

Proposta de Metodologia de Projeto de Redes VPN com Voz

Mencari, Mirele de Almeida e Menezes, Leonardo R. A. X.
Departamento de Engenharia Elétrica - Universidade de Brasília

Resumo – Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma metodologia empírica de projeto de redes VPN com voz, que permite os administradores de redes corporativas escolher qual solução e qual operadora fornece a melhor relação custo - benefício.

Palavras Chaves – Rede VPN com Voz, Qualidade de Voz, E-model, TIPHON

Abstract – This work shows an empirical methodology for designing a Virtual Private Network, that support both data and voice services, and allows the network administrators to objectively choose which kind of technology will be suitable to theirs needs.

Index Terms - Voice over VPN, Voice Quality, E model, TIPHON

1. INTRODUÇÃO

As corporações utilizam as redes de telefonia e dados de maneira intensiva. Visando redução de custos, estas empresas exigem do mercado soluções práticas e baratas. A primeira resposta do mercado foi o desenvolvimento das redes VPN (Virtual Private Network), baseadas na comutação de pacotes (Frame Relay, IP, ATM, etc...).

A atual necessidade do mercado é convergência das redes de dados, baseada em comutação de pacotes, de telefonia e de vídeo (videoconferência). Esta convergência é extremamente difícil já que os serviços de voz e vídeo necessitam de níveis de qualidade, cujas redes de pacotes não foram desenhadas para oferecer. Todavia os fabricantes desenvolveram mecanismos que permitem fornecimento destes serviços nas redes de pacotes.

O objetivo deste artigo é apresentar uma metodologia de projeto que permita os administradores de redes escolherem objetivamente qual das redes VPN com VOZ, oferecidas pelo mercado, melhor atende suas necessidades.

Apresentaremos um pequeno resumo sobre: os parâmetros de qualidade do serviço de voz, E-model e as orientações da TIPHON e o método de projeto. Em seguida apresentaremos nossa metodologia de projeto.

2. QUALIDADE DA VOZ

A qualidade de um serviço de voz é essencialmente subjetiva já que depende das expectativas do usuário.

Contudo, alguns parâmetros de qualidade podem ser determinados e suas influências estudadas.

Ao longo dos anos, as Redes de Telefonia Tradicionais (PSTN) conseguiram alcançar um alto nível de qualidade nos serviços de voz prestados. Para garantir uma qualidade semelhante, as redes de pacotes precisam criar aplicações que mantenham determinados parâmetros da rede dentro de limites bem definidos, os quais o conjunto é denominado de QoS. Nos serviços de voz os parâmetros que impactam o serviço são: atraso, jitter, largura de banda e perda de pacotes.

Atraso fim a fim é definido como o período de tempo, cujo o sinal de voz leva para ser transmitido do interlocutor ao ouvinte. Para os serviços de voz, os principais problemas causados pelo atraso são o Eco e a Superposição dos sinais de Voz dos Interlocutores (Talker Overlap). A Tabela 1 apresenta faixas de limites para o atraso.

TABELA 1: FAIXAS DE ATRASOS FIM-A-FIM EM UMA SÓ DIREÇÃO SEGUNDO A ITU-T.

Faixa do Atraso	Aplicações
0 a 150 ms	Aceitável na maioria das aplicações
150 a 400 ms	Aceitável em grande parte das aplicações, todavia requer uma monitoração constante do comportamento dos atrasos
400 ms	Inaceitável para maioria das aplicações

Segundo a recomendação G.701, jitter é a diferença entre o tempo ideal de chegada de um sinal digital e o seu tempo real de chegada. Esta variação degrada os serviços de multimídia como a voz, pois para que o receptor consiga reconstruir um sinal de voz perfeitamente é necessário que todos os pacotes do sinal cheguem ordenados e em intervalos de tempo regulares. Não é possível retirar o jitter da rede, mas pode-se mantê-lo dentro de limites aceitáveis, Tabela 2.

TABELA 2: NÍVEIS DE QUALIDADE DE SERVIÇOS DO JITTER SEGUNDO O ETSI

Nível do Serviço	Valor de pico
Perfeito	0 ms
Bom	75 ms
Médio	125 ms
Pobre	225 ms

Largura de banda é o número de bits que cada elemento da rede pode transmitir de um ponto a outro, por unidade de tempo. Este parâmetro é geralmente limitado pela

capacidade física do meio de transmissão. Outro fator que influencia a Largura de Banda é o tempo mínimo de processamento de pacotes, realizado pelos elementos ativos da rede.

