

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE PESQUISA
PIBIC - PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA (CNPq-UFES)
PROCESSO SELETIVO 2004-2005**

Usando a Meta-Heurística Tabu Search para o
Planejamento de Redes Ópticas de Telecomunicações

subProjeto de Pesquisa do Bolsista

Marcelo de Oliveira Lima
Orientador: Elias Oliveira

1 Introdução e Justificativa

Podemos pensar em um sistema de Telecomunicações reduzido a um simples canal de comunicação ponto-a-ponto, onde somente duas pessoas estariam e poderiam se comunicar mutuamente. Entretanto, o sistema de comunicações existente atualmente se constitui de uma grande malha contendo milhares de pontos interligados entre si permitindo, desta forma, que mais pessoas e organizações possam estar se inter-comunicando. Nos pontos de cruzamento dos canais nesta malha encontram-se equipamentos que permitem o redirecionamento da informação para o seu planejado destino. Estes equipamentos variam de preço de acordo com os tipos e frequência de serviços que por eles circulam.

Portanto, o adequado dimensionamento de uma rede de comunicações pode significar milhões de reais em economia aos cofres públicos. Em particular, no âmbito de uma rede metropolitana de Informações, este dimensionamento se torna crucial dado a grande variedade de classes de serviços que na prática podem trafegar pela rede. Além do lado financeiro, podemos também citar o aumento na melhoria da qualidade do serviço de comunicação oferecido na rede. Isto dará aos usuários um conforto maior no uso dos serviços e, conseqüentemente, maior aderência ao uso dos serviços eletrônicos.

Podemos observar claramente que, baseado no descrito acima, a vida do cidadão comum depende cada vez mais do funcionamento eficiente das redes de telecomunicações. Para que se tenha uma operação confiável e eficiente das redes de telecomunicações, o tráfego de dados deve ser distribuído da melhor maneira possível, o que pode ser realizado através de técnicas e ferramentas de otimização durante a fase de projeto ou reconfiguração destas redes, permitindo que se obtenha a melhor relação custo/benefício dentro de um padrão satisfatório de qualidade de serviço oferecido.

2 Objetivos

Este trabalho se destina a estudar técnicas de otimização de distribuição de tráfego em redes, formando uma base teórica e prática necessária para desenvolver ferramentas eficientes para projeto de redes ópticas de telecomunicações.

3 Metodologia

3.1 Meta-Heurística Tabu Search

No espaço de busca de um problema estão todas as possíveis soluções para o mesmo em questão. Percorrer todas as possíveis soluções seria inviável do ponto de vista de tempo. Assim é que, na prática, se utiliza algoritmos (*meta*-)heurísticos para se percorrer apenas parte deste espaço e, preferencialmente, a parte que conduza a uma boa solução para o problema.

Existem muitos métodos de busca. Os métodos geralmente utilizados na literatura atualmente são: Algoritmos Genéticos, Simulated Annealing e Tabu Search [5, 7, 8]. Uma grande qualidade nestas metaheurísticas é a capacidade das mesmas de se livrar de mínimos locais, que podem consistir em soluções ruins para o problema.

O algoritmo de busca implementado na metaheurística Tabu Search [7] (também denominado busca Tabu) procura imitar o processo de *memória* dos seres humanos. Não somente a memória imediata (*local*), mas também a memória de mais longa temporalidade. Esta última está relacionada a uma parte da extensão do processo de exploração do algoritmo, enquanto a primeira está relacionada ao valor da solução corrente. O uso sistemático de *memória* é a característica principal da busca Tabu.

Através do mecanismo de memória simulado na busca Tabu, o algoritmo mantém, de certo modo, o caminho percorrido até a solução corrente. Esta informação é utilizada para guiar o algoritmo no movimento de uma solução para uma outra solução vizinha no processo de busca pela melhor solução. A memória na busca Tabu tem o papel, portanto, de restringir algumas possíveis escolhas de soluções vizinhas através de um processo estocástico. Estas soluções estariam na lista (*memória*) de soluções proibidas, do algoritmo. Por ser uma decisão estocástica, mesmo que uma solução vizinha esteja na lista das proibidas o algoritmo pode eventualmente aceitá-la. Através desse procedimento o algoritmo é orientado a explorar uma porção diferenciada do espaço de busca.

O objetivo deste projeto de iniciação científica é o de dar continuidade ao projeto que ora se encerra. Na primeira fase o candidato a esta nova bolsa-PIBIC realizou os seguintes passos:

- Realizou um estudo dirigido em meta-heurísticas;
- Estudou superficialmente os atuais problemas de projetos de engenharia em redes digitais de telecomunicações;
- Implementou e testou um algoritmo básico da meta-heurística Tabu

Search para o problema de otimização do congestionamento de tráfego em redes ópticas de telecomunicações, obtendo bons resultados quando comparados com os existentes na literatura;

- Está, no momento, escrevendo um artigo para ser enviado a um evento nacional apresentando seus resultados.

Nesta nova fase, pretendemos continuar utilizando a meta-heurística Tabu com vista a melhorarmos ainda mais os resultados já obtidos. A utilização de estratégias híbridas tem mostrado ser muito promissoras, como podemos ver em [13]. Neste citado trabalho um algoritmo de busca local foi utilizado para, em conjunto com um resolvidor linear, resolver um difícil problema da literatura. Desta forma, pretendemos avançar neste estudo de combinação de técnicas, agora usando a busca Tabu e Programação Linear.

