

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CURITIBA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA – DAELN
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM TELEINFORMÁTICA E REDES DE
COMPUTADORES**

OUTROS TRABALHOS EM:

www.projetoderedes.com.br

Expansão de rede Gigabit Ethernet

**CURITIBA
2011**

FRANCISCO ANTONIO MENEGOTTO

Expansão de rede Gigabit Ethernet

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Teleinformática e Redes de computadores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas

**CURITIBA
2011**

RESUMO

MENEGOTTO, Francisco A. **Expansão de rede Gigabit Ethernet**. 2011. 58 f. Monografia de Especialização – XIX Curso de Especialização em Teleinformática e Redes de Computadores, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

Neste trabalho será explorada a expansão de uma rede Gigabit Ethernet de uma empresa operadora que fornece serviços de trânsito de rede e internet. Para tanto será apresentado um cenário real de uma rede Gigabit Ethernet em uma região em determinado momento, e a mesma rede após dois anos. Esta rede é baseada em switch (*switched network*) contendo um roteador instalado numa cidade e switches Gigabit Ethernet instalados em cidades da região, atendendo aos clientes que contratam serviços IP da operadora. A interligação dos equipamentos é feita por fibra óptica. Na rede há uso de VLANs que são configuradas em todos os switches instalados, permitindo redundância de tráfego caso ocorra queda de um enlace. Para evitar loop na rede, é utilizado o protocolo Spanning Tree (STP). Com o aumento de equipamentos, clientes e demanda a tabela MAC, o tráfego de pacotes broadcast nos enlaces e o uso de CPU dos switches aumentam. Dependendo da limitação da tabela MAC do switch alguns endereços MAC desaparecem da tabela e alguns computadores perdem comunicação com o gateway. A solução geralmente é limpar a tabela de MAC do switch de acesso. Em alguns casos determinadas VLANs são apagadas do switch. Uma sugestão para redução destes problemas é a segmentação da rede. Com menos switches ativos e clientes atendidos em cada rede Giga, as tabelas MAC dos switches, o tráfego de broadcast e colisões na rede e o uso de CPU dos equipamentos diminuem e a convergência do STP torna-se mais rápida.

Palavras chaves: Tabela MAC. STP. VLAN. Switch. rede Gigabit Ethernet.

LISTA DE SIGLAS

| | |
|---------|--|
| ARP | Address Resolution Protocol |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronic Engineers |
| LAN | Local Area Network |
| MAC | Media Access Control |
| OSI | Open Systems Interconnection |
| POP | Point of Presence |
| STP | Spanning Tree Protocol |
| VLAN | Virtual Local Area Network |
| VLAN ID | Identificação de VLAN |
| VID | VLAN ID |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 | INÍCIO E CRESCIMENTO DE REDES..... | 10 |
| 2.1 | Compartilhamento de Recursos..... | 10 |
| 2.2 | Creascimento das redes de computadores | 10 |
| 3 | REDES E COMUNICAÇÃO ENTRE EQUIPAMENTOS..... | 12 |
| 3.1 | LAN..... | 12 |
| 3.2 | Domínio de Broadcast | 13 |
| 3.3 | Redes Ethernet..... | 13 |
| 3.4 | Endereço MAC | 13 |
| 3.5 | Encapsulamento de dados..... | 14 |
| 4 | COMUTAÇÃO E SWITCHES | 15 |
| 4.1 | MAC Address Table..... | 15 |
| 4.2 | Construção da tabela MAC | 15 |
| 4.3 | Hubs e Switches | 16 |
| 5 | LOOP DE REDE | 17 |
| 5.1 | Redundância de enlace | 17 |
| 5.2 | LOOP..... | 17 |
| 5.3 | Problemas ocasionados pelo LOOP de rede..... | 17 |
| 5.4 | Consequências de LOOP de rede | 18 |
| 5.5 | Processo de inibição de LOOP na rede | 19 |
| 5.5.1 | Protocolo Spanning Tree | 19 |
| 5.5.2 | Funcionamento do STP | 19 |
| 5.6 | Uso da CPU do switch..... | 20 |
| 6 | VLAN..... | 21 |
| 6.1 | Uso de VLAN..... | 21 |
| 6.2 | Características e vantagens e do uso de VLAN..... | 22 |
| 6.3 | Identificação de VLAN – Cabeçalho do endereçamento IP..... | 22 |
| 6.4 | IEEE 802.1q | 22 |
| 6.5 | Número máximo de VLANs possíveis em uma rede | 23 |
| 6.6 | Tipos de pacote..... | 24 |
| 6.7 | Enlaces de rede | 24 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6.7.1 | Enlace de Acesso | 24 |
| 6.7.2 | Enlace de Transporte | 25 |
| 6.8 | Marcação do pacote com VLAN | 25 |
| 6.9 | Comunicação de computadores em VLANs diferentes – Roteamento | 26 |
| 7 | EXEMPLOS DE INTERFACE LÓGICA E VLAN | 27 |
| 7.1 | Exemplo 1: Setores de uma empresa | 27 |
| 7.2 | Exemplo 2: Rede Gigabit Ethernet de uma empresa operadora de serviços | 28 |
| 8 | TABELA MAC DE SWITCH E VLAN | 30 |
| 9 | DESENVOLVIMENTO | 32 |
| 9.1 | Apresentação da rede Gigabit Ethernet de uma operadora | 32 |
| 9.1.1 | Resumo das características da rede Gigabit Ethernet da empresa operadora | 33 |
| 9.2 | Cenário e expansão de uma Rede Gigabit Ethernet | 34 |
| 9.2.1 | Cenário de uma rede Giga da operadora em 05/2009 | 34 |
| 9.2.2 | Cenário da rede Gigabit Ethernet da operadora em 05/2011 | 35 |
| 9.3 | Aumento do uso de banda | 35 |
| 9.4 | Aumento do tráfego de broadcast | 37 |
| 9.5 | Aumento de uso de CPU dos switches | 38 |
| 9.6 | Tabela MAC dos switches com utilização de VLAN | 39 |
| 9.7 | Replicação de endereço MAC em rede baseada em switch e VLAN | 39 |
| 9.7.1 | Exemplo prático de replicação de endereços MAC | 40 |
| 9.7.2 | Aumento do tamanho da tabela MAC dos switches | 40 |
| 9.8 | Tabela MAC de switch contendo milhares de endereços | 41 |
| 9.9 | Diminuindo a tabela MAC dos switches | 41 |
| 9.10 | Problema encontrado com tabela MAC grande | 41 |
| 9.11 | Problema encontrado na convergência do STP | 43 |
| 9.12 | Sugestão para reduzir problemas de expansão de rede Gigabit Ethernet | 43 |
| 9.12.1 | Segmentação da rede Gigabit Ethernet | 43 |
| 10 | CONCLUSÃO | 46 |
| 11 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 47 |
| | ANEXOS | 48 |

1 INTRODUÇÃO

Redes de computadores são utilizadas para permitir compartilhamento de recursos, dados entre empresas, entre filiais de uma mesma empresa e acesso de usuários a determinados serviços oferecidos. Tais dados compartilhados podem ser conhecimento distribuído a pessoas físicas, negócios envolvidos entre empresas ou informações de filiais de uma empresa para sua matriz. Redes de computadores vieram para melhorar a eficiência de troca de informações e fornecimento de serviços. Serviços como acesso a dados bancários por terminal eletrônico, redes sociais virtuais, sinal de TV (IPTV), telefonia e acesso à internet utilizam acesso físico e lógico em redes de computadores. Muitos destes dados necessitam de acesso de alta velocidade, como as redes Gigabit Ethernet.

Para disponibilizar acesso físico e lógico aos serviços citados existem as empresas operadoras que oferecem serviços de rede. Algumas operadoras, por exemplo, as de telefonia celular, contratam outras empresas operadoras que disponibilizam seu meio físico de rede, transportando do sinal de telefonia a determinadas áreas geográficas, aumentando o número de usuários atendidos.

Com o aumento da demanda as operadoras necessitam realizar expansões em suas redes, seja aumentando a área geográfica atendida ou a disponibilidade de banda de acesso.

As empresas operadoras possuem geralmente um *backbone*, que é a base da rede. Dependendo da área de atendimento, o *backbone* é dividido logicamente em redes Gigabit Ethernet. Redes Gigabit Ethernet são assim chamadas devido à banda física de conexão aos equipamentos da rede e ao protocolo de comunicação da camada 2 do Modelo OSI utilizado. Geralmente estas redes começam pequenas e passam por expansão. Um exemplo de configuração física de uma rede Gigabit Ethernet é a instalação de um roteador em uma cidade e a distribuição de switches em cidades vizinhas. Desta forma é possível realizar

atendimento em determinada área geográfica, fazendo interligação destes equipamentos através de fibra óptica como conexão física.

Neste modelo de rede é necessária a utilização de VLANs (IEEE 802.1q), redundância de enlace de acesso e protocolos que evitam loop na rede, como o Spanning Tree Protocol (IEEE 802.1d).

A utilização de VLANs permite diminuir o tamanho do domínio de broadcast, aumentar a segurança da rede e o compartilhamento do mesmo meio físico por diferentes clientes. A rede torna-se flexível, sendo a rede lógica independente da rede física.

Uma LAN é um domínio de broadcast e os computadores nela existentes trocam informações entre si, através de frames que possuem o endereço MAC dos equipamentos de origem e destino. A utilização de VLANs cria vários domínios de broadcast na rede.

O switch é um comutador de rede. Este dispositivo utiliza as informações de endereço MAC contidas no cabeçalho do endereçamento IP para encaminhar os pacotes (*frames*) aos destinos corretos. A tabela MAC contém a relação dos endereços MAC dos equipamentos e em qual interface do switch estão conectados os computadores da rede.

