

Gerenciamento dos impactos da Internet sobre as Redes de Telecomunicações: da teoria à prática

Helvécio Alvim^{1,2}

*José Marcos S. Nogueira*²

*Antonio A.F. Loureiro*²

⁽¹⁾ Telemar-MG

Telecomunicações de Minas Gerais S.A.
Av. Afonso Pena, 4001 - 5^o andar
30130-008 Belo Horizonte, MG
Email: helvecio@telemar-mg.com.br

⁽²⁾ Universidade Federal de Minas Gerais

Depto. de Ciência da Computação
Caixa Postal 702
30123-970 Belo Horizonte, MG
Email: {alvim,jmarcos,loureiro}@dcc.ufmg.br

Resumo

O crescimento explosivo da Internet constitui um fenômeno sem precedentes, com significativos impactos sobre as Redes de Telecomunicações. O Sistema Telefônico é particularmente afetado pelo volume cada vez maior de acessos discados (*dial up*) de usuários a provedores Internet. As chamadas telefônicas através das quais são efetuados tais acessos compõem o “tráfego Internet”, que é um tipo especial de tráfego telefônico. O tráfego Internet apresenta algumas características que o diferenciam acentuadamente do tráfego telefônico convencional. O crescimento explosivo do tráfego Internet, a longa duração média das respectivas chamadas e a sua distribuição muito heterogênea entre as diversas Centrais telefônicas podem acarretar congestionamentos, que representam um sério problema.

Este artigo tem como objetivo contribuir para o equacionamento dos impactos do tráfego Internet sobre o Sistema Telefônico, especialmente em países em desenvolvimento, o que abrange a sua caracterização e a proposição de soluções. Neste sentido, são apresentados, inicialmente, os resultados de um amplo trabalho de pesquisa, que teve como foco a cidade de Belo Horizonte (MG). Na seqüência, são descritas algumas ações concretas, que foram implementadas com base nas proposições efetuadas e constituem um exemplo bastante representativo de gerenciamento dos impactos do tráfego Internet. A destacar, em tais ações, o suporte eficaz que propiciaram diante da situação crítica e inusitada que foi provocada pela explosão dos acessos gratuitos à Internet.

Palavras-chave: gerenciamento de redes de computadores e de telecomunicações, tráfego telefônico, Internet.

Abstract

The explosive growth of the Internet is an unprecedented phenomenon, with relevant impacts on telecommunication networks. The Telephone System is particularly affected by the ever growing volume of dial up accesses to the Internet Service Providers (ISP's). The respective telephone calls compose “Internet traffic”, which is a special kind of telephone traffic. Internet traffic presents some characteristics which differentiate it sharply from conventional telephone traffic. The explosive growth of Internet traffic, the longer holding times of the corresponding calls and its heterogeneous distribution among the various switches can lead to congestion, which represents a serious problem.

Identifying the impacts of Internet traffic upon the Telephone System and dealing with such impacts, specially in developing countries, are the objectives of this article. In this sense, it presents initially the results of a vast research work that was developed in Brazil and had the city of Belo Horizonte (MG) as the focus. Afterwards, it describes how the proposed actions turned into reality, thus characterizing a significant example of how the impacts of the Internet can be managed. The implemented actions provided a remarkable support for facing the critical situation that resulted from the explosion of free Internet access.

Keywords: management of computer and telecommunication networks, telephone traffic, Internet.

1 Introdução

O crescimento explosivo da Internet constitui um fenômeno sem precedentes. Apresenta relevantes desdobramentos nas mais diversas áreas e perspectivas de vigorosa continuidade por muitos anos. No que se refere às Redes de Telecomunicações, os impactos da Internet são muito fortes. A Internet constitui, provavelmente, o principal fator de influência na evolução do processo de convergência entre Telecomunicações e Computação [1]. Isto porque provoca a alocação em massa de recursos de Telecomunicações para uma aplicação originada na Computação e, principalmente, porque introduz, em larga escala, a multimídia, nova e poderosa opção de comunicação, que já conduz a uma mudança de paradigma, apesar de, na Internet, ainda não ser utilizada na sua plenitude.

A disseminação da Internet apresenta potencial para catalisar transformações atualmente latentes ou embrionárias no Sistema Telefônico e nas Telecomunicações, bem como para, adicionalmente, provocar expansões e modificações adaptativas que se tornarão imprescindíveis.

Ao abordar a relação entre a Internet e os recursos de Telecomunicações, torna-se necessário caracterizar claramente duas vertentes bastante distintas, a saber:

- O “mundo IP”, que abrange os *backbones* da Internet e todas as configurações computacionais que a eles se interligam diretamente mediante a utilização do IP (*Internet Protocol*);
- O acesso de usuários a provedores de serviços Internet.

Este artigo tem como foco essa segunda vertente (o acesso). Considerando a extrema capilaridade que se torna necessária, a Rede Telefônica Pública Comutada (ou seja, o Sistema Telefônico) constitui, atualmente, a principal (e, em diversos casos, a única) alternativa para tal acesso. Nesse momento, entram em choque as características inerentes ao Sistema Telefônico [2, 3, 4, 5] e os requisitos dos acessos Internet. Trata-se, portanto, de um impacto qualitativo sobre o Sistema Telefônico, o que constitui um desafio altamente complexo e representa o tema básico deste artigo.

1.1 O problema

A Internet provoca a utilização do Sistema Telefônico para uma finalidade bastante diferente daquela para a qual ele foi originalmente projetado. Isto resulta em requisitos também muito diferentes, em especial largura de banda (*bandwidth*) e perfil de tráfego (ocupação dos circuitos), os quais entram em choque com características “históricas” do Sistema Telefônico.

Limitações intrínsecas do Sistema Telefônico propriamente dito (como Sistema) quanto a largura de banda têm provocado o desenvolvimento de novas alternativas para capilarizar, até os usuários residenciais e pequenas Organizações, acessos dedicados à Internet com taxas mais elevadas. O Sistema Telefônico pode contribuir, de alguma forma, para o desenvolvimento de algumas dessas soluções alternativas, como, por exemplo, ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) [6], em que são aproveitados os pares de cobre que constituem a Rede de Acesso. Soluções alternativas para a questão da largura de banda provocam impactos no perfil de tráfego, os quais devem ser considerados.

Quanto ao próprio perfil de tráfego (ocupação dos circuitos), o Sistema Telefônico foi concebido, evidentemente, para suportar o tráfego telefônico, que tem sido minuciosamente estudado ao longo de mais de um século. Considerando a gigantesca quantidade de usuários e as características muito bem conhecidas da utilização, o Sistema Telefônico tem sido estruturado visando aproveitar ao máximo, mediante concentração, multiplexação e comutação, todas as possibilidades de compartilhamento de recursos. Assim, as Centrais de Comutação e os entroncamentos são cuidadosamente dimensionados, visando assegurar, com o mínimo dispêndio, uma qualidade de serviço pré-determinada.

