

Arquitetura e Modelo de Interações na Internet Através de um Jogo de Estratégia para Negociar Preço e Qualidade de Serviço

Lilian Noronha Nassif^{1,2}, José Marcos Nogueira¹, Antônio A. F. Loureiro¹, Luiz Henrique Andrade Correia^{1,3}, Carlos Frederico M. C. Cavalcanti⁴

Resumo—O artigo apresenta um estudo sobre o problema da negociação de preços e Qualidade de Serviço (QoS) entre empresas de telecomunicações, ISPs (Internet Service Providers), provedores de backbone e internautas. Para representar esse contexto foi elaborado o jogo InterQoS. No jogo é proposta uma arquitetura em camadas que representa a conectividade, a alcançabilidade e os acordos estabelecidos. Os relacionamentos desse ambiente são interpretados à luz da teoria dos jogos. O jogo permite aos protagonistas do mundo real simular estratégias, investimentos e interações para dar suporte à tomada de decisões.

Palavras-Chave— Qualidade de Serviço; Pricing; Teoria Jogos.

Abstract—This paper discusses the current transition of the Internet and its implications to the problem of pricing and Quality of Service (QoS) among telecommunications companies, Internet Service Providers, backbone providers, and users. To model the new relationships present in the Internet we developed a game called InterQoS. This game has a layered architecture and allows a player to represent service agreements based on a graph model. Furthermore, the relationships among players follow principles defined by the Game Theory. InterQoS allows players to evaluate strategies in real scenarios.

Keywords—Quality of Service; Pricing; Game Theory.

I. INTRODUÇÃO

A Internet está a um passo de mudar sua capacidade no que tange à diversidade de produtos e serviços em diferentes mídias e com qualidade. A fim de propor soluções para alavancar a utilização de aplicações com qualidade de serviço é preciso entender todos os aspectos ao redor desse tema. Se utilizar aplicações multimídias na Internet dependesse somente do desenvolvimento de tecnologia, já teríamos hoje, em larga escala, o uso de aplicações com qualidade como, por exemplo, vídeo sob demanda, voz sobre IP e videoconferência na Internet. Infelizmente o problema não é tão simples assim. O fato de implementar as tecnologias DiffServ e IntServ, propostas pela IETF, nos roteadores na Internet ainda não garante o uso dessas aplicações. Por isso é preciso entender

que existem várias forças que estão atuando na Internet e que a levarão em breve para um novo patamar de funcionamento.

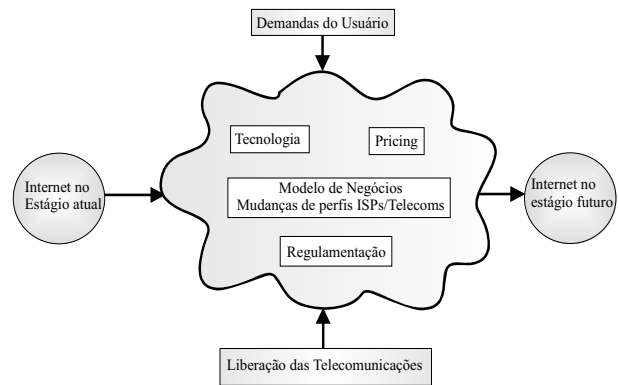


Fig. 1. Fatores propulsores da evolução na Internet.

A demanda dos usuários finais pelas aplicações com QoS e os movimentos de desregulamentação do setor de Telecomunicações em vários países do mundo são exemplos de forças de mudança na arquitetura da Internet. A figura 1 apresenta esses fatores além de outros que contemplam as adaptações tecnológicas, as alterações de modelos de *pricing*, a atuação dos órgãos reguladores e a mudança de perfil de atuação das empresas de telecomunicações e Provedores de Serviço Internet (ISP). Com a privatização do serviço de telecomunicações, a base da estrutura Internet sofre mudanças. Por serem redes sobrepostas, ou seja, a rede Internet apoiada nas facilidades de comunicação da rede de telefonia, a mudança em uma rede afeta a outra. Uma perspectiva dessa transição é apresentada em [10] onde três estágios de mudanças são definidos: 1) *incumbents* em situação de monopólio; 2) *incumbents* em transição e; 3) *incumbents* em plena competição. É nesse contexto que se insere o presente trabalho, que visa apresentar uma proposta de aplicação em forma de jogo, chamado InterQoS, onde jogadores que incorporam internautas, ISPs, provedores de *backbone* e operadoras de telecomunicações realizam a disputa do mercado mas principalmente realizam interconexões de negócios, tecnologias e tarifas. Optamos pela utilização do modelo em forma de um jogo pois, é uma solução onde as situações são compostas conforme a tomada de decisões do conjunto de jogadores. O objetivo deste trabalho é discutir o papel das entidades que con-

