

## **Análise de Falhas em Conexões sobre Tecnologia DSL**

*Rogério Luiz de Moraes*

Especialização em Redes e Segurança de Sistemas

Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Curitiba, março de 2010

### **Resumo**

*O objetivo deste trabalho é analisar falhas em conexões que utilizam tecnologia DSL para transmissão de dados, as quais diminuem o desempenho, causando falta de conectividade. A análise será realizada utilizando equipamentos e ferramentas apropriadas para medição de parâmetros e testes elétricos. O artigo irá descrever os resultados obtidos realizando práticas de detecção, diagnóstico e solução de falhas da camada física. Verificou-se a ausência de literatura aprofundada sobre o assunto, motivo de investigação desta obra, repassando ao leitor as diversas experiências.*

### **1. Tecnologia DSL.**

A tecnologia DSL é baseada na transmissão sobre pares de cobre, ela é capaz de melhorar o aproveitamento da capacidade oferecida por este tipo de meio de transmissão. O DSL fornece um acesso remoto de alta velocidade à Internet, redes corporativas e serviços on-line sobre uma linha telefônica comum.

Usando tecnologia DSL, o usuário possui um canal aprovado e seguro de comunicação entre seu modem e a central e o provedor de serviço. Os dados trafegam através da própria linha telefônica do assinante, diferente dos cabos de telefone e serviços de modem, onde a linha é compartilhada com outros assinantes. Na tecnologia DSL não é necessário discar para o provedor de serviços. Por esse motivo ela funciona permanentemente, assim como o telefone, isto é, não existe nenhum tempo desperdiçado com discagem ou esperando o serviço, a DSL sempre está pronto para o uso.

### **1.2 Motivações para o desenvolvimento do DSL**

Há anos, existia a previsão de que a maioria das residências seriam conectadas à Internet através de linhas de transmissão de alta velocidade. Pensava-se em realizar essa conexão através de fibras óticas, no entanto, o custo da substituição das linhas de cobre por fibra óptica é muito alto, inviabilizando a idéia para médio prazo. Tem se tornado evidente que a transição para fibra será gradual e de acordo com a demanda para esses serviços [1].

Em 1989, o laboratório Bell1 introduziu o conceito da tecnologia DSL, que utiliza as vantagens da transmissão digital e das técnicas de compressão. Com isso, é possível utilizar a infra-estrutura baseada em fios de cobre para permitir a transmissão de informação digitalizada a altas taxas e com custos razoáveis para as companhias telefônicas e também para os consumidores.

A idéia inicial partiu pensando que o usuário teria alta taxa de transmissão, para áudio e vídeo, por exemplo, somente em uma direção: da central para o assinante. Já a transmissão do assinante para a central iria ser requerida apenas para sinais de controle, como por exemplo, selecionar um menu, que podem ser transmitidos a taxas muito baixas. Considerando essa idéia, a transmissão assimétrica começa a crescer e ser utilizada [1].

## **2 Conceitos envolvidos na tecnologia DSL**

A conexão utilizando tecnologia DSL depende de vários fatores para seu bom funcionamento, a seguir veremos alguns conceitos envolvidos na tecnologia.

### **2.1 Largura de Banda**

A Internet evolui rapidamente, milhares de usuários desfrutam dos benefícios oferecidos pela grande rede de computadores, mas a Internet não poderia chegar a esse ponto se não fosse pela evolução da tecnologia rodando por trás. Muitas das pessoas que hoje usam a Internet iniciaram na conexão discada que hoje, o seu uso está restrito apenas àquelas que, por algum motivo, ainda não tiveram acesso a Internet Banda Larga.

### **2.2 Sincronismo**

Para existir sincronismo entre os equipamentos que estão na rede, o sinal gerado deve estar em conformidade entre o meio físico, o transmissor e o receptor. O receptor deve ser capaz de determinar o início e o fim da chegada dos sinais. É também necessário conhecer a duração de cada elemento do sinal. Após o sincronismo dos equipamentos que compõem a rede, os equipamentos estarão aptos a começar a transmissão, que pode assumir dois métodos diferentes denominados transmissão paralela e transmissão serial [8].

A transmissão paralela é a transferência simultânea de todos os bits que compõem o byte. Neste tipo de transferência pode existir interferência entre si, chamada de *crosstalk*. Quanto maior a distância, mais interferências existem. A transmissão serial é a transferência de um bit por vez, através de um único canal (linha) de transmissão. Cada bit de um byte é transmitido em seqüência, um após o outro.

### **2.3 Ruídos**

Ruídos são distorções ou interferências eletromagnéticas não desejadas que um sinal sofre quando transmitido. Eles são um dos principais responsáveis pelas limitações do desempenho de um sistema de comunicação, interferindo diretamente na transmissão dos dados. A linha cruzada é provocada pelo acoplamento indutivo entre dois fios que estão próximos um do outro. Às vezes, quando se fala ao telefone, pode-se ouvir outra conversação no fundo, o que se chama de linha cruzada [9].

Os ruídos podem ser divididos em térmico, diafonia e impulsivo. O ruído térmico é causado pelo movimento aleatório dos elétrons em um fio, e é inevitável. O ruído diafonia ocorre devido aos condutores estarem bem próximo (linha cruzada) e o ruído impulsivo ou rajadas são distúrbios elétricos externos, típicos em ambientes como fábricas e indústrias. Nas transmissões em telecomunicações e na engenharia elétrica existe um parâmetro de medição que sempre se deve levar em conta ao analisar uma conexão chamada de margem do ruído, que acontece quando um sinal excede a quantidade mínima para a operação apropriada. [9].

