

Roteamento em Redes IP com Qualidade de Serviço: Uma Abordagem com a Metaheurística GRASP

Dárlinton B. Feres Carvalho, Guilherme Arantes de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico M. da Cunha Cavalcanti
Co-orientador: Prof. Dr. Marcone Jamilson Freitas Souza

Resumo

Neste trabalho são apresentados alguns conceitos sobre a nova geração da Internet, a Internet com Qualidade de Serviço. Contextualizado na arquitetura do Projeto Tequila foram estudados o problema de dimensionamento de rede com sua proposta de implementação atual. A contribuição deste trabalho é um novo método baseado na metaheurística GRASP, com uma função de avaliação hierárquica com indicadores de qualidade das soluções e uma nova proposta de estrutura de vizinhança que pode ser adotada analogamente para problemas complexos de várias etapas. Resultados computacionais são apresentados demonstrando que o método proposto, além de simples, é mais eficiente que o método existente.

Palavras-chave: Dimensionamento de Redes com Qualidade de Serviço, GRASP, Metaheurísticas.

Introdução

A proposta inicial da Internet se mostrou muito eficiente para atender aos requisitos da época embora, hoje em dia, ao atingir o público em geral agregando um novo paradigma mercantil encontramos diversos problemas. Utilizando a tecnologia existente na Internet, muitos serviços começaram a serem oferecidos, como por exemplo, voz sobre IP (VoIP), redes virtuais privadas (VPNs) e aplicações multimídias. No entanto, estas aplicações possuem necessidades que não podem ser garantidas pela arquitetura convencional da rede. Neste sentido, novas funcionalidades e projetos de redes foram propostos para estender a Internet, como o Projeto Tequila, objeto de estudo neste documento. A engenharia de tráfego tornou-se fundamental para atender de forma racional, a estas novas necessidades, tendo como um dos maiores desafios o dimensionamento da rede.

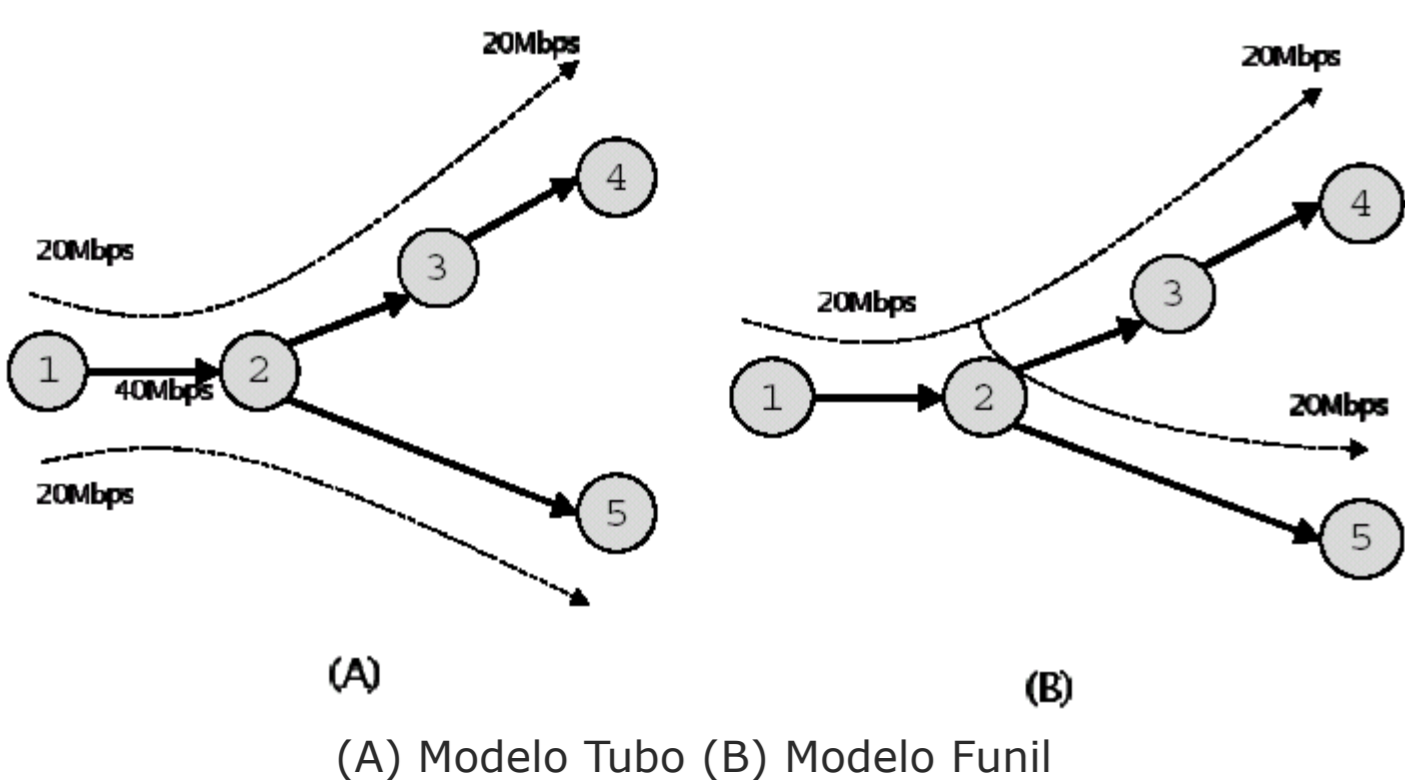
Este texto é uma compilação sobre o estudo do módulo de dimensionamento de rede do Projeto IST-Tequila, com todos os conceitos de rede relevantes como QoS, DiffServ, MPLS e modelo funil, bem como novas propostas de implementação. Este módulo compõe a base da engenharia de tráfego da arquitetura, que está baseada em Serviço Diferenciado (DiffServ) e em MPLS como tecnologias para estender a arquitetura da Internet provendo Qualidade de Serviço (QoS) e engenharia de tráfego.