¹Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antonio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Minas Gerais

²Prodabel, Av. Presidente Carlos Luz, 1275, Belo Horizonte, Minas Gerais

³Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Lavras, Campus da UFLA, Caixa Postal 37, Lavras, Minas Gerais

⁴Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Morro Cruzeiro s/n, Ouro Preto, Minas Gerais. E-mails: {lilian,jmarcos,loureiro,lcorreia,cfmcc}@dcc.ufmg.br.

stituem a Internet e mostrar como os relacionamentos entre essas entidades influenciam a utilização de aplicações com QoS. Este artigo está organizado como segue. A seção 2 descreve uma arquitetura que representa a Internet e os perfis dos jogadores do InterQoS. Uma modelagem das relações na Internet é apresentada na seção 3. Na seção 4 há uma revisão sobre modelos de *pricing* e sua importância no jogo. O entendimento das possibilidades do InterQoS segundo a teoria dos jogos está na seção 5. Finalmente na seção 6 são apresentadas as conclusões.

II. UMA ARQUITETURA PARA JOGOS

O InterQoS é um jogo que vem sendo elaborado pelo grupo de pesquisa QoSWare [7] que visa o uso de middleware para aplicações de tempo real com QoS. No jogo há quatro classes de jogadores: usuários, ISPs, provedores de *backbone* e operadoras de telecomunicações. A partir de cada computador pode-se abrir várias sessões, cada uma representando um novo jogador. Cada classe de jogador compete entre si (os ISPs competem com ISPs, operadoras com operadoras, e assim sucessivamente). No início do jogo define-se a área geográfica da competição e o tempo de duração do jogo. Ao final desse tempo verificam-se os objetivos cumpridos por cada jogador e estipulam-se os vencedores de acordo com o desempenho de cada um. Cada jogador recebe um cacife virtual que deverá ser utilizado para alcançar os objetivos definidos para a classe do jogador. O objetivo do jogo e as estratégias possíveis variam de categoria para categoria e será apresentado de acordo com o perfil do jogador através da arquitetura utilizada no jogo e que representa a Internet. Em seguida, apresentamos uma análise da arquitetura em camadas e destacamos os principais pontos de negociação na estrutura. A descrição desta seção pode ser acompanhada pela figura 2.

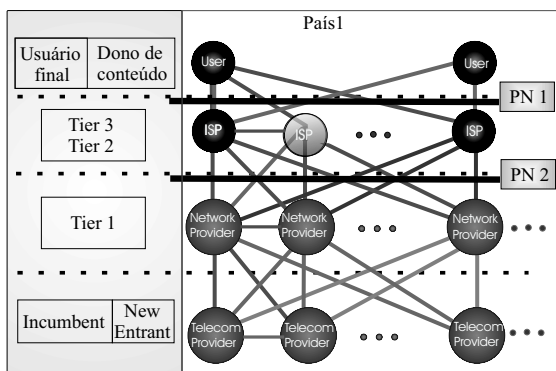


Fig. 2. Arquitetura da Internet representada no InterQoS

A. Perfil dos jogadores

Na arquitetura apresentada na figura 2 desmembramos as grandes classes da arquitetura apresentada inicialmente no InterQoS e detalhamos as categorias de jogadores dentro de cada classe. Abaixo apresentamos os perfis dos jogadores considerados. Os objetivos do jogo variam de categoria para categoria. Para cada jogador são definidas as estratégias disponíveis no jogo.

B. Classe usuário

Esta classe de jogadores é composta por donos de conteúdo e usuário final. Os donos de conteúdo são empresas ou pessoas que disponibilizam informação na Internet. Tais jogadores têm uma relação de cliente em relação aos ISPs e fazem uso de serviços de hospedagem de páginas. O objetivo deste jogador é ter seu conteúdo bastante visitado recebendo por informações vendidas, maximizando lucros e minimizando custos. Algumas estratégias possíveis são: 1) Escolher um ISP considerando: número de saídas para a Internet e preços dos planos de assinaturas; 2) Dar preços às aplicações. Os usuários finais são os usuários que navegam na Internet a procura de conteúdo para consumo de informações. Esses jogadores são clientes dos ISPs. O objetivo deste jogador é receber o maior número de informações com QoS, além de gastar menos. Algumas estratégias possíveis são: 1) Escolher um ISP considerando: a gerência de QoS, o número de saídas para a Internet e os preços dos planos de assinaturas; 2) Decidir sobre a escolha do conteúdo; 3) Decidir sobre a forma de pagamento.