O uso de VLANs na rede aumenta o tamanho da tabela MAC dos switches. Além das interfaces, a tabela MAC passa a conter a informação de qual VLAN está associado o endereço MAC aprendido em sua interface.

O protocolo STP é necessário nos switches em redes que possuem redundância de enlace (*link*). O objetivo do protocolo é evitar LOOP na rede. Sua atuação consome processamento do switch. Dependendo do tamanho da rede e da quantidade de enlaces redundantes sua convergência pode demorar, consumindo muito CPU dos switches.

2 INÍCIO E CRESCIMENTO DE REDES

2.1 Compartilhamento de Recursos

Algumas das primeiras redes de computadores foram construídas para compartilhamento de equipamentos entre vários computadores ou usuários. Exemplos são impressoras ou servidores de arquivos.

O desenvolvimento da ciência e tecnologia necessita de equipamentos com alta capacidade de processamento. Esses equipamentos são capazes de realizar cálculos e apresentarem resultados em tempo relativamente curto aos pesquisadores. Inicialmente os computadores com essa capacidade eram muito caros e escassos. Surgiu então a ideia de ligação de redes de dados. Grupos de pesquisa passaram a ter um computador cada, interconectados em rede de dados. Um software na rede permitia aos pesquisadores usarem o computador mais adequado para execuções de tarefas.

A ideia do compartilhamento de recursos tornou-se uma solução muito eficaz. Mais tarde surgiu uma tecnologia conhecida como ligação inter-redes (*internet-working*). Nos anos 70 a ligação inter-redes tinha se tornado foco de pesquisa da *Advanced Research Projects Agency* (ARPA), do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, surgindo a Internet inicial. Hoje em dia é muito utilizada por empresas para comunicação entre filiais, outras empresas e pessoas (COMER, 2007).

2.2 Crescimento das redes de computadores

As redes de computadores têm crescido explosivamente. Elas tornaram a comunicação e troca de informações rápidas e eficientes. Com o crescimento da economia,

muitas empresas expandem seus negócios, abrindo filiais em diferentes cidades e regiões. As empresas de telefonia aumentam a cada dia sua área de cobertura geográfica, fornecendo seus serviços a um número crescente de usuários. As instituições de ensino hoje têm necessidade fornecer laboratórios e bibliotecas on-line e acesso instantâneo a professores e estudantes. Escritórios governamentais em níveis federal, estadual e municipal utilizam redes, assim como organizações militares.

O crescimento das conexões de computadores em rede apresentam grande impacto econômico, mudando a comunicação no mundo dos negócios (COMER, 2007)

3 REDES E COMUNICAÇÃO ENTRE EQUIPAMENTOS

3.1 LAN

As *Local Area Networks* (LAN), ou redes locais, foram desenvolvidas no início dos anos 70 como alternativas para as caras conexões dedicadas entre computadores que havia na época. Cada LAN consiste em compartilhamento de um único meio, onde muitos computadores se acoplam, se alternando no uso do meio para envio de dados. (COMER, 2007).

As redes LAN podem ser classificadas de acordo com a topologia ou modelo de conexão física entre os equipamentos. São elas:

- Topologia em Estrela
- Topologia em Anel
- Topologia em Árvore
- Topologia em Barramento
- Topologia Mista ou Híbrida.

O objetivo deste trabalho não é a definição e explicação de funcionamento de cada topologia. É somente necessário ter conhecimento que uma das topologias de rede mais comumente utilizada é a Topologia em Barramento. Na prática uma rede em barramento pode ser montada utilizando-se um hub e computadores conectados a ele.

O hub internamente funciona como um fio único (barramento), onde cada computador conectado ao hub está conectado ao barramento. Assim, as informações dos computadores são compartilhadas entre si através do barramento (hub). Da mesma forma as informações do roteador são enviadas ao barramento e quem estiver conectado a este pode receber as informações.

3.2 Domínio de Broadcast

Cada rede local, ou LAN, é um domínio de broadcast, onde todo computador da rede pode se comunicar com qualquer outro equipamento que compartilha o mesmo meio físico.

Um computador, ao tentar comunicar-se outro equipamento da rede, lança os dados no barramento para todos os computadores nela conectados (broadcast). Somente o computador de destino irá “escutar” a informação e os demais ignoram a mensagem.

Um domínio de broadcast grande significa grande quantidade de equipamentos na rede, resultando no trânsito de grande quantidade de pacotes (*frames*). Com mais pacotes transitando na rede aumenta quantidade de colisões e de dados que os equipamentos devem processar, mesmo os dados não serem destinados ao equipamento (FILIPPETTI, 2006).

Para que os computadores em uma LAN troquem informações é necessária a configuração correta do endereçamento IP e máscara de rede nos dispositivos conectados.

3.3 Redes Ethernet

Ethernet é o protocolo da camada 2 do modelo OSI (Enlace) utilizado como acesso ao meio que permite que todos os dispositivos em uma rede compartilhem a mesma largura de banda. As redes, cujos enlaces entre equipamentos possuem banda de 1 Gbps são chamadas de redes Gigabit Ethernet, ou redes Giga..

3.4 Endereço MAC

O chamado endereço MAC (*Media Accesss Control address*) é o esquema do endereçamento Ethernet, que se encontra gravado em cada dispositivo de rede. É composto de

48 bits, conforme mostrado na Figura 1, e sempre escrito da mesma forma, sendo apresentado no formato hexadecimal. Os primeiros 24 bits do endereço MAC identificam o fabricante do dispositivo de rede e os últimos 24 bits são designados pelo fabricante do dispositivo.

Teoricamente cada dispositivo de rede no mundo teria seu próprio endereço MAC, sendo este único, não havendo outro igual.

```
C:\Users\Menegotto>ipconfig /all

Configuração de IP do Windows

Nome do host. . . . . : Menegotto-Note
Sufixo DNS primário . . . . . :
Tipo de nó. . . . . : híbrido
Roteamento de IP ativado. . . . . : não
Proxy WINS ativado. . . . . : não
Lista de pesquisa de sufixo DNS . . . . . : intranet.ct.utfpr.edu.br

Adaptador de Rede sem Fio Conexão de Rede sem Fio:

Sufixo DNS específico de conexão. . . . . : intranet.ct.utfpr.edu.br
Descrição . . . . . : Adaptador de rede Broadcom 802.11n
Endereço Físico . . . . . : 4C-0F-6E-1B-89-D6
DHCP Habilitado . . . . . : Sim
Configuração Automática Habilitada. . . . . : Sim
Endereço IPv6 de link local . . . . . : fe80::7d80:e304:daa3:2c0d%13(Preferencial)
Endereço IPv4. . . . . : 172.17.6.66(Preferencial)
Máscara de Sub-rede . . . . . : 255.255.0.0
Concessão Obtida. . . . . : segunda-feira, 18 de abril de 2011 19:24:47
Concessão Expira. . . . . : quarta-feira, 27 de abril de 2011 04:11:46
Gateway Padrão. . . . . : 172.17.50.198
Servidor DHCP . . . . . : 172.17.50.198
IAID de DHCPv6. . . . . : 223088494
DUID de Cliente DHCPv6. . . . . : 00-01-00-01-14-5A-90-2F-00-23-5A-65-7F-0D
Servidores DNS. . . . . : 172.17.50.198
                          172.17.50.80
NetBIOS em Tcpip. . . . . : Habilitado
```

Figura 1: Exemplo do endereço MAC de um adaptador de rede. Na figura, a sequência 4C-0F-6E identifica o fabricante do dispositivo, que neste caso é Hon Hai Precision Ind. Co. - Ltd. (razão social da Foxconn). A sequência 1B-89-DF é designada pelo fabricante. Autoria própria.

3.5 Encapsulamento de dados

Na troca de dados entre dispositivos conectados em rede, os dados são encapsulados (*frames*) com informações específicas a cada camada do modelo OSI pela qual passam. (FILIPPETTI, 2006).

Entre essas informações está o endereçamento MAC do equipamento de origem e o endereçamento MAC do equipamento de destino. Desta forma os dados chegam somente ao equipamento que possui o endereço MAC contido nos frames ethernet.

4 COMUTAÇÃO E SWITCHES

A comutação na camada de Enlace é baseada no endereçamento MAC da placa de rede do *host* (dispositivo).

Um switch é um equipamento comutador de rede. Ele contém várias conexões denominadas portas ou interfaces. Sua função é fazer o encaminhamento dos dados que passam pela rede. O switch realiza esta função a partir do endereçamento MAC do equipamento de destino, contido no pacote IP que recebe.

Com o endereço MAC de destino contido no frame IP, o switch determina para qual interface deve ser encaminhado o *frame* recebido. O endereço de origem no pacote IP determina de qual interface o switch recebeu o pacote a ser enviado.

Para realização desta tarefa de comutação o switch consulta sua tabela de endereços MAC.

4.1 MAC Address Table

Os switches contêm chips especiais que formam e mantêm tabelas de endereçamento MAC dos dispositivos de rede em sua memória. Esta tabela contém a relação entre as interfaces do switch e os endereços MAC dos equipamentos nelas conectados.

4.2 Construção da tabela MAC

O switch começa a formar sua tabela de endereçamento MAC no momento que é iniciado. Inicialmente o switch envia a todas suas interfaces ativas um frame contendo o endereçamento MAC do switch. A este tipo de transmissão dá-se o nome de broadcast.

Os dispositivos que estão conectados às interfaces do switch respondem ao frame de broadcast com outro frame, contendo seu endereçamento MAC. Assim o switch registra o endereço MAC do dispositivo relacionando-o à interface onde encontra-se o equipamento.