As conexões telefônicas para acesso a provedores Internet representam um total contraste com essa situação [7, 8]. A diferença mais evidente se manifesta na duração das chamadas. Enquanto uma chamada telefônica apresenta, tipicamente, duração de quatro ou cinco minutos, acessos à Internet se prolongam por dezenas de minutos, ou mesmo por algumas horas.

Podem ocorrer, então, desbalanceamentos no Sistema Telefônico, os quais podem resultar em congestionamentos [9, 10]. O encaminhamento de uma solução para tais congestionamentos demanda intervenções nas Centrais de Comutação e nos entroncamentos ou, então, a adoção de alternativas para retirar do Sistema Telefônico, de forma parcial ou total, o tráfego de acesso à Internet.

O problema consiste, portanto, em reposicionar adequadamente o Sistema Telefônico, com a melhor relação custo/benefício, e gerenciar os impactos decorrentes de acessos discados à Internet, de tal forma que sejam evitados (ou minimizados) os congestionamentos telefônicos.

1.2 A metodologia desenvolvida e sua aplicação prática

Em meados de 1997, os impactos da Internet sobre as Redes de Telecomunicações já despertavam a atenção direta de diversas entidades, englobando Institutos de Pesquisa, Empresas Operadoras, Universidades, Fabricantes e Agências Governamentais, em especial nos Estados Unidos [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Nessa mesma época, foi iniciado, como uma ação conjunta entre a então TELEMIG (atual Telemar-MG) e o DCC/UFGM, um amplo trabalho de pesquisa para estudar os impactos da Internet no contexto brasileiro [16].

Os objetivos iniciais do trabalho eram:

- Entendimento do problema (contexto, origens, desdobramentos, tendências), de características intrínsecas ao tráfego Internet e de fatores a ele pertinentes;
- Desenvolvimento de uma metodologia para executar a quantificação e qualificação do tráfego Internet (através de medições, tabulações etc.) e elaborar o diagnóstico dos impactos;
- Aplicação da metodologia a um caso real;
- Apresentação de proposições para solucionar os casos críticos identificados e passar a gerenciar adequadamente a situação.

A metodologia desenvolvida foi aplicada integralmente a Belo Horizonte, maior e mais complexa localidade na área de atuação da Telemar-MG. Essa cidade oferecia condições favoráveis para ser o ponto focal de um “estudo de caso”. De fato, a diversidade de características do seu Sistema Telefônico e de suas regiões urbanas permitiriam enriquecer a aplicação da metodologia, o que realmente veio a acontecer.

Posteriormente, as proposições apresentadas serviram de base, já na Telemar-MG, para ações concretas que constituem um exemplo bastante representativo de gerenciamento dos impactos da Internet sobre as Redes de Telecomunicações.

1.3 Objetivos, aspecto singular e organização do artigo

Este artigo tem como objetivos específicos apresentar a essência do trabalho desenvolvido e relatar sua subsequente aplicação prática. Desta forma, engloba um aspecto singular, que não é coberto pelo material publicado tipicamente encontrado na literatura: aborda em profundidade a realidade da planta de Telecomunicações e da expansão da Internet na área de atuação de uma Empresa (a Telemar) que opera em um país em desenvolvimento (o Brasil). Manifestam-se, então, algumas especificidades, que caracterizam, certamente, diferenças relevantes em relação à situação vigente em países desenvolvidos.

São abordados, na seção 2, alguns aspectos básicos, como caracterização mais precisa do tráfego Internet, impactos da progressiva migração para acessos dedicados e a estrutura do Sistema Telefônico de Belo Horizonte. Na seção 3, são documentados os principais resultados numéricos da aplicação da metodologia à cidade de Belo Horizonte, abrangendo a quantificação do tráfego Internet (determinação do seu volume) e a respectiva qualificação (determinação da sua composição). A seção 4 focaliza o diagnóstico dos impactos do tráfego Internet sobre o Sistema Telefônico de Belo Horizonte, bem como os prováveis desdobramentos que ocorreriam caso fossem mantidas as tendências então vigentes (cenário “inercial”). A seção 5 descreve proposições que foram apresentadas, no início de 1999, a partir do cenário caracterizado na seção 4. Na seção 6, passa-se da teoria à prática. São apresentados alguns fatos novos, acontecidos ao longo de 1999 e fortemente relacionados ao tráfego Internet, e é descrita a primeira aplicação prática dos estudos efetuados (caracterização e implementação de uma expansão emergencial de entroncamento de saída de uma Central analógica). Na seção 7, são descritos alguns desdobramentos da explosão dos acessos gratuitos à Internet, fenômeno que ocorreu a partir do início do ano 2000 e chegou a provocar, em um fim de semana, grave congestionamento telefônico em Belo Horizonte. Destaca-se, nessa seção, a descrição da eliminação fulminante de tal congestionamento através de encaminhamentos alternativos via “Centrais Tandem Internet”, conforme proposição apresentada. Finalmente, são expostas na seção 8 algumas conclusões.

2 Abordagem inicial do tráfego Internet

2.1 Caracterização do tráfego Internet e dos seus impactos

Neste trabalho, define-se tráfego Internet como “tráfego telefônico terminado nos troncos ou linhas de acesso de provedores comerciais”. Assim, caracteriza-se o tráfego Internet como um tipo particular de tráfego telefônico, composto por chamadas destinadas a provedores de acesso à Internet, as quais podem ser reconhecidas pelo fato de apresentarem como “número de B” um número de terminal telefônico de acesso *dial up* a um provedor.

O aspecto que deve ser mais fortemente ressaltado é a caracterização de “tráfego Internet” como “tráfego telefônico”. Sendo a Internet uma Rede de Computadores (ou uma “Rede de Redes de Computadores”), torna-se natural pensar em “tráfego de dados”. Entretanto, este artigo enfoca o Sistema Telefônico, que é utilizado para os acessos comutados aos provedores Internet.

O tráfego Internet provoca diversos impactos sobre as Redes de Telecomunicações, dentre as quais o Sistema Telefônico. No “mundo IP”, os acessos discados provocam demanda por banda, tanto nos *backbones* como nos respectivos *links* de acesso dos provedores. Provocam também, nos *links*, demanda por capilaridade, que decorre da presença pulverizada de provedores. No Sistema Telefônico, o tráfego Internet acarreta a necessidade de novos troncos de acesso (para os provedores) e de terminais telefônicos adicionais (para os Internautas). Acarreta também, sobretudo, substanciais modificações no tráfego total (voz + Internet) em diversos entroncamentos urbanos, as quais podem provocar congestionamentos, problema central que representa o foco deste artigo.

2.2 Migração para acessos dedicados

Os acessos discados à Internet disponibilizam para o Internauta uma banda relativamente limitada, que atinge um máximo de 56 Kbps no caso de acessos convencionais (analógicos) e, no caso de acessos digitais, 64 Kbps em cada canal ISDN, ou seja, um máximo de 128 Kbps se forem utilizados simultaneamente os dois canais B de um acesso básico (2B + D). Tendo em mente superar tais limitações, estão sendo disseminadas novas alternativas, que propiciam substanciais aumentos da banda disponível nos acessos. Algumas de tais alternativas dispensam a utilização do Sistema Telefônico para os acessos à Internet, pois implementam acessos dedicados, que ele-

vam a banda e eliminam o tráfego Internet. Tal é o caso da utilização de acessos ADSL e da utilização bidirecional de Redes de TV por Assinatura.