A perda de pacote ocorre quando a rede não consegue entregar um pacote corretamente ao seu destino num período de tempo esperado. Este parâmetro é mensurado pela taxa de pacotes perdidos que é igual a 1(um) menos a razão entre o número de pacotes recebidos e o número de pacotes transmitidos numa determinada janela de tempo. A voz é capaz de suportar baixas taxas de perda de pacotes, contudo, quando estas se tornam elevadas o serviço é degradado. As conseqüências das altas taxas de perdas no serviço de voz são o aparecimento de “clicks” audíveis na comunicação de voz e a perda de sincronismo entre o codificador e o decodificador, gerando erros mesmo após a janela de perda de pacotes ter cessado.

3. E-MODEL

E-model foi publicado pelo ITU-T em 1999 e tem como objetivo prever a qualidade de uma rede que ainda está em projeto. Este método analisa a rede de fim-a-fim, ou seja, calcula a qualidade de transmissão do sinal de voz da origem (boca do interlocutor) ao destino (ouvido do ouvinte). Os padrões que o descrevem são G.107, G.108 e G.175 da ITU-T e o EG 201 050 do ETSI. Pelo fato do E-model ainda estar em processo de verificação e refinamento, pode fornecer resultados incorretos para algumas aplicações.

Para realizar o cálculo da qualidade, o E-model utiliza um método de planejamento da ITU-T denominado de “Impairment Factor Method” (IFM), descrito na recomendação G.113. O IFM basea-se no princípio de que os fatores que degradam a qualidade da transmissão podem ser transformados em “Fatores Psicológicos” [34] e somados formando o fator de degradação total da Rede.

O E-model calcula um elemento semelhante denominado de Fator de Avaliação (Rating Factor, R), que varia de 0 a 100, sendo que o valor máximo representa a excelência da qualidade. O Fator de Avaliação, R, pode ser transformado na métrica de qualificação MOS, Tabela 3.

TABELA 3: QUALIDADE DE SERVIÇO EM FUNÇÃO DO FATOR DE AVALIAÇÃO, R.

R	Qualidade	MOS
90 a 100	Excelente	5
80 a 90	Boa	4
70 a 80	Regular	3
60 a 70	Insatisfatória	2
< 60	Ruim	1

O E-model considera os seguintes fenômenos de degradação: Razão sinal ruído (elétrico e acústico); Fator de degradação devido transmissão (audibilidade, sidetone

e distorção de quantificação); Fator de degradação devido o atraso (inclui os efeitos do eco); Fator de degradação devido o CODEC; e Fator de correção da tecnologia utilizada (qualidade esperada em função da tecnologia estudada)

4. TIPHON

O TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network) é um projeto desenvolvido pelo ETSI que tem como objetivo assegurar que os usuários de serviços de voz baseado em redes IP consigam se comunicar com os usuários de telefonia tradicional (redes PSTN e celular) e vice versa.

Esse projeto estabelece padrões de qualidade de serviço tanto para a transmissão do sinal de voz quanto para o estabelecimento da chamada. A qualidade do serviço de estabelecimento da chamada é principalmente caracterizada pelo tempo de setup, ou seja, pelo tempo entre o comando gerado pelo usuário (por exemplo discagem de um número) e o recebimento do tone de resposta da rede.

O TIPHON considera que a qualidade da transmissão de voz é caracterizada principalmente pelo atraso fim-a-fim, que impacta diretamente na interatividade da conversação, e pela qualidade do sinal de voz. Já nas redes de pacotes outro fator de degradação do sinal relacionado ao atraso é o Jitter. O sistema TIPHON assume que o atraso fim-a-fim pode ser mantido fixo e que o jitter pode ser removido através da utilização de buffers.

O TIPHON não analisa as características dos dispositivos acústicos. O estudo é realizado considerando que as degradações causadas pelas características do aparelho (Atenuação do volume, sidetone) estão dentro dos valores adequados, não degradando o sinal. É considerado também que estes equipamentos são capazes de cancelar o eco apropriadamente.

A performance de uma rede IP varia com o tempo dependendo do trafego existente na rede. Assim, os terminais devem ser capazes de se adequar a esta variação de modo a manter a sua performance. Os fatores de degradação que afetam o funcionamento do terminal são a perda de pacotes e o jitter.