Numa rede baseada em switches (*switched network*), com a conexão de dois ou mais destes equipamentos entre si, um switch informa os endereços MAC contidos em sua tabela ao switch vizinho (diretamente conectado ou adjacente), que o propaga aos outros switches vizinhos.

Desta forma, se a rede contém muitos destes equipamentos, as tabelas MAC dos switches podem ter grande quantidade de informações. É possível que switches tenham tabelas com milhares de associações de endereços MAC e interfaces.

4.3 Hubs e Switches

O hub é um equipamento muito utilizado para realizar interconexões entre computadores em uma rede.

A grande diferença entre hubs e switches é que o primeiro encaminha os dados a todas as portas, sem verificar a origem e o destino dos *frames*, gerando um grande domínio de colisão na rede.

O switch compara as informações contidas no *frame* recebido com sua tabela MAC. Caso o endereço de destino seja conhecido, o switch encaminha os dados apenas para a porta de saída associada ao endereço MAC contido no *frame* (FILIPPETTI, 2006).

Caso o endereço de destino não esteja na tabela MAC do switch o mesmo encaminha o frame a todas suas portas ativas, exceto para a interface de onde recebeu o *frame*. Outra capacidade do switch é permitir que em cada porta do equipamento exista uma rede local diferente, através do uso de Redes Locais Virtuais (VLANs).

5 LOOP DE REDE

5.1 Redundância de enlace

Redundâncias de conexões (enlaces) são muito utilizadas em redes com switches, para evitar que a queda de um enlace provoque a total parada da rede, permitindo mais de um caminho para o tráfego de dados.

5.2 LOOP

Os switches propagam sua tabela MAC a todos os outros switches diretamente conectados (adjacentes).

Um switch recebe a informação do endereço MAC de um equipamento através de uma interface, atualiza sua tabela MAC e propaga a outro switch, conectado em outra interface. Este switch atualiza sua tabela MAC e a propaga a outros switches. Devido à redundância, o primeiro switch também recebe atualização da tabela MAC do segundo, repetindo todo o processo de atualização e divulgação de tabela MAC. Esse processo representado esquematicamente na Figura 2 é conhecido como LOOP de rede.

5.3 Problemas ocasionados pelo LOOP de rede

Caso não exista nenhum processo de inibição de LOOP os switches poderão propagar continuamente frames na rede, fenômeno conhecido como *broadcast storm* (tempestade broadcast). Como o switch recebe um frame contendo o endereço MAC em um equipamento de mais de um enlace, sua tabela MAC fica indefinida. O switch não sabe mais

em qual de suas interfaces encontra-se conectado o equipamento com o respectivo endereçamento MAC (FILIPPETTI, 2006).

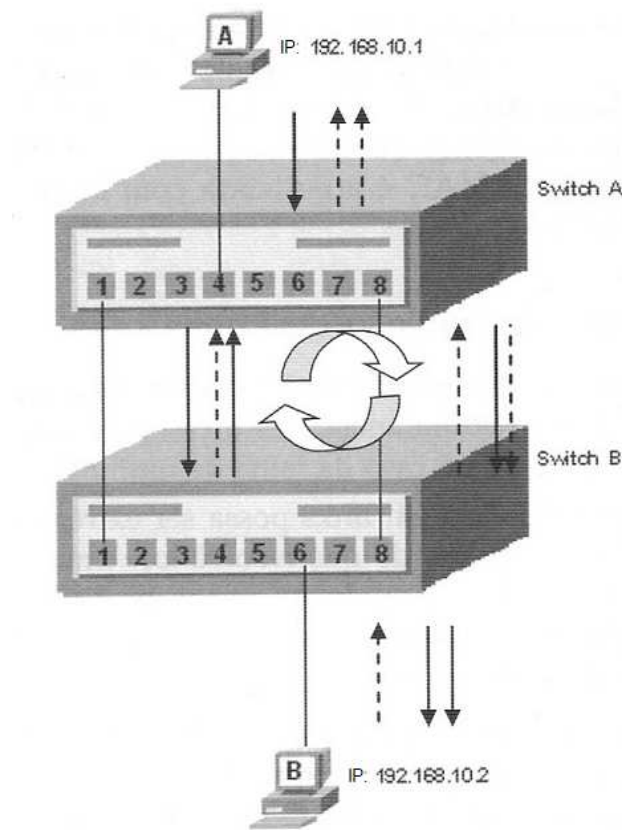


Figura 2: LOOP ocasionado por enlaces redundantes na rede (FILIPPETTI, 2003).

5.4 Conseqüências de LOOP de rede

Devido aos problemas acima, o processador do switch fica sobrecarregado, pois o mesmo recebe repetidamente *frames* e precisa mais vezes atualizar e processar sua tabela MAC.

A maior conseqüência de um LOOP na rede é o travamento dos switches, cujo processamento sobe a 100 % e perdem a capacidade de comutar pacotes recebidos, ocasionando a parada da rede.

5.5 Processo de inibição de LOOP na rede

5.5.1 Protocolo Spanning Tree

O Spanning Tree Protocol (STP) é um protocolo que permite a inibição de LOOPS na rede de forma automática, sem ser necessário desabilitar interfaces de conexão entre switches.

O padrão mais utilizado do protocolo é o IEEE 802.1d.

O STP monitora constantemente a rede identificando todos os enlaces em atividade e certificando-se que não ocorram LOOPS, desabilitando logicamente enlaces redundantes (FILIPPETTI, 2006).

5.5.2 Funcionamento do STP

Seu funcionamento consiste em dar “hierarquias” aos switches da rede e custos (designação) às interfaces dos mesmos.

Na rede um switch é “eleito” o switch-raiz (*root bridge*) e este define a topologia da rede. Suas interfaces são denominadas “*designated ports*” (portas designadas) e sempre operam no “*fowarding-sate*” (modo de encaminhamento), podendo receber e enviar dados.

Os outros switches da rede são denominados “*non-root bridge*” (não-raiz). As portas desses switches que fazem conexão com o switch raiz são chamadas “*root-port*” (portas raiz) e também operam no modo de encaminhamento. As outras interfaces, que não se conectam ao switch raiz ou possuem maior custo ao *root bridge*, são denominadas “*designated port*” (portas designadas) e também operam no modo de encaminhamento.

As interfaces restantes são denominadas “*non-designated port*” (portas não designadas) e operam no modo bloqueio (*blocking mode*). Nestas interfaces não há tráfego de

6 VLAN

As *Virtual Local Area Networks* (VLANs), ou Redes Locais Virtuais, foram criadas para diminuir o tamanho dos domínios de broadcast, reduzindo as colisões na rede (FILIPPETTI, 2006). Desta forma é possível reduzir a quantidade de equipamentos (computadores, servidores, impressoras, etc) que respondem a um gateway. Funcionalmente VLANs são domínios de broadcast. Cada VLAN, que é criada dentro dos switches, é um domínio de broadcast diferente (ODOM, 2003 e Projeto de Interconexão de Redes, 2003).

A partir de um único switch, as redes de diferentes departamentos em uma empresa, por exemplo, podem ser separadas evitando que computadores de um departamento se comuniquem diretamente com os de outro departamento. Assim, se uma empresa possuir 100 equipamentos em diferentes setores, não haverá um único domínio de broadcast da rede contendo 100 endereços MACs. Poderão existir diferentes domínios de broadcast, um para cada departamento, contendo os endereços MACs das máquinas existentes em cada setor. Isso é possível utilizando-se VLAN. Designando uma VLAN por departamento, só poderá haver comunicação entre equipamentos em setores diferentes utilizando-se roteamento.

6.1 Uso de VLAN

Uma das principais vantagens do uso de VLANs é a flexibilização da rede, tornando o caminho lógico dos dados na rede independente em relação ao caminho físico. Uma rede pode ser fisicamente montada em malha, anel, barramento, estrela ou mista e os dados trafegarem segundo uma topologia diferente, de acordo com a configuração da VLAN.

Várias redes diferentes (endereçamento IP diferente) podem utilizar o mesmo acesso físico. Utilizando-se VLAN, os dados são diferenciados na rede e não entram em conflito.

6.2 Características e vantagens e do uso de VLAN

As principais características das VLANs e vantagens em seu uso são:

- Flexibilidade e escalabilidade da rede local;
- Tornar rede lógica independente da rede física;
- Diminuir o tamanho dos domínios de broadcast na rede;
- Diminuir as colisões na rede;
- Aumento do número de domínios de broadcast na rede;
- Aumento da segurança da rede;
- Gerenciamento de vários caminhos na rede para um destino.
- Balanceamento de tráfego (WEBB, 2003).
- Normalmente operam na camada 2 (Enlace) do modelo OSI.

6.3 Identificação de VLAN – Cabeçalho do endereçamento IP

Uma rede pode ser formada por uma “malha” de switches interconectados, que devem ser capazes de identificar os pacotes e as respectivas VLANs aos quais pertencem.

Os equipamentos utilizam o recurso *frame tagging* (identificação de pacotes). Através desta identificação, os switches enviam os pacotes aos destinos corretos.

6.4 IEEE 802.1q

O método de identificação de VLAN padronizado é o IEEE 802.1q. Esse método insere um campo específico no cabeçalho do endereçamento IP, onde há a identificação da VLAN (FILIPPETTI, 2006).

Este campo, ilustrado na Figura 4, possui um total de 32 bits, sendo:

- 16 bits para identificação do protocolo. Para IEEE 802.1q o valor em hexadecimal é 0x8100;
- 3 bits para identificação de nível de prioridade. Estes bits são utilizados pelo protocolo Spanning Tree;
- 1 bit para o *Canonical Format Indicator* (CFI). Este campo é zero para switches Ethernet.
- 12 bits para a identificação de VLAN (VID).

