8

Conclusões e Trabalhos Futuros

Esta tese tratou do desenvolvimento e da execução eficiente de meta-heurísticas paralelas em ambientes de *grid*. Foram propostos uma estratégia original de paralelização e o *middleware* de gerência metaEasyGrid. A integração entre os dois viabilizou a construção de metaheurísticas paralelas autônomicas para execução em ambientes de *grid*.

A estratégia hierárquica distribuída mostrou ser eficaz no desenvolvimento de heurísticas paralelas porque proporciona cooperação entre os processos pertencentes a execução, sem acarretar considerável sobrecarga no desempenho. A cooperação ocorre independentemente de onde os processos estejam sendo executados.

Outra característica da estrutura hierárquica distribuída é a sua capacidade de naturalmente proporcionar intensificação e diversificação na execução das metaheurísticas. A diversificação ocorre devido ao uso de várias listas de soluções de elite associadas aos sítios do ambiente. Por outro lado, a intensificação é garantida através da lista de cooperação que mantém sempre as melhores soluções encontradas por todos os sítios envolvidos na execução. Essas soluções são constantemente enviadas para as diversas listas de diversificação, as quais podem ser transmitidas para os processos provedores, quando esses necessitarem de alguma solução a partir das listas. Conseqüentemente, através das soluções recebidas os processos provedores podem iniciar heurísticas de busca sob as soluções, intensificando a análise nas boas regiões.

Além disso, a técnica de renovação desenvolvida através da estratégia hierárquica distribuída proporciona a renovação nas soluções encontradas, evitando que as buscas sejam concentradas sempre nas mesmas regiões.

Contudo, a simplicidade de implementação da estratégia hierárquica distribuída em ambiente de *grid*, foi possível devido à sua integração com o SGA metaEasyGrid.

O *middleware* SGA metaEasyGrid garantiu a transformação das meta-heurísticas em aplicações autônomicas, capazes de se auto-adaptarem às

variações dinâmicas que podem ocorrer no ambiente, pois tratam tolerância a falhas, balanceamento de carga e criação de processos de acordo com as necessidades da aplicação e do ambiente.

A escalabilidade foi outra importante característica embutida nas meta-heurísticas autonômicas através do SGA metaEasyGrid. Essa escalabilidade é herança do modelo alternativo de execução de tarefas proposto pelo *middleware* EasyGrid, no qual a quantidade de processos criados não se restringe ao número de recursos disponíveis. Dessa forma, não há limites no número de tarefas que uma aplicação pode criar. Conseqüentemente, o grau de paralelismo usado na execução das heurísticas paralelas pode torna-se maior.

Não menos importante foi a portabilidade fornecida às aplicações autonômicas, pelo fato de todas as funções de gerenciamento e monitoramento necessárias estarem embutidas na aplicação. Assim, em relação às características do ambiente, a aplicação detém todos os procedimentos que a tornam capaz de executar em qualquer recurso do *grid*, independentemente da heterogeneidade do mesmo.

Com as duas heurísticas paralelas implementadas nesta tese, ficaram evidentes os benefícios oriundos da integração entre a estratégia e o *middleware*. Ambas as implementações foram capazes de aproveitar o poder computacional oferecido pelo *grid*, sem que o desenvolvedor tivesse que se deter na gerência do ambiente. Esse melhor desempenho foi refletido na qualidade das soluções encontradas, pois as duas implementações foram capazes de melhorar algumas das melhores soluções da literatura.

Dessa forma, embora a tradicional estratégia de paralelização mestre-trabalhador seja amplamente usada em diversos ambientes distribuídos, a estratégia hierárquica distribuída mostrou ser mais eficiente em ambientes dinâmicos como os *grids*.

Os resultados promissores obtidos com a integração da estratégia hierárquica distribuída e o metaEasyGrid, estimulam a continuidade desta pesquisa em vários trabalhos a serem desenvolvidos no futuro.

Pretende-se a curto prazo executar as duas aplicações paralelas apresentadas no Capítulo 6 em um *grid* de maior escala. O objetivo é analisar o comportamento dessas aplicações em um ambiente com mais de 1.000 processadores. Em seguida, pretende-se implementar metaheurísticas paralelas com a estratégia proposta para outros problemas NP-difíceis.

Outro trabalho a ser realizado é a implementação de uma metaheurística paralela híbrida, na qual cada processo provedor de solução implemente uma

heurística diferente, ou até mesmo algoritmos exatos. Dessa forma, ambos os métodos podem se beneficiar da cooperação patrocinada pela estratégia hierárquica distribuída.

A avaliação cuidadosa da influência do tamanho das listas de diversificação e cooperação no desempenho final da aplicação e na convergência de boas soluções também faz-se necessária. Embora esse trabalho tenha um cunho mais experimental, ele é importante para que os tamanhos dessas listas possam ser fixados de acordo com algumas características do ambiente e da aplicação.

Um trabalho mais desafiador é desenvolver um *framework* capaz de transformar automaticamente qualquer metaheurística seqüencial em uma metaheurística paralela autônoma para *grids* computacionais.