

PREÇOS DE TRANSFERÊNCIA BASEADOS EM CUSTOS DE CONGESTIONAMENTO: UMA APLICAÇÃO EM TELEINFORMÁTICA

Rosana C. de M. Grillo Gonçalves

Resumo:

O trabalho descreve o tratamento da área de teleinformática como uma área de negócios. Na mensuração de seu resultado são definidos preços de transferência baseados em custos de congestionamento. A aplicação dos custos de congestionamento deve-se ao objetivo de maximização da eficiência econômica, uma vez que as atividades envolvidas na área de teleinformática possuem custos essencialmente fixos.

Palavras-chave:

Área temática: *Modelos de Mensuração e Gestão de Custos em Empresas de Alta Tecnologia. Casos Aplicados*

13.1. PREÇOS DE TRANSFERÊNCIA BASEADOS EM CUSTOS DE CONGESTIONAMENTO: UMA APLICAÇÃO EM TELEINFORMÁTICA

Rosana C. de M. Grillo Gonçalves

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA)
Universidade de São Paulo (USP) *Campus* de Ribeirão Preto
Av. dos Bandeirantes, 3900 - Ribeirão Preto- SP
Fone/Fax - 016 - 602-3903
email: rosanagg@usp.br

RESUMO

O trabalho descreve o tratamento da área de teleinformática como uma área de negócios. Na mensuração de seu resultado são definidos preços de transferência baseados em custos de congestionamento. A aplicação dos custos de congestionamento deve-se ao objetivo de maximização da eficiência econômica, uma vez que as atividades envolvidas na área de teleinformática possuem custos essencialmente fixos.

1 Introdução

Em muitos dos ambientes produtivos atuais, é nítido o aumento dos custos fixos principalmente daqueles relativos à utilização de recursos de informática pela empresa. Uma contribuição para o entendimento de tais custos, incluídos algumas vezes nos custos denominados de invisíveis, é o objetivo deste trabalho. Nele o foco está sobre os custos relativos à área de teleinformática.

A prestação de serviços de comunicação de dados em muitas empresa tem se tornado suficientemente relevante para ser tratada como um área de negócios, denominada de teleinformática. Sua importância é crescente tanto nas empresas que tradicionalmente a utilizavam para estabelecerem a conectividade entre suas diferentes unidades (agências bancárias, ou filiais), como em empresas que têm adotado a conectividade com clientes e fornecedores como um recurso estratégico [Fagundes 95].

A teleinformática, como área de negócio, fornece suporte às atividades fins da empresa mediante a prestação de serviços de comunicação de dados. É responsável pela implantação e operação da rede de computadores incluindo os computadores hospedeiros, e os dispositivos de comunicação (linhas físicas, roteadores, *switchs*, etc.), os sistemas operacionais de rede, seus protocolos de comunicação, etc.

Para que a teleinformática possa ser tratada como uma área de negócio é essencial que haja a definição do preço de transferência relativo aos serviços de comunicação por ela prestados a cada cliente interno. O estabelecimento de preços de transferência de forma a maximizar-se a eficiência econômica orientou a opção por preços de transferência baseados em custos de congestionamento.

O trabalho foi estruturado da seguinte maneira: o item 2 discute alguns aspectos econômicos da área de teleinformática que justificam o uso dos custos de congestionamento. Tais aspectos são abordados tanto para justificar o uso do custo de congestionamento como base dos preços de transferência da teleinformática, como para elucidar características comuns de outras áreas de negócio, para as quais recomenda-se a consideração desses custos. O item 3 mostra um modelo para a definição dos preços de transferência em teleinformática que inclui considerações sobre a maximização da eficiência econômica e sobre a atualização freqüente da planta produtiva, definindo o conceito de custo de congestionamento. O item 4 trata de alguns aspectos da implementação em teleinformática de preços de transferência baseados em custos de congestionamento. A conclusão é apresentada no item 5.

2 Características Econômicas da Área de Teleinformática

A área de teleinformática faz parte do universo das telecomunicações e possui muitas macro características econômicas comuns às economias de rede. A produção é de capital intensivo, e praticamente não há como armazenar saídas em estoque a fim de que com o

armazenamento temporário seja possível equilibrar diferenças entre os ciclos de produção e de demanda.

Embora possua características comuns a outras economias de rede como as dos setores de transportes e de energia elétrica, é nas telecomunicações, e particularmente na comunicação através das redes de computadores, que se sente os maiores impactos da obsolescência tecnológica.