Quatro categorias de degradação foram definidas em função destes fatores, Tabela 4.

TABELA 4: CATEGORIAS DE DEGRADAÇÃO TIPHON

Categoria de degradação	Perda de Pacotes	Pico do jitter
Perfeita	Zero	0 ms
Boa	3%	75 ms
Média	15%	125 ms
Ruim	25%	225 ms

5. PROJETO DE REDE VPN

A. Cálculo da Banda Mínima necessária

Após verificar que os aplicativos de dados utilizados na rede funcionam em redes estatísticas, o passo seguinte do administrador de rede é determinar a banda mínima necessária ao transporte da voz e dos dados para cada ponto da rede. Observe que, dependendo do protocolo selecionado, o valor da banda mínima pode ser utilizado para determinar o valor da porta (interface física de entrada no backbone da operadora) ou da banda garantida (velocidade mínima garantida).

A banda necessária ao transporte de dados pode ser estimada seguindo as orientações do Gartner Group. [2]. Este grupo estabeleceu valores médios de banda por usuário em função do tipo da empresa e da aplicação, Tabela 5. Para calcular a banda necessária estima-se o número de usuários que estarão utilizando cada uma das aplicações em cada hora do dia, e em seguida, calcula-se a banda necessária para cada horário. A banda mínima necessária do site será igual a maior valor encontrada, porém o Gartner Group recomenda adicionar uma margem de 18% sobre o valor da banda calculado.

TABELA 5: BANDA MÉDIA POR APLICAÇÃO E USUÁRIO SEGUNDO O GARTHER GROUP

Empresa C	
Descrição da empresa	Aquelas que evitam despesas, são avessas a riscos e usam TI desde que com retorno financeiro no curto prazo
Consultas on-line	4,40
Correio eletrônico	2,36
Acesso a Intranet	2,36
Vídeo pela Web	56,00
Navegação na web	1,70

Para calcular a banda necessária ao transporte dos pacotes de voz é necessário calcular o número de canais de voz necessários entre cada dois pontos da rede, sendo que a banda necessária para o cálculo de voz pode ser calculada multiplicando-se o número de canais pela taxa de transmissão do CODEC. Este cálculo é uma aproximação, pois não considera o overheard da rede utilizada. Um cálculo mais preciso pode ser encontrado em [2].

O passo seguinte é definir a topologia de rede a ser utilizado: estrela, em malha ou mista. Esta escolha depende do interesse de tráfego entre os sites da rede e da estratégia de gerenciamento da rede. Com estas definições, o próximo passo do administrador de redes é solicitar as operadoras de telecomunicações propostas de prestação dos serviços de rede.

B. Análise de Propostas

Após receber as propostas, o administrador terá diante de si uma variedade de redes VPN com características e protocolos diferentes. Como comparar redes com características tão diferentes ?

A metodologia de análise proposta baseia-se nos princípios utilizado pelo E-model, de que os fatores de degradação da qualidade de transmissão podem ser transformados em “Fatores psicológicos” e podem ser somados aritmeticamente.

O método calcula uma nota para rede em função dos parâmetros de QoS da ITU-T e da TIPHON e dos custos de cada rede. A nota total da rede será igual à média ponderada da nota técnica e da nota de custo. Para cada um dos parâmetros de QoS será associada uma nota “MOS” em função das classes de serviços estabelecidos por estes órgãos, os quais a média ponderada das notas destes parâmetros constituirá a nota técnica do serviço

Este método considera:

- ✓ Os dispositivos acústicos (aparelhos telefônicos) estão dentro dos padrões de qualidade estabelecidos não sendo uma fonte de degradação do sinal de voz;
- ✓ Eco gerado pela conversão de 2 para 4 fios (ou vice versa) é perfeitamente cancelado por elementos existentes na rede de telefonia ou pelo gateway;
- ✓ As redes analisadas seguem a configuração de referência apresentada na Figura 1.
- ✓ Os parâmetros de qualidade são constantes para qualquer ponto da rede. Caso não sejam é necessário calcular um valor médio para rede.
- ✓ As redes analisadas possuem configurações semelhantes, ou seja, possuem os mesmos sites com velocidade de porta idênticos e banda garantidas próximos.