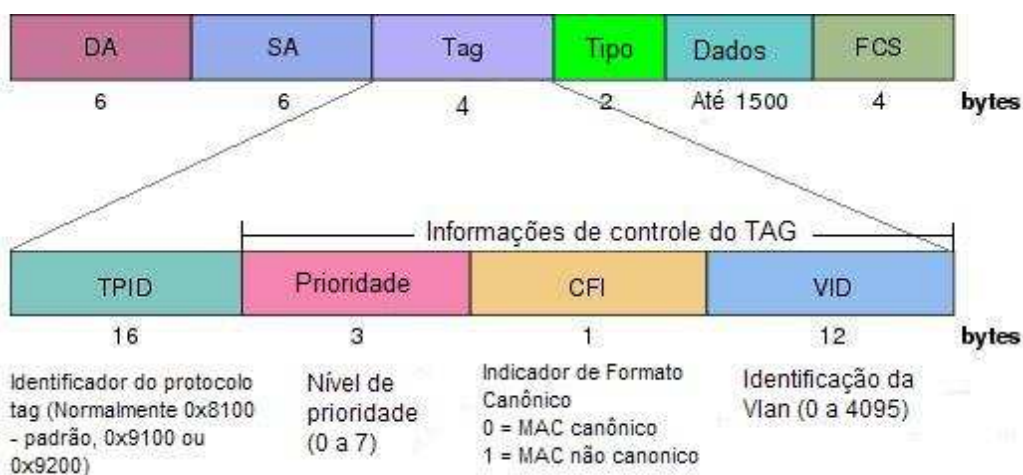


Figura 4: Cabeçalho do endereçamento IP com uso de VLAN. Figura do site http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Verticals/EttF/ch4_EttF.html, acesso em 05/04/2011. Adaptada.

6.5 Número máximo de VLANs possíveis em uma rede

Como a padronização reservou um campo de 12 bits para identificação de VLAN, é possível existir, em uma rede, um total de 4096 VLANs diferentes (VLAN ID de 0 a 4095). Porém, deste range algumas VLANs não podem ser utilizadas. São estas:

- VLAN ID 1: chamada também de VLAN Default. Esta VLAN pode ser utilizada pelos fabricantes para gerência do equipamento. Se esta VLAN estiver em todas as portas de um switch, o mesmo funcionará como hub.

- VLAN ID 4095: VLAN broadcast.
- VLAN ID 0 e 4094: reservadas para outras finalidades, sendo uma delas o funcionamento em si do hardware.

Desta forma só seria possível a existência de no máximo 4092 redes (domínios de broadcast) compartilhando o meio físico. Isso limitaria a um número de 4092 departamentos que podem existir na rede uma empresa, caso a mesma tenha um roteador ou servidor com somente uma interface física na rede.

6.6 Tipos de pacote

A tecnologia VLAN introduziu os seguintes três tipos básicos de pacotes:

- Pacotes *untagged* (não identificados);
- Pacotes com *tagg* prioritário (*Priority-tagged*) e;
- Pacotes *tagged* (identificados).

Pacotes *untagged* ou *priority-untagged* não possuem identificação de VLAN. Já pacotes *VLAN-tagged* possuem identificação de VLAN (IEEE Standards, 1998).

6.7 Enlaces de rede

Existem dois tipos de enlaces num ambiente comutado: enlace de acesso e enlace de transporte (FILIPPETTI, 2006).

6.7.1 Enlace de Acesso

Os enlaces de acesso são as interfaces dos switches onde estão conectados os equipamentos da rede local.

Estas interfaces entregam aos computadores conectados o acesso puro à rede, através da VLAN associada à porta.

Nestes casos a VLAN é associada à interface no modo *untagged*.

6.7.2 Enlace de Transporte

Também chamados de *uplinks*, carregam informações sobre inúmeras VLANs, sendo utilizados para conexão com outros switches, roteadores ou servidores (FILIPPETTI, 2006).

Para estas interfaces transportarem informações das VLANs as mesmas devem ser associadas às interfaces no modo *tagged*.

6.8 Marcação do pacote com VLAN

Num exemplo, ilustrado na Figura 5, um pacote é enviado pelo computador X até o computador Y. A interface 6 do Switch 1 está com a VLAN 100 *untagged* na porta. O switch então adiciona o campo “TAG” no cabeçalho do pacote IP, marcando este com VID 100. O switch consulta sua tabema MAC e o pacote é encaminhado à interface 15, que está com a VLAN ID 100 *tagged*. Por estar com a VLAN *tagged*, o switch simplesmente permite a passagem do pacote.

Pela ligação física, o pacote chega à porta 15 do Switch 2, que por ser enlace de transporte, também está com a VLAN ID 100 *tagged*. O switch somente lê o MAC de destino e encaminha o pacote à porta 5, que está com a VLAN ID 100 *untagged*. O switch retira o campo “TAG” do cabeçalho de endereçamento IP do pacote e o entrega ao computador Y.

Caso a VLAN 100 não estivesse associada a alguma das interfaces dos switches no caminho acima descrito, a informação não chegaria ao computador Y.

O encaminhamento dos pacotes à interface correta é feito após o switch consultar sua tabela MAC.

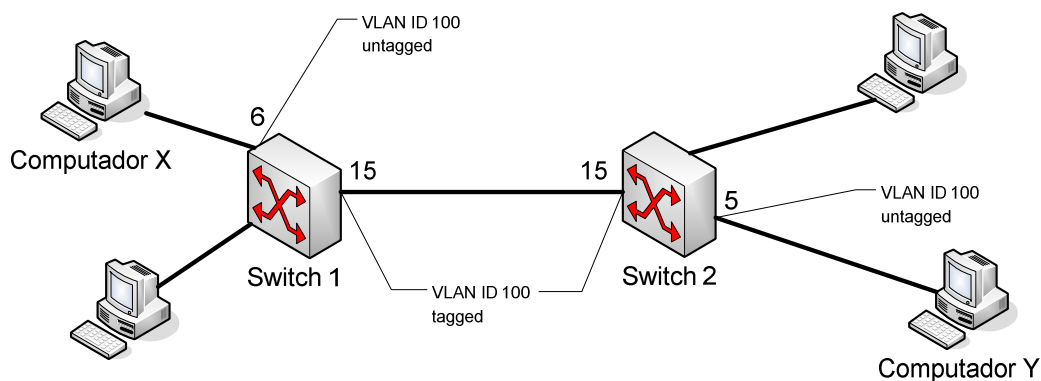


Figura 5: Exemplo de VLANs *tagged* e *untagged* em interfaces de switches em uma rede. Autoria própria.

6.9 Comunicação de computadores em VLANs diferentes – Roteamento

Para que dispositivos que fazem parte de uma VLAN (domínio de broadcast) acessem dados de dispositivos em outra VLAN, é necessário o uso de um roteador ou firewall na rede. Este roteador deve conhecer o padrão IEEE 802.1q.

Normalmente o roteador tem uma única interface conectada fisicamente à rede por onde passam os dados de todas as VLANs.

Cada VLAN está associada a um endereçamento IP de rede diferente. Para não haver conflito para o roteador, o mesmo utiliza interfaces lógicas, onde cada interface está associada a uma VLAN. O roteamento de cada rede é realizado de acordo com a VLAN ID contida no cabeçalho de endereçamento IP de cada *frame* que o roteador recebe.

7 EXEMPLOS DE INTERFACE LÓGICA E VLAN

7.1 Exemplo 1: Setores de uma empresa

Um exemplo do funcionamento de um roteador numa rede local baseada em VLAN é uma empresa contendo três redes (setores) diferentes: Financeiro, Administrativo e Jurídico. Por algumas políticas internas da empresa, os computadores de uma rede não podem acessar os dados de computadores de outra rede diretamente. Porém, computadores podem acessar dados de outros computadores do mesmo setor.

Para cada rede foi configurada com um endereçamento IP e uma VLAN:

- Financeiro: Rede: 192.168.1.0/24, VLAN ID 100;
- Administrativo: Rede: 192.168.2.0/24, VLAN ID 200;
- Jurídico: Rede: 192.168.3.0/24, VLAN ID 300.

O roteador instalado na rede possui a interface física fe-0/0/0 (*Fast Ethernet*, posição 0/0/0 no equipamento). No equipamento são configuradas três interfaces lógicas:

- fe-0/0/0.100, associada à VLAN ID 100, onde na interface é configurado o gateway da rede do setor Financeiro (192.168.1.1/24).
- fe-0/0/0.200, associada à VLAN ID 200, onde na interface é configurado o gateway da rede do setor Administrativo (192.168.2.1/24).
- fe-0/0/0.300, associada à VLAN ID 300, onde na interface é configurado o gateway da rede do setor Jurídico (192.168.3.1/24).

Na configuração do exemplo descrito e ilustrado na Figura 6, se o equipamento 192.168.2.5 do departamento Administrativo quer acessar alguma informação que encontra-se em um computador da rede Jurídica, o pacote IP é enviado ao gateway 192.168.2.1 no roteador, que aplica as regras de acesso configuradas. Se a solicitação dos dados passarem

pelas regras do roteador, o mesmo encaminha os dados ao gateway da rede Jurídica (192.168.3.1). Os dados são então encaminhados ao computador onde encontra-se a informação solicitada.