Outra característica a ser destacada é a função de produção ser conjunta: as mesmas entradas são utilizadas para a geração de diferentes serviços. Existem alternativas de substituição entre as entradas da produção. Exemplo disso, é a possibilidade de provimento do mesmo serviço através de diferentes rotas alternativas que se utilizam de diferentes nós intermediários.

2.1 Externalidade de Demanda Positiva

O fato de os serviços serem estabelecidos aos pares (origem, destino) faz com que ocorra a **externalidade de demanda positiva**: o valor da rede para determinado usuário aumenta com o número de outros usuários que têm acesso a ela. Quando um novo nó é adicionado, a externalidade é refletida no número de mensagens trocados entre os nós existentes e o novo nó.

Nos casos em que for fortemente evidenciada a externalidade de demanda positiva é eficiente prover um subsídio para incentivar que novos usuários conectem-se à rede [Brock 94].

2.2 Estrutura de Custos

Nas redes de telecomunicações, os meios de produção, em geral, têm capacidade bem definida, e os custos de operação são praticamente independentes da demanda por serviços. Devido ao uso intensivo de componentes eletrônicos, os custos relacionados ao gasto de energia, e à manutenção são quase totalmente independentes dos níveis de utilização dos serviços. Conseqüentemente, os custos variáveis (que variam em função da quantidade de bens/serviços produzidos) são quase nulos.

Em [Mackie-Mason 94] foram feitos estudos sobre os custos envolvidos no *backbone NSFNET*¹. Nessa pesquisa é apontado que o nível de serviço produzido, medido em termos de pacotes entregues, cresceu 128 vezes no período de 1988 a 1991. Nesse período os custos com pessoal cresceu de um fator 0,5, e estima-se que o custo total cresceu de um fator de 4.2. Embora antigos, esses dados ilustram a irrelevância dos custos variáveis por pacote servido pela rede.

Os pagamentos pelo aluguel das linhas e dos roteadores representava cerca de 80% dos custos da *NSFNET* em 1992, e os custos do Centro de Operações da Rede (*NOC - Network Operations Center*) representavam cerca de 7% do custo total. A relação entre o custo dos roteadores e das linhas por *megabits* transmitidos alterou-se da década de 70 para

¹ *Backbone* da rede Internet nos Estados Unidos, financiado pelo NSF para uso geral até 1995.

a década de 90. Nos anos 70, o custo dos roteadores por *megabits* era maior do que o custo das linhas. Na década de 90, têm-se vários roteadores baratos gerenciando um número limitado de linhas caras.

3 Modelo para Definição dos Preços de Transferência da Teleinformática e os Custos de Congestionamento

A definição dos preços de transferência da área de teleinformática foi baseada em considerações sobre:

- a maximização da eficiência econômica;
- atualização e expansão da planta produtiva; e
- a mensuração dos resultados da teleinformática como área de negócio.

Para um tratamento adequado desses três itens, foi utilizado o conceito de custo de congestionamento que é apresentado no item 3.2. No item 3.1 é discutida a ênfase em eficiência econômica, e no item 3.3 é discutido o modelo adotado para a atualização frequente da capacidade produtiva.

3.1 Ênfase em Eficiência Econômica

O uso de esquemas de precificação voltados para a eficiência é bastante indicado para as redes públicas de pesquisa e desenvolvimento e para as redes corporativas internas (que utilizando de tecnologia TCP/IP, passam a ser denominadas de *intranets*) pertencentes ao mesmo grupo econômico e por redes que integram verticalmente empresas parceiras (*inter-redes*).

Para o uso da precificação voltada para a eficiência é necessário o entendimento de:
(a) como o recurso está sendo utilizado por diferentes setores, e de
(b) como o recurso pode estar sendo disponibilizado:

- (b1) com eficiência econômica: distribuição da demanda agregada ao longo do tempo e
- (b2) com evitação de congestionamento e com a formação de reservas para novos investimentos.

Na empresa, a teleinformática é considerada uma unidade de negócio, que oferece serviços aos clientes internos, cobrando-lhes o preço de transferência interno, e possibilitando aos gestores o controle destes recursos e a contínua análise da opção de terceirização dos serviços de rede.

A utilização do preço de transferência interno [Mauro 91] torna explícito aos diferentes usuários (*marketing*, logística e distribuição, produção, etc.), ou diferentes unidades administrativas (agências ou filiais), o custo dos recursos da rede por eles utilizados.