A disseminação de tais alternativas em larga escala pode provocar consideráveis reduções do tráfego Internet. Essa disseminação depende de inúmeros fatores técnicos, regulatórios e mercadológicos, que fogem ao escopo deste trabalho.

2.3 O Sistema Telefônico de Belo Horizonte

Conforme mencionado acima, a cidade de Belo Horizonte foi utilizada como “ambiente de referência”. Neste sentido, tornou-se essencial examinar detalhadamente o respectivo Sistema Telefônico, que representava (e ainda representa) a base física / lógica sobre a qual ocorreriam (e ainda ocorrem) os impactos da Internet, a serem equacionados e gerenciados.

Na ocasião (Outubro de 1998), o legado de Centrais analógicas ainda em operação era significativo, correspondendo a cerca de 30 % do total de terminais telefônicos instalados. Centrais digitais (CPA-T) já cobriam toda a área da cidade, de forma exclusiva em algumas partes, porém majoritariamente de forma sobreposta às Centrais analógicas. Todas as Centrais CPA-T já estavam preparadas para ISDN.

A rede de entroncamentos entre as dezesseis Centrais CPA-T era totalmente malhada, ou seja, havia sempre a rota direta entre qualquer par de Centrais. Cada Central analógica era vinculada a uma “Central Tandem CPA-T”, através da qual eram encaminhadas todas as chamadas que não pudessem ser completadas mediante a utilização de rotas diretas.

No Sistema Telefônico local de Belo Horizonte, a Central CPA-T “HGA-3” desempenhava somente o papel de Tandem final (única) para o encaminhamento das chamadas locais. Em outras palavras, todas as rotas finais para chamadas locais passavam por HGA-3, e nenhum terminal telefônico instalado em Belo Horizonte se vinculava a HGA-3. Assim, as chamadas que constituíam o tráfego Internet em Belo Horizonte tinham como origens as outras quinze Centrais CPA-T e as diversas Centrais analógicas.

3 Quantificação e qualificação do tráfego Internet em Belo Horizonte

A metodologia caracterizada estabelece que os passos iniciais para a abordagem do tráfego Internet em um ambiente de referência são quantificá-lo (ou seja, determinar seu volume) e qualificá-lo (determinar sua composição). São apresentados, a seguir, os resultados encontrados ao aplicar a metodologia a Belo Horizonte.

3.1 Quantificação

Para que seja feita a quantificação do tráfego Internet, tornam-se necessárias medições do “tráfego telefônico terminado em troncos ou linhas de acesso de provedores comerciais”. O ponto de partida para tais medições é caracterizar os provedores comerciais que atendem à área que está sendo examinada (no caso, Belo Horizonte). Neste sentido, foi efetuado um levantamento minucioso, através do qual foram identificados 40 provedores que atuavam em Belo Horizonte em Outubro de 1998. Tais provedores ofereciam aos seus usuários um total de 3907 portas de acesso (2748 troncos e 1159 linhas). Constatou-se também, na ocasião, que, dentre todas essas portas, 3826 estavam vinculadas a apenas quatro das dezesseis Centrais CPA-T, o que caracterizava uma forte concentração (97,8 % das portas em 25 % das Centrais). Por esse motivo, optou-se por efetuar medições somente nessas quatro Centrais, abrangendo, assim, o tráfego terminado nessas 3826 portas.

As medições foram efetuadas durante oito dias (22 a 29/10/1998), 24 horas por dia. Os resultados das medições foram devidamente totalizados, o que permitiu determinar os valores médios do tráfego Internet em Belo Horizonte em intervalos de uma hora, cobrindo uma semana

Tráfego Internet

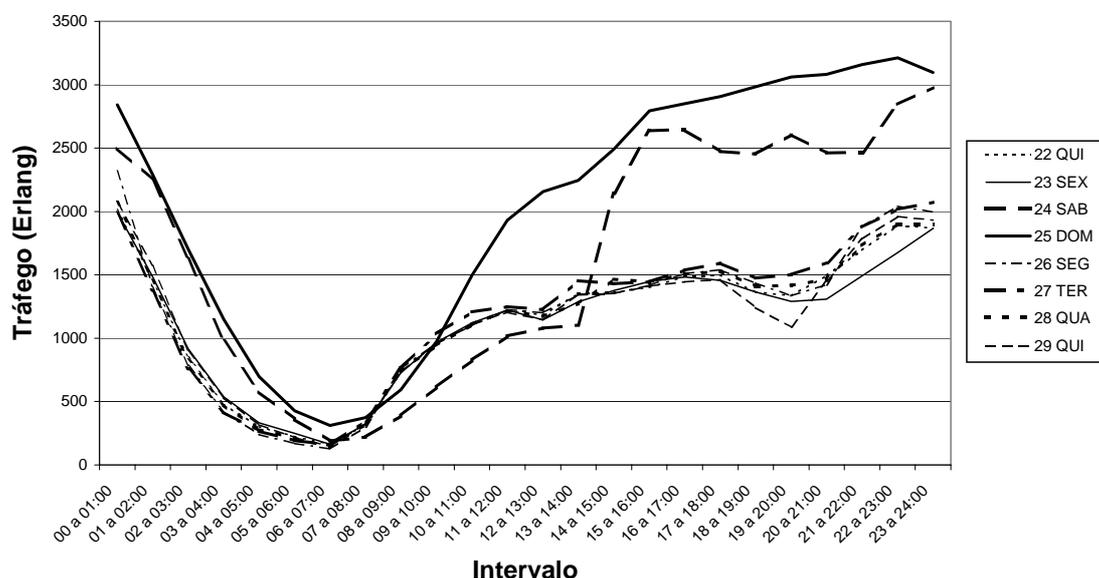


Figura 1: Tráfego Internet hora a hora, em Belo Horizonte

inteira, ou seja, um ciclo completo. Tais valores estão apresentados graficamente na figura 1, que propicia uma visão abrangente das flutuações do tráfego Internet ao longo dos dias da semana e das horas de cada dia. A partir de tais resultados, podem ser caracterizados alguns aspectos relevantes do comportamento dos Internautas em Belo Horizonte. As constatações efetuadas tendem a ser também aplicáveis aos Internautas de outras cidades do Brasil. As principais constatações foram:

- O “Período de Maior Movimento” (PMM) do tráfego Internet ocorreu na noite de domingo (25/10/1998), e a “Hora de Maior Movimento” (HMM) ocorreu entre as 22:00 e as 23:00h desse domingo, com um tráfego de 3.214,4 Erlang.
- Em todos os dias, o valor mínimo do tráfego Internet ocorreu no intervalo de 6:00 a 7:00h da manhã, e o “mínimo dos mínimos” ocorreu na segunda-feira (26/10/1998), com um tráfego de 127,4 Erlang.
- A maior variação do tráfego Internet entre intervalos consecutivos (de uma hora) ocorreu no sábado (24/10/1998), ao passar do intervalo de 13:00 a 14:00h para o seguinte (14:00 a 15:00h). O tráfego Internet passou de 1.104,2 Erlang para 2.143,3 Erlang. Pode-se supor que essa verdadeira “corrida” à Internet tenha como uma das principais motivações, talvez até mesmo a principal, a cessação da multimídia por tempo das chamadas telefônicas a partir das 14:00h dos sábados.
- Na parte da manhã em dias úteis, período no qual geralmente ocorre a Hora de Maior Movimento (HMM) do Sistema Telefônico, o tráfego Internet apresenta valores um pouco inferiores aos da parte da tarde e bastante inferiores aos do período noturno desses mesmos dias úteis. Por sua vez, o tráfego Internet no período noturno do fim de semana (sábado e, principalmente, domingo) supera amplamente o dos dias úteis.