## 2.4 Atenuação

A linha de transmissão enfrenta um problema chamado atenuação que é a perda de energia, à medida que o sinal se propaga externamente. A perda pode ser expressa em decibéis por quilômetros. A quantidade de energia perdida varia em função da frequência [9].

Na transmissão digital, a distorção por atenuação é facilmente contornada, colocando-se repetidores que podem regenerar ou amplificar totalmente o sinal original; para tanto, a distância entre os repetidores não pode exceder o limite máximo imposto pelo meio físico utilizado. Os cabos com proteção melhor de encontro à atenuação podem permitir velocidades mais elevadas ou distâncias mais longas.

Na figura 1, mostra-se uma medição apresentada pelo roteador 3Com, da atenuação e a relação de sinal/ruído de uma conexão utilizando tecnologia ADSL. Conforme algumas operadoras que disponibilizam o serviço, os valores esperados são atenuação menor que 55dB e Margem de Sinal/Ruído (SNR) maior que 12dB.

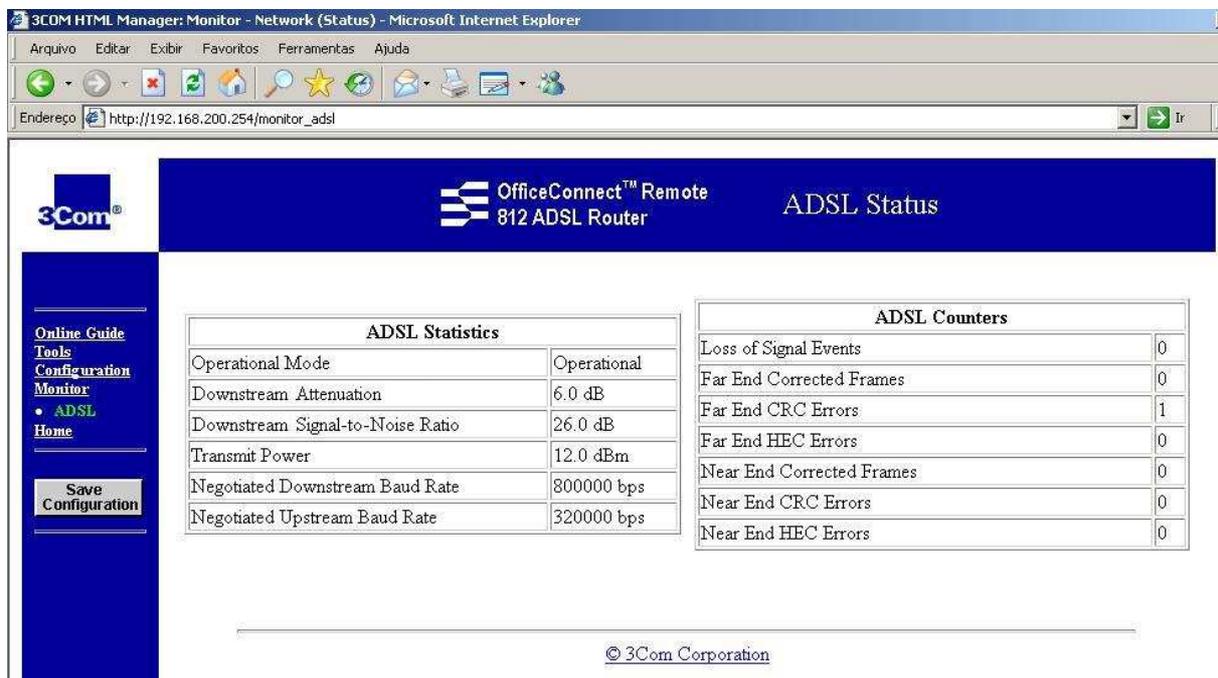


Figura 1: Medição Atenuação e Margem de Sinal Ruído

## 3. Linha de Assinante Digital Assimétrica – ADSL

Como o próprio nome já diz, é uma tecnologia assimétrica, isto é, não opera à mesma velocidade em ambos os sentidos. Usando-se ADSL podem ser obtidas taxas de transferência no sentido central - usuário (*downstream*) de até 8 Mbps, e de até 1 Mbps no sentido inverso, usuário - central (*upstream*). Essa operação assimétrica não se dá por limitação da tecnologia, como a que ocorre com o uso dos modems V.90, mas é intencional, pois a largura de banda da planta metálica foi intencionalmente distribuída de forma a privilegiar o sentido *downstream*. (4).

A tecnologia ADSL possui em sua operação, a característica de permitir o uso simultâneo da linha telefônica para conversação normal (ou mesmo transferência de dados usando modems convencionais, pois os canais de dados ADSL e o de voz são independentes.

Estudos sobre as plantas metálicas de países mostraram que em média mais de 80 por cento s linhas são passíveis de operar com ADSL [2].

A figura 2 mostra o esquema básico de ligação de uma solução de acesso à Internet baseada em ADSL:

