

Conclusão e trabalhos futuros

Neste trabalho foram propostos novos modelos de programação linear inteira para o problema de escalonamento de tarefas divisíveis em período único e para o problema com múltiplos períodos. Estes resultados permitem que sejam encontradas soluções ótimas para muitas instâncias, o que possibilita uma análise mais objetiva dos resultados encontrados por heurísticas. A utilização destes modelos torna possível estabelecer limites inferiores para a solução ótima em diversos casos teste, o que também é de grande valia na análise dos resultados de heurísticas. Foram também apresentadas desigualdades válidas que tornam o valor das relaxações bem mais próximos do resultado inteiro e, conseqüentemente, fornecem limites inferiores mais justos para a solução ótima. Acredita-se que o estudo de novas desigualdades utilizadas em conjunto com algumas das propostas neste trabalho possa resultar em modelos mais eficientes e que permitam a obtenção de limites inferiores ainda mais justos. No caso de múltiplos períodos, a utilização de ordens de envio diferentes em diferentes períodos não foi contemplada, o que poderia permitir a obtenção de *makespans* ainda melhores.

Outro resultado muito importante desta dissertação foi a elaboração de um algoritmo *AlgRap* de complexidade $O(n)$ para encontrar o escalonamento ótimo em período único quando se sabe a priori a ordem de envio de dados. Para este mesmo problema só era encontrado na literatura uma solução utilizando um algoritmo de complexidade $O(n \log n)$. Além desta redução de complexidade, o algoritmo proposto também permitiu a elaboração da heurística *HeuRet* para o escalonamento de tarefas divisíveis em apenas um período. Após a simulação de vários cenários diferentes e a comparação com resultados ótimos encontrados pelos modelos de programação linear inteira e suas relaxações, foi constatado que esta heurística produz resultados excelentes. Salienta-se também que sua boa performance constatada nos testes computacionais (tempos de execução inferiores a 40 milissegundos) abre a possibilidade de sua utilização como um escalonador *on-line*.

Para o escalonamento em múltiplos períodos foi proposta a heurística *HeuMul* baseada em *HeuRet*, que permitiu que fossem encontrados *makespans* menores dos que os conseguidos por esta última. Observou-se que além de obter-se *makespans* menores, a quantidade de processadores utilizados também é menor, o que é uma característica interessante quando do escalonamento de diversas tarefas divisíveis simultaneamente no mesmo sistema. Verificou-se porém que, durante as simulações, o tempo de processamento necessário para execução da heurística *HeuMul* foi muito superior ao tempo de processamento exigido por *HeuRet*, a ponto de se tornar uma alternativa pouco atrativa em alguns cenários de utilização. Acredita-se ser possível que o desenvolvimento realizado para a redução da complexidade e elaboração do algoritmo *AlgRap* possa ser reproduzido para a definição do escalonamento em múltiplos períodos necessário para a execução de *HeuMul*. Esta hipótese é deixada como trabalho futuro, assim como o estudo do escalonamento em múltiplos períodos de múltiplas tarefas divisíveis.

Além dos resultados computacionais obtidos para a resolução dos modelos e algoritmos propostos, também foram feitas simulações de outras duas heurísticas de escalonamento existentes na literatura. Constatou-se que, na maioria das simulações realizadas, as heurísticas propostas neste trabalho obtiveram resultados muito superiores àqueles das heurísticas da literatura. Atribui-se estes resultados principalmente a forma com que o *makespan* é estimado por estas heurísticas. O estudo de melhores métodos de estimativa de *makespan* é deixado também como trabalho futuro.