3.2 Qualificação

As medições de tráfego que foram anteriormente comentadas propiciam uma visão quantitativa do tráfego Internet sob a ótica do seu destino (isto é, os provedores). Entretanto, torna-se necessário conhecer, também, a composição do tráfego Internet quanto aos pontos de origem. De fato, o gerenciamento dos impactos do tráfego Internet sobre o Sistema Telefônico pressupõe intervenções em diversas frentes, dentre as quais os pontos de origem das chamadas que constituem o tráfego Internet.

O registro detalhado de chamadas de acesso a provedores Internet propicia os insumos para a determinação da composição do tráfego Internet, o que abrange, dentre outros aspectos, a identificação das origens. Neste sentido, foi executado, no mesmo período em que ocorreram as medições de tráfego (22 a 29/10/1998), o registro detalhado de chamadas que compunham uma fração substancial do tráfego Internet. Na “HMM Internet” (22:00 a 23:00h do domingo), as chamadas registradas correspondiam a 26,13 % do tráfego Internet observado.

Foram registradas 221.606 chamadas, com uma duração média de 941 segundos (15 min 41 seg), originadas em 22.844 diferentes terminais telefônicos (“números de A”). Os “números de A” referentes a terminais telefônicos instalados em Belo Horizonte foram utilizados como chaves para consultas às Bases de Dados corporativas da Empresa Operadora (TELEMIG). Desta forma, os registros detalhados de chamadas locais foram enriquecidos com informações cadastrais, dentre as quais se destacam a classe de uso do terminal telefônico (residencial, não-residencial, tronco de PABX) e a natureza da Central telefônica de origem (analógica x CPA-T).

Foi elaborada, então, uma análise mais aprofundada da “HMM Internet”. Para tal, foram selecionadas, a partir do conjunto completo de chamadas, aquelas que haviam ocorrido em um intervalo que tivesse alguma interseção com a HMM Internet (22:00 a 23:00h do domingo). Resultaram, de tal seleção, 2.631 chamadas, das quais 64 interurbanas (nacionais, estaduais, regionais ou provenientes de outras cidades da Região Metropolitana de Belo Horizonte). Considerando, dentro da HMM, as somas das durações (totais ou parciais) dessas chamadas, constatou-se que o tráfego Internet correspondente tinha a seguinte composição:

- 2,12 % em chamadas interurbanas (“IU”);
- 91,72 % em chamadas locais originadas em terminais telefônicos residenciais (“RES”);
- 6,16 % em chamadas locais originadas em terminais telefônicos não-residenciais (“NRES”) ou em troncos de PABX.

O tráfego local, que representou a quase totalidade do tráfego Internet na HMM Internet (97,88 %), apresentou a seguinte distribuição quanto à natureza da Central telefônica de origem de cada chamada:

- 41,03 % com origem em Centrais analógicas;
- 58,97 % com origem em Centrais CPA-T.

4 Diagnóstico

A metodologia caracterizada estabelece que o diagnóstico dos impactos da Internet sobre o ambiente de referência deve abranger um diagnóstico analítico, baseado na quantificação e na qualificação do tráfego Internet, bem como um diagnóstico experimental, baseado em medições de tráfego total (voz + Internet) em rotas finais. São apresentados, a seguir, os resultados encontrados ao aplicar a metodologia a Belo Horizonte. É também apresentada uma análise das perspectivas então vigentes (cenário “inercial”), a qual complementou o diagnóstico e revelou claramente o risco de futuros congestionamentos.

4.1 Diagnóstico analítico

O registro detalhado de chamadas permitiu determinar, conforme exposto, informações gerais sobre a composição do tráfego Internet em Belo Horizonte. Permitiu caracterizar, também, as participações percentuais das diversas Centrais como origens de tráfego Internet. Tais participações foram utilizadas para a elaboração de um diagnóstico analítico dos impactos do tráfego Internet sobre o Sistema Telefônico de Belo Horizonte.

A abordagem adotada consistiu em estimar, através de rateios, o tráfego Internet originado em cada Central. Para tal, foram aplicados aos valores medidos do tráfego Internet os percentuais de participação de cada Central de origem. Desta forma, foi obtida uma matriz origem / destino do tráfego Internet. A classificação de tal matriz em ordem decrescente do tráfego Internet originado permitiu estabelecer um *ranking* das Centrais como fontes de tráfego Internet. Constatou-se, a partir desse *ranking*, uma forte heterogeneidade entre as Centrais. De fato, a primeira Central do *ranking* havia originado 338,7 Erlang de tráfego Internet, enquanto a última havia originado apenas 4,6 Erlang. Constatou-se, também, que havia uma relação direta entre maior tráfego Internet gerado em uma Central na HMM Internet e atendimento, pela Central, a áreas residenciais de maior poder aquisitivo.

4.2 Diagnóstico experimental

O diagnóstico analítico foi complementado, de forma experimental, mediante a obtenção de informações de tráfego total (voz + Internet) em diversas rotas, em especial nas rotas finais (via HGA-3), na HMM telefônica e na HMM Internet. Constatou-se, na ocasião, a inexistência de congestionamentos reais ou iminentes. Constatou-se, também, que o tráfego total (voz + Internet) na rota final de saída de uma Central analógica (“São Bento”) na HMM Internet já superava o tráfego registrado nessa mesma rota na HMM telefônica. Isso significa que, ao menos para essa Central, a HMM Internet (22:00 a 23:00h do domingo) já passava a ser a “nova HMM”, o que caracterizava uma ruptura de um padrão secular do Sistema Telefônico e, portanto, um alerta quanto aos impactos do tráfego Internet.

Essa Central “São Bento” atendia a uma área eminentemente residencial de maior poder aquisitivo. Trata-se da situação mais desfavorável no que se refere ao tráfego Internet. De fato, considera-se usualmente, nos dimensionamentos efetuados, que o tráfego (de voz) dos terminais telefônicos residenciais é bem menor que o dos terminais não-residenciais e troncos. Assim, essa Central dispunha de entroncamentos de menor capacidade. Por outro lado, essa Central originava na ocasião, em decorrência do maior poder aquisitivo dos usuários a ela vinculados, um volume proporcionalmente mais elevado de tráfego Internet. O impacto do tráfego Internet nos entroncamentos de saída de uma Central não decorre apenas do volume absoluto (de tráfego Internet) originado nessa Central. Decorre, mais especificamente, do peso de tal tráfego diante das capacidades dos entroncamentos envolvidos. Assim, a referida Central, que ocupava apenas a sexta posição no *ranking* de tráfego Internet originado, foi mais fortemente impactada que as cinco primeiras. Essas originavam, realmente, maior volume de tráfego Internet, porém dispunham de entroncamentos de capacidade muito maior.