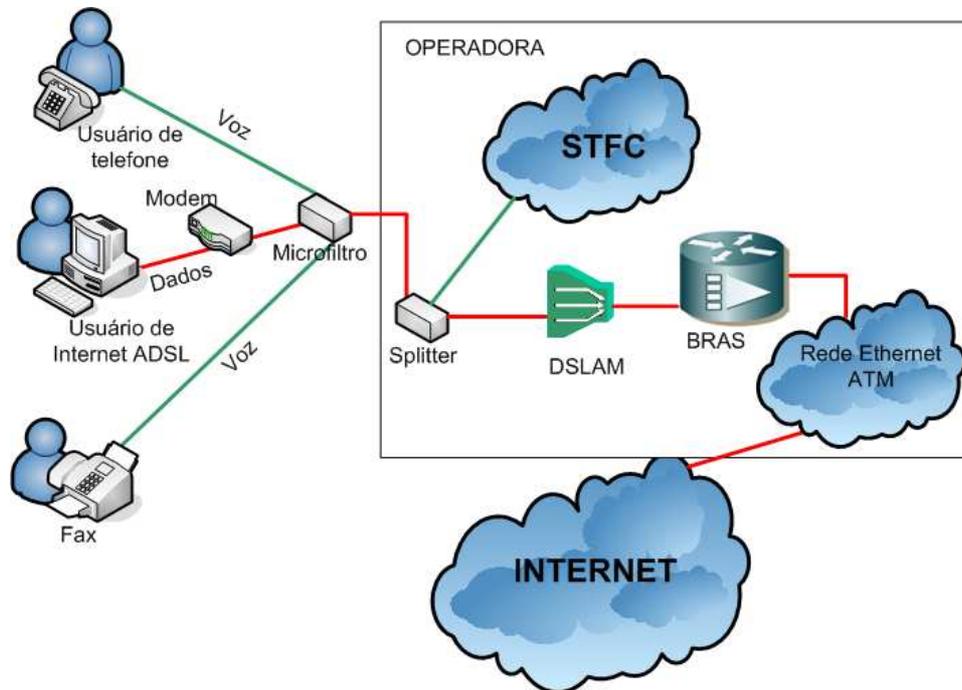


Figura 2: Estrutura Básica de um circuito, usando ADSL

A estrutura da conexão de um circuito ADSL é aparentemente parecida com a estrutura da conexão discada, por usar o mesmo meio de transmissão que é o par metálico de cobre, porém, utiliza equipamentos diferentes tanto na central telefônica como no assinante. A conexão é realizada de acordo com uma sequência de ações dos equipamentos:

- a. na central telefônica, o DSLAM libera o sinal ADSL ao mesmo tempo que o STFC libera o sinal de voz;
- b. os dois sinais, de frequências diferentes, são agrupados através do *splitter* e transmitidos através do par metálico até o assinante;
- c. no assinante, o sinal de ADSL e voz são divididos pelo micro-filtro, o sinal de ADSL, que possui maior frequência é redirecionado para o modem e o sinal de voz fica livre e desocupado para utilização da linha telefônica;
- d. o modem, ao identificar o sinal ADSL, realiza o sincronismo com o Multiplexador de Acesso à Linha Digital do Assinante (DSLAM);
- e. quando a sincronia entre modem e DSLAM esta estabelecida, o Serviço de Acesso Remoto de Banda Larga (BRAS) tem a responsabilidade de verificar a autenticação e liberar um endereço IP para o modem, realizando assim o encerramento do circuito, disponibilizando o acesso à Internet ao assinante.

### 3.1 Infra-Estrutura e Topologia de um circuito ADSL

O ADSL é uma rede projetada para operar em alta velocidade, exigindo um computador com hardware de interfaces especiais que trate de detalhes como o acesso ao meio de comunicação, transmissão e recepção dos dados, quadros e filtragem de endereços

sem usar a CPU. Esse equipamento é conhecido como adaptador de rede ou placa de interface de rede [3]. Porém o ADSL, para seu funcionamento, necessita de muitos outros equipamentos de rede que serão apresentados a seguir.

### 3.1.1 Multiplexador de Linha de Assinante Digital – DSLAM

Um DSLAM é um dispositivo da rede, geralmente localizado dentro da companhia telefônica, apesar de existirem também DSLAM externo para lugares mais afastados que ultrapassam o limite de 4.000 metros limitados pela tecnologia DSL. O DSLAM recebe sinais da linha múltipla do DSL e introduz esse sinal em uma linha de alta velocidade da espinha dorsal, que é o conjunto dos trajetos que as redes locais ou regionais conectam para à interconexão interurbana, usando técnicas de multiplexação. Dependendo do produto, os multiplexadores de DSLAM conectam linhas da DSL com alguma combinação do ATM, ou das redes IP ou redes Ethernet e tem como função concentrar o tráfego de dados das várias linhas com modem DSL e conectá-lo com a rede de dados.

A figura 3 mostra um DSLAM do fabricante Lucent com 16 placas de 48 e 24 portas por placa. Dessas 16 placas, duas são controladoras.



Figura 3: DSLAM Lucent de 14 Placas de assinantes e 2 controladoras

### 3.1.2 Microfiltro Passa Baixa

O Micro-filtro Passa Baixa é um equipamento que tem a finalidade de fornecer a proteção de aparelhos analógicos, como telefone, fax e fax modem, quando utilizados compartilhando de uma mesma linha com um modem ADSL. Os sinais transmitidos por um modem ADSL entre o lado remoto do assinante e a Central Telefônica pode causar algum tipo de impacto na comunicação como chiados e variação do volume, entre os aparelhos analógicos se os mesmos estiverem compartilhando a mesma linha de transmissão. Da mesma forma, sinais gerados por aparelhos de telefone, fax e outros podem interferir na qualidade de transmissão de equipamentos ADSL causando a degradação de seu desempenho. Deve ser colocado entre o aparelho de telefone, máquina de fax, ou qualquer outro equipamento analógico conectado à linha telefônica e a própria linha.

O micro-filtro trata-se de um filtro passivo, que opera na faixa de frequência dos sinais trocados por aparelhos de telefonia analógicos em geral. A figura 4 apresenta a atuação do filtro em uma linha ADSL, separando os dois sinais.

