geração de colunas é utilizada, a redução da profundidade da árvore de busca acaba sendo um benefício que supera bastante o tempo gasto. Eliminar 3-ciclos também reduz o *gap*. Como o aumento do tempo de execução não é muito grande, em muitas instâncias essa eliminação pode ser bastante útil. Eliminar 4-ciclos, por outro lado, aumenta bastante o tempo de execução, enquanto a diminuição do *gap* é pequena. Por esse motivo, o algoritmo Dyn-BCP somente escolhe entre $s = 2$ e $s = 3$ (ou pela não utilização da geração de colunas) quando tenta resolver uma instância. Porém, algumas poucas instâncias (como a B-n50-k8) são melhores resolvidas com $s = 4$.

A tabela 6.3 apresenta as mesmas informações da tabela 6.1, porém para 10 instâncias específicas selecionadas para ilustrar alguns aspectos diferentes do comportamento do algoritmo de BCP. Ela mostra que a performance de um BCP (quando comparada a um *branch-and-cut* puro) depende muito da instância. Em alguns casos, ele melhora dramaticamente

o limite inferior com um pequeno aumento (e às vezes até uma redução) no tempo de execução. Esse comportamento é verificado nas instâncias A-n63-k10, A-n80-k10, B-n50-k8, E-n76-k14 e E-n101-k14. Outras instâncias, como a M-n121-k7 ou E-n101-k8, também têm um bom aumento na qualidade do limite inferior, porém com aumentos significantes no tempo de execução - BCP continua sendo uma boa escolha, mas não claramente superior ao BC. Uma terceira classe de instâncias é formada por aquelas em que o BCP melhora apenas um pouco os limites do BC, mas leva um tempo muito grande para executar; isso acontece com P-n101-k4 e F-n72-k4 (para a segunda, não foi possível computar os limites para $s = 3$ e $s = 4$, mesmo após muitas horas de CPU). Felizmente, essas instâncias são justamente as que são bem resolvidas por um BC puro. Isso torna o algoritmo Dyn-BCP um algoritmo muito consistente.

6.2

Algoritmo Completo

As tabelas 6.4 e 6.5 detalham os resultados obtidos por Dyn-BCP. As colunas **LI Raiz** e **Tempo Raiz** mostram o limite inferior e o tempo total de CPU do nó raiz da árvore de branch-and-bound. O tempo de processamento inclui a escolha dinâmica da geração de coluna e o *strong branching*. A coluna seguinte representa o tamanho s dos ciclos eliminados pelo procedimento de geração de colunas (“-” indica que a geração de colunas não foi utilizada). **Tam. Arv.** representa o número total de nós de *branch-and-bound* explorados, e **Tempo Total** é o tempo total de CPU gasto pelo algoritmo. Finalmente, **Sol. Ant.** e **Sol. BCP** indicam o valor da melhor solução conhecida na literatura e o valor obtido pelo nosso algoritmo. Os valores em negrito indicam que a otimalidade da solução encontrada foi provada.

As instâncias estão divididas nas seguintes classes: A, B, E, F, P e M. A seguir faz-se um resumo do desempenho do algoritmo Dyn-BCP considerando cada classe de instâncias da literatura.

- Na classe A, 7 instâncias estavam em aberto: A-n60-k9, A-n62-k8, A-n63-k9, A-n63-k10, A-n64-k9, A-n69-k9 e A-n80-k10. Todas foram resolvidas à otimalidade pelo algoritmo Dyn-BCP, sendo que em três delas foi encontrada uma solução melhor do que a melhor conhecida anteriormente.

