

Tabela 1: Resultados para PROBE. Tempo  $\bar{t}$ , número iterações  $\bar{i}$ , desvio relativo dos melhores valores conhecidos  $\bar{\Delta}$ , em %.

$\lambda$	$\bar{t}$	$\bar{i}$	$\bar{\Delta}$
2	0.01	2.52	5.68
4	0.03	8.03	5.44
8	0.07	16.26	5.26
16	0.19	31.48	5.10
32	0.48	62.68	4.95

### Soluções 3

Ambiente de execução das soluções: um PC com processador AMD Ryzen 9 39000X com 12 cores de 3.8 GHz, 32 GB RAM, e Ubuntu Linux.

#### Exercício 1 (PROBE para o LOP)

- Para implementar fiz a seguintes escolhas. a) religamento de caminhos para atrás, que tende a funcionar melhor, b) cada passo no religamento de caminhos seleciona uma das melhores trocas factíveis aleatoriamente, c) setar  $\alpha = 0.07$  na construção gulosa das soluções iniciais. Item a) foi confirmado em um breve teste com a instância *usa79*. O valor em c) foi calibrado por um pequeno experimento na instância *usa79*, com uma população de  $\lambda = 32$  e valores de alpha em  $[0, 10]/10 \cup [0, 20]/100$ . Os testes principais foram feitos com as 50 instâncias com  $n = 300$  e 5 replicações com sementes diferentes.
- Tabela 1 mostra os resultados. Podemos ver que o tempo de execução é rápido, e nunca mais que um segundo. Isso é confirmado também pelo número de iterações, que é aproximadamente o dobro no tamanho da população. Isso indica uma convergência rápida, e os desvios relativos confirmam isso: observamos desvios grandes de aproximadamente 5%. Uma maior população produz resultados melhores, como esperado, mas a diferença é menos que 0.75%.
- Comparando com os resultados das listas anteriores podemos observar: 1) os resultados do PROBE são consideravelmente piores comparado com a busca tabu e o GRASP. Os valores obtidos são comparáveis com os resultados de uma construção gulosa- $\alpha$  pura, mas a melhor construção gulosa- $\alpha$  com  $\alpha = 0.1$  e 100 iterações produz um desvio relativo 4.92, melhor que o melhor resultado do PROBE com  $\lambda = 32$  que é 4.95%. Então da forma atual o religamento de caminhos parece inefetivo, e a convergência do PROBE por isso é prematura.

#### Exercício 2 (Testes estatísticos)

- Para responder “Os resultados do algoritmo PROBE com diferentes valores de  $\lambda$  são diferentes” foi aplicado um teste de Mack-Skillings com  $c = 5$  replicações,  $k = 5$

tratamentos ( $\lambda$ ), e 50 blocos (as instâncias). O  $p$ -value resultante é significativo para  $\alpha = 0.01$ , logo os resultados são diferentes. O teste post-hoc correspondente (ver Hollander et. al (2012)) mostra que para o mesmo nível de significância, todos valores de  $\lambda$  são significativamente diferentes.

- b) Para responder “O resultado do algoritmo PROBE com o melhor  $\lambda$  é pior que o resultado da busca tabu com a melhor duração tabu” usei o mesmo teste. O número de amostras da busca tabu foi reduzida para 5, e assim temos  $c = 5$  replicações,  $k = 2$  tratamentos (busca tabu versus PROBE) e 50 blocos. Como no experimento anterior, o  $p$ -value é significativo para  $\alpha = 0.01$  e logo os resultados são diferentes. Um teste adicional mono-caudal de Wilcoxon confirma que a busca tabu produz valores menores que PROBE.