Conceitos Iniciais

Neste documento o termo Qualidade de Serviço (QoS) é utilizado representando os requisitos das aplicações de um ponto a outro (fim-a-fim) na rede. Na abordagem do Projeto Tequila, engenharia de tráfego de rede (do termo em inglês *Network Traffic Engineering - TE*) é em geral o processo de especificar o modo no qual o tráfego é tratado dentro de uma determinada rede. TE possui tanto objetivos orientados a usuários bem como objetivos orientados a sistemas. Os usuários esperam certo desempenho da rede, que em troca deveria tentar satisfazer estas expectativas. Consideraremos como atributos de engenharia de tráfego a banda de passagem e os requisitos de qualidade de serviço.

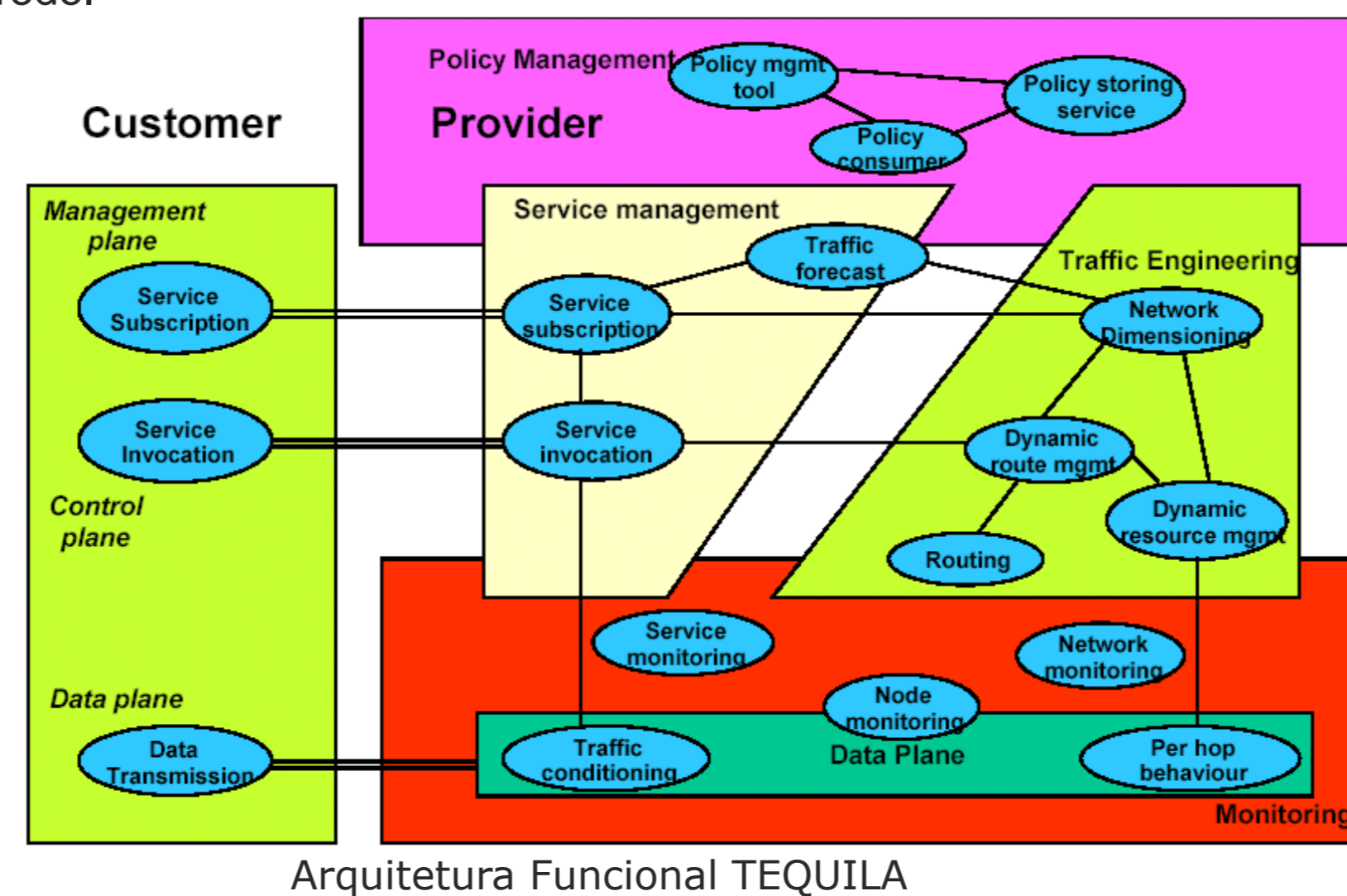
A arquitetura DiffServ (Serviço Diferenciado) foi concebida para prover QoS de um modo escalonável ao longo da Internet. O conceito principal é manter informação de estado e complexidade somente nas extremidades da rede enquanto os roteadores de trânsito são responsáveis por aplicar tratamento apropriado no repasse dos pacotes de IP de acordo com o seu campo Serviços Diferenciados (*Differentiated Services - DS*) do cabeçalho IP. PHB é uma sigla do termo *Per-Hop Behavior* que foi definido como uma descrição do comportamento observável externamente do encaminhamento de um nodo de Serviço Diferenciado aplicado a um determinado agregado de comportamento. O IETF definiu três importantes comportamentos denominados EF, AF e BE. O PHB, chamado *Expedited Forwarding (EF)* PHB implementa garantias quantitativas, o *Assured Forwarding (AF)* PHB Group implementa garantias qualitativas de serviços na rede e o PHB *Best-Effort (BE)*, reflete um comportamento sem nenhuma garantia, com apenas o melhor esforço para transmissão, tal qual a Internet funciona hoje. Agregado de Ordem (*Ordered Aggregate - OA*) é um conjunto de pacotes que compartilha uma restrição de ordenação. Tronco de tráfego (*Traffic Trunk - TT*) é uma agregação de fluxos de tráfego.

O modelo tubo (*pipe model*) estabelece uma rota entre dois nós na rede, garantindo os requisitos de QoS. O modelo funil (*hose model*) compreende que os fluxos entre o nó de ingresso e egressos devem ser convergidos em uma mesma alocação no fluxo de dados, até que seja necessária a sua divergência. A multiplexação dos fluxos na rede possibilita uma otimização do fluxo dos dados, diminuindo a banda de passagem reservada na rede.