C. Classe ISP

Há dois tipos de jogadores na classe ISP, representando os provedores Tiers 3 e 2 (figura 2). A diferença é basicamente pelo tipo de função e porte que o ISP possui. O ISP Tier 3 geralmente assume a função de provedor de acesso. Para obter conectividade global na Internet, os ISPs deverão realizar acordos de interconexão entre si. Na seção III, são apresentadas as negociações que podem ocorrer. O objetivo dos jogadores ISPs é oferecer um serviço de qualidade, maximizando o número de clientes e minimizando o seu custo. Algumas estratégias possíveis são: 1) Decidir quais variáveis entrarão no cálculo do custo; 2) Definir planos de assinatura; 3) Decidir sobre a forma de repasses financeiros para as operadoras; 4) Decidir sobre modelos de interconexão com outros provedores; 5) Decidir sobre a tabela de preços dos serviços disponíveis, podendo informar o custo por categoria de aplicação com QoS (AF-1,2,3,4 e EF3 [5] [6]).

D. Classe provedor de backbone

Os provedores de *backbone*, sendo os grandes provedores conhecidos como Tier 1, possuem infra-estrutura de rede interligando ISPs Tier 2 e Tier 3. Eles são em menor número que os ISPs, possuem os elementos para interligação à Internet e fazem grandes investimentos em infra-estrutura. O objetivo destes jogadores é maximizar o lucro. Algumas estratégias possíveis são: 1) Definir as regras de interconexão; 2) Investir em infra-estrutura; 3) Realizar acordos de interconexão 4) Definir tabelas de preços sobre seus serviços de QoS, podendo informar o custo por categoria de aplicação (AF-1,2,3,4 e EF).

E. Classe operadora de telecomunicações

Nesta classe há dois tipos de jogadores: *incumbents* e *new entrants*. Esta diferenciação é devido ao processo atual de privatização do setor de Telecom e pela própria

dinâmica permitida no jogo, com entrada de novos competidores. *incumbents* são grandes e bem estabelecidos provedores de telecomunicações. São os antigos monopólios que progressivamente abriram novos segmentos de negócios. *new entrants* são os novos aventureiros de Telecom, os empreendedores [10]. Sendo *incumbent* ou *new entrant* o jogador deverá definir que tipo de provedor será, ou seja, operador local, de longa distância nacional ou internacional. As operadoras de telecomunicações devem prover conexões para os demais jogadores. Portanto, dentre seus objetivos destacam-se a necessidade de alocar o maior número de clientes e obter a maior lucratividade. Algumas estratégias possíveis são: 1) Definir uma tabela de preços; 2) Definir as variáveis que compõem o custo dos serviços; 3) Adequar-se às formas de repasse financeiro escolhidas pelos ISPs.

F. Outras classes de jogadores

Além das classes de jogadores acima apresentados existem no jogo outras entidades de apoio. É o caso dos pontos de troca para interconexão e empresas que estão fora do negócio, mas que administram acordos realizados entre provedores. Outra importante entidade é o órgão regulador. No jogo e na arquitetura existe um órgão regulador por país.

G. Análise sobre a arquitetura

Para entendermos como são feitas as negociações na Internet, apresentamos na figura 2 o agrupamento de entidades por país uma vez que as regras no que se refere à comunicação de dados variam de país para país, impondo limites na atuação das empresas envolvidas no oferecimento do serviço Internet e algumas vezes regulando limites de preços. No processo de interação entre as entidades da Internet, há alguns pontos fundamentais onde ocorrem negociações. Na figura 2 identificamos dois pontos de negociação (PN). O primeiro, PN1, diz respeito à negociação entre o usuário final e o provedor de acesso. E o segundo, PN2, representa a negociação que ocorre entre os elementos da rede, ou seja, entre ISPs, provedores de *backbone* e operadoras de telecomunicações. Em cada um desses pontos de negociação existem interesses diferentes envolvidos e relações de poder de negociação desbalanceadas. Dois parâmetros devem ser propagados nessa interação, sendo eles preço e QoS. São esses parâmetros usados, em última instância, pelos usuários finais na negociação. Além dos PNs, é importante ressaltar que há dois momentos de negociação em cada um desses pontos. Chamaremos aqui momento de negociação *off-line* e momento de negociação *on-line*. Na negociação *off-line* os jogadores estabelecem um contrato que define as regras gerais de como o serviço será oferecido. Na negociação *on-line* as cláusulas definidas nos contratos de negociação *off-line* são retomadas e associadas com o desejo pelo serviço, com o preço relacionado ao período de uso e as condições da rede no momento. A seguir são descritos cada um dos pontos de negociação abordando os aspectos inerentes de cada um.