A unidade de negócios de teleinformática fará expansões e eliminação de gargalos, baseando-se na receita extra arrecadada nos períodos de congestionamento.

3.2 Custo de Congestionamento

Uma vez que a transmissão de pacotes é essencialmente gratuita (o custo variável é aproximadamente zero), o custo do uso marginal é quase exclusivamente um custo de congestionamento. Os custos de congestionamento são as penalidades no desempenho que o tráfego referente a um usuário impõe ao tráfego de outros [Shenker 96].

Quando os usuários têm acesso a recursos limitados como roteadores e *links*, importam-se com seus próprios custos e benefícios desse uso, ignorando o congestionamento, atraso, ou custos de exclusão que eles impõem a outros usuários. Esse fenômeno é conhecido como "problemas dos comuns". O clássico problema dos comuns descreve uma situação em que a propriedade que é possuída em comum tende a ser explorada em excesso [Hardin 68].

Se o custo de congestionamento imposto por determinado usuário, for exatamente o que ele está disposto a pagar pelo seu uso da rede, tem-se a otimização da utilidade da rede, conforme é apregoado pelo modelo de Mackie-Varian [Mackie-Mason 95a].

3.3 Atualização Frequente da Capacidade Produtiva

Dependendo da tecnologia, os recursos podem ser expandidos para atenderem à demanda de uma forma dinâmica, isto é, o fornecedor da rede pode conectar recursos adicionais para atender à demanda em horários de pico. Estabelecendo-se um preço mais elevado para as horas de pico, esta receita poderá ser usada para cobrir os custos extras da anexação de recursos.

Mesmo nos casos em que a expansão dos recursos não possa ser feita dinamicamente, o uso da receita dos horários de pico para expansão da capacidade de produção é um princípio econômico bastante relevante e aplicável às redes.

Na formulação básica da precificação pela carga de pico, a demanda é uniforme em cada período t dos T períodos de tempo considerados, e a quantidade demandada (Q_t) depende do preço $p_1, \dots, p_t$ cobrado em cada período:

$$Q_t = D_t(p_1, \dots, p_t), \quad t = 1, \dots, T$$

Os T períodos formam um ciclo que se repete indefinidamente. Seja b o custo variável de produção que se mantém constante para qualquer quantidade i : $C(q_{i+1}) = b + C(q_i)$, e β a taxa constante de aluguel por unidade de capacidade de produção.

O custo total de se produzir a saída Q_t em todos os períodos é:

$$C = b \sum_t Q_t + \beta \max_t Q_t$$

Seja K = máxima capacidade produtiva.

Os preços que maximizam a utilidade agregada (*welfare*) são baseados no custeio marginal e, portanto, nos períodos fora do pico, quando a demanda é menor do que a capacidade, o preço é igual ao custo marginal de curto prazo, ou seja:

$$p_t = b \quad \text{para } t \text{ tais que } Q_t < K.$$

No período de pico, a demanda é igual à capacidade de produção e o preço é igual ao custo marginal de longo prazo (custo variável + custo unitário da expansão da capacidade)

$$p_t = b + \beta \quad \text{para } t \text{ tal que } Q_t = K.$$

Devido aos elevados custos para expansão de capacidade em telecomunicações [Mitchell 91], a diferença de preço a ser praticada nos dois casos é demasiada, podendo existir algum ajuste entre as duas tarifas.

O estabelecimento dos valores de tarifa deve cumprir um objetivo duplo: ser um mecanismo de restrição à entrada de novas conexões, e também gerar reservas para a expansão dos recursos.

4 Alguns Aspectos da Implementação de Preços de Transferência baseados em Custos de Congestionamento em Teleinformática

A discussão completa dessa implementação foi feita em [Gonçalves 98]. Nessa seção serão discutidos resumidamente pontos mais genéricos. A idéia desse esquema de precificação é que os preços podem ser determinados localmente, com a cobrança também realizada localmente no ponto de acesso (isto é, na fronteira da rede, que quando é ultrapassada, os pacotes passam a trafegar pelos *backbones*) [Shenker 96].

Quando o ponto de acesso à rede (o computador que interliga o computador do usuário à rede) tiver recebido a informação sobre a existência do congestionamento, uma nova tarifa de acesso à rede será calculada. A partir de então, as solicitações de uso da rede somente serão atendidas mediante a concordância do usuário com essa nova tarifa. Havendo aumento da demanda, as tarifas aumentam; sendo reduzidas somente quando for constatada a diminuição da demanda, e o fim do congestionamento do sistema.