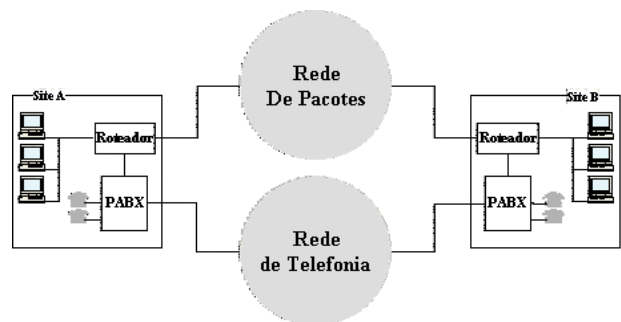


Figura 1: Figura de Referência

Os parâmetros analisados serão o Atraso fim-a-fim, Jitter, perda de pacotes e a qualidade do CODEC. Para definição das notas em função do atraso, do Jitter e da perda de pacotes serão utilizados os limites definidos pela ITU-T e ETSI e descritos na recomendação do ETSI TR 101 329 V1.2.5. Ambos documentos estabeleciam apenas 4 níveis

de serviço, sendo necessário criar mas uma quinto nível para cada parâmetro. A Tabela 6 apresenta as notas dos níveis do atraso, Jitter e perda de pacotes. A Tabela 7 apresenta a nota de alguns CODECS.

TABELA 6: NOTAS EM FUNÇÃO DO ATRASO.

Qualidade	NOTA	Atraso	Pico do Jitter	Perda de Pacotes
Excelente	5	< 15 ms	< 40 ms	< 1,5 %
Boa	4	< 150 ms	< 75 ms	< 3%
Regular	3	< 400 ms	< 125 ms	< 15%
Insatisfatória	2	< 600 ms	< a 225 ma	< 25%
Ruim	1	> 600 ms	225 ms	> 25%

Tabela 7: Notas MOS do CODEC

CODEC	Taxa de Bits (kbps)	MOS
G.711	48, 56 ou 64	4,2
G.723.1	6,4	3,9
G.726	32	4,3
G.728	16	4,0
G.729	8	4,0

A nota técnica da rede será a média ponderada das notas anteriores, formula (1).

$$N_t = \frac{P_a \cdot N_a + P_j \cdot N_j + P_p \cdot N_p + P_c \cdot N_c}{P_a + P_j + P_p + P_c} \quad (1)$$

Onde,

- N_t**: É a nota técnica da rede;
N_a: É a nota da rede no requisito atraso;
N_j: É a nota da rede no requisito pico do Jitter;
N_p: É a nota da rede no requisito Perda de Pacotes;
N_c: É a nota da rede no requisito CODEC;
P_a: Peso da nota N_a;
P_j: Peso da nota N_j;
P_p: Peso da nota N_p; e
P_c: Peso da nota N_c;

Como as operadoras não fornecem todos os parâmetros é necessário, algumas vezes, estimar alguns valores. Os pesos da fórmula são utilizados para aumentar a contribuição dos parâmetros confiáveis na nota técnica. Por exemplo, uma operadora consegue informar o atraso e a taxa de perda de pacotes mas não apresenta um valor preciso quanto ao Jitter. Ela informa o valor médio e máximo do atraso que são utilizados para calcular o jitter. Neste caso poderia adotar o peso da nota do atraso e da perda de pacotes igual a 2 e do Jitter igual a 1.

Não foi realizado nenhum estudo profundo para estabeleceros valores padrões dos pesos em função da

precisão dos parâmetros de degradação, mas deve-se ressaltar que durante uma análise estes valores devem ser constantes não variando de uma rede para outra analisada.

Com a nota técnica, deve-se em seguida calcular a nota de custo que será calculada através do processo de normalização, fórmula (2).

$$N_v = 5 \cdot \frac{C_{menor}}{C_{rede}} \quad (2)$$

Onde,

N_v: É a nota de custo da rede;

C_{menor}: É o menor custo apresentado entre todas as propostas; e

C_{rede}: É o custo da rede em análise.

A nota final da rede será calculada pela fórmula (3).

$$N_f = P_t \cdot N_t + P_v \cdot N_v \quad (3)$$

Onde,

N_f: É a nota finalda rede;

N_t: É a nota técnica da rede;

P_t: Peso da nota N_t, cujo valor varia de 0 a 1;

P_v: Peso da nota N_v, cujo valor varia de 0 a 1;

Os pesos da nota técnica e da nota de custos são utilizados pelo administrador de rede para determinar o grau de importância de cada um dos itens na escolha da rede. Se para a corporação o quesito qualidade técnica é mais importante que o custo, deve-se utilizar valores de peso técnico maiores que 60%, caso contrário, este valor deve ser menor que 40%. Em processo licitatório é comum encontrar o valor do peso técnico igual a 70% e do peso de custo igual a 30%.