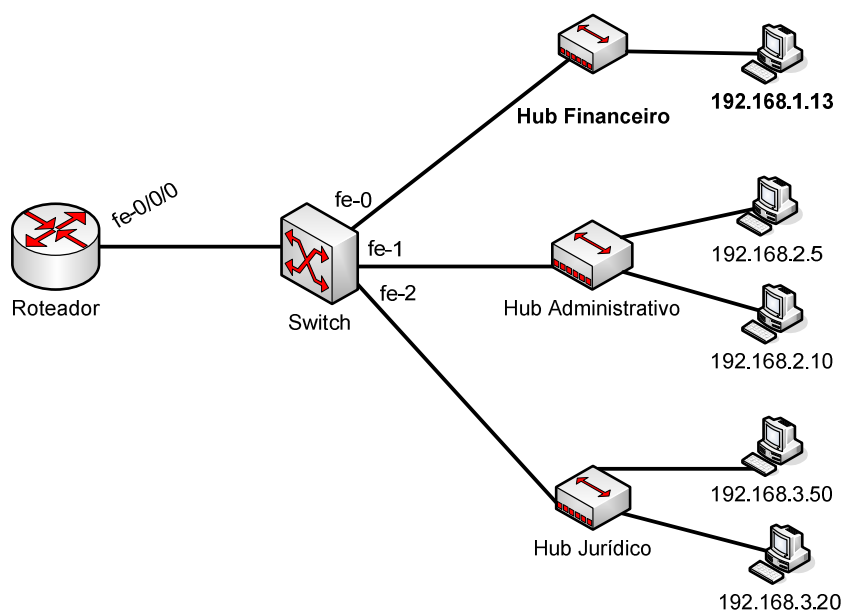


Figura 6: Diagrama exemplificando a construção da rede de uma empresa, contendo três setores: Administrativo, Financeiro e Jurídico. Autoria própria.

O switch encaminha os dados diretamente entre dispositivos na mesma VLAN, sem passar pelo roteador. No exemplo da Figura 6, os equipamentos 192.168.3.50 e 192.168.3.20, do departamento Jurídico estão na mesma VLAN, logo, na mesma rede. Para um pacote ir de um equipamento para outro, o mesmo chega até o switch, que consulta sua tabela MAC e o envia diretamente para o outro equipamento, que pertence ao mesmo domínio de broadcast (ODOM, 2003).

7.2 Exemplo 2: Rede Gigabit Ethernet de uma empresa operadora de serviços.

Uma empresa operadora pode possuir uma rede como a ilustrada na Figura 7.

Um roteador é instalado em uma cidade. Em cidades próximas são instalados switches, que fazem o papel de ponto de acesso para atender aos clientes.

Neste modelo de rede o roteador possui uma única interface física conectada à rede. No roteador são configuradas interfaces lógicas, cada uma associada a uma VLAN diferente. Desta forma não haverá conflitos nas redes dos clientes para o roteador.

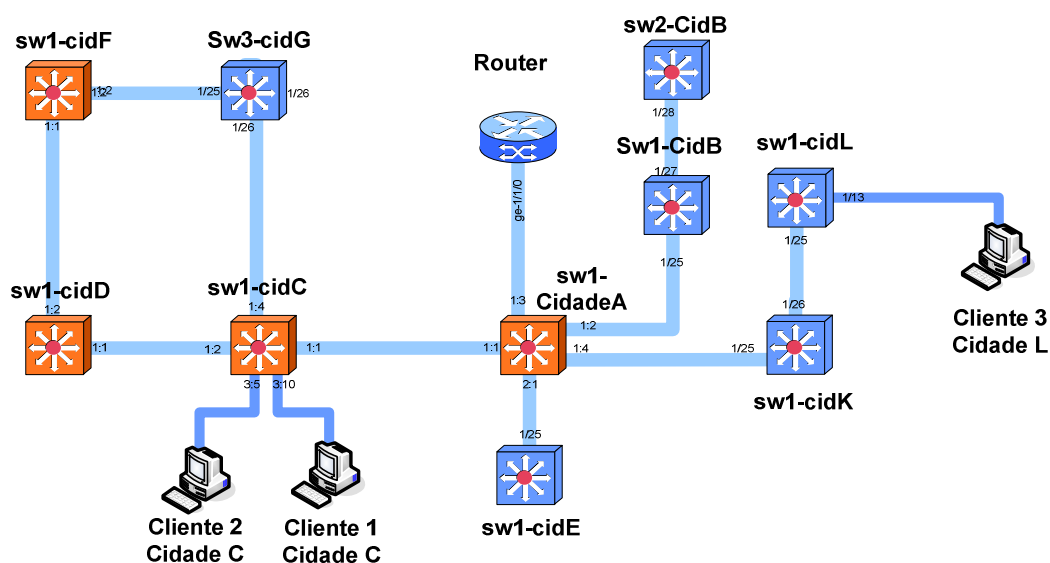


Figura 7: Diagrama exemplificando a construção da rede de uma empresa operadora. Neste modelo, há um roteador instalado em uma cidade e switches de acesso instalados em cidades da região. Autoria própria.

Na Figura 7 há três clientes da operadora atendidos em duas cidades diferentes. Os clientes 1 e 3 podem ser da mesma empresa, que possui filiais nas cidades C e L. O cliente 2 pode ser uma filial de outra empresa contratante da operadora.

Neste caso ainda existe um anel físico interligando os switches das cidades C, D, F e G. A função deste anel é realizar uma redundância de enlace entre as cidades citadas. É necessária a configuração o protocolo Spanning Tree nos equipamentos para evitar loop na rede.

8 TABELA MAC DE SWITCH E VLAN

Na tabela MAC dos switches baseado em VLAN existem as relações entre os endereços MAC, as interfaces pelas quais o switch aprendeu o endereço também a VLAN à pertencente o endereço MAC. VLANs possuem suporte ao serviço MAC (IEEE Standards, 1998).

Seja um departamento que é atendido por VLAN e que possui 100 computadores conectados à rede. Os switches da rede que possuem a VLAN criada no equipamento e adicionada às interfaces de acesso irão possuir, em sua tabela MAC, 100 endereços devido ao departamento. Nas tabelas MACs também podem constar os MACs dos switches da rede que possuem a VLAN configurada.

A tabela MAC aumenta com a quantidade de VLANs criadas nos switches e com o número de equipamentos que cada departamento possui.

Foi montado em laboratório um esquema contendo dois computadores e quatro switches, conforme a Figura 8. Cada equipamento possuía um endereçamento IP. Para comunicação entre os equipamentos neste teste, foi utilizada a VLAN ID 990.

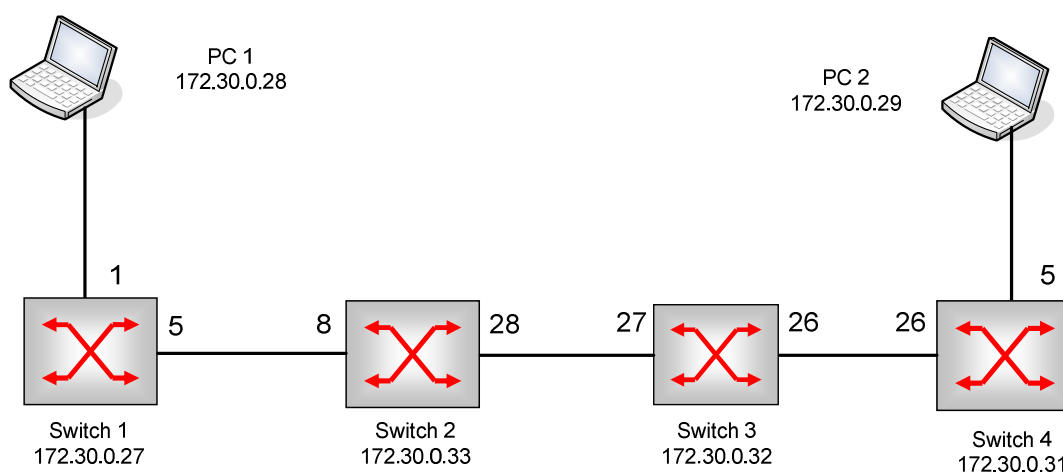


Figura 8: Diagrama de montagem de laboratório, onde para comunicação entre os equipamentos da rede foi utilizada a VLAN ID 990. Autoria própria.

Na Figura 9 é mostrada a tabela MAC do Switch 2 da Figura 8. Nota-se que esta tabela contém 5 endereços MAC, devido aos outros 5 equipamentos da rede. No Anexo 3 estão as tabelas MAC de cada switch envolvido no experimento ilustrado na Figura 8.

```

1 - Switch 2# show mac-address-table
2 - This command may take a while...
3 - Total MAC Addresses for this criterion: 5
4 -
5 - Unit   Block Interface  MAC Address          VLAN   Type
6 - ----   -
7 - 1      Eth 1/28  00:04:DF:12:FB:B6   990    Learned
8 - 1      Eth 1/28  00:04:DF:13:7E:C9   990    Learned
9 - 1      Eth 1/5   00:A0:D1:4B:77:8B   990    Learned
10 - 1     Eth 1/28  00:00:39:34:FA:F7   990    Learned
11 - 1     Eth 1/28  00:04:DF:14:04:52   990    Learned

```

Figura 9: Tabela MAC do Switch 2 da Figura 8. Autoria própria.

9 DESENVOLVIMENTO

9.1 Apresentação da rede Gigabit Ethernet de uma operadora

Uma das maiores empresas operadoras do Paraná fornece meio físico para trânsito de rede para várias outras empresas, como de telefonia, por exemplo.

O *backbone* desta empresa operadora é dividido em diferentes redes Gigabit Ethernet, cada uma atendendo uma região diferente do estado. Tais redes são baseadas em switches (*switched based*), contendo um ou mais roteadores em uma cidade e switches em cidades da região. Os switches servem como ponto de acesso aos clientes, e a conexão entre esses equipamentos é feito por fibra óptica. Para maior confiabilidade da rede, enlaces redundantes de conexão entre switches são instalados. Caso ocorra a queda de uma fibra entre switches os dados podem trafegar pelo enlace redundante. Para não ocorrer LOOP na rede, o protocolo Spanning Tree é ativado em todos os switches que fazem parte de anel físico.