- Na classe B, 1 instância estava em aberto: B-n68-k9. Uma versão anterior do algoritmo de BCP para o CVRP encontrou uma solução melhor do que a melhor conhecida anteriormente [32]. Usando esse valor como limite superior, K. Wenger [77] provou a otimalidade dessa solução. Posteriormente, Dyn-BCP também resolveu a instância à otimalidade.
- Na classe E, 3 instâncias estavam em aberto: E-n76-k10, E-n76-k14, E-n101-k14. Todas foram resolvidas à otimalidade pelo algoritmo Dyn-BCP, sendo que essas instâncias existem a mais de 30 anos. Para E-n101-k14, a melhor solução conhecida foi melhorada de 1071 para 1067, e sua otimalidade foi provada. A instância E-n101-k8 foi a que o algoritmo encontrou maior dificuldade de resolver, gastando 801963 segundos (aproximadamente 9 dias). Porém, em média, o tempo de resolução para a maioria das outras instâncias foi bem menor.
- Na classe F, não haviam instâncias em aberto. O algoritmo Dyn-BCP resolveu todas instâncias dessa classe.
- Na classe M, havia uma instância em aberto com até 135 vértices: M-n121-k7. Essa instância foi resolvida por Dyn-BCP. Três outras instâncias, M-n151-k12, M-n200-k16, M-n200-k17, não puderam ser resolvidas e continuam em aberto.
- Na classe P, haviam 7 instâncias em aberto: P-n50-k8, P-n55-k10, P-n55-k15, P-n60-k10, P-n60-k15, P-n65-k10 e P-n70-k10. Todas foram resolvidas por Dyn-BCP, sendo que em 6 delas a melhor solução conhecida foi melhorada.

O desempenho do algoritmo em termos de tempo de resolução foi excelente, considerando a dificuldade das instâncias resolvidas. Apenas 3 instâncias tiveram tempo de resolução superior a 24 horas: B-n68-k9, E-n101-k8 e E-n101-k14. Dessas, apenas E-n101-k8 teve tempo de resolução superior maior do que 48 horas. Considerando todas as instâncias resolvidas, o tempo de resolução foi em geral bem menor do que isso.

Assim, conclui-se que o algoritmo Dyn-BCP possui um desempenho que pode ser considerado excelente tanto em termos de obtenção de solução ótimas (e prova de otimalidade das mesmas) quanto em termos de tempo necessário para resolução das instâncias. Pode-se ainda dizer que o tamanho das instâncias que podem ser resolvidas de forma efetiva dobrou em relação aos algoritmos de branch-and-cut anteriores ao algoritmo implementado nessa dissertação.

Tabela 6.1: Comparação dos limites inferiores.