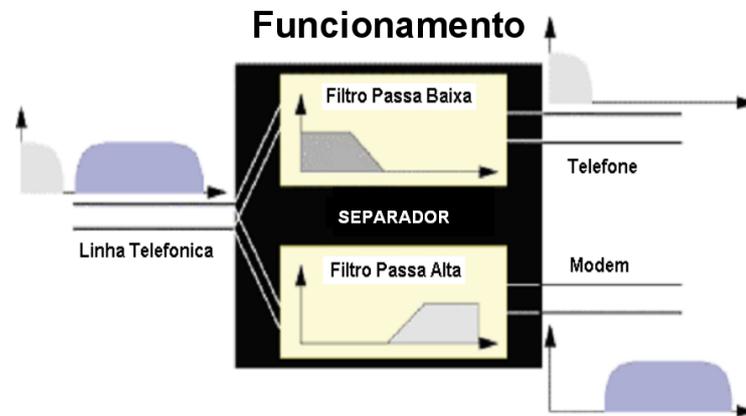


Figura 4: Funcionamento do Micro-Filtro passa Baixa

### 3.1.3 Modem ADSL

O modem é responsável pela conversão dos sinais digitais para outro apropriado para a transmissão ou vice-versa. O modem ADSL não é diferente, ele converte o sinal analógico que é transmitido através do par metálico de cobre para um sinal digital. O modem ADSL divide o sinal recebido em três partes, como mostra a figura 5 [1]:

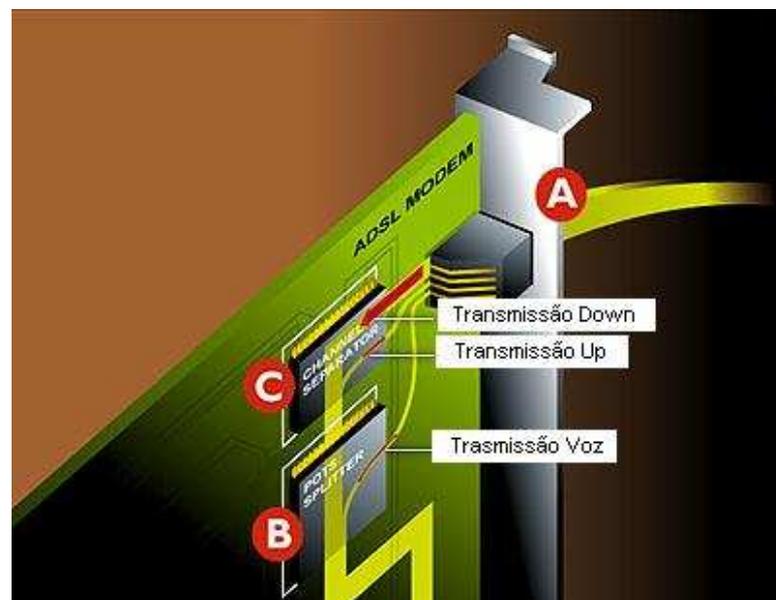


Figura 5: Funcionamento do modem ADSL

- a. O modem ADSL de seu computador conecta a uma linha de telefone analógica padrão.
- b. Voz e Dados: Um modem ADSL tem um chip chamado "POTS *Splitter*" que divide a linha telefônica existente em duas partes: um para voz e um para dados. Voz viaja nos primeiros 4kHz de frequência. As frequências mais altas (até 2MHz, dependendo das condições da linha, densidade do fio metálico e distância) são usados para tráfego de dados.

c. Dividida Novamente: Outro chip no modem, chamado "*Channel Separator*", divide o canal de dados em duas partes: um maior para download e um menor para o *upload* de dados.

#### 4. Estudo de Caso

Este trabalho teve como objetivo analisar o desempenho de diferentes ambientes residenciais e corporativos que utilizam tecnologia DSL, em serviços de comunicação de dados ou Internet. Através de equipamentos e ferramentas de diagnósticos de falhas, foi realizado um levantamento dos problemas mais comuns que ocorrem nos assinantes e quais ações foram tomadas para a solução desses defeitos.

Para realização dos estudos, foram seguidas as etapas relacionadas na figura 6 e foram elaborados de acordo com [7]. Primeiramente é realizada uma análise do ambiente do assinante, verificando possíveis problemas de infra-estrutura. O segundo passo é realizar o levantamento do problema através da descrição das falhas e dos sintomas percebidos pelo assinante. Na terceira etapa, é realizado o levantamento dos sintomas reais do problema, com base no relato do assinante na etapa anterior. A quarta etapa visa verificar os sinais que podem levar ao problema, elaborando um pré-diagnóstico do defeito. Com o pré-diagnóstico concluído, são realizados testes para a confirmação do problema seguido da solução do mesmo.

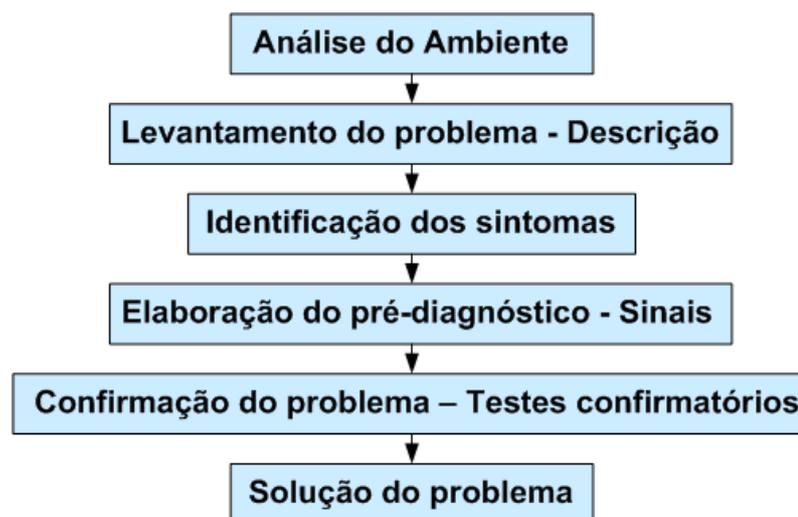


Figura 6: Etapa dos Estudos de Caso

#### 4.1 Problema de Nível Físico

Neste item encontram-se dois estudos de caso com problemas relacionados à camada física que podem ocorrer em uma rede ou circuito ADSL. O primeiro foi realizado em ambiente residencial e o segundo em ambiente corporativo.