Após utilizar as fórmulas e tabelas acima o administrador terá a nota de cada rede oferecida e escolherá aquela com maior nota, podendo mostrar aos seus superiores no que a sua decisão baseada, mantendo a transparência no processo de escolha.

6. EXEMPLO

Como exemplo será projetado uma rede ponto a ponto para um empresa de fabricação de moveis, que deseja interligar a fabrica com a sede da empresa. O prédio da fábrica abriga linha de produções de moveis, o setor de designer, parte da diretoria financeira e o pessoal de logística responsável pela distribuição das mercadorias. O escritório abriga toda diretoria da empresa, diretoria de recursos humanos, restante da diretoria financeira e a área de vendas, inclusive o showroom de vendas.

O interesse de tráfego de dados entre os dois sites é baixo, e se caracteriza apenas pela transferência de e-mail e de

pedidos de compra e venda, classificando a empresa como sendo do tipo C (Garther Group).

A Tabela 8 apresenta as características de cada site.

A empresa possui 120 funcionários, destes apenas 80 possuem acessos a computador, sendo que 20 usuários compartilham 10 máquinas.

TABELA 8: CARACTERÍSTICAS DOS SITES DO CASE 1

Site	Número de Funcionários	Número de Ramais	Número de computadores
Escritório	60	50	40
Fábrica	60	40	30

O Administrador de rede notou que o número de usuários ativos para cada um dos aplicativos utilizados eram constantes durante o dia, e correspondiam a 15% dos usuários para a consulta on-line (12 usuários), 10% dos usuários para o correio eletrônico (8 usuários) e 5% dos usuários para navegação na Web (4 usuários). Para calcular a banda mínima necessária considerou-se como número de usuário o número de máquinas disponíveis na rede. A partir das bandas médias por usuário e aplicação calculou-se a banda necessária para o transporte de dados, que é 92,6 kbps, Tabela 5.

O administrador não conseguiu determinar o tráfego em minutos entre os dois sites. Como não é possível um estudo baseado em Erlang, foi utilizada a relação de 10 ramais para 1 canal de voz. Nesta análise considerou-se o número de ramais existentes na fábrica, logo o número de canais necessários será igual a quatro. A Tabela 9 apresenta o cálculo completo da banda.

TABELA 9: CALCULO DA BANDA POR SITE DO CASE 1 – EMPRESA TIPO C

Aplicação	Banda por usuário (kbps)	Número de usuários ativos	Banda necessária por aplicação (kbps)
Consultas on-line	4,40	12	52,80
Correio eletrônico	2,36	8	18,88
Navegação na web	1,70	4	6,80
Canal de Voz	8	4	32,00
Total Sem Margem			110,48
Total Com margem de 18%			130,37
Banda definida pelo Administrador			128,00

TABELA 10: PROPOSTAS PARA REDE DO CASE 1

Operadora	Protocolo	Atraso	Jitter	Perda de Pacotes	CODEC	Custo
A	Frame Relay	34,53 ms	< 40 ms	< 1%	G.729	7.200
	IP e MPLS com QoS	37,5 ms	< 20 ms	< 1%	G.729	6.200
B	Frame Relay	70 ms	< 50 ms	< 2%	G.729	5.400
	Túneis sobre à Internet	200 ms	< 50 ms	< 2%	G.729	5.000

A **Figura 2** apresenta a configuração da rede projetada para Móveis e Decoração. Com estes dados o Administrador solicitou propostas a operados de telecomunicações que cujo o resumo é apresentado na Tabela 10.

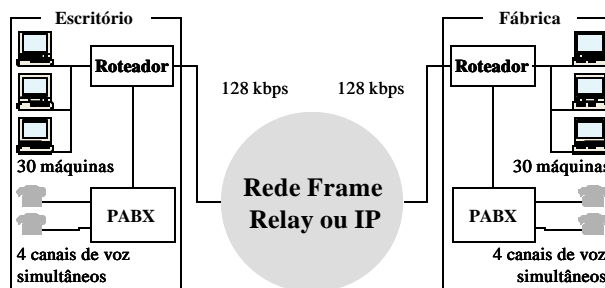


Figura 2: Topologia do Exemplo

Utilizando-se a Tabela 6 e Tabela 7 determinou-se as notas para cada parâmetro de qualidade, e calculou-se a nota técnica de cada rede pela fórmula (1), onde os pesos da nota do atraso, Perda de pacotes e Codec são iguais a 2 e o peso da nota do jitter é igual a 1. A nota de custo da rede foi calculada utilizando a fórmula (2).