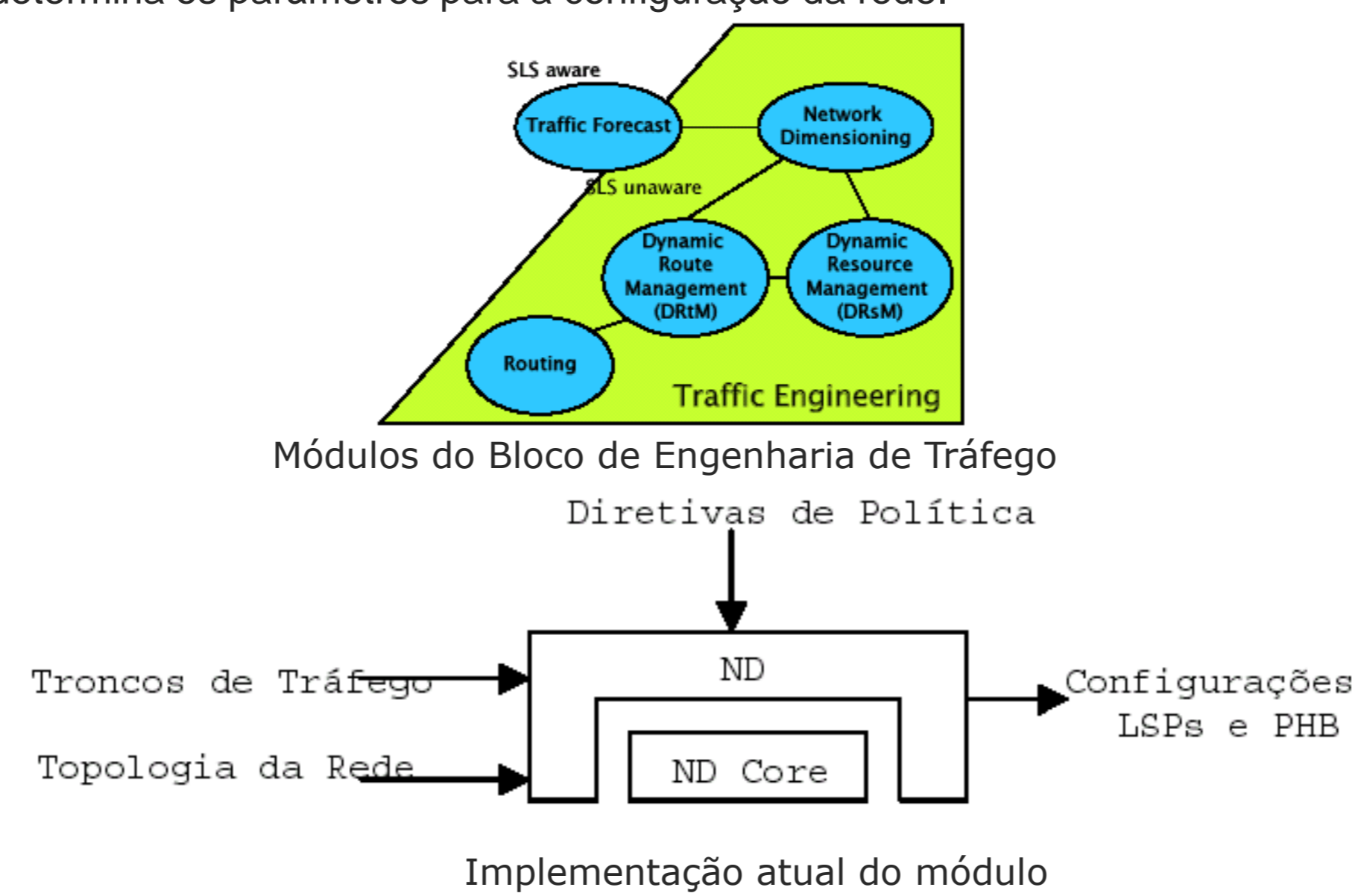
O Projeto Tequila

O objetivo do Projeto Tequila (*Traffic Engineering for Quality of service in the Internet at Large*) é estudar, especificar, implementar e validar um conjunto de definições de serviço e ferramentas de engenharia de tráfego para obter garantias quantitativas fim-para-fim de Qualidade de Serviço através de cuidadoso planejamento, dimensionamento e controle dinâmico de técnicas para gerenciamento de tráfego qualitativo simples e escalonável dentro da Internet (i.e., Diffserv). As áreas técnicas seguintes serão enunciadas: (a) Especificação de SLs estático e dinâmico, intra- e entre-domínio para sustentar usuários fixo e nômades. (b) Protocolos e mecanismos para transação, monitoramento e obrigações SLs. (c) Esquemas de engenharia de tráfego para intra- e entre-domínio para assegurar que a rede pode contender com o SLs contraído - dentro de domínios, e na Internet como um todo. Toda funcionalidade especificada será validada por simulação, desenvolvimento de protótipo e experimentos em rede.



O Módulo de Dimensionamento de Rede

O módulo de dimensionamento de rede está inserido no bloco de engenharia de tráfego da arquitetura Tequila. Sua responsabilidade é prover uma efetiva solução de engenharia de tráfego, determinando a adequada alocação de recursos sujeita a tendências de tráfego, requisitos de qualidade de serviço e restrições de diretivas de políticas. O módulo de dimensionamento de rede tem como entrada a matriz de tráfego fornecida pelo módulo de previsão de tráfego e a topologia de rede que, em função desses dados e das diretivas de política correntes, calcula o conjunto de rotas explícitas (LSPs), e determina os parâmetros para a configuração da rede.