No roteador são configurados os gateways dos circuitos contratados pelos clientes. Para atender a um cliente, é instalada uma fibra óptica desde o endereço do cliente até um ponto de acesso da operadora.

Para não haver conflito lógico na rede, no roteador são configuradas interfaces lógicas e estas associadas a uma VLAN diferente, que é configurada na interface do switch de acesso, conhecido como POP. Desta interface sai a fibra óptica que atravessa a cidade até o endereço do cliente.

As VLANs já utilizadas na rede são configuradas em todos os switches e associadas a todas as interfaces de *uplink* pelos seguintes motivos:

- Redundância lógica de enlace, assim como redundância física. Para que a redundância realmente tenha efeito, a VLAN deve ser também criada no caminho redundante.

- Ser mais fácil o controle das VLANs em uso na rede e configuradas nos switches.
- Caso algum cliente descontrate a operadora, a VLAN que era utilizada para este cliente pode ser utilizada para atender outro cliente, em outra cidade. Desta forma, não haveria o trabalho de desconfigurar a VLAN no caminho antigo e reconfigurar em outro caminho na rede.
- Caso a rede adquira grandes dimensões, contendo muitos switches, seria trabalhoso e haveria grande probabilidade de erro na configuração da VLAN na rede, desde o roteador até o switch de acesso.

9.1.1 Resumo das características da rede Gigabit Ethernet da empresa operadora

Em resumo, as redes Gigabit Ethernet (também chamadas de redes Giga) da operadora em questão possuem as seguintes características:

- Um ou mais roteadores instalados em uma cidade;
- Switches instalados na cidade onde está o roteador e em cidades da região;
- Na mesma cidade pode haver mais de um ponto de acesso;
- Conexão física entre os equipamentos através de fibra óptica;
- Redundância de enlace entre os switches.
- Protocolo Spanning Tree configurado nos switches que participam da redundância de enlace.
- Para atender um cliente em uma cidade, uma fibra óptica é lançada desde o POP (switch de acesso) mais próximo até o cliente.
- No roteador são configuradas interfaces lógicas, cada uma associada a uma VLAN ID diferente.
- As VLANs em uso na rede são configuradas em todos os switches.

- Se um cliente descontrate o serviço e sua VLAN deixe de ser utilizada, a mesma não é desconfigurada dos equipamentos da rede, para posterior utilização por outro circuito.

9.2 Cenário e expansão de uma Rede Gigabit Ethernet

Durante os anos, a empresa investe em sua rede instalando novos switches em cidades já atendidas e em novas cidades.

9.2.1 Cenário de uma rede Giga da operadora em 05/2009

Na Figura 10 é mostrado o diagrama de uma das redes Gigabit Ethernet da operadora, que atende a uma região ao Nordeste do Paraná, em maio de 2009. Na época nove cidades da região eram atendidas pela empresa operadora de rede, havendo dois pontos de acesso diferentes na cidade onde está instalado o roteador.

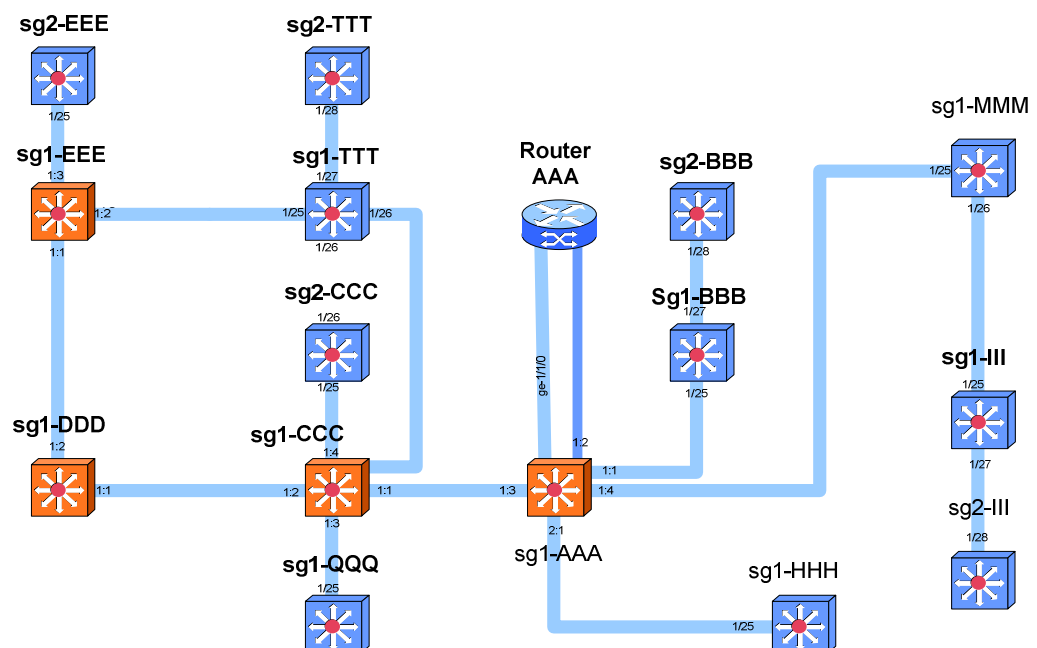


Figura 10: Cenário da rede da empresa operadora em 05/2009. A rede que atende a uma região ao nordeste do Estado do Paraná faz parte do *backbone* da operadora. Adaptado do diagrama de rede da empresa operadora.

No diagrama, cada cidade é designada por uma sequência de letras diferentes. A sequência DDD significa que o equipamento encontra-se em uma cidade, e a sequência TTT é outra cidade. A exceção é para as siglas CCC e DDD. Ambos os pontos de acesso localizam-se em uma mesma cidade, mas em endereços diferentes. As letras “sg” são abreviação de “*Switich Gigabit*” e os números identificam o switch, 1, 2, 3, etc, instalado no ponto de acesso.

A cor do switch no diagrama identifica seu fabricante. Os switches laranja são de um fabricante e os azuis são de outro fabricante.

9.2.2 Cenário da rede Gigabit Ethernet da operadora em 05/2011.

Com o aumento da demanda e necessidade de atendimento a novas regiões mais switches são instalados nas cidades já atendidas e novas cidades passam a fazer parte da cobertura de atendimento da operadora.

Na Figura 11 é mostrado o diagrama da mesma rede da Figura 10, em maio de 2011.

Comparando-se as Figuras 10 e 11 vê-se que a quantidade de cidades atendidas passou de 9 para 36, num intervalo de 2 anos. O aumento de demanda foi tal que foi necessária a instalação de novo switch nos pontos de acesso já atendidos. A quantidade de equipamentos instalados saltou de 15 para 54 no mesmo período.

9.3 Aumento do uso de banda

Na Figura 12 é mostrado o gráfico do Cacti, do enlace entre o roteador rc1-AAA e o switch sg1-AAA da Figura 10, que mostra a evolução da utilização do enlace. Neste gráfico é possível ver o crescimento da demanda na região, que abrange as várias cidades da região. O aumento de banda é justificado pelo aumento na quantidade de clientes atendidos na região

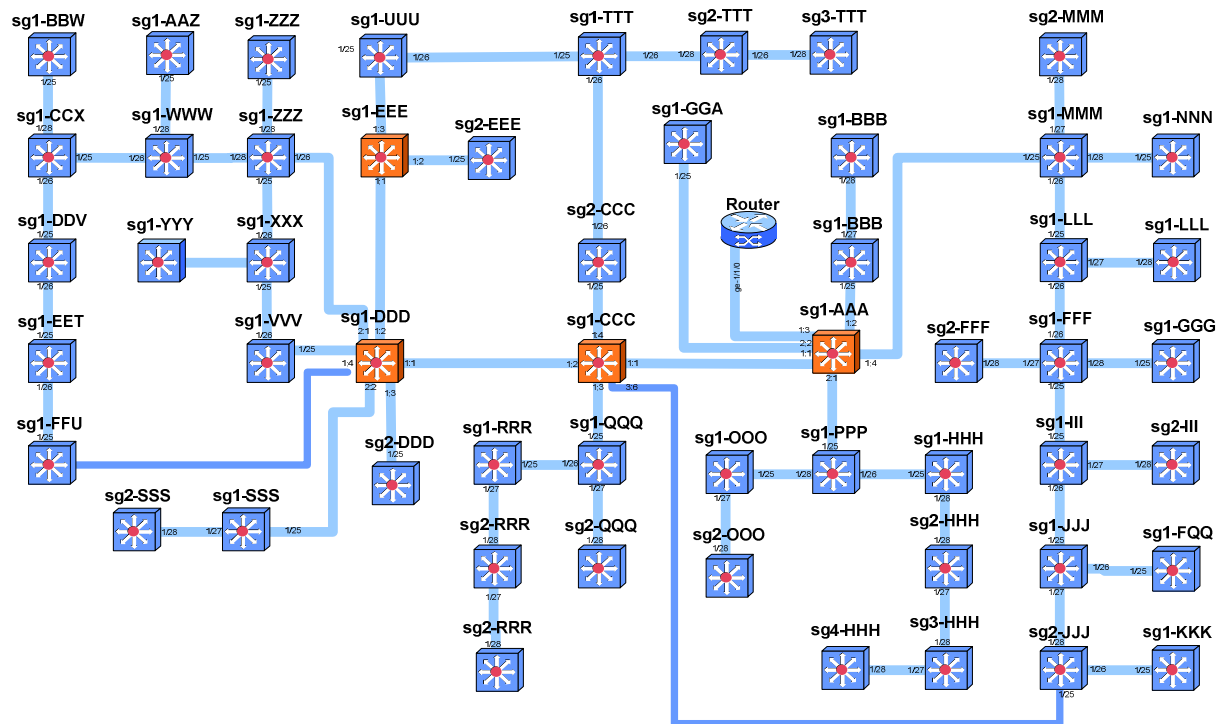


Figura 11: Cenário da rede operadora em 05/2011. Em dois anos a quantidade de switches ativos é quatro vezes maior e as cidades atendidas é quase três vezes maior. Adaptado do diagrama de rede da empresa operadora.