Instância	Limites Inferiores							OPT	T(3)
	L1	L2	L3	LLE04	$s = 2$	$s = 3$	$s = 4$		
A-n53-k7	996.6	978.5	1002.2	998.7	1001.9	1003.8	1004.1	1010	29
A-n54-k7	1130.7	1114.0	1150.0	1135.3	1150.9	1153.6	1156.1	1167	26
A-n55-k9	1055.9	1025.4	1066.4	1058.3	1066.4	1067.3	1067.6	1073	12
A-n60-k9	1316.5	1305.6	1341.6	1319.6	1341.6	1344.4	1345.3	1354	27
A-n61-k9	1004.8	996.8	1018.6	1010.2	1018.9	1022.7	1023.3	1034	19
A-n62-k8	1244.1	1222.7	1274.1	1251.7	1273.7	1280.5	1281.1	1288	36
A-n63-k9	1572.2	1564.8	1603.5	1580.7	1603.6	1607.0	1608.9	1616	34
A-n63-k10	1262.2	1267.4	1294.5	1266.6	1294.4	1299.1	1302.5	1314	28
A-n64-k9	1340.1	1353.3	1378.9	1351.6	1379.0	1385.3	1389.2	1401	39
A-n65-k9	1151.1	1133.0	1163.4	1155.2	1164.4	1166.5	1168.3	1174	31
A-n69-k9	1108.9	1113.2	1138.4	1114.4	1139.3	1141.4	1144.1	1159	87
A-n80-k10	1699.9	1712.2	1749.7	1709.6	1749.6	1753.9	1755.6	1763	940
B-n50-k7	740.0	664.8	741.0	741.0	741.0	741.0	741.0	741	8
B-n50-k8	1279.2	1217.5	1291.8	1281.1	1291.8	1295.2	1302.0	1312	20
B-n51-k7	1024.6	918.4	1025.9	1025.6	1026.0	1026.4	1026.6	1032	21
B-n52-k7	745.0	640.2	746.3	746.0	746.4	746.4	746.4	747	17
B-n56-k7	703.4	606.9	704.5	705.0	704.5	705.0	705.0	707	19
B-n57-k7	1148.6	1058.5	1150.9	1150.1	1151.1	1151.6	1152.3	1153	126
B-n57-k9	1586.7	1511.5	1595.2	1589.2	1595.2	1595.8	1596.1	1598	16
B-n63-k10	1478.9	1418.4	1484.2	1481.0	1484.3	1487.2	1487.3	1496	32
B-n64-k9	858.5	769.3	860.1	860.5	860.9	861.0	860.5	861	44
B-n66-k9	1295.2	1223.1	1302.6	1298.5	1303.7	1307.5	1308.5	1316	58
B-n67-k10	1023.8	984.5	1026.4	1024.8	1026.4	1026.9	1027.2	1032	25
B-n68-k9	1256.8	1163.9	1261.5	1258.1	1261.6	1262.9	1263.5	1272	42
B-n78-k10	1202.3	1124.5	1212.5	1205.6	1212.7	1214.8	1215.7	1221	63
E-n51-k5	514.5	512.9	518.0	519.0	519.1	519.1	519.4	521	23
E-n76-k7	661.4	663.3	668.4	666.4	670.3	670.8	670.9	682	73
E-n76-k8	711.2	716.7	725.1	717.9	726.5	726.8	727.0	735	72
E-n76-k10	789.5	811.4	816.5	799.9	817.3	817.4	817.7	830	36
E-n76-k14	948.1	999.6	1004.8	969.6	1004.9	1006.5	1007.5	1021	15
E-n101-k8	796.4	786.4	801.8	802.6	804.6	805.2	805.2	815	320
E-n101-k14	1008.3	1045.1	1051.6	1026.9	1052.2	1053.9	1054.3	1067	69
M-n101-k10	819.5	798.1	820.0	820.0	820.0	820.0	820.0	820	31
M-n121-k7	1009.7	1013.0	1030.9	1017.4	1031.2	1031.8	1032.0	1034	1257
P-n50-k8	596.9	612.5	615.3	602.1	615.8	616.3	617.1	631	13
P-n55-k10	646.7	677.2	680.1	662.1	680.2	681.4	681.4	694	6
P-n55-k15	895.1	963.0	967.5	906.7	967.7	973.1	973.2	989	7
P-n60-k10	708.3	733.5	737.2	718.4	737.7	739.0	739.3	744	8
P-n60-k15	903.3	955.6	961.2	929.8	961.7	962.9	963.5	968	4
P-n65-k10	756.5	779.8	785.2	767.1	785.6	786.0	787.1	792	13
P-n70-k10	786.9	808.3	812.7	795.6	813.6	814.6	814.9	827	23
AvgGAP	2.92%	4.76%	1.02%	2.26%	0.97%	0.82%	0.74%	—	—