Função de Avaliação

A fim de avaliar as soluções existentes utilizamos uma função de avaliação hierárquica de dois níveis. No primeiro nível é computada a taxa média de utilização nos enlaces sobrecarregados e no segundo nível a taxa média de utilização em todos os enlaces da rede.

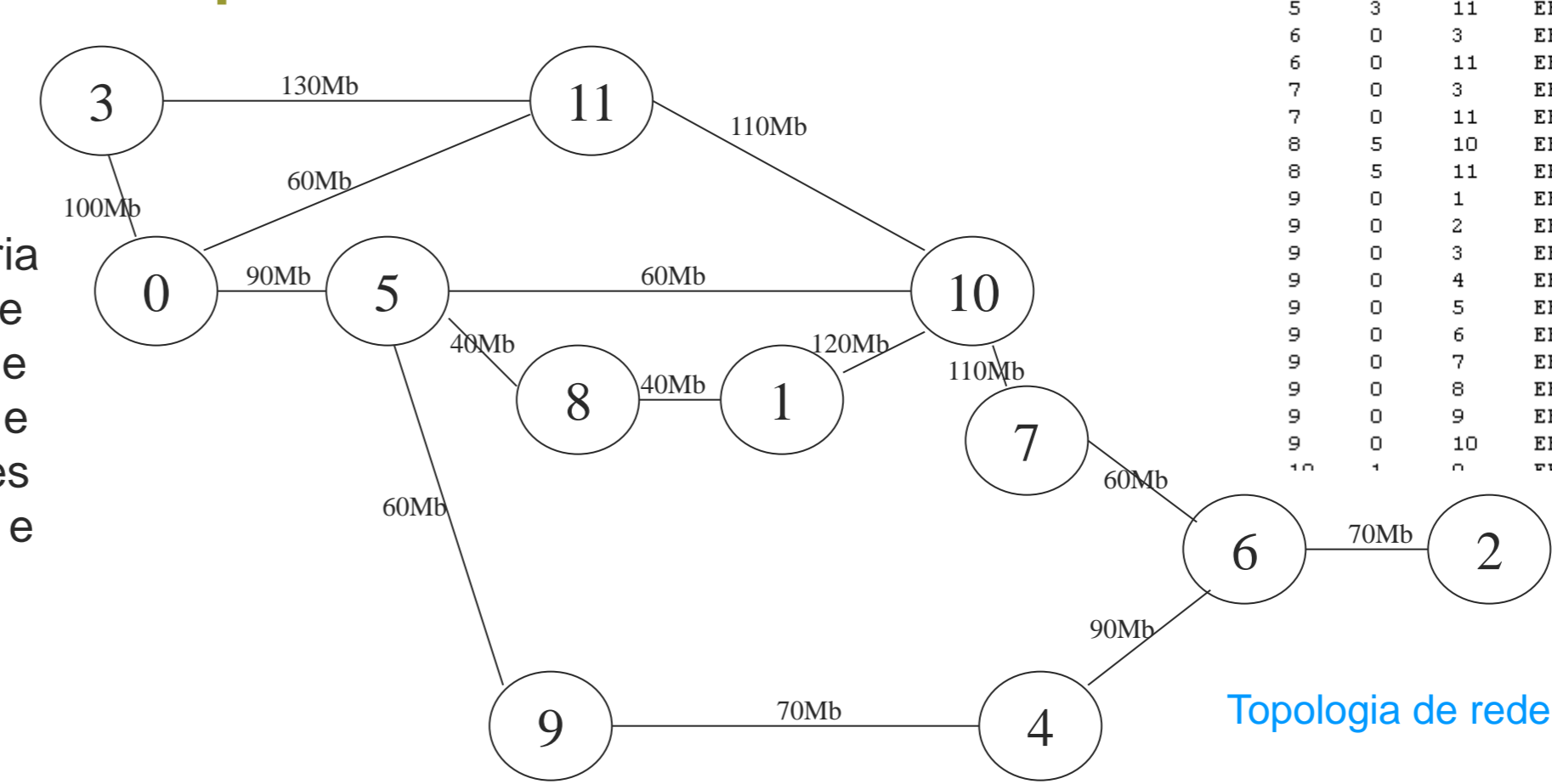
Busca Local no método proposto

Na estrutura de vizinhança considerada para busca local um vizinho de uma solução é obtido com uma realocação de um tronco de tráfego t_i através do procedimento de alocação considerando o estado momentâneo da rede. O refinamento da solução é realizado realocando cada tronco de tráfego e aceitando o vizinho de maior melhora segundo a função de avaliação. Quando não houver vizinhos que melhorem a solução está encerrada a busca.