H. Ponto de Negociação 1: Negociação entre usuário final e provedor de acesso

Negociação *off-line*: Nesse momento, o usuário deve escolher um plano de assinatura oferecido pelo ISP além de contratar um meio de conexão com o ISP escolhido. Isso inclui escolher a tecnologia e o provedor de serviço de telecomunicação. Negociação *on-line*: A negociação entre usuário e ISP tem uma série de variáveis principalmente quando são utilizadas aplicações com diversos níveis de QoS. A fim de encontrar uma escolha ótima, tem sido feito o uso de agentes inteligentes ou middleware para executar essa tarefa para o usuário [9]. A partir de critérios definidos pelo usuário, o agente executa algoritmos simples que combinam modelos de maximização de benefícios e minimização de custos. O uso de agentes ou middleware é utilizado como facilitador de escolhas de preço e QoS. Esse ferramental otimiza o tempo e a satisfação do usuário na obtenção do serviço e da informação desejada.

I. Ponto de negociação 2: Negociação entre ISPs e entre provedores de backbone

Negociação *off-line*: A negociação entre provedor de acesso ou provedor de conteúdo e provedor de *backbone* pode se dar de duas formas: através de *peering* ou de trânsito. *peering* é a relação de negócio na qual ISPs reciprocamente fornecem conectividade a cada um dos clientes de trânsito. A prática de *peering* ocorre entre dois *backbones*, não sendo onerosa para ambas as partes. O *peering* se aplica a *backbones* Internet que possuem portes, abrangências, capacidades e volumes de tráfego equivalentes, e visa otimizar o fluxo de tráfego Internet. Trânsito é uma relação de negócio onde um provedor de ISP usualmente vende acesso para todos os destinos de sua tabela de roteamento [8]. A negociação *off-line*, na qual é feita a tomada de decisão de estabelecimento de um *peering* se dá em três etapas: 1) Identificação; 2) Contato; e 3) Implementação [8]. Na primeira etapa deve-se analisar se é vantajoso ter alguma relação de *peering*. Essa relação pode diminuir os custos com relações de trânsito. As desvantagens de *peering* são, dentre outras, o aumento do poder do ISP com quem será realizado o *peering* e a ausência de SLA (*Service Level Agreement*), já que *peering* não estabelece este tipo de garantia. Nesta primeira etapa deve-se identificar ISPs candidatos para estabelecer essa relação de *peering*. Na segunda etapa, deve-se verificar os requisitos dos ISP para realizar *peering* por exemplo, distribuição geográfica e volume de tráfego.

Na terceira etapa, os ISPs devem resolver como será estabelecido o relacionamento. Deve-se definir a metodologia, os pontos de interconexão e detalhar o comportamento da troca de tráfego. Para que os ISPs se interconectem, existem duas opções: circuito direto ou interconexão via ponto de troca. Caso seja escolhido circuito direto, deve-se definir o local e quem paga pela gerência da interconexão. Caso seja escolhido ponto de troca, deve-se considerar: velocidade dos circuitos de interconexão, equipamentos a disponibilizar, infra-estrutura do

ambiente de troca (ex: espaço, energia, e ar-condicionado), e custos envolvidos na troca.

Os ISPs deverão estabelecer um acordo de interconexão que pode ser através de um dos seguintes modelos: 1) *Peer-to-peer bilateral* - empresas têm redes com aproximadamente o mesmo tamanho, experiência, tecnologia e base de clientes, de forma que a conectividade seja simétrica; 2) *Hierarchical bilateral* - empresas têm redes com diferentes tamanhos, experiência, tecnologia, base de clientes e poder de mercado. A relação estabelecida é de cliente e servidor; 3) *Third-party administrator* - envolve um ponto de interconexão operado por uma empresa fora do negócio, onde mais de duas redes trocam tráfego; 4) *Cooperative arrangements* - inclui mais de duas redes trocando tráfego em um único ponto de interconexão que é operado por um comitê de empresas de interconexão [4]. Em [3] são também relacionados acordos de *mutual transit* e *mutual backup agreement*. Através de um acordo de trânsito mútuo, dois sistemas autônomos de menor porte estabelecem um acordo entre si pelo pois não desejam realizar acordos caros do tipo *hierarchical bilateral*. Esse mesmo par de domínios pode também fornecer conectividade de backup através de um acordo de *mutual backup agreement*. Negociação on-line: A negociação on-line entre ISPs é feita normalmente através dos protocolos de QoS para interdomínio como RSVP (*Resource ReserVation Protocol*), MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) e BB (*Bandwidth Broker*) onde os recursos fim-a-fim são alocados para o provimento de aplicações com qualidade de serviço. A negociação nesse ponto pouco utiliza modelos de *pricing* sofisticados para decidir a alocação de recursos, se restringindo somente às tecnologias de QoS. No InterQoS pretendemos ampliar essa possibilidade de conjugar tecnologia de QoS e modelos de *pricing* nas negociações.