Esse esquema de precificação proposto em [Gonçalves 98] é denominado precificação dinâmica em tempo real (PDTR), e tem como ênfase de projeto o fornecimento

de um forte *feedback* ao usuário. Esse *feedback* é responsável por motivar os usuários a fazerem um uso global eficiente dos recursos existentes. Da perspectiva do sistema, quando este estiver levemente carregado, o *feedback* deve encorajar (ou pelo menos não desencorajar) os usuários a maximizar a vazão do sistema. Quando o sistema estiver pesadamente carregado (isto é, quando a demanda aproxima-se ou excede a capacidade finita) o *feedback* deve motivar os usuários de aplicações não tão urgentes a adiar a geração de seu tráfego ou forçar os usuários que estão demandando recursos em demasia do sistema a cessarem de fazê-lo. A ênfase é que o *feedback* ideal a ser provido para o usuário deve encorajá-lo a um uso eficiente, e ao mesmo tempo garantir que o sistema não seja sobrecarregado.

No modelo de precificação dinâmica em tempo real (PDTR), nos momentos de congestionamento, é fornecido ao usuário, antes de que sua conexão seja estabelecida, o valor atual da transmissão (que deve ser suficientemente alto para desencorajar usos não prioritários). Uma vez estabelecida a conexão, o preço inicial que foi dinamicamente estabelecido passa a ser majorado por uma constante em intervalos de tempo fixos.

É estabelecida uma tarifa de transmissão p_i , e se após o tempo de latência do modelo, o nível de congestionamento não tiver sido significativamente diminuído, é estabelecida uma nova tarifa p_{i+1} maior do que a anterior. Esse ciclo de mudanças dinâmicas de tarifa persiste até que a rede saia do estado de congestionamento. O controle de congestionamento é feito explicitamente pelo controle de admissão e pelos mecanismos de aumento de preço por tempo de conexão. As conexões podem ter tráfego caracterizado por rajadas, desde que sejam breves, pois uma vez que o estado de congestionamento persista, os novos preços para as tentativas de conexão serão proibitivos. Tratando-se de conexões breves, a mesma aplicação fará diferentes conexões tendo sua prioridade periodicamente verificada.

Os valores absolutos das tarifas deverão ser determinados em função da recuperação dos custos, principalmente dos custos de reposição (que captam os efeitos da depreciação, incluindo aquela relacionada à obsolescência tecnológica) e dos custos de expansão da capacidade. A mensuração de tais custos não é descrita devido a dois fatores. Primeiramente devido a variação excessiva da estrutura desses custos em função da tecnologia de rede adotada, e em segundo lugar, para preservar o objetivo de apresentação de uma discussão conceitual livre de detalhes excessivos.

5 Conclusão

Foi apresentado um modelo de utilização de preços de transferência baseado em custo de congestionamento útil para aplicação em áreas onde existem restrições graves para a utilização dos métodos tradicionais de custeio. É notório que a aplicação do método de custeio direto ou variável é de pouca relevância em processos com estrutura de custos essencialmente fixos. Semelhantemente, o uso de métodos de custeio baseados em absorção com o uso de uma ou de várias bases de apropriação pode ser inviável devido ao grau de arbitrariedade embutida em seus resultados. Dessa forma, a pesquisa sobre diferentes

formas de mensuração de custos deve avançar, e esse artigo pretende colaborar com tal pesquisa mostrando um conceito alternativo para o estabelecimento de preços de transferências, o custo de congestionamento.

Cumprir notar que a discussão apresentada nesse trabalho tem caráter introdutório e remete a uma discussão maior sobre a aplicabilidade e efetividade do modelo. Em Teleinformática a aplicação do modelo é facilitada devido às facilidades de obtenção dos dados de entrada: vários são os softwares que permitem a mensuração da demanda e da capacidade instalada ao longo do tempo em tempo real. No entanto, pesquisas futuras deverão determinar a efetividade do uso do modelo principalmente em duas vertentes.

Uma vertente incluirá a pesquisa do uso do custo de congestionamento para determinação do preço de transferência de outras áreas prestadoras de serviços dentro da organização, que tenham possuam algumas das características econômicas apontadas no item. A outra estudará o congestionamento existente nos gargalos do processo produtivo. A parcela de custos atribuídas aos produtos que se utilizam desses recursos deve variar segundo a quantidade demandada e também incluir os custos relativos à expansão da capacidade instalada.