##### 4.1.1 Estudo de Caso I

O Estudo de Caso I foi realizado em um ambiente residencial utilizando linha ADSL. Verificando o ambiente ilustrado na figura 7, levantou-se que, externamente, o cabo telefônico está chegando a casa do assinante através de dutos subterrâneos, a instalação destes

duto serem comuns em residências mais antigas e com o passar do tempo, com a umidade acabam oxidados, ficando difícil a manutenção e troca dos cabos. No ambiente interno, o assinante possui três pontos de tomadas telefônicas, dois estão sendo utilizadas por aparelhos telefônicos, sendo um deles sem fio e outro convencional e o terceiro ponto utilizado pelo modem roteador ADSL DLink500.

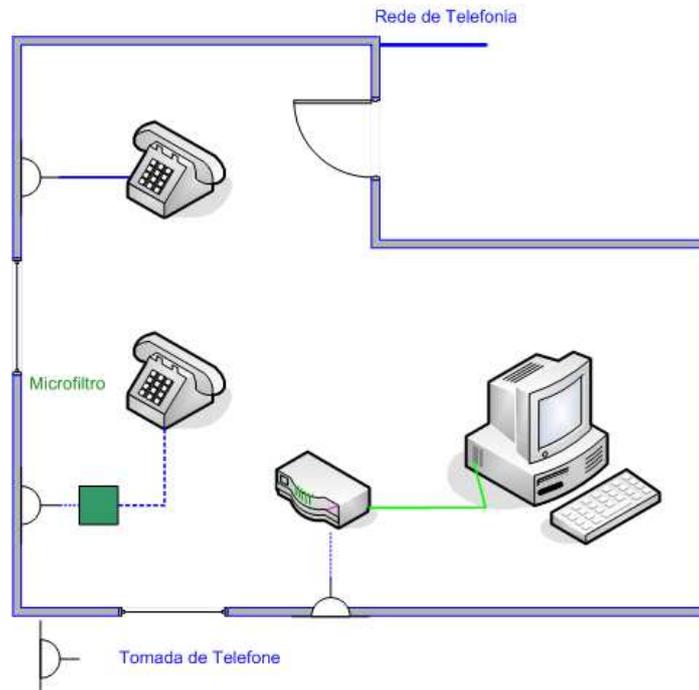


Figura 7: Estudo de Caso I – Ambiente Residencial

### I) Descrição do Problema

Assinante informa que sua Internet apresenta lentidão após alguns minutos de uso e, com o passar do tempo o modem perde o sinal de sincronismo. É necessário reiniciá-lo, esperar alguns minutos para voltar a operar normalmente porém, funciona por mais alguns minutos e o problema volta a acontecer.

### II) Sintomas

Lentidão, chegando à falta de conectividade.

### III) Sinais

Através do status do sinal ADSL fornecido pelo modem, foi constatado elevado índice de erros de verificação de redundância cíclica (CRC) e SNR baixo conforme identificado na figura 8. O valor igual ou maior que 12 dB é o mínimo para que o SNR esteja dentro da medição esperada e a linha qualificada para o serviço.