III. MODELANDO AS RELAÇÕES NA INTERNET

Neste trabalho propusemos o uso de grafos para representar as relações que ocorrem entre os jogadores do InterQoS. Alguns trabalhos referentes à modelagem da topologia da Internet utilizam abordagens similares [3]. Aqui fazemos uma extensão desses trabalhos, agregando mais informações ao grafo, não somente sobre a topologia, mas também sobre os tipos de relacionamentos implícitos na conectividade de jogadores. O fato dos ISPs estarem conectados não significa que se obtém alcançabilidade. Portanto, somente o estudo da topologia não é suficiente para entender o fluxo das informações. Seja o seguinte exemplo: o ISP A e o ISP B estão conectados ao ISP C através de contrato de *peering*. Como *peering* não é uma relação transitiva, B não alcança A através de C.

No modelo proposto, os nodos representam os jogadores. Se um nodo vi é adjacente a um nodo vj , isto é, se existe uma aresta dirigida (vi, vj) que sai do nodo vi e aponta para o nodo vj , então a entidade representada por vi oferece serviços para a entidade representada por vj . Não sendo uma aresta dirigida, a relação entre os dois nodos é de parceria não refletindo uma condição de cliente e fornecedor. Na parte superior da aresta é definido qual o modelo de *pricing* (P índice x) adotado no relacionamento e na parte inferior da aresta é definida a

TABELA I
TIPOS DE ACORDOS E RELAÇÕES ENTRE ISPS

Settlement	Níveis	Conexão Direta ou Ponto de troca	Trânsito ou <i>peering</i>
Peer-to-peer bilateral	Tier1/Tier1	Direta	Peering
Hierarchical bilateral	Tier1/Tier2 Tier1/Tier3	Direta ou Ponto de troca	Trânsito
Third party	entre quaisquer níveis	Ponto de troca	Trânsito ou <i>peering</i>
Cooperative arrangement	entre quaisquer níveis	Ponto de troca	Trânsito ou <i>peering</i>
Mutual Transit	Tier2/Tier2 Tier3/Tier3	Direta ou Ponto de troca	Trânsito ou <i>peering</i>
Mutual Backup agreement	Tier2/Tier2 Tier3/Tier3	Direta ou Ponto de troca	Trânsito ou <i>peering</i>

classe de serviço de QoS (Q índice y) suportado pelo link. A tabela 2 apresenta a definição dos tipos de nodos e arestas que podem existir no modelo. A modelagem das relações facilita o entendimento do contexto global, sendo possível observar predominâncias de acordos, tecnologias e empresas envolvidas. O modelo extrapola a interpretação sob o ponto de vista da conectividade, estendendo o entendimento para as relações de alcançabilidade bem como, proporciona análises sobre o uso de QoS e de diferentes modelos de *pricing*. O modelo é dinâmico uma vez que representa relações que se estabelecem e se desfazem conforme decisões dos jogadores.

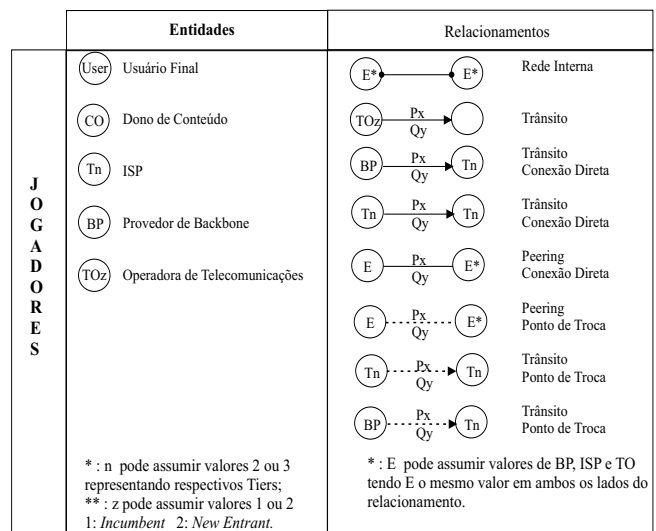


Fig. 3. Representação das relações na Internet

IV. MODELOS DE *pricing*

O entendimento sobre os modelos de *pricing* que são adotados na Internet é importante para realizar negociações quando as aplicações que necessitam de QoS forem disputar os recursos da rede e o preço for usado como referência para a tomada de decisões do uso desses recursos. Enquanto as tecnologias de QoS no contexto IP se agrupam em dois blocos, IntServ e DiffServ, os modelos de *pricing* variam