Referências Bibliográficas

- [Abdou 92] ABDYOU, Elhamy et al. - Evolution of Billing Functions in Network Elements. *Proceedings of Network Operations and Management Symposium (IEEE NOMS)*, 1992.
- [Brock 94] Brock, Gerald W. - *Telecommunication Policy for the Information Age: from Monopoly to Competition*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1994.
- [Brownlee 94] BROWNLEE, Nevil - New Zealand Experiences with Network Traffic Charging. *ConneXions*, 8(12), 1994. Disponível no URL: <http://www.auckland.ac.nz/net/Accounting/nze.html>.
- [Fagundes 95] FAGUNDES, Jorge Luiz S. S. - *Serviços de Telecomunicações: Progresso Técnico e Reestruturação Competitiva*. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995.
- [Gonçalves 95] GONÇALVES, R.C.M.G. - Custos em Redes de Computadores. *Anais do IV Congresso Internacional de Custos*, Campinas, Brasil, 1995.
- [Gonçalves 97] GONÇALVES, R.C.M.G.; Garcia Neto, A.; Pereira, S. H. O. - A Precificação em Tempo Real no Controle de Congestionamento. *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*, São Carlos, SP, maio de 1997.
- [Gonçalves 98] GONÇALVES, R.C.M.G. - *A Precificação Dinâmica em Tempo Real no Controle de Congestionamento*. São Carlos, Universidade de São Paulo, IFSC, 1998. Tese de Doutorado, 147 p.
- [Hardin 68] HARDIN, G. - The Tragedy of the Commons. In *Science*, pp. 1243-1247, 1968.
- [Jones 92] JONES, Phil - Resource Allocation, Control and Accounting for the Use of Network Resources. *Proceedings Public Access to the Internet*, 1992.
- [Lefelhocz 96] LEFELHOCZ, C. et al. - Congestion Control for Best-Effort Service: Why We Need a New Paradigm. *IEEE Network*, Jan/Feb. pp. 10-18, 1996.
- [Mackie-Mason 94] MACKIE-MASON, J. K. & Varian, H. R. - Pricing the Internet. *Proc. 2nd Int. Conf. Telecommun. Syst. Modelling, Anal.*, Nashville, TN, pp. 378-398, 1994.
- [Mackie-Mason 95a] MACKIE-MASON, J. K. & Varian, H. R. - Pricing Congestible Network Resources. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 13(7), pp.1141-1149, 1995.

- [Mackie-Mason 95b] MACKIE-MASON, J. K.; Murphy, L.; Murphy, J. - The Role of Responsive Pricing in the Internet. *MIT Workshop on Internet Economics*, March 1995. Disponível no URL: <http://www.press.umich.edu/jep/works/MackieResp.html>.
- [Mauro 91] MAURO, Carlos Alberto - *Preço de Transferência baseado no Custo de Oportunidade: um Instrumento para Formação da Eficácia Empresarial*. Tese de Mestrado, Departamento de Contabilidade - FEA-USP, São Paulo, 1991.
- [Mitchell 91] MITCHELL, Bridger M. & VOGELSANG, Ingo - *Telecommunications Pricing - Theory and Practice* - Cambridge University Press, 1991
- [Nak 93] NAKAGAWA, Masayuki - *Introdução à Controladoria: Conceitos, Sistemas, Implementação*. São Paulo, Atlas, 1993.
- [Nak 93] NAKAGAWA, Massayuki - *Estudos de alguns Aspectos de Controladoria que Contribuem para a Eficácia Gerencial*. São Paulo, Tese de Doutorado, FEA-USP, 1987.
- [Pel 92] PELEIAS, Ivam Ricardo - *Avaliação de Desempenho: um Enfoque de Gestão Econômica*. São Paulo, Dissertação de Mestrado, FEA-USP, 1992.
- [Per 93] PEREIRA, Carlos Alberto - *Estudo de um Modelo Conceitual de Avaliação de Desempenhos para Gestão Econômica*. São Paulo, Dissertação de Mestrado, FEA-USP, 1993.
- [Shenker 96] SHENKER, S. et al. - Pricing in Computer Networks: Reshaping the Research Agenda. *Computer Communication Review*, 26(2), pp. 19-43, April 1996.