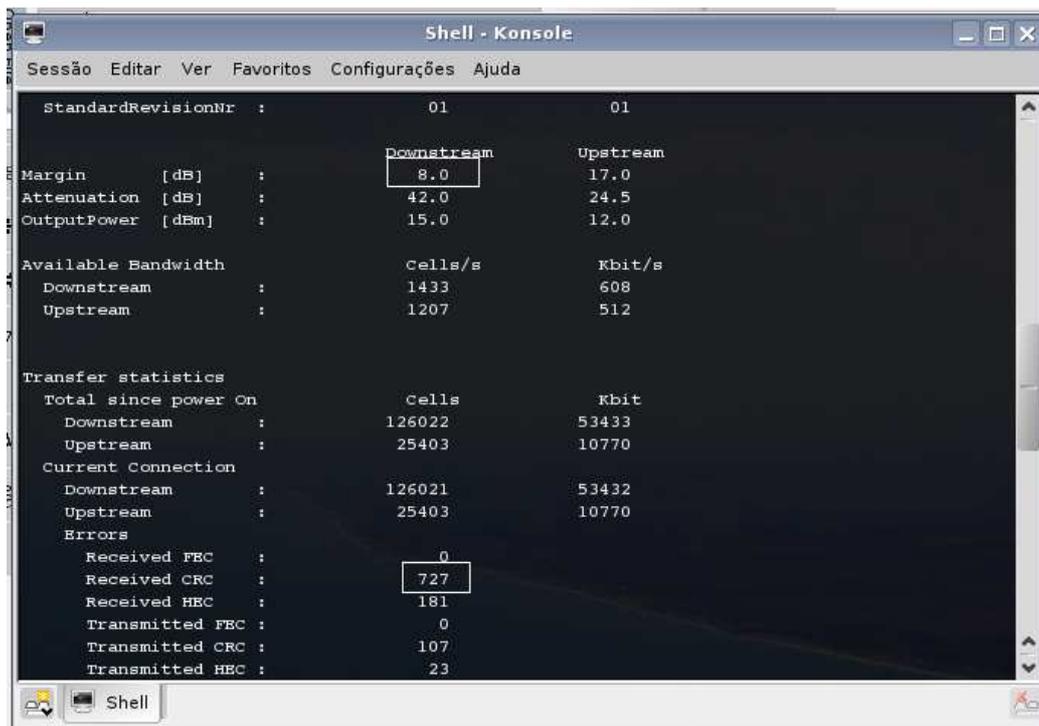


Figura 8: Status de Sinal ADSL

#### IV) Testes Confirmatórios

Erros de CRC acontecem, devido à interferências nos cabos. Nesse caso, verificou-se que o aparelho telefônico sem fio não estava conectado a um micro-filtro, ocasionando ruídos na linha, esse ruído não é perceptível ao ouvido humano, pois os telefones sem fio já possuem um filtro anti-ruído. Se um aparelho convencional fosse conectado sem filtro, um ruído muito forte seria percebido na linha, impossibilitando o uso da linha para voz. Mesmo não ouvindo ruídos no aparelho telefônico, estão na linha e são escutados pelo modem. O círculo ilustrado na figura 9 define onde exatamente deveria ser conectado o micro-filtro para solução do problema.

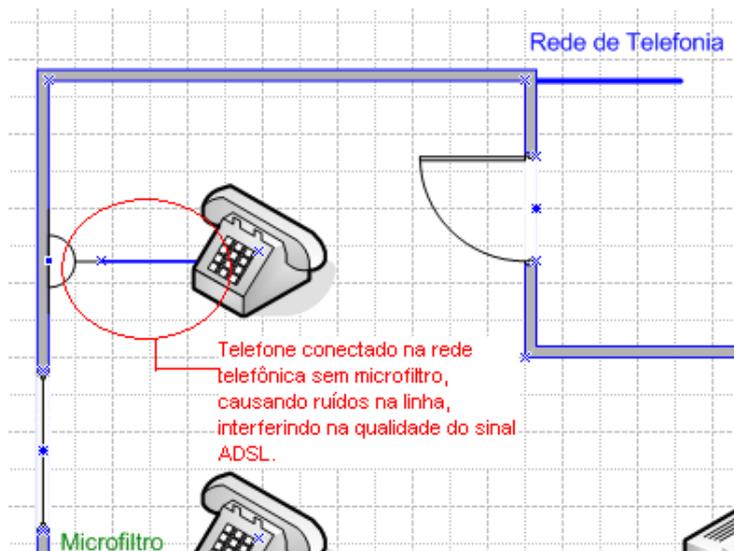


Figura 9: Estudo de Caso I – Local do defeito

## V) Solução

Aparelho de telefônico sem fio foi conectado a um micro-filtro. Os erros de CRC estabilizaram e o SNR subiu para 32 dB, como mostra a figura 10.

```
Telnet 10.0.0.138
Margin [dB] : Downstream 28.5 Upstream 17.0
Attenuation [dB] : Downstream 43.0 Upstream 25.0
OutputPower [dBm] : Downstream 16.5 Upstream 12.0

Available Bandwidth : Cells/s Kbit/s
Downstream : 2415 608
Upstream : 1207 512

Transfer statistics
Total since power On : Cells Kbit
Downstream : 7062754 2994288
Upstream : 1303255 552580
Current Connection :
Downstream : 7062642 2994288
Upstream : 1303255 552580
Errors
Received FEC : 0
Received CRC : 0
Received HEC : 0
Transmitted FEC : 0
Transmitted CRC : 32
Transmitted HEC : 25
```

Figura 10: Status do Sinal ADSL após solução do defeito

### 4.1.2 Estudo de Caso II

O Estudo de Caso II foi realizado em ambiente corporativo que usa tecnologia ADSL com velocidade assimétrica de 800/320 Kbits. Empresa de pequeno porte, situada no terceiro andar de um prédio de cinco andares. Possui uma rede de trinta computadores e dois servidores. Um dos servidores é usado como Firewall e está conectado a um modem roteador ADSL 3Com 812. A linha telefônica chega até o modem através de cabeamento estruturado, vindo do Distribuidor Geral do prédio onde são instaladas as linhas da operadora. A linha ADSL é usada apenas para o serviço de Internet, não sendo utilizada para voz, desta forma, não necessitando de instalação do microfiltro nos aparelhos ou na central telefônica. A figura 11 ilustra o ambiente analisado no estudo de caso II.