4 Plano de Trabalho Individual

Será dada continuidade ao estudo dos conceitos básicos do algoritmo de meta-heurística: Tabu Search e concomitantemente, sobre Programação Linear, para que as duas técnicas possam ser combinadas. Portanto, seu plano de trabalho é descrito a seguir.

1. Estudo dirigido em meta-heurísticas, em particular Tabu Search;
2. Estudo dos atuais problemas de projetos de engenharia em redes digitais de telecomunicações [1, 2, 3, 4, 10, 9, 6, 11, 12, 13, 14];
3. Ajuste na implementação do algoritmo Tabu Search para resolver grandes instâncias do problema de otimização do congestionamento de tráfego em redes ópticas de telecomunicações;
4. Implementação de um algoritmo híbrido: busca Tabu + Programação Linear;
5. Realização de testes com o algoritmo e ajustes no mesmo;
6. Análise e comparações dos resultados obtidos com aqueles já existentes na literatura;
7. Redação do relatório final.

Duração das Etapas Descritas

| Atividades | Trimestres | | | |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 ^o | 2 ^o | 3 ^o | 4 ^o |
| 1 | ■ | | | |
| 2 | ■ | | | |
| 3 | | ■ | | |
| 4 | | ■ | ■ | ■ |
| 5 | | | ■ | ■ |
| 6 | | | ■ | ■ |
| 7 | | ■ | ■ | ■ |

5 Material e Métodos

O bolsista utilizará artigos e livros sobre o assunto proposto e utilizará um computador para implementar os códigos dos algoritmos estudados na linguagem C/C++. O bolsista já possui certo domínio dessas linguagens. Resultados sobre exemplos encontrado na literatura serão testados com o algoritmo implementado. Tabelas e gráficos serão utilizados para a comparação dos resultados.

6 Resultados Esperados

Na conclusão deste projeto o aluno terá aprendido mais sobre como usar uma ferramenta computacional: computadores e linguagens de programação, para a resolução de problemas na área de projeto de redes ópticas de telecomunicações. Além disso, espera-se do mesmo, ao longo do projeto, vir adquirir um espírito mais crítico na leitura e análise de artigos científicos, em particular, na área do problema proposto. Esperamos também que ao final desse processo o aluno venha publicar um artigo em congresso nacional da área.

Referências

- [1] Almeida, R.T.R., Pereira, L.C.B., Potratz, K., Oliveira, E., Segatto, M. E. V., and Calmon, L.C. Addressing the Electronic Bottleneck to Virtual Topology Design of Optical Networks. In *Proceedings of International Microwave and Optoelectronics Conference, IMOC'2003*, Foz do Iguaçu/PR, 2003.

- [2] Almeida, R.T.R. de and Calmon, L.C. Projeto de Topologia Virtual de Redes Ópticas com Restrições Diferenciadas por Classe de Serviço. In *X Simpósio Brasileiro de Microondas e Optoeletrônica(SBMO)*, pages 620–623, Agosto 2002.
- [3] Almeida, R.T.R. de and Calmon, L.C. Virtual Topology Design of Multiservice Optical Networks. In *International Telecommunications Symposium Proceedings*, September 2002. Accepted to be published.
- [4] Assis, K.D.R., Waldman, H., and Calmon, L.C. Virtual Topology Design for a Hypothetical Optical Network. *Revista do Instituto Nacional de Telecomunicações*, 5(1), 2002.
- [5] Beasley, J., Dowsland, Kathryn, Glover, F., Laguna, M., Peterson, C., Reeves, C.R., and Söderberg, B. *Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems*. Edited by Colin R. Reeves, 1992.
- [6] Dhodhi, M.K., Tariq, S., and Saleh, K.A. Bottlenecks in Next Generation DWDM-based Optical Networks. *Comp. Commun*, 24:1726–1733, 2001.
- [7] Glover, F. and Laguna, M. *Tabu Search*. Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [8] Goldberg, D. E. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
- [9] Krishnaswamy, R.M. and Sivarajan, K.N. Design of Logical Topologies: A Linear Formulation for Wavelength-Routed Optical Networks with No Wavelength Changers. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 9(2), April 2001.
- [10] Modiano, E. and Narula-Tam, A. Survivable Lightpath Routing: A New Approach to the Design of WDM-Based Networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 20(4):800–809, 2002.
- [11] Mukherjee, B. *Optical Communication Networks*. McGraw-Hill Series on Computer Communications, 1997.
- [12] J.R.P. Naves. Estratégias Evolutivas para a Rede Óptica a partir de Anéis WDM. Master’s thesis, Universidade Estadual de Campinas, 2002.
- [13] Pereira, L.C.B., Almeida, R.T.R., Oliveira, E., and Segatto, M. E. V. Anéis Lógicos Disjuntos para Projeto de Topologias Virtuais de Redes

Ópticas Tolerantes a Falhas. In *Anais do MOMAG'2004*, São Paulo/SP, 2004.

- [14] Ramaswamy, R. and Sivarajan, K. N. *Optical Networks*. Morgan Kaufmann Pub. Inc., San Francisco, 2nd edition, 2002.