Vê-se pelo gráfico da Figura 12 que o aumento da demanda foi grande num período relativamente curto. Em menos de dois anos a utilização de banda do enlace entre o roteador e o primeiro switch da região passou de 40 Mbps para 400 Mbps. O enlace físico entre os equipamentos é de 1 Gbps.

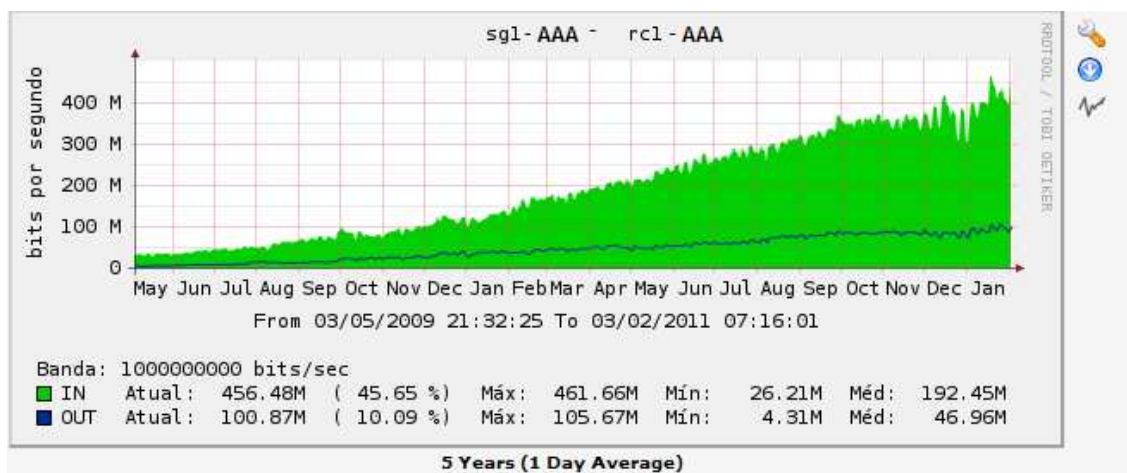


Figura 12: Gráfico de uso de banda do enlace de 1 Gbps entre o roteador rc1-AAA e o switch sg1-AAA, da Figura 10, entre o período de Maio/2009 a Fevereiro/2011.

Esta região é relativamente pequena, onde a quantidade de clientes atendidos não é tão significativa quanto em outras regiões. Caso na região houvesse maior demanda, seria possível haver risco de saturação do enlace em questão, ocorrendo lentidão nas redes dos clientes.

O aumento de demanda também pode ser visto nos relatórios do Ehealth, presentes nos Anexos 6 e 7. Nestes relatórios constam gráficos de utilização os enlaces entre sg1-AAA e sg1-CCC, e entre sg1-AAA e sg1-MMM da Figura 10, respectivamente.

9.4 Aumento do tráfego de broadcast

Na Figura 13 é mostrado o gráfico do Cacti que mostra a quantidade de pacotes broadcast por segundo, entre os switches sg1-QQQ e sg1-CCC da Figura 11.

Nos Anexos 6 e 7 constam os relatórios do Ehealth dos enlaces entre sg1-AAA e sg1-CCC entre sg1-AAA e sg1-MMM, da Figura 10. Os relatórios são do período de Outubro de 2009 a Maio de 2011. Tais relatórios também mostram aumento de tráfego broadcast na rede.

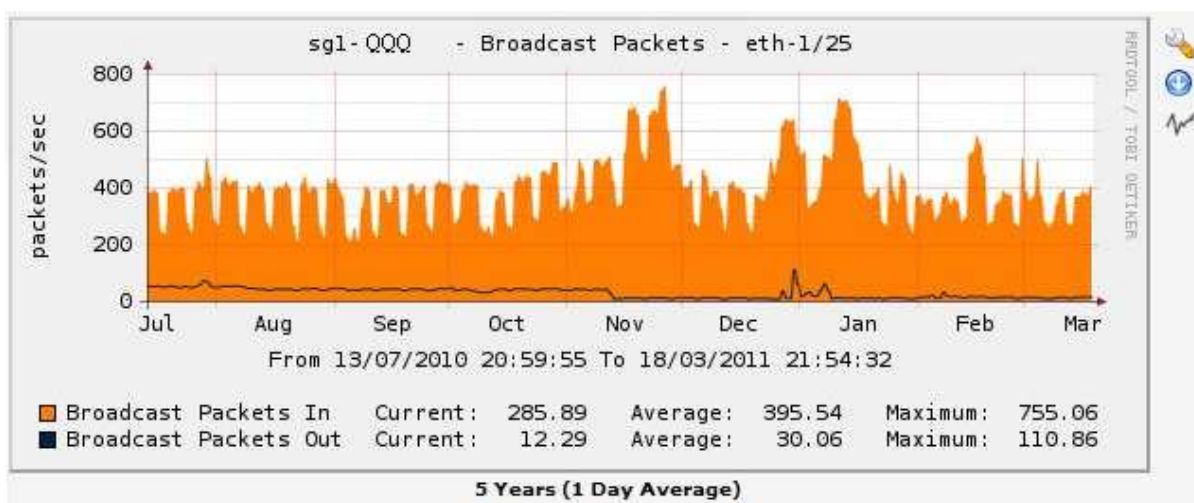


Figura 13: Tráfego de pacotes broadcast na interface do switch sg1-QQQ que conecta-se ao switch sg1-CCC da Figura 10.

O aumento do tráfego broadcast na rede pode ser explicado pelo crescimento de domínios de broadcast (aumento de VLANs em uso na rede) e pelo crescimento do tamanho destes domínios (aumento na quantidade de equipamentos dos clientes da operadora).

Ao final do Anexo 5 vê-se a quantidade de pacotes por segundo que trafegam na interface de *uplink* do switch sg2-SSS da Figura 11, em Maio de 2011. Estes pacotes podem ser explicados como sendo pacotes de broadcast devido às VLANs em uso na rede e configuradas no equipamento. Mesmo não havendo clientes atendidos através deste equipamento e este não ser meio de caminho para outros switches, o tráfego é considerável.

9.5 Aumento de uso de CPU dos switches

O aumento da rede pode resultar no aumento de uso de CPU dos equipamentos instalados na rede. Na Figura 14 é apresentado o gráfico do uso de CPU do switch sg1-QQQ da Figura 11.

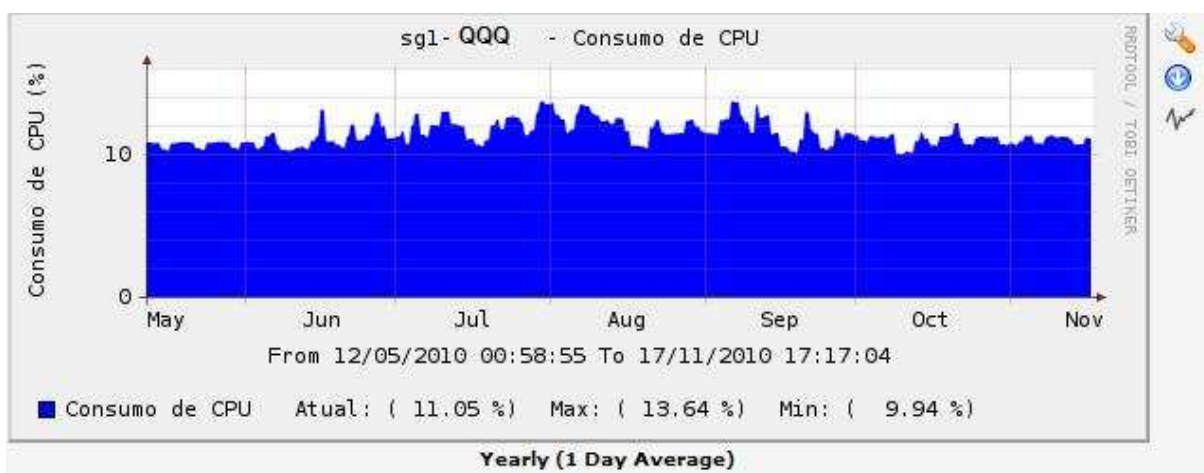


Figura 14: Uso de CPU do switch sg1-QQQ que conecta-se ao switch sg1-CCC da Figura 11.

Em redes maiores o aumento de pacotes broadcast e de uso de CPU dos switches de rede é mais visível. Isto pode ser visto no Anexo 8, onde constam os gráficos de broadcast de

um switch na região de Curitiba e de uso de CPU, de um switch na região de Londrina. Pode-se ver neste anexo que o consumo de CPU, além de aumentar com o aumento da rede, apresenta significativas variações ao longo do dia.

Durante o dia os clientes ligam os equipamentos, aumentando o tamanho dos domínios de broadcast, ao mesmo tempo que aumentam os pacotes processados pelo switch.

9.6 Tabela MAC dos switches com utilização de VLAN

Os switches mantêm em sua memória uma tabela contendo o endereçamento MAC de todos os equipamentos conectados em suas interfaces. A utilização de VLAN provoca a replicação de endereços MAC nos switches da rede.