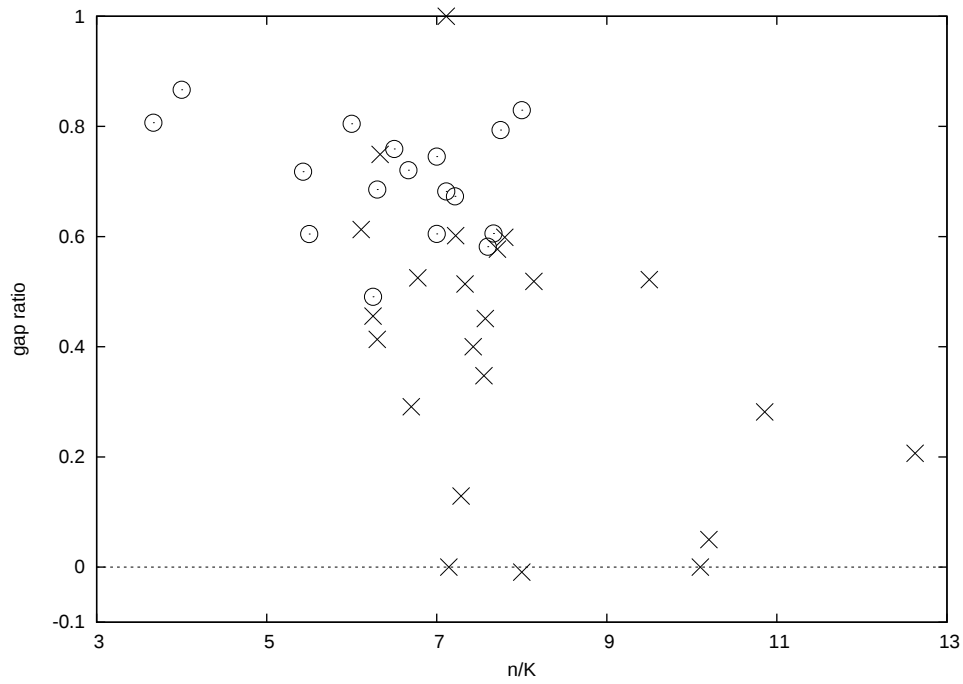


Figura 6.1: Diminuição do gap por BCP com $s = 3$ ($s3$) em relação à [46] (lle). O gráfico representa $\frac{s3-lle}{opt-lle}$ em função de $\frac{n}{K}$. Círculos representam instâncias resolvidas à otimalidade pela primeira vez e cruzes as que já haviam sido resolvidas anteriormente.

Tabela 6.2: Estatísticas para o nó raiz para as diferentes variações do BCP.

	BC	$s = 2$	$s = 3$	$s = 4$
Tempo de g. de colunas (s)	0.0	4.0	5.3	11.3
Tempo de separação (s)	4.7	2.1	2.0	1.8
Tempo de LP (s)	6.6	4.7	3.9	3.7
Tempo Total (s)	12.1	12.7	12.9	18.3
Colunas adicionadas	0	4338	4074	4087
Linhas adicionadas	1053	156	137	129
Gap (%)	3.19	1.08	0.89	0.79
Iterações de GC	0.0	141.1	133.7	131.6
Passadas	37.2	8.5	8.0	7.7

Tabela 6.3: Estatísticas detalhadas para o nó raiz de um conjunto de instâncias representativas.