4.3 Cenário “inercial”

O crescimento explosivo dos acessos discados à Internet (tráfego Internet) representava, na ocasião (Dezembro de 1998), uma ameaça à situação de relativo equilíbrio do Sistema Telefônico de Belo Horizonte. Entretanto, alguns fatores adicionais, já presentes no ambiente vigente, contrabalançavam diretamente tal ameaça e contribuía para neutralizar os impactos do tráfego Internet. Dentre tais fatores, destacava-se a vigorosa expansão, totalmente digital, do Sistema Telefônico, condição imprescindível para o atendimento às metas estabelecidas pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel). De fato, a expansão digital do Sistema Telefônico superava amplamente, após a privatização do Sistema Telebrás (ocorrida em Julho de 1998), todos

os índices anteriores. Conseqüentemente, ocorriam substanciais aumentos da capacidade dos entroncamentos urbanos, o que propiciava condições mais favoráveis para suportar o crescimento do tráfego Internet.

Outro fator significativo, também associado à expansão digital do Sistema Telefônico, era a progressiva vinculação de Internautas a Centrais digitais (CPA-T). Isso abrangia, evidentemente, a quase totalidade dos novos Internautas. Abrangia, também, a migração de diversos Internautas, até então atendidos por Centrais analógicas. Ao adquirirem linhas adicionais, vinculadas a Centrais digitais, tais Internautas passavam a acessar a Internet a partir de tais linhas.

Por outro lado, o tráfego Internet crescia a uma taxa muito superior à da expansão digital do Sistema Telefônico. Assim, tornavam-se claras, diante do cenário “inercial”, as perspectivas de que, dentro de algum tempo, o tráfego Internet passaria a provocar congestionamentos do Sistema Telefônico, em especial na HMM Internet. Tornava-se clara, também, a necessidade de promover intervenções destinadas a prevenir e/ou combater tais congestionamentos. Neste sentido, foram elaboradas algumas proposições, caracterizadas na próxima seção deste artigo.

5 Proposições

As proposições apresentadas podem ser agrupadas em três vertentes, da seguinte forma:

- Gerenciar o legado analógico e sua digitalização:
 - Ampliações emergenciais de entroncamentos de saída de Centrais analógicas;
 - Digitalização seletiva de *heavy users* da Internet;
- Implementar novas alternativas para o escoamento do tráfego Internet:
 - Encaminhamento aos provedores em outras Centrais CPA-T;
 - Encaminhamento aos provedores via outras Centrais CPA-T;
 - Encaminhamento aos provedores via outras Redes;
- Implementar ajustes em processos e Sistemas:
 - HMM Internet x HMM telefônica;
 - Integração de processos.

Cada uma de tais vertentes será examinada a seguir.

5.1 Gerenciamento do legado analógico

A primeira proposição consistia em ampliar, de forma emergencial, entroncamentos de saída das Centrais analógicas mais fortemente afetadas pelo tráfego Internet. No caso da TELEMIG, tais ampliações só poderiam ser realizadas através de reaproveitamentos e/ou remanejamentos de juntores, pois, tendo em vista a progressiva desativação das Centrais analógicas, a Empresa já havia decidido, há algum tempo, evitar qualquer nova aquisição de tais juntores.

A segunda proposição consistia em promover a digitalização seletiva dos terminais telefônicos que eram utilizados pelos principais usuários (*heavy users*) de acessos discados à Internet via Centrais analógicas. Desta forma, ocorreria, com o mínimo investimento, a máxima redução no tráfego Internet escoado no “mundo analógico”.

5.2 Implantação de novas alternativas para o escoamento do tráfego Internet

A primeira proposição (encaminhamento aos provedores em outras Centrais CPA-T) consistia em passar a definir cuidadosamente, inclusive mediante “tratamentos de exceção”, as vinculações de provedores a Centrais CPA-T. Tais definições tomam como base, em geral, apenas

os endereços de instalação dos provedores e as áreas de atendimento das Centrais CPA-T. Tal procedimento propicia, como regra geral, o mínimo custo na implantação do acesso do provedor à Central, a qual, tipicamente, será a mais próxima. Entretanto, pode ocorrer, como efeito colateral indesejado, uma excessiva concentração de provedores em algumas poucas Centrais, com conseqüente risco de congestionamentos nos respectivos entroncamentos com as Centrais nas quais haja grande volume de Internautas. A proposição consistia em passar a examinar as possibilidades de vincular provedores a Centrais que não sejam as “ideais” sob a ótica da Rede de Acesso. Isso caracterizaria o referido “tratamento de exceção”, que pode ser vantajoso ao evitar congestionamentos e/ou expansões de entroncamentos, com benefícios maiores que o aumento do custo da Rede de Acesso.

A segunda proposição (encaminhamento aos provedores via outras Centrais CPA-T) consistia em alterar, mediante o aproveitamento de recursos que ficam ociosos fora do horário comercial, o encaminhamento do tráfego Internet entre Centrais CPA-T na HMM Internet. Tal proposição procurava tirar partido, simultaneamente, da forte heterogeneidade da distribuição do tráfego Internet originado (pelas diversas Centrais) e da não-coincidência entre a HMM Internet e a HMM telefônica. Mais especificamente, propunha-se a caracterização de “Centrais Tandem Internet”, que possibilitariam a criação de rotas alternativas para o escoamento do tráfego Internet, em especial na HMM Internet. Propunha-se, inclusive, a utilização da Central CPA-T “CIN-1” (“Cidade Industrial”) como Tandem Internet. Tal Central, que atende a uma área acentuadamente não-residencial, ocupava destacadamente, no *ranking* de tráfego Internet originado, a última posição entre todas as Centrais CPA-T.

A terceira proposição (encaminhamento aos provedores via outras Redes) consistia em promover a utilização, pelas Empresas Operadoras, de Servidores de Acesso Remoto (*Remote Access Servers - RAS*), equipamentos tipicamente utilizados pelos provedores para o acolhimento de acessos discados. Desta forma, tráfego Internet poderia ser extraído do Sistema Telefônico, o que evitaria (ou minimizaria) congestionamentos. A Empresa Operadora passaria a atuar como um “super-provedor” (ou seja, um provedor de provedores), e os provedores passariam a receber, ao invés de chamadas telefônicas, fluxos de dados (IP).