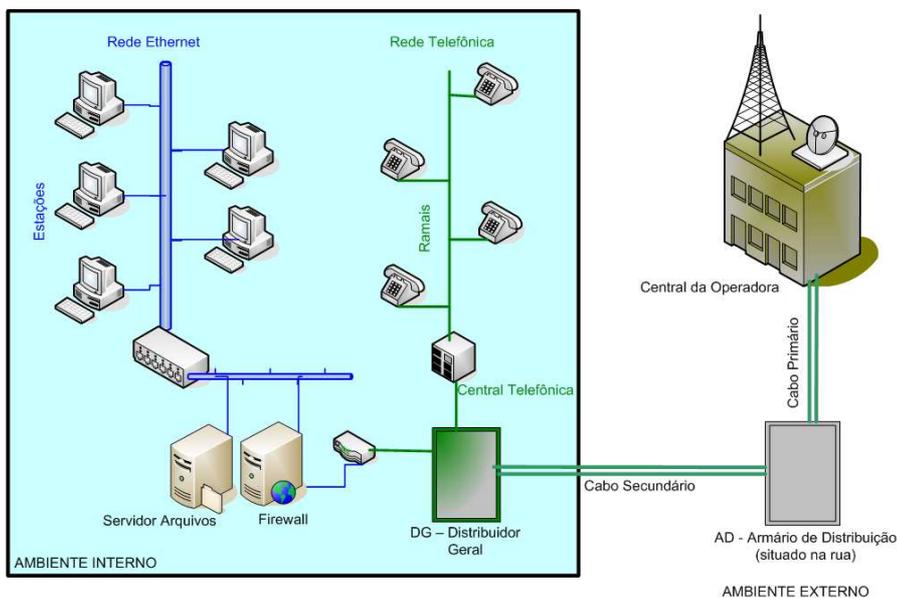


Figura 11: Estudo de Caso II – Ambiente Corporativo

## I) Descrição do Problema

O gerente de rede da empresa informou que sua conexão fica instável, o sincronismo do modem com a central é interrompido várias vezes por dia, ocasionando um grande transtorno para os usuários da rede. Usuário já realizou troca do equipamento e verificação de sua rede interna de telefonia a procura de oxidação ou emendas. Conforme relatório emitido por técnico particular da empresa não foram encontrados problemas de rede de telefonia interna.

## II) Sintomas

Falta de conectividade, queda do sincronismo do modem ADSL com o DSLAM.

## III) Sinais

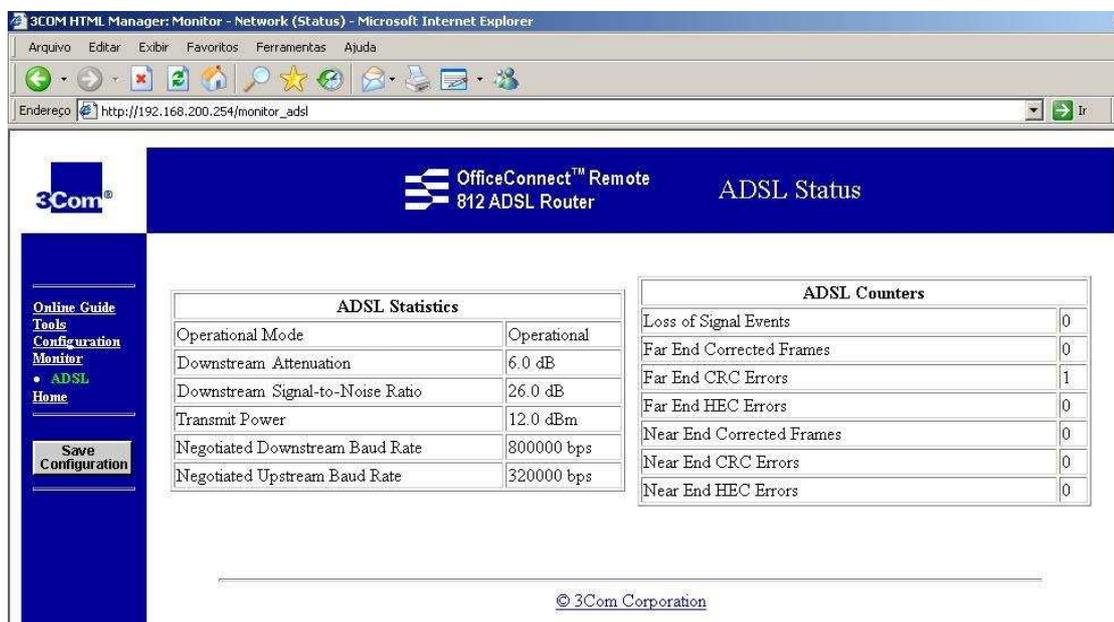


Figura 12: Status do Sinal ADSL informado pelo modem 3Com.

Como no estudo de caso anterior, foram verificados primeiramente os parâmetros do sinal ADSL através do status fornecido pelo modem ADSL como mostra a figura 12. Nota-se que a Atenuação está em 6 dB e a Margem de Sinal ruído em 26 dB, qualificando a linha para o uso do ADSL. Os resultados da medição acusaram que o sinal de ADSL está dentro dos parâmetros esperados, qualificando-a para o uso de ADSL. Porém mesmo com a qualificação, o problema persiste, sendo necessário realizar testes mais completos em toda a linha do assinante, desde o distribuidor geral do prédio até a central telefônica da operadora.

## IV) Testes Confirmatórios

Neste estudo de caso, foi verificado que toda a estrutura interna do assinante está em boas condições. Por esse motivo, os testes passaram a ser realizado em campo, ou seja, na estrutura da operadora de telefonia. Como o ADSL utiliza o par metálico para transmissão, foram utilizados aparelhos para realização de medições em fios de cobre como megômetro e analisador de

linha, (figura 13 e figura 14) que são equipamentos apropriados pra diversos tipos de medições, entre elas podemos destacar as medições realizadas na área de telefonia, em cabos metálicos de cobre, meio por onde trafegam os dados que usam tecnologia DSL.