Resultados Computacionais

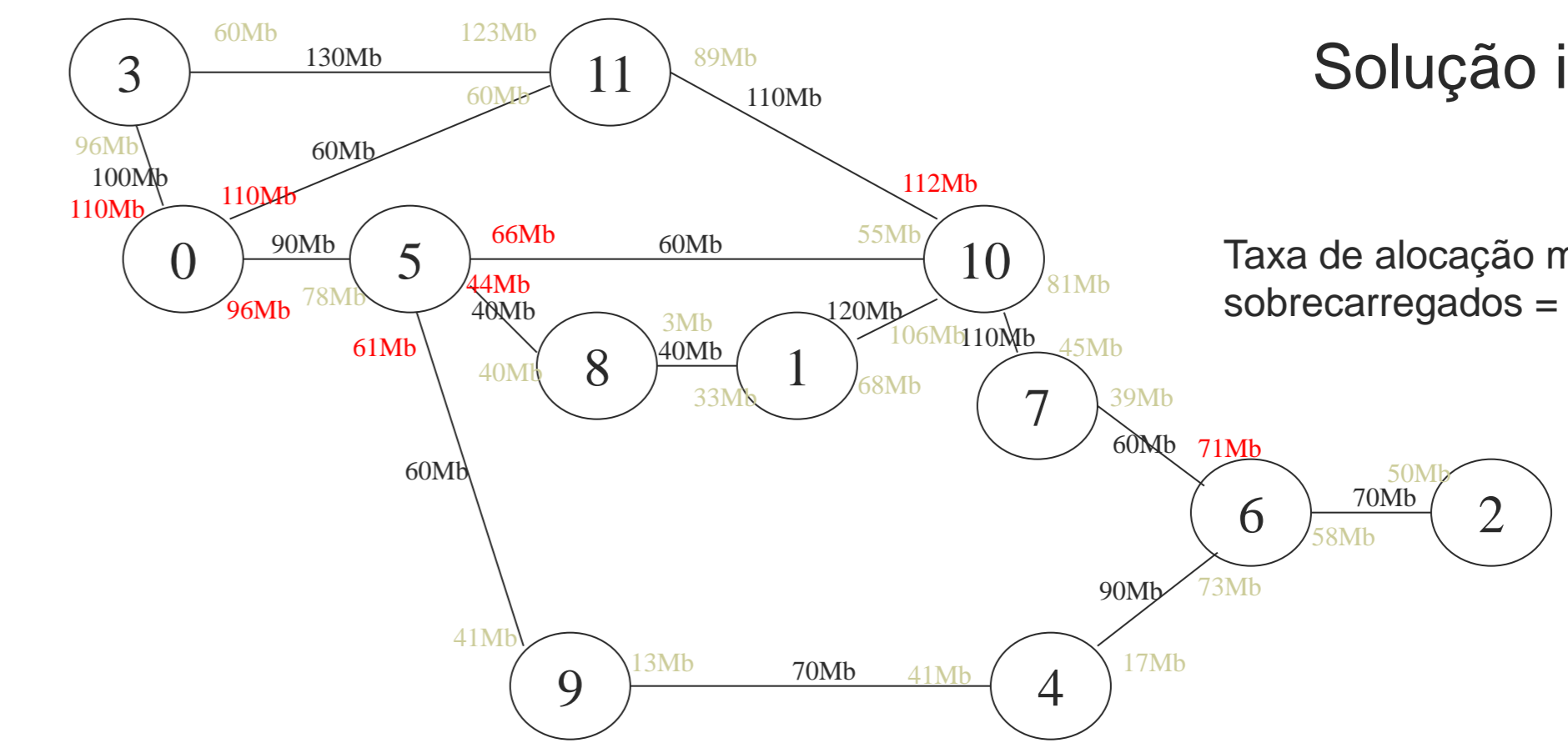
Das 100 instâncias testadas, 75 apresentaram enlaces sobrecarregados. Comparando os resultados obtidos na fase de refinamento, segundo a função de avaliação, temos que o método proposto foi melhor em 98% dos casos. Nas instâncias com inviabilidade obteve uma melhora média da taxa de ocupação dos enlaces sobrecarregados de 7,88 com desvio padrão de 7,10 e moda 20,44 em relação ao método de refinamento da implementação atual.