Instância	<i>s</i>	Operações				Tempo (s)				Gap (%)
		Colunas	Linhas	Iter.	Passadas	GC	Sep.	LP	Total	
A-n63-k10	–	0	1137	0	41	0.0	3.4	7.8	11.3	3.95
	2	4776	169	157	9	4.5	2.2	4.9	11.8	1.51
	3	4576	170	138	7	5.1	1.6	4.3	11.0	1.14
	4	4283	117	125	6	9.4	1.0	2.6	13.0	0.85
A-n80-k10	–	0	1566	0	42	0.0	7.5	24.0	31.8	3.57
	2	7716	229	206	8	12.4	1.8	16.1	30.6	0.74
	3	9240	228	219	10	18.4	3.3	21.1	43.0	0.52
	4	8707	172	208	9	39.5	3.4	17.1	60.2	0.43
B-n50-k8	–	0	1220	0	38	0.0	1.6	4.8	6.5	2.50
	2	3625	223	163	9	3.1	1.6	5.3	10.1	1.54
	3	3450	187	158	9	4.5	2.8	4.1	11.5	1.30
	4	3189	168	143	7	8.8	1.6	3.2	13.7	0.76
B-n68-k9	–	0	1103	0	60	0.0	3.5	6.2	9.8	1.19
	2	6478	212	206	8	8.5	1.9	13.8	24.4	0.82
	3	5716	227	189	8	9.9	1.2	11.3	22.6	0.71
	4	5389	208	203	11	26.0	2.0	9.4	37.6	0.67
E-n76-k14	–	0	1366	0	38	0.0	9.8	16.5	26.5	7.13
	2	3665	91	82	5	2.3	2.6	1.3	6.2	1.59
	3	3872	66	84	6	3.1	2.8	1.3	7.2	1.42
	4	3517	75	79	7	6.3	4.6	1.2	12.1	1.33
E-n101-k8	–	0	1119	0	48	0.0	25.7	22.0	48.3	1.93
	2	15349	335	356	16	41.3	10.1	105.5	158.5	1.38
	3	16838	290	357	16	58.9	9.5	107.5	177.3	1.34
	4	14348	296	330	14	99.0	6.6	90.3	197.1	1.31
E-n101-k14	–	0	2576	0	82	0.0	19.1	60.8	80.6	5.38
	2	7843	150	129	9	9.9	3.1	7.3	20.5	1.44
	3	6433	130	119	9	11.0	6.2	5.6	23.0	1.26
	4	7262	157	130	8	22.6	2.5	7.5	32.8	1.23
F-n72-k4	–	0	313	0	66	0.0	2.3	1.7	4.1	0.34
	2	31415	261	2178	18	4546.2	3.5	630.9	5187.8	0.74
M-n121-k7	–	0	2916	0	76	0.0	21.5	142.8	166.0	2.32
	2	39253	355	1244	13	334.7	3.6	625.1	970.9	0.30
	3	40729	344	1128	12	368.1	3.7	550.5	927.8	0.26
	4	42830	216	1146	9	715.9	3.2	578.0	1302.1	0.21
P-n101-k4	–	0	648	0	42	0.0	7.2	8.3	16.1	0.39
	2	227271	472	14272	28	5954.5	16.9	21543.4	27929.6	0.37
	3	379023	505	20599	37	15991.0	19.0	63765.2	80432.0	0.39
	4	228294	460	11317	21	8446.0	11.5	31751.2	40540.0	0.37

Tabela 6.4: Resultados do algoritmo Dyn-BCP para as instâncias A e B.

Instância	LI Raiz	Tempo Raiz (s)	s	Tam. Arv.	Tempo Total (s)	Sol. Ant.	Sol. BCP
A-n37-k5	664.8	16	—	8	19	669	669
A-n37-k6	932.6	30	3	74	379	949	949
A-n38-k5	716.5	12	—	52	26	730	730
A-n39-k5	816.6	107	3	11	167	822	822
A-n39-k6	822.8	39	3	11	98	831	831
A-n44-k6	934.8	52	2	6	90	937	937
A-n45-k6	938.1	52	3	11	170	944	944
A-n45-k7	1139.3	88	3	26	331	1146	1146
A-n46-k7	914.0	63	2	3	92	914	914
A-n48-k7	1069.1	72	3	8	166	1073	1073
A-n53-k7	1003.9	138	3	16	611	1010	1010
A-n54-k7	1153.9	125	3	90	1409	1167	1167
A-n55-k9	1067.4	32	3	7	84	1073	1073
A-n60-k9	1344.4	161	3	224	3080	1354	1354
A-n61-k9	1022.5	108	3	121	1883	1034	1034
A-n62-k8	1280.4	722	3	101	3102	1290	1288
A-n63-k9	1607.0	238	3	49	1046	1616	1616
A-n63-k10	1299.1	136	3	387	4988	1315	1314
A-n64-k9	1385.3	265	3	648	11254	1402	1401
A-n65-k9	1166.5	154	3	17	516	1174	1174
A-n69-k9	1141.4	289	3	391	7171	1159	1159
A-n80-k10	1754.0	1120	3	153	6464	1763	1763
B-n38-k6	800.2	10	—	14	14	805	805
B-n39-k5	549.0	3	—	1	3	549	549
B-n41-k6	826.4	13	—	8	18	829	829
B-n43-k6	733.7	13	—	74	29	742	742
B-n44-k7	909.0	9	—	1	9	909	909
B-n45-k5	747.5	10	—	19	16	751	751
B-n45-k6	677.5	224	3	3	279	678	678
B-n50-k7	741.0	5	—	3	6	741	741
B-n50-k8	1295.0	97	3	287	2845	1312	1312
B-n51-k7	1025.2	16	—	83	46	1032	1032
B-n52-k7	745.8	7	—	9	9	747	747
B-n56-k7	704.0	15	—	9	22	707	707
B-n57-k7	1149.2	76	—	133	168	1153	1153
B-n57-k9	1596.0	61	3	15	193	1598	1598
B-n63-k10	1479.4	231	—	501	682	1496	1496
B-n64-k9	859.3	70	—	7	86	861	861
B-n66-k9	1307.5	145	3	126	1778	1316	1316
B-n67-k10	1024.4	218	—	327	568	1032	1032
B-n68-k9	1263.0	260	3	5912	87436	1275*	1272
B-n78-k10	1215.2	193	3	90	1053	1221	1221