A nota total da rede será calculada pela fórmula (3). Por ser uma empresa de médio porte, cuja rede é um apoio na produção, a importância do custo da rede é muito maior do que a qualidade, sendo assim o administrador definiu o peso da nota técnica igual a 30% e o peso da nota de custo igual a 70%. Os resultados estão apresentados na Tabela 11.

Para este caso a rede que apresenta a melhor relação custo x benefício é a rede baseada em túneis da operadora B.

TABELA 11: NOTAS DAS REDES PROPOSTAS PARA O CASE 1

Operadora	Protocolo	Pesos				Notas dos Parametros				Notas Finais		
		P _a	P _j	P _p	P _c	N _a	N _j	N _p	N _c	N _t	N _c	N _f
A	Frame Relay	2	1	2	2	4	5	5	4	4,43	3,47	3,76
	IP e MPLS com QoS	2	1	2	2	4	5	5	4	4,43	4,03	4,15
B	Frame Relay	2	1	2	2	4	4	4	4	4,00	4,63	4,44
	Túneis sobre à Internet	2	1	2	2	3	4	4	4	3,71	5,00	4,61

7. CONCLUSÃO

A convergência das redes de dados e voz é uma realidade que está apenas engatinhando. As alterações a serem realizadas nas redes serão profundas e mudarão a forma com que os usuários utilizam e enxergam a rede.

Neste ambiente, esta dissertação é apenas um facilitador que será utilizado no processo de convergência da rede. Ela não pretende responder todas as perguntas, apenas guiar os administrados durante o projeto de interligação de suas redes locais.

- ✓ Este trabalho é apenas o primeiro de muitos outros
- ✓ Adequação do E-model para ser utilizado em redes de pacotes;
- ✓ Incluir no E-model a influencia da utilização de mecanismos de controle trafego e QoS;
- ✓ Expandir o E-model para trabalhar com redes mistas (parte rede de circuito e parte rede de pacotes);
- ✓ Inclusão na metodologia de projeto os outros fatores de degradação descritos pelo E-model e não considerados;
- ✓ Realizar um mapeamento preciso entre os fatores de degradação e o índice MOS.

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] Embratel, Cartilha da Boa Banda do Business Link, Rio de Janeiro 2002
- [2] Barret, Kuis A. N. e Carvalho, Paulo H., Projeto de Redes de Voz Sobre IP, revista RTI, página 40, Junho de 2002.
- [3] Martins, Prof. Dr. Joberto, Qualidade de Serviço (QoS) em redes IP: Princípios básicos, Parâmetros e Mecanismos, 2002
- [4] Paulse, T. M., e Tucker, W. D. , Quality of Service abstraction for Voice in Next Generation Network,
- [5] The Internacional Engineering Consortium, Voice-Data Consolidation
- [6] The Internacional Engineering Consortium, Virtual Private Networks (VPNs)
- [7] The Internacional Engineering Consortium, Understanding Packet Voice Protocols
- [8] Hersent, Oliver, Guide, David e Petit, Jean Pierre, Telefonía Ip: Comunicação Multimídia baseada em pacotes, Editora Addison Wesley, São Paulo
- [9] Silva Jr., Elber Lopes da, Medição e avaliação da Qualidade do Tráfego na Internet, Distrito federal, 2000
- [10] ETSI Recommendation, EG 201 050 (V1.2.2 – 1999-02), Speech Processing, transmission and Quality Aspects (STQ): Overall Transmission Plan Aspects for Telephony in private Network
- [11] ETSI Recommendation, TS 101 300 (V 1.1.5 1998-12), Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); Description of Technical Issues
- [12] ETSI Recommendation, TS 101 329 (V 1.2.5 1998-10), Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General Aspects of Quality of Service (QoS)
- [13] ITU-T- Recommendation G.107(12/1998), Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks
- [14] ITU-T Recommendation G.108 (09/1999), Transmissin System and Media, digital System and Networks:
- [15] ITU-T- Recommendation G.175 (04/1997), Transmission Planning for Private/Public Network