5.3 Implementação de ajustes em processos e Sistemas

O primeiro bloco (“HMM Internet x HMM telefônica”) consistia em diversas proposições que tinham como objetivo passar a tratar adequadamente, nos processos e Sistemas de planejamento técnico e gerência de desempenho / tráfego, as peculiaridades do tráfego Internet. Dentre tais proposições, destacava-se uma enfática recomendação: passar a acompanhar atentamente o tráfego na HMM Internet, em especial nos entroncamentos entre as Centrais que atendam a áreas eminentemente residenciais de maior poder aquisitivo e as Centrais em que haja maior concentração de portas de acesso à Internet.

O segundo bloco consistia em proposições referentes à integração de processos entre as áreas técnica, operacional e de negócios, caracterizada como condição imprescindível para lidar adequadamente com a dinâmica do tráfego Internet, que difere totalmente da dinâmica tradicional do tráfego de voz.

6 Da teoria à prática

6.1 Considerações gerais

Os estudos efetuados propiciaram o entendimento do contexto e de diversos conceitos pertinentes ao tráfego Internet, conforme exposto neste artigo. Quanto ao “ambiente de referência” (Belo Horizonte/TELEMIG), o trabalho de pesquisa propiciou, também, o conhecimento das características do Sistema Telefônico, a obtenção de dados sobre o tráfego Internet e o desenvolvimento de ferramentas específicas (programas e procedimentos). O diagnóstico efetuado

revelou a inexistência de problemas imediatos ou iminentes, porém sinalizou para a necessidade de medidas preventivas, visando evitar ou minimizar problemas futuros. As proposições apresentadas abrangiam algumas de tais medidas preventivas, bem como possíveis soluções para tais problemas futuros.

Tudo isso caracterizava, pelo menos em teoria, um valioso conjunto de recursos que permitiria enfrentar os desdobramentos do “cenário inercial”, também apresentado neste artigo. Na prática, ocorreram fatos novos, que provocaram desdobramentos surpreendentes. Os recursos disponibilizados pelos estudos permitiram disparar, com suficiente agilidade, ações corretivas, as quais se baseavam, no todo ou em parte, nas proposições apresentadas, conforme exposto a seguir.

6.2 Fatos novos ao longo de 1999

6.2.1 Planejamento da Rede Multisserviços da Telemar

Foi efetuado pela Telemar, em meados de 1999, o planejamento de uma Rede Multisserviços, destinada a prestar diversos serviços IP, dentre os quais o acolhimento (através de Servidores de Acesso Remoto - RAS) de chamadas de acesso a provedores Internet.

No que se refere a Belo Horizonte, os resultados do trabalho de pesquisa foram utilizados para caracterizar e dimensionar os Servidores de Acesso Remoto (RAS) a serem instalados na cidade, como partes integrantes da Rede Multisserviços. Foram previstos sete RAS's, a serem vinculados às sete primeiras Centrais CPA-T do *ranking* de tráfego Internet originado. Foi também definido o esquema de encaminhamento (a esses sete RAS's) do tráfego originado nas demais Centrais.

6.2.2 Instalação de um mega-provedor em Belo Horizonte

Ao longo do ano de 1999, acentuou-se o processo de fusões e aquisições de provedores Internet. Até então, ocorriam somente aquisições de pequenos provedores por grandes provedores, o que não resultava em impactos relevantes sobre o tráfego Internet. No final do ano, instalou-se em Belo Horizonte um mega-provedor, que já atuava, com substanciais quantidades de portas de acesso, em diversas outras grandes cidades do Brasil. Para alavancar sua atuação em Belo Horizonte, esse mega-provedor incorporou dois grandes provedores, que ocupavam a terceira e a quarta posições no *ranking* pelo total de portas de acesso. Dentre tais provedores incorporados, um estava vinculado à mesma Central CPA-T, “Mário Pires 1” (MPI-1), que passou a atender ao mega-provedor, e outro estava vinculado a outra Central CPA-T. O mega-provedor concentrou todos os acessos em um único número, e desativou os números anteriormente utilizados pelos provedores que incorporou. Desta forma, ocorreu um vultoso crescimento do total de portas de acesso (e, conseqüentemente, do tráfego Internet) na Central CPA-T MPI-1, o que abrangia, evidentemente, a migração das portas do provedor (incorporado) que se vinculava anteriormente a outra Central.

Em decorrência de tais fatos, cresceu significativamente a ocupação dos entroncamentos entre as Centrais que originavam alto volume de tráfego Internet e a Central MPI-1. Não se manifestaram congestionamentos, porém ocorreram importantes desdobramentos, relatados a seguir.

6.2.3 Implantação de um novo Sistema de Gerência de Tráfego

Foi implantado na Telemar-MG, no final de 1999, um novo Sistema de Gerência de Tráfego, através do qual a Empresa passou a aproveitar todos os resultados de medições permanentes de tráfego (24 horas por dia, todos os dias) efetuadas pelas Centrais CPA-T. No Sistema anterior, somente eram processadas as medições referentes a alguns períodos (9:00 a 11:00h e 20:00 a 22:00h) de alguns dias úteis. Com o novo Sistema, tornou-se possível caracterizar a verdadeira HMM em cada entroncamento.

Ao analisar os relatórios emitidos pelo novo Sistema, chamaram a atenção os resultados referentes aos entroncamentos entre as diversas Centrais CPA-T de Belo Horizonte e a Central MPI-1, que atendia ao mega-provedor anteriormente mencionado. De fato, constatou-se, nos dias úteis, uma progressiva preponderância do período noturno, em decorrência do crescimento do tráfego Internet. No início do ano 2000, já se tornara noturna (tipicamente de 20:30 a 21:30h) a HMM em nove dos quinze entroncamentos.

Em três entroncamentos, a HMM semanal (tráfego de voz + Internet) passara a ocorrer no período noturno do domingo, no qual se insere, conforme apresentado na seção 3.1, a HMM Internet. Na verdade, a HMM semanal não coincidia com a HMM Internet (22:00 a 23:00h), porém ocorria um pouco antes (20:30 a 21:30h). Nesse horário, o tráfego Internet era um pouco menor que na HMM Internet, mas o tráfego de voz era bem maior, disso resultando um tráfego total um pouco maior. Ocorria a ocupação total desses três entroncamentos nessa “nova HMM”. Entretanto, ainda não se caracterizava a ocorrência de congestionamentos, pois o tráfego excedente escoava pela rota final (para a qual transbordava).

6.3 Expansão emergencial de entroncamento de Central analógica

O diagnóstico havia revelado, conforme exposto na seção 4, que o tráfego total (voz + Internet) na rota final de saída da Central analógica “São Bento” na HMM Internet já havia superado, em Novembro de 1998, o tráfego registrado nessa mesma rota na HMM telefônica. Por esse motivo, passara a ser feito, desde então, um acompanhamento específico do tráfego nessa rota na HMM Internet. Foi constatado um crescimento contínuo, que resultou, em Dezembro de 1999, em um risco real de congestionamento. A substituição total de tal Central por uma nova Central CPA-T já estava sendo providenciada. Essa digitalização maciça eliminaria totalmente eventuais congestionamentos, porém estava prevista para Julho de 2000. Tornara-se imprescindível, portanto, tomar uma medida emergencial que evitasse a ocorrência de congestionamentos ao longo do período que restava.