* Uma versão anterior do algoritmo [32] encontrou uma solução com valor 1272 mas não provou sua otimalidade. Usando essa informação, K. Wenger [77] resolveu essa instância.

Tabela 6.5: Resultados do algoritmo Dyn-BCP para as instâncias E,F,M e P.

Instância	LI Raiz	Tempo Raiz (s)	s	Tam. Arv.	Tempo Total (s)	Sol. Ant.	Sol. BCP
E-n13-k4	247.0	0	–	1	0	247	247
E-n22-k4	375.0	0	–	1	0	375	375
E-n23-k3	569.0	0	–	1	0	569	569
E-n30-k3	533.3	7	–	6	7	534	534
E-n31-k7	378.5	4	2	2	6	379	379
E-n33-k4	834.5	14	–	5	15	835	835
E-n51-k5	518.2	51	–	8	65	521	521
E-n76-k7	670.0	264	2	1712	46520	682	682
E-n76-k8	726.5	277	2	1031	22891	735	735
E-n76-k10	817.4	354	3	4292	80722	830	830
E-n76-k14	1006.5	224	3	6678	48637	1021	1021
E-n101-k8	805.2	1068	3	11622	801963	815	815
E-n101-k14	1053.8	658	3	5848	116284	1071	1067
F-n45-k4	724.0	8	–	1	8	724	724
F-n72-k4	236.4	70	–	42	121	237	237
F-n135-k7	1159.9	6618	–	25	7065	1162	1162
M-n101-k10	820.0	119	–	1	119	820	820
M-n121-k7	1031.1	5594	3	40	25678	1034	1034
P-n16-k8	449.0	1	2	3	1	450	450
P-n19-k2	212.0	1	–	1	1	212	212
P-n20-k2	213.0	1	–	9	1	216	216
P-n21-k2	211.0	1	–	1	1	211	211
P-n22-k2	216.0	2	–	2	2	216	216
P-n22-k8	603.0	3	2	1	3	603	603
P-n23-k8	529.0	18	2	1	18	529	529
P-n40-k5	456.9	28	–	5	34	458	458
P-n45-k5	506.6	59	3	11	194	510	510
P-n50-k7	551.5	79	3	7	143	554	554
P-n50-k8	616.3	102	3	1084	9272	649	631
P-n50-k10	689.3	50	3	65	304	696	696
P-n51-k10	735.2	35	3	22	105	741	741
P-n55-k7	557.9	90	2	450	4649	568	568
P-n55-k8	579.8	42	2	196	1822	588	588
P-n55-k10	681.4	107	3	1556	9076	699	694
P-n55-k15	972.8	251	3	398	1944	993	989
P-n60-k10	738.9	126	3	52	570	756	744
P-n60-k15	962.8	118	3	76	442	1033	968
P-n65-k10	786.0	159	3	23	422	792	792
P-n70-k10	814.5	292	3	1752	24039	834	827
P-n76-k4	588.8	363	–	59	572	593	593
P-n76-k5	616.8	273	–	3399	14546	627	627
P-n101-k4	678.5	1055	–	23	1253	681	681