a) Megômetro



Figura 13: Megômetro Modelo ITTKM-920

O megômetro tem a mesma função do ohmímêtro, que é a de medir resistência, porém o megômetro pode medir altas resistências que o ohmímêtro não consegue medir. Ao contrário do multímetro com escala de ohmímêtro que utiliza apenas uma pilha de 9v, o megômetro produz uma alta tensão para vencer a grande resistência do componente e determinar pela corrente produzida o quanto vale a resistência do componente medido. O megômetro pode ser usado para determinar a isolação dos cabos telefônicos. Proporciona medições confiáveis, seguras e precisas de isolamento de até 10.000.000 MOhms. [6]:

b) Analisador de Linha



Figura 14: Analisador de Linha Wise TSW400DSL2+

Analisadores de linhas são utilizados para instalação, manutenção ou reparo dos serviços de ADSL, ADSL2 e ADSL2+. O analisador de linha permite verificar e certificar linhas que utilizam tecnologia ADSL. Verifica a velocidade e a qualidade da conexão. O equipamento possibilita a identificação de problemas de conectividade entre o assinante ADSL e a Internet ao estabelecer uma conexão PPP e utilizar os testes de *ping* e navegação. Dentre outras funcionalidades, estão a identificação do protocolo (PPPoE ou PPPoA), exibição do endereço IP recebido durante a fase de autenticação e a medida da taxa de

download. O Analisador de Linha Wise TSW400DSL2+ possui as seguintes características de acordo com [10]:

- a. velocidade estabelecida na negociação para transferência de dados *downstream* e upstream;
- b. velocidade máxima em que é possível estabelecer as conexões *downstream* (sentido central - assinante) e upstream (sentido assinante - central);
- c. margem de relação sinal/ruído;
- d. atenuação;
- e. histograma do número de bits por canal para *downstream*, para upstream e da margem de relação sinal/ruído por canal;
- f. padrão em que foi estabelecida a conexão;
- g. contadores de anomalias e falhas;
- h. capacidade de armazenagem de resultados de 10 testes consecutivos na memória;

### c) Psofômetro

O psofômetro é um equipamento que tem a finalidade de executar medições básicas no par de fios de cobre que interliga central e o assinante. Equipamento muito completo pois testa linhas DSL, incluindo voz, ISDN e HDSL. Entre outras facilidades, o psofômetro possui a de ser conectada a linha telefônica (com RJ11), em teste onde gera e recebe níveis e frequência e mostra parâmetros a fim de qualificar a linha requerida.

O psofômetro MT-3000 possui as seguintes características de acordo com [6]:

- a. possui oito (8) frequências pré setadas sendo quatro (4) para VF e quatro (4) para DSL;
- b. mede frequência de até 300KHz;
- c. mede Níveis entre -60 dBm e + 14 dBm;
- d. gera Níveis entre -20 dBm e + 13dBm;
- e. medição de ruído com filtro psofométrico;
- f. display de cristal liquido de 3 1/2 dígitos, 0.5";
- g. possui um LED com indicação de bateria fraca.

### V) Solução

Através da medição da resistência de isolamento do cabo, realizado pelo megômetro, constatou-se que o par metálico no qual a linha do cliente estava conectada, não estava em boas condições para usar em transmissões de dados, somente para voz, sendo necessário conectar a linha do assinante em outro par que apresentou medições dentro dos parâmetros esperados.

Após a troca do par metálico, assinante foi monitorado por cinco dias, total de 120 horas e nesse período em nenhum momento o modem perdeu a sincronia, assim sendo, o defeito foi solucionado.

## 5. Considerações Finais

Hoje no mercado existem várias soluções para comunicação de dados e Internet, porém pela disponibilidade e custos as empresas estão optando pelas tecnologias xDSL, que são promissoras pelo fato de disponibilizarem grande largura de banda para o usuário sem a necessidade de grandes investimentos em equipamentos. Para as operadoras de telecomunicações e provedores de serviços, a tecnologia xDSL é muito interessante, pois a rede de cabos metálica já existente pode ser aproveitada. Com a desregulamentação do setor

de telecomunicações no Brasil, as operadoras começaram a disponibilizar serviços novos e diferenciados, sendo o ADSL e HDSL os mais recentes e utilizados. Com a facilidade no acesso e alta velocidade disponível, novas oportunidades de negócios surgem em diversos setores. Conhecer a infra-estrutura da tecnologia, principalmente no usuário final, sendo ele residencial ou empresarial, é extremamente importante, pois ajuda o administrador da rede a diagnosticar e solucionar com mais rapidez e eficácia problemas simples, que influenciam diretamente no desempenho da transmissão de seus dados.

## Referências

- [1] ABUSAR. Associação Brasileira de Usuários de Internet Rápida. 2007. Assuntos referentes Tecnologia DSL. Disponível em: <<http://www.abusar.org>>. Acesso em: Acesso em 25 Jan. 2007.
- [2] BAY, E. Digital Subscriber Line. In: Digital Subscriber Line. Florianópolis: UFSC/UDESC, 2001.
- [3] COMER, D. E. Redes de Computadores e Internet: Transmissão de Dados, Ligação Inter-Redes, Web e Aplicações. São Paulo: Bookman, 2007.
- [4] CYCLADES, B. Guia Internet de Conectividade. São Paulo: Senac, 2000.
- [5] DSL, F. Fórum DSL. 2007. Assuntos referentes Tecnologia DSL. Disponível em: <<http://www.dslforum.org>>. Acesso em: Acesso em 02 Fev. 2010.
- [6] INSTRUTEMP. Instrutemp Instrumentos de Medição. 2007. Equipamentos para medição. Disponível em: <<http://www.instrutemp.com.br>>. Acesso em: Acesso em 01 Fev 2010.
- [7] LOPES, e. a. R. V. Melhores Práticas para Gerência de Redes de Computadores. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- [8] SILVEIRA, J. L. Comunicação de Dados e Sistemas de Teleprocessamento. São Paulo: Makron Books, 1991.
- [9] TANENBAUM, A. S. Redes de computadores. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- [10] WISE. Wise Indústria de Telecomunicações. 2007. Equipamentos para medição. Disponível em: <<http://www.wi.com.br>>. Acesso em: Acesso em 01 Fev. 2010.