muito em termos teóricos embora na prática haja pouca diversidade. Existem modelos de pricing, como os associados aos conceitos de leilões, que conceitualmente resolvem o problema da alocação de recursos equilibrando preço e qualidade, porém não estão compatíveis com as atuais tecnologias existentes na Internet, mais especificamente IP, ATM, RSVP, BB e MPLS. Em [2] há uma interessante classificação dos modelos de *pricing* que os analisa conforme os critérios de eficiência da rede, eficiência econômica, justiça social, controle de congestionamento, aplicabilidade a QoS, variação da janela de tempo, aplicação a tecnologias existentes e necessidade de contabilização. A seguir iremos referenciar brevemente os modelos de *pricing* em destaque na literatura. O *Flat pricing* tem como vantagens a sua simplicidade pois, não utiliza contabilização. Ele é socialmente justo porém, não influencia o comportamento do usuário e é inadequado para controle de congestionamento além de não fornecer garantias de QoS. No modelo *Paris-Metro pricing* (PMP) a capacidade da banda é dividida em várias sub-redes. Os operadores de rede definem os preços para cada sub-rede lógica. Os usuários escolhem as redes lógicas onde o tráfego será transmitido e fazem a seleção baseados na expectativa de congestionamento e no seu orçamento. Cada rede lógica implementa o modelo *flat*. O PMP encoraja o gerenciamento de tráfego ao separar usuários, mas não suporta QoS individual. O esquema *Priority pricing* permite que a prioridade de tráfego seja acompanhada de preços, caso contrário, os usuários sempre irão escolher a mais alta prioridade disponível. Um modelo que não tem tecnologia compatível é o *Smart-Market pricing* onde cada usuário associa o preço para cada pacote. A rede coleta e ordena todos os lances determinando um limite e transmitindo todos os pacotes cujos lances excederam o valor do limite. Esse limite é determinado pela capacidade da rede e representa o custo marginal de congestionamento. Cada pacote é cobrado pelo valor do limite e não pelo valor do lance. O esquema *Edge pricing* concentra em temas de arquitetura. Realiza a cobrança baseado em valores de expectativa de congestionamento. Pode basear a cobrança na distância esperada entre a origem e o destino. É necessário fazer medições para fins de *billing*. Suporta QoS para usuários individuais. O modelo conhecido como *Expected Capacity pricing* utiliza o conceito de preço da capacidade esperada. O usuário é taxado de acordo com a capacidade esperada que a rede provisiona. O modelo *Responsive pricing* baseia-se no fato de que usuários são adaptativos e respondem a sinais de preço. Caso a utilização dos recursos seja alta, os preços aumentam e os usuários diminuem o uso. O esquema *Effective Bandwidth pricing* induz o usuário a declarar os valores reais para a média e o pico das taxas de tráfego durante congestionamento. A rede pode deduzir a carga antecipada gerada pelo usuário. A QoS pode ser garantida. Entendemos que apenas um modelo de *pricing* não resolve todos os problemas uma vez que há diferentes interesses envolvidos e há diferentes interações na Internet onde pode ser mais interessante usar um tipo de modelo ou outro. Na tabela 2 apresentamos diferenças dos objetivos dos jogadores em relação ao tipo de modelo de *pricing* a ser adotado nas negociações.

A possibilidade de utilização de diversos modelos de *pricing*

TABELA II
AGRUPAMENTO DAS ENTIDADES POR OBJETIVOS EM RELAÇÃO A
MODELOS DE *pricing*

Entidades	Objetivos com relação a modelos de <i>pricing</i>
Usuários	Transparência, Previsibilidade, Justiça Social, Justiça baseada no uso, Serviço diferenciado
ISP Provedor de <i>backbone</i> Operadora de Telecom	Controle de congestionamento Eficiência da rede Eficiência econômica
Dono de conteúdo	Valorizar a informação e/ou da aplicação (exclusividade de publicação, informação recente, aplicação sofisticada); Repassar custos tarifados pelo ISP - Recursos requeridos (CPU, espaço em disco, acesso, conexão).

no InterQoS irá favorecer o entendimento dos mesmos quando encadeados em diversas negociações, além de confrontar as vantagens de cada um quando colocados em conjunto.