Optou-se, então, por expandir entroncamento(s) de saída dessa Central analógica, conforme proposição caracterizada na seção 5.1. Não havia disponibilidade de juntores para tal tipo de expansão. A solução encontrada foi otimizar, mediante remanejamentos, os entroncamentos de saída daquela própria Central. Neste sentido, foram desativadas três rotas de saída, que apresentavam ocupação muito pequena na HMM Internet, e os respectivos juntores foram remanejados para o entroncamento entre a Central analógica e sua Tandem CPA-T. Desta forma, chamadas que seriam encaminhadas em primeira escolha através de tais três rotas passariam a ser encaminhadas através da Tandem CPA-T. Na HMM telefônica, não haveria problema, pois a rota até a Tandem CPA-T estava sendo ampliada (mediante o remanejamento em questão) e havia folga suficiente nas rotas entre a Tandem CPA-T e as Centrais de destino. Na HMM Internet, haveria um substancial desafogo, pois, na prática, estariam sendo remanejadas para a rota entre a Central analógica e a sua Tandem CPA-T todas as folgas originalmente existentes nas três rotas desativadas. Assim, as chamadas (de voz ou de acesso à Internet) chegariam à Tandem CPA-T, de onde seriam encaminhadas, através das respectivas rotas (todas elas também com folga suficiente), às Centrais CPA-T de destino.

O remanejamento proposto foi executado em Dezembro de 1999, o que permitiu evitar congestionamentos nas rotas de saída da Central analógica “São Bento”, cuja desativação viria a ocorrer em Setembro de 2000.

7 A explosão dos acessos gratuitos à Internet no ano 2000

7.1 Caracterização

No início do ano 2000, eram relevantes os impactos do tráfego Internet sobre o Sistema Telefônico de Belo Horizonte. Porém, a situação estava sob controle, pois havia sido eliminado, conforme

exposto anteriormente, o único foco de potencial congestionamento. Ocorreria, também, nos meses de Janeiro e Fevereiro, em decorrência da habitual concentração de viagens de férias, uma redução perceptível no volume de tráfego Internet, o que permitiu afastar ainda mais os riscos de congestionamento.

Na segunda quinzena de Janeiro, entrou em operação em diversas cidades do Brasil o provedor iG, que oferecia, através de uma elevada quantidade de portas (1710 das quais em Belo Horizonte), acessos gratuitos à Internet. Partindo do zero, o tráfego Internet destinado ao iG cresceu vertiginosamente. Em apenas quinze dias, o iG passou a ocupar, em Belo Horizonte, a primeira posição no *ranking* de provedores.

Os impactos sobre o Sistema Telefônico foram muito fortes. De fato, o iG também estava vinculado à Central CPA-T MPI-1. Isso acentuou drasticamente a concentração de tráfego Internet nessa Central e sobrecarregou os respectivos entroncamentos.

Em Março, com o fim do período de férias, ocorreu um crescimento substancial do tráfego Internet. No período noturno do dia 12/03/2000, primeiro domingo após o Carnaval, ocorreu em Belo Horizonte um congestionamento telefônico sem precedentes, claramente decorrente do tráfego Internet destinado à Central CPA-T “Mário Pires 1” (MPI-1), à qual se vinculavam o iG e outros grandes provedores.

A aplicação de uma das proposições anteriormente descritas propiciou uma solução fulminante para esse grave problema, conforme exposto a seguir.

7.2 Encaminhamentos alternativos via “Centrais Tandem Internet”

A utilização de encaminhamentos alternativos via “Centrais Tandem Internet”, proposição caracterizada na seção 5.2, representava uma possível solução para o congestionamento em questão. Tendo em mente a implementação de tal proposição, foram analisados os relatórios de tráfego referentes à Central CPA-T MPI-1, cujas rotas locais haviam sido seriamente afetadas por congestionamento na HMM Internet. Constatou-se, então, que as demais Centrais poderiam ser enquadradas em três categorias, a saber:

- Centrais com congestionamento na rota para MPI-1;
- Centrais com folga significativa nessa rota;
- Centrais com ocupação adequada dessa rota (nem congestionamento nem folga).

A Central CPA-T “Cidade Industrial 1” (CIN-1), apontada nas proposições como potencial Tandem Internet, apresentava realmente elevada folga na rota para MPI-1, o que corroborava a previsão. Foi então implementado, como um primeiro passo, o encaminhamento alternativo a MPI-1, via CIN-1, de chamadas de acesso a grandes provedores Internet originadas na Central CPA-T “Barroca”, que era a mais afetada por congestionamento na rota para MPI-1. Tal medida propiciou ótimo resultado, pois permitiu aproveitar toda a folga existente na rota CIN-1 / MPI-1 e eliminou por completo o congestionamento da rota Barroca / MPI-1.

Foi implementado, a seguir, um esquema bastante abrangente, através do qual outras duas Centrais, com folga nas respectivas rotas para MPI-1, passaram a ser utilizadas como Tandem’s Internet no encaminhamento de chamadas originadas em outras seis Centrais, cujas rotas para MPI-1 apresentavam congestionamento. Desta forma, foram eliminados, sem qualquer expansão de entroncamentos, todos os congestionamentos que afetavam o Sistema Telefônico local de Belo Horizonte. Os caminhos alternativos passaram a propiciar, como um todo, o escoamento de cerca de 900 Erlang de tráfego Internet.

7.3 Utilização de Servidores de Acesso Remoto

Entraram em operação em Abril de 2000, em sua configuração inicial, os Servidores de Acesso Remoto (RAS’s) da Rede Multisserviços da Telemar em diversas localidades, dentre as quais

Belo Horizonte. O provedor iG contratou da Telemar uma grande quantidade de portas de acesso, associadas ao número 1500-2000. Tais portas passaram a absorver todo o crescimento do tráfego de acesso ao iG (Internet gratuita). Assim, passou a ser extraído do Sistema Telefônico, nas próprias Centrais de origem, um volume relevante de tráfego Internet. Desta forma, a Rede Multisserviços da Telemar passou a contribuir decisivamente para que fossem evitados congestionamentos em Belo Horizonte na HMM Internet.

No final de 2000, foi efetuada uma expansão do total de portas de acesso do iG na Rede Multisserviços em Belo Horizonte, o que permitiu desativar as 1710 portas de acesso “convencionais” (vinculadas à Central CPA-T MPI-1) com as quais o iG iniciara sua operação na cidade. O tráfego destinado a essas portas migrou rapidamente para o número 1500-2000 (iG na Rede Multisserviços), o que propiciou um substancial crescimento da extração de tráfego Internet nas próprias Centrais de origem, bem como o correspondente alívio nas rotas entre MPI-1 e as demais Centrais.