Exemplo:

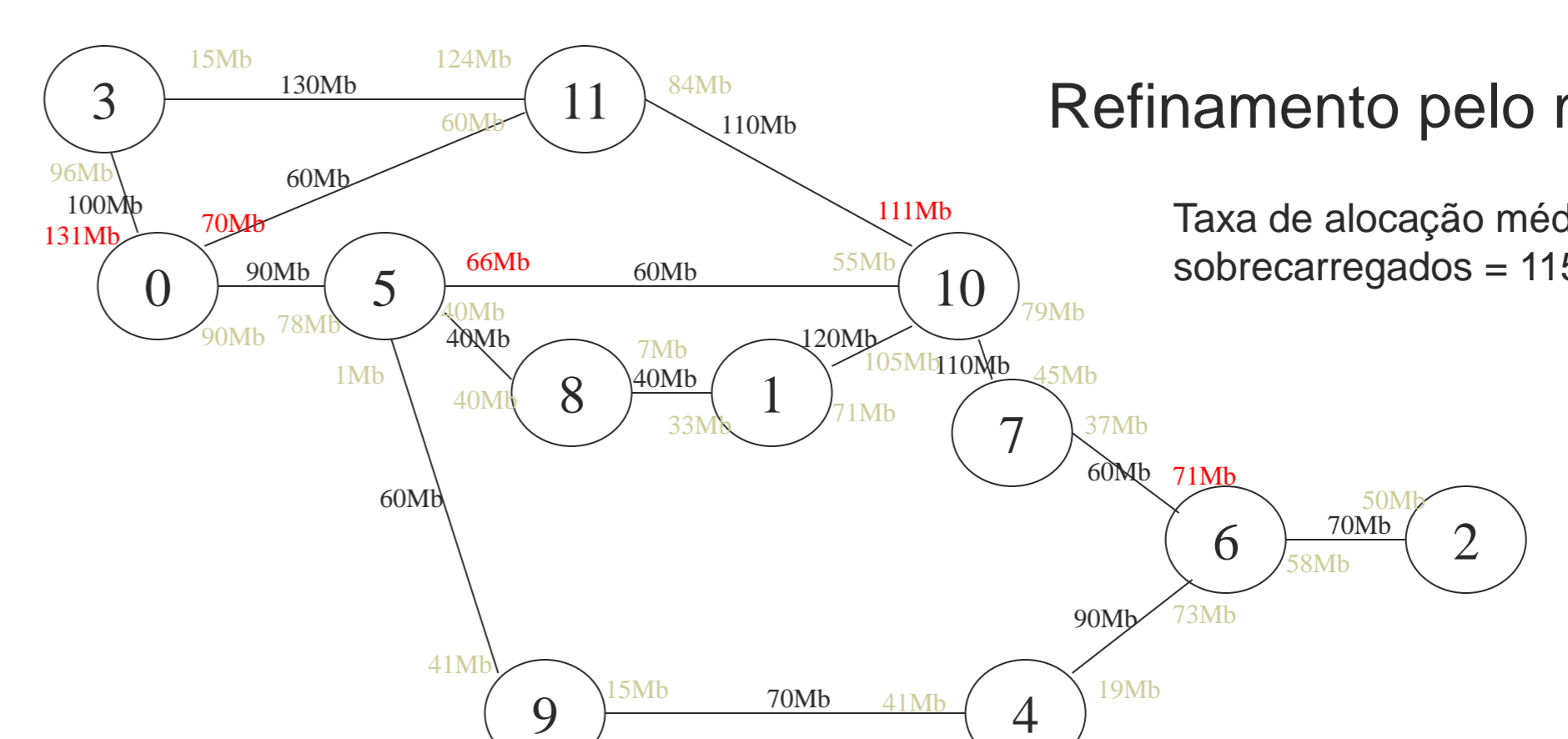


Troncos de Tráfego

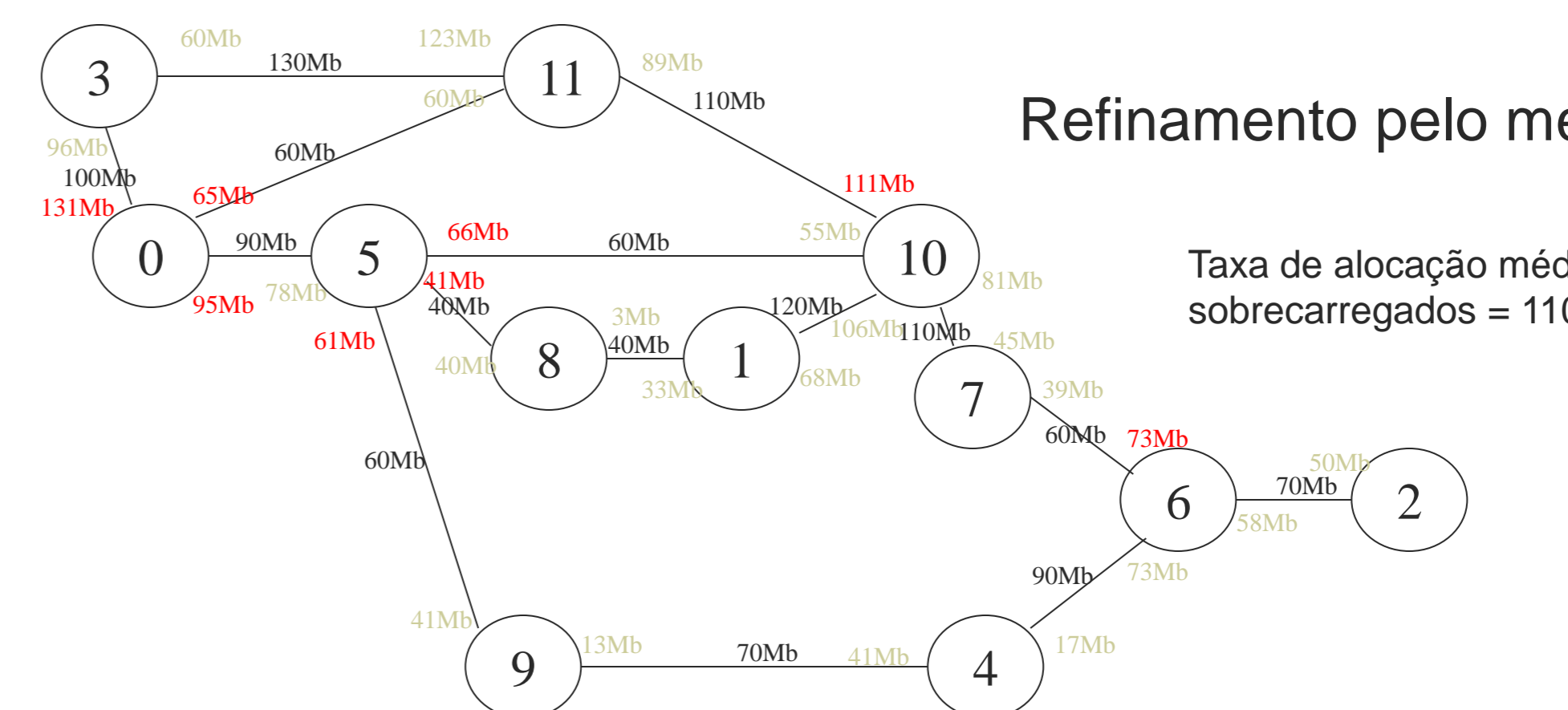
Solução inicial



Refinamento pelo método atual



Refinamento pelo método proposto



Conclusões

Este trabalho apresenta os conceitos iniciais necessários para compreender uma arquitetura para a nova geração da Internet com QoS, o Projeto Tequila, e uma proposta para o dimensionamento de tráfego nesta rede. O método proposto é simples e se mostrou eficiente para otimizar as soluções frente ao algoritmo existente. O tempo de processamento gasto pelos dois métodos foi equivalente a não ser quando no modelo tubo, por haver necessidade de representar cada fluxo como um tronco de tráfego, onde o método proposto demandou uma maior quantidade de processamento. Com o uso da função de avaliação hierárquica fica fácil alterar os critérios de qualidade na avaliação das soluções e possibilita aos administradores do sistema configurar seus interesses diretamente na busca.

Referências Bibliográficas

- [1] Cavalcanti C.F.M.C., "Algoritmo de Dimensionamento de Rede", Tese de Doutorado, DCC/UFMG, 2000
- [2] Feo T.A. and Resende M.G.C., "Greedy randomized adaptive search procedures". Journal of Global Optimization, 6:109-133, 1995
- [3] Goderis D. et al., "Service Level Specification Semantics, Parameters, and Negotiation Requirements", IETF Internet Draft: draft-tequila-sls-01.txt, Dec. 2001. Veja: <http://www.ist-tequila.org>. Acessado em Novembro 2003
- [4] Tjoens Y. et al., "Overview of external liaison within (Clustering) and outside IST", Abril de 2000, Veja: <http://www.ist-tequila.org>. Acessado em Novembro 2003
- [5] Wang Z. e Crowcroft J., "Quality-of-service routing for supporting multimedia applications". IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 14, no. 7, pp. 1228-1234, Setembro 1996.