V. FUNCIONAMENTO DO JOGO E SUAS POSSIBILIDADES

O InterQoS está na sua fase de análise de requisitos onde um protótipo do sistema está desenvolvido e organizado em 7 módulos. As atividades referentes ao Módulo 1 (Preparação do ambiente) são atividades realizadas antes do jogo iniciar, onde o administrador deve preparar o ambiente. Ele define o tempo do jogo, monta a topologia das redes usando um ambiente geo-referenciado contendo a localização dos ISPs e os links de comunicações, distribui as aplicações entre os diversos ISPs, define o cacife de cada jogador e define preços dos insumos. No Módulo 2 (Escolha de jogador), cada pessoa deve escolher qual jogador a representará. No módulo 3 (Tomadas de decisões) os jogadores devem tomar diversas decisões, entre elas, a definição de quais modelos de *pricing* que serão utilizados e quais aplicações de QoS estarão envolvidas. O Módulo 4 (Acompanhamento) auxiliará na monitoração dos recursos. A cada período de tempo as estratégias de todos os jogadores serão registradas em forma de matriz de ganhos que é uma representação utilizada na teoria dos jogos e que posteriormente será analisada para inferir quais tuplas da matriz constituíram equilíbrio no jogo. Há sempre a possibilidade de alterar a infra-estrutura acrescentando novos nodos (ISPs), novas arestas (inter-relações) e esse ambiente é mostrado de forma geo-referenciada usando o modelo de grafo descrito nesse artigo. As negociações entre jogadores são permitidas através dos programas desenvolvidos no Módulo 6 (Interações nas negociações) onde são definidos relacionamentos de parcerias ou de cliente-fornecedor, além de negociações para alocação de recursos que conjuguem preço e qualidade de serviço; O Módulo 7 (Tempo de jogo e classificação) conduz ao final do tempo de jogo onde os jogadores serão classificados conforme o desempenho e os objetivos estabelecidos para cada tipo de jogador. A cooperação entre alguns ou todos os jogadores pode ser proibida ou permitida pelas regras do jogo. Há grandes diferenças entre jogos cooperativos de n-pessoas e jogos cooperativos de 2 pessoas, pois existe a possibilidade de coalisão. Em jogos de 2-pessoas há somente uma possibilidade

de coalisão. Em jogos de n-pessoas, há muitas possibilidades de coalisão. Jogos cooperativos permitem abordar o problema da barganha que é o problema de escolher um ponto dentro de um conjunto que irá satisfazer a ambos os jogadores.

TABELA III

RELACIONAMENTOS NO INTERQoS SEGUNDO A TEORIA DOS JOGOS

Categoria de Jogador	Tipos de jogos envolvidos no relacionamento
Mesma categoria de jogador (relacionamentos horizontais da arquitetura - fig.2)	Jogo cooperativo de soma geral de 2 pessoas; Jogo com informação incompleta; Uso do problema da barganha.
Categorias distintas de jogadores (relacionamentos verticais da arquitetura - fig.2)	Jogo cooperativo de soma geral de n-pessoas; Jogo com barreira à entrada; Manutenção de cartel; Jogo com informação incompleta.

A manutenção do cartel pode ser adotada no InterQoS. Por esse conceito entendemos que pode haver estratégias de fixação de preços. Se ambos os jogadores cobrarem preços altos pelos serviços, ambos conseguirão altos lucros, mantendo assim o cartel. Porém se uma das partes abaixar o preço começará uma guerra de preços. O equilíbrio de *Nash* ocorre quando cada concorrente cobra o menor preço possível. O InterQoS é um jogo repetido, isso significa que os jogadores cooperam pois, têm esperança de que os próximos relacionamentos também sejam cooperativos, mas isso exige que sempre haja uma nova oportunidade futura de cooperação. Uma outra estratégia que pode ocorrer nos relacionamentos horizontais, conforme mostra a tabela 3, é a utilização de um jogo com barreiras à entrada. Em um oligopólio considera-se um número fixo de empresas no setor embora seja possível a entrada de uma nova empresa. É claro que é do interesse das empresas evitar tal entrada, pois as empresas estabelecidas encontram-se em vantagem. Se uma nova empresa, B, entrar, a empresa estabelecida, A, pode decidir em cortar ou não os seus preços em resposta. Se A investir em excesso de capacidade ela estará sinalizando potencial de lutar o que desanimará B de entrar no jogo. Nos jogos com informação incompleta um jogador pode não saber de uma ou mais alternativas disponíveis em um dado movimento, pode não ter certeza dos *payoffs* associados com uma dada escolha de estratégia e pode não ter certeza das probabilidades associadas com as alternativas em uma oportunidade de movimento. Enfim, a tabela 3 retrata algumas possibilidades de jogadas segundo a teoria dos jogos e conforme as possibilidades modeladas para o InterQoS.