Ao analisar os resultados das medições do crescente tráfego destinado ao iG na Rede Multisserviços (número 1500-2000), constatou-se, em comparação com as medições anteriores do tráfego Internet, uma acentuada redução na heterogeneidade entre as diversas Centrais. De fato, Centrais que atendiam a áreas predominantemente residenciais de menor poder aquisitivo haviam passado a gerar volumes cada vez maiores de tráfego de acesso ao iG (Internet gratuita). Tais Centrais ainda não dispunham de RAS's (da Rede Multisserviços), pois a alocação inicial desses RAS's em Belo Horizonte havia tomado como base, conforme exposto na seção 6.2.1, a posição de cada Central CPA-T no *ranking* do tráfego Internet originado. Assim, tais Centrais encaminhavam a outras Centrais, que já dispunham de RAS, todo o tráfego destinado à Rede Multisserviços. Em conseqüência do crescimento significativo desse tráfego, principalmente na HMM Internet, passaram a ocorrer, no final de 2000, congestionamentos no entroncamento utilizado pela Central “Contagem” para o respectivo escoamento. Como parte da expansão da Rede Multisserviços em Belo Horizonte, estava já prevista, para 2001, a alocação de RAS's às demais Centrais (inclusive “Contagem”), o que eliminaria totalmente tais congestionamentos. Entretanto, isso ocorreria apenas ao final do primeiro semestre (de 2001), o que indicava a necessidade imperiosa de medidas corretivas imediatas. Neste sentido, foram tomadas sucessivamente as seguintes providências:

- Passou a ser utilizado emergencialmente, no encaminhamento do tráfego destinado ao iG gerado na Central “Contagem”, um esquema de partição da carga entre duas outras Centrais, o que resultou, como conseqüência da liberação do tráfego até então reprimido, em congestionamentos no RAS de uma dessas Centrais e no entroncamento entre “Contagem” e a outra Central;
- Foi antecipada para o início de 2001, mediante a utilização de equipamento sobressalente da Rede Multisserviços, a alocação de um RAS à Central “Contagem”, através do qual passou a ser parcialmente extraído na origem o tráfego destinado ao iG, com transbordo através do esquema de partição de carga anteriormente mencionado;
- Para proteger as rotas utilizadas no transbordo para outras Centrais, bem como os respectivos RAS's, foi implementado, nas rotas, um limite absoluto para a quantidade total de canais dinamicamente alocados a essa finalidade.

8 Conclusões

Apresenta-se, na tabela 1, uma síntese das diferenças entre o tráfego Internet e o tráfego de voz. Na composição dessa tabela, foram levadas em conta as características do contexto e as constatações efetuadas através das medições de tráfego, registro detalhado de chamadas e diagnóstico.

Item	Característica	Tráfego de voz	Tráfego Internet
1	Foco (tipo de tráfego)	Tráfego IU	Tráfego local
2	Foco (classe de uso)	NRES / Tronco	RES
3	HMM (dias)	Dias úteis	Fins de semana
4	HMM (período)	Manhã / tarde	Noite
5	Duração média	Mais curta (2-5 minutos)	Mais longa (> 15 min.)
6	Perfis de utilização	Poucas diferenças	Diferenças acentuadas
7	Crescimento (ritmo)	Lento (10-15 % ao ano)	Acelerado (7 % ao mês)
8	Crescimento (agentes)	Terminais telefônicos	Computadores/aplicações

Tabela 1: Síntese das diferenças entre o tráfego Internet e o tráfego de voz

As diferenças são tantas e tão acentuadas que a presença cada vez mais marcante do tráfego Internet está provocando, de forma inexorável, alterações na cultura organizacional das Empresas que atuam em Telefonia. Na verdade, o tráfego Internet deve ser visto como a ponta de um *iceberg*, pois representa o primeiro passo de um amplo processo de transformação das Telecomunicações, que estão evoluindo, a partir da Telefonia, para Redes Multisserviço / Multimídia, mudança que já se encontra em andamento e conduz a uma quebra de paradigma.

Nesse cenário, o presente artigo busca contribuir, através da exploração de aspectos conceituais, caracterização de uma metodologia e relato da respectiva aplicação prática, para o imprescindível reposicionamento do Sistema Telefônico diante dos impactos da Internet. Desta forma, estará contribuindo, também, para a evolução da convergência entre as Telecomunicações e a Computação através das Redes de Computadores.

Referências

- [1] David G. Messerschmitt. The Convergence of Telecommunications and Computing: What Are the Implications Today? Proceedings of the IEEE, vol.84 n.8, August 1996, pages 1167-1186. URL = <http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/~messer/PAPERS/96/Proc1>
- [2] E. Bryan Carne. Telecommunications Primer: Signals, Building Blocks and Networks. Prentice Hall PTR, 1995.
- [3] J. Bellamy. Digital Telephony (2nd Edition). Wiley, 1991.
- [4] Ovídio C. M. Barradas. Você e as Telecomunicações. Editora Interciência, 1995.
- [5] Helvécio Alvim and Antônio A. F. Loureiro. O legado do Sistema Telefônico para as Telecomunicações na era da Internet. Relatório Técnico DCC/004/98, DCC/UFMG, Belo Horizonte-MG, Maio de 1998.
- [6] ADSL Forum. URL = <http://www.adsl.com>
- [7] J. J. Gordon, K. Murti and A. Rayes. Overview of Internet Traffic Issues on the PSTN. In Proceedings of the International Teletraffic Congress, Washington DC, June 1997 (ITC-15), pages 643-652.
- [8] V. A. Bolotin. New Subscriber Traffic Variability Patterns for Network Traffic Engineering. In Proceedings of the International Teletraffic Congress, Washington DC, June 1997 (ITC-15), pages 867-878.

- [9] Bell Atlantic. Report of Bell Atlantic on Internet Traffic. March 1996. URL = <http://www.ba.com/ea/fcc/report.htm>
- [10] Lee L. Selwyn and Joseph W. Laszlo (Economics and Technology, Inc.). The Effect of Internet Use on the Nation's Telephone Network. Technical Report, January 1997. URL = http://www2.itic.org/itic/eti_toc.html
- [11] Eric Zimits. Unclogging the Pipeline: a Critical Look at Internet Economics and Bandwidth Constraints. Hambrecht & Quist Internet Research Group, February 1997. URL = <http://www.hamquist.com/iword/iword21/pipeline.html>
- [12] Bruce C. Klopfenstein. Internet Economics: An Annotated Bibliography. July 1997. URL = <http://www.bgsu.edu/departments/tcom/annota.htm>
- [13] Amir Atai and James Gordon. Architectural Solutions to Internet Congestion Based on SS7 and Intelligent Network Capabilities. Bellcore, October 1997.
- [14] Reed E. Hundt. The Internet: From Here to Ubiquity. Speech by Federal Communications Commission (FCC) Chairman, August 1997.
URL = <http://www.fcc.gov/Speeches/Hundt/spreh742.html>
- [15] Kevin Werbach. Digital Tornado: The Internet and Telecommunications Policy. Federal Communications Commission, Office of Plans and Policy (FCC OPP), Working Paper Series n.29, 1997. URL = http://www.fcc.gov/Bureaus/OPP/working_papers/oppwp29pdf.html
- [16] Helvécio Alvim. Contribuições para o Equacionamento dos Impactos da Internet sobre as Redes de Telecomunicações. Dissertação de Mestrado, UFMG, Belo Horizonte, Brasil, 1999.