VI. CONCLUSÕES

Este trabalho discute o papel das entidades que constituem e formam a Internet e mostra como os relacionamentos entre essas entidades influenciam a utilização de aplicações com qualidade de serviço nessa rede mundial. Mais ainda, argumenta que o simples provimento de recursos de rede não é suficiente para prover QoS para as novas aplicações que

estão sendo/serão disponibilizadas para os usuários finais. É apresentada uma arquitetura em camadas onde é possível visualizar entidades da Internet e seus relacionamentos. Destacamos pontos de negociações na arquitetura e momentos de negociação off-line e on-line. Informações, interesses, tecnologias e modelos de *pricing* diferentes são utilizadas nesses pontos. Propomos ainda o entendimento do dinamismo da Internet através de um jogo, denominado InterQoS. O jogo retrata a competição que ocorre nas categorias de usuários, ISPs, provedores de *backbone* e empresas de Telecomunicações. A intenção do jogo é permitir simular as interações entre as entidades da Internet agregando estratégias e decisões, características essas que não são viabilizadas pelos modelos que permitem previsão de comportamentos tais como os modelos de simulação. Apresentamos também uma modelagem das relações na Internet. O modelo é representado através de um grafo. A visualização dessas relações agrega mais informação do que somente a conectividade. Modelos de *pricing* e qualidade de serviço podem então ser acrescentados às relações de forma especulativa pois, a variação desses dois itens ainda não é uma realidade na Internet, mas para a finalidade do jogo onde deseja-se experimentar situações de sucesso, a variação desses elementos é essencial. Enfim, utilizando diferentes representações através de arquitetura, jogo e modelo de grafos enriquecemos o entendimento da Internet e destacamos a situação em que se encontram os modelos de *pricing* e a utilização das tecnologias de qualidade de serviço com relação ao contexto aqui delineado.

AGRADECIMENTOS

Lilian Nassif agradece a Prodabel pelo apoio financeiro e institucional através do programa de formação pós-graduada.

REFERÊNCIAS

- [1] Cao, Xi-Ren, Shen, Hong-Xia, Milito, Rodolfo, Wirth, Patricia. *Internet pricing with a Game Theoretical Approach: Concepts and Examples*. IEEE/ACM Transactions on Networking. Vol 10. No. 2. April (2002).
- [2] Falkner, M., Devetsikiotis, M., Lambadaris, I., *An Overview of pricing Concepts for Broadband IP Networks*. IEEE Communications Review, Vol. 3, No. 2, 2000.
- [3] Gao, Lixin. *On Inferring Autonomous System Relationships in the Internet*. IEEE/ACM Trans. On Networking, Vol. No. 9, (2001).
- [4] Gideon, Carolyn. *The Interconnection pricing Problem in Local Telephone and the Internet*. MBA603 Managerial Economics. (2001).
- [5] Heinanen, J., Baker, F., Weiss, W., Wroclawski, J., *Assured Forwarding PHB Group*. RFC2597. June (1999).
- [6] Jacobson, V., Nichols, K., Poduri, K. *An Expedited Forwarding PHB*. RFC2598. June (1999).
- [7] Nassif, Lilian N., Correia, Luiz H. A., Cavalcanti, Carlos F. M. C., Nogueira, José Marcos S., Loureiro, Antonio A.F.; Mateus, Geraldo R. *InterQoS. Strategy Enterprise Games for Price and QoS Negotiation on the Internet. Workshop Internet Charging and QoS Technologies (ICQT 2002)*. Zurich, Switzerland. Lecture Notes in Computer Science 2511. Springer, October, (2002).
- [8] Norton, William B. *Internet Service Providers and peering*. Equinix. Nanog 19. New Mexico. (2000).
- [9] Stamoulis, George D., Kalopsikakis, Dimitrios, Kyrikoglou, Anna, Courcoubetis, Costas. *Efficient Agent-Based Negotiation for Telecommunications Services*. Technical Report 285. (2000).
- [10] Terplan, Kornel and Morreale, Patrícia. *The Telecommunications Handbook*. IEEE Press. (2000).