9.7 Replicação de endereço MAC em rede baseada em switch e VLAN

Caso um switch contenha 5 VLANs criadas e adicionadas às interfaces de *uplink*, este poderá informar a cada switch adjacente seu endereço MAC 5 vezes, associados a cada VLAN diferente criada. Desta forma, os switches vizinhos poderão possuir, somente devido ao primeiro switch, 5 linhas em sua tabela MAC.

Numa rede contendo 10 switches com 50 VLANs criadas em cada um, a tabela MAC de cada equipamento pode conter até $(10 - 1) * 50 = 450$ linhas com endereçamento MAC.

Soma-se a isto à quantidade de máquinas existente na rede do cliente. Cada equipamento do cliente representa mais um endereço MAC na tabela MAC dos switches. Um cliente atendido que possui 150 computadores na rede, o switch de acesso terá 150 endereços MAC em sua tabela, somente da VLAN do cliente. Estes MACs ainda são divulgados a todos os switches da rede que possuem a VLAN configurada.

9.7.1 Exemplo prático de replicação de endereços MAC

No Anexo 1 vê-se o exemplo da Tabela MAC de um switch contendo 4 VLANs configuradas. A VLAN ID 993 é utilizada para gerência do equipamento enquanto que as demais são para uso de clientes, que encontram-se nas interfaces 1/22, 1/23 e 1/24. Estas VLANs (2755, 2782 e 2783) devem estar *tagged* na porta 1/25 (enlace de transporte) e *untagged* nas respectivas portas dos clientes (enlace de acesso).

Observando o Anexo 1, o endereço MAC 00:25:9E:D3:29:2B, que possui uma associação a cada VLAN configurada é do switch vizinho, conectado à porta 1/25. A VLAN ID 993 é a VLAN de gerência dos equipamentos da rede. Os endereços MAC associados a esta VLAN são de todos os switches da rede, que utilizam a VLAN 993 para gerenciamento.

Na rede de uma operadora, contendo muitos switches e muitos clientes atendidos (e consequente grande quantidade de VLANs em uso), é muito fácil as tabelas MAC dos switches conterem alguns milhares de linhas de endereço MAC.

9.7.2 Aumento do tamanho da tabela MAC dos switches

A tabela MAC de todos os switches na rede aumenta de tamanho conforme aumenta a quantidade de clientes atendidos.

Isso pode ser observado nos Anexos 4 e 5. Os mesmos mostram a tabela MAC do switch sg2-SSS da Figura 11 em dois momentos distintos, havendo um intervalo de 6 meses entre eles. Neste intervalo nenhum cliente passou a ser atendido utilizando-se este equipamento como ponto de acesso. Observa-se pelos anexos que o tamanho da tabela MAC do switch quase duplicou no período citado, pelos simples fato que conter configuradas as VLANs em uso na rede à qual pertence.

9.8 Tabela MAC de switch contendo milhares de endereços

Quando o switch, cuja tabela MAC é apresentada no Anexo 1 foi ativado, todas as VLANs da rede à qual pertence, contendo quase 90 outros switches operantes, estavam criadas no equipamento e associadas às interfaces de *uplink*. Devido a este fato, a tabela MAC do switch possuía mais de 14.000 endereços MAC, como mostrado na Figura 15a, sendo esta resumo do Anexo 2. Por diversas vezes o cliente atendido na interface 1/24 do switch deixava de funcionar. Ao realizar reset na tabela MAC do switch, a mesma voltava a conter mais de 13.000 endereços MAC em menos de 3 minutos.

9.9 Diminuindo a tabela MAC dos switches.

Devido à quantidade de endereços na tabela do switch e por este ser final de linha, todas as VLANs criadas e que não eram utilizadas para atender clientes pelo switch foram deletadas do equipamento. Desta forma o tamanho da tabela MAC do switch passou de mais de 14.000 para somente 32 endereços MAC, como mostrado na Figura 15b. A Figura 15b é um resumo do Anexo 1, que mostra o log de acesso via telnet ao switch, utilizando-se o Putty.

9.10 Problema encontrado com tabela MAC grande

O problema identificado com a grande quantidade de endereços MAC nas tabelas dos switches é que estes, por vezes, perdiam endereços MAC de alguns computadores de clientes. Desta forma o switch não conseguia mais comutar os dados que continham o endereço MAC do equipamento no cabeçalho do endereçamento IP. Como consequência alguns computadores de clientes perdiam comunicação com o gateway.


```

===== PUTTY log 2011.03.25 14:22:42 =====
1 - sg1-XXX-se# show mac-address-table int eth 1/24
2 - This command may take a while...
3 - Total MAC Addresses for this criterion: 0
4 -
5 - sg1-XXX-se# show mac-address-table
6 - This command may take a while...
7 - Total MAC Addresses for this criterion: 14256
8 -
9 - Unit Block Interface MAC Address          VLAN VPN Type
10 - ----
11 - 1      Eth 1/25 00:27:0E:1A:3F:C3 888    - Learned
12 - 1      Eth 1/25 00:C0:26:E0:2D:14 1833   - Learned
13 - --More--
14 -
15 - sg1-XXX-se# show mac-address-table summary
16 - This command may take a while...
17 - Total MAC Addresses for this criterion: 14304
18 -
19 - sg1-XXX-se# clear mac-address-table unicas
20 -
21 - sg1-XXX-se# show mac-address-table summary
22 - This command may take a while...
23 - Total MAC Addresses for this criterion: 2202
24 -
25 - sg1-XXX-se# show mac-address-table int eth 1/24
26 - This command may take a while...
27 - Total MAC Addresses for this criterion: 1
28 -
29 - Unit Block Interface MAC Address          VLAN VPN Type
30 - ----
31 - 1      Eth 1/24 00:90:8F:20:2B:48 2783   - Learned
32 -
33 - sg1-XXX-se# show mac-address-table summary
34 - This command may take a while...
35 - Total MAC Addresses for this criterion: 8342
36 -
37 - sg1-XXX-se# show mac-address-table summary
38 - This command may take a while...
39 - Total MAC Addresses for this criterion: 12799

```

a)

```

===== PUTTY log 2011.03.25 14:22:42 =====
1 - sg1-XXX-se login: ***
2 - Password: ***
3 - sg1-XXX-se# show mac-address-table summary
4 - This command may take a while...
5 - Total MAC Addresses for this criterion: 32
6 -

```

b)

Figuras 15 a e 15 b: Resumo da tabela MAC do switch antes e após limpeza de VLANs do equipamento. a) Nas linhas 1 a 3 mostra que o switch não encontra MAC na interface 1/24. Na linha 15 é aplicado o comando que mostra o tamanho da tabela MAC do switch, resultando na linha 17. Na linha 19 é aplicado o comando para limpar a tabela MAC. Após a limpeza, o MAC do computador do cliente reaparece na porta 1/24 (linhas 25 a 31), mas rapidamente a tabela MAC fica cheia novamente (linhas 37 a 39). b) Resumo do Anexo 1, mostrando a tabela MAC do mesmo switch após desconfigurar as VLANs não utilizadas no equipamento.

No exemplo das Figuras 15a e 15b, quando o equipamento do cliente na interface 1/24 parava de funcionar, verificava-se que o switch não continha mais em sua tabela MAC o endereço MAC do equipamento relacionado a esta interface (linhas 1 a 3 da Figura 15a). A solução de momento era a realização de um reset na tabela MAC do switch que, após mensagem de broadcast, reaprendia o endereço MAC do equipamento do cliente e a comunicação era restabelecida. Mas com o tempo e com o tamanho da tabela MAC, o switch novamente perdia o endereço MAC do equipamento na interface. Após a limpeza de VLANs realizadas no switch, a rede do cliente na interface 1/24 não apresentou mais problemas.

9.11 Problema encontrado na convergência do STP

Uma vez que o STP definiu a rede o mesmo utiliza o mínimo de CPU dos equipamentos. Numa rede muito grande, contendo muitos switches e redundância de enlace, o processo de convergência do protocolo STP pode levar muito tempo.

Na queda de um enlace, o STP deve atuar, redefinindo a rede e as interfaces que serão bloqueadas para tráfego. Se a demora for grande, o LOOP lógico fica ativo gerando broadcast storm e provocando a indisponibilidade da rede. A convergência do STP já chegou a levar mais de 5 minutos para ser concluída em uma rede.

9.12 Sugestão para reduzir problemas de expansão de rede Gigabit Ethernet

9.12.1 Segmentação da rede Gigabit Ethernet

Segmentar uma rede Gigabit Ethernet é a dividi-la de diferentes redes Giga. Desta forma haveria menos pontos de acesso (switches) e menos clientes atendidos na rede.

Esta solução não diminui o tamanho dos domínios de broadcast, mas diminuiria a quantidade de domínios em uso por haver menos clientes atendidos na rede. As tabelas MAC dos switches ainda teriam menos linhas com endereços MAC de outros switches na rede. Também não haveria necessidade de muitos enlaces redundantes na rede. No caso da queda de um enlace, o Protocolo Spanning Tree não demoraria muito para convergir e utilizaria menos processamento dos switches durante sua convergência. Assim é possível diminuir o tráfego de broadcast nas interfaces de *uplink* dos switches e os dados processados nos equipamentos.

As Figuras 16 e 17 mostram o gráfico de uso de CPU e o tráfego de broadcast de um switch que pertencia à mesma rede do switch cujo log é apresentado no Anexo 1. A rede à qual pertencia o switch está em processo de segmentação.

Devido ao processo de segmentação da rede, a quantidade de equipamentos existentes na rede do switch em questão diminuiu, junto com a quantidade de clientes atendidos. As Figuras 16 e 17 mostram os gráficos do switch também durante o período de segmentação da rede, entre Abril e Maio de 2011. É possível verificar a diminuição de uso de CPU e tráfego de broadcast em uma interface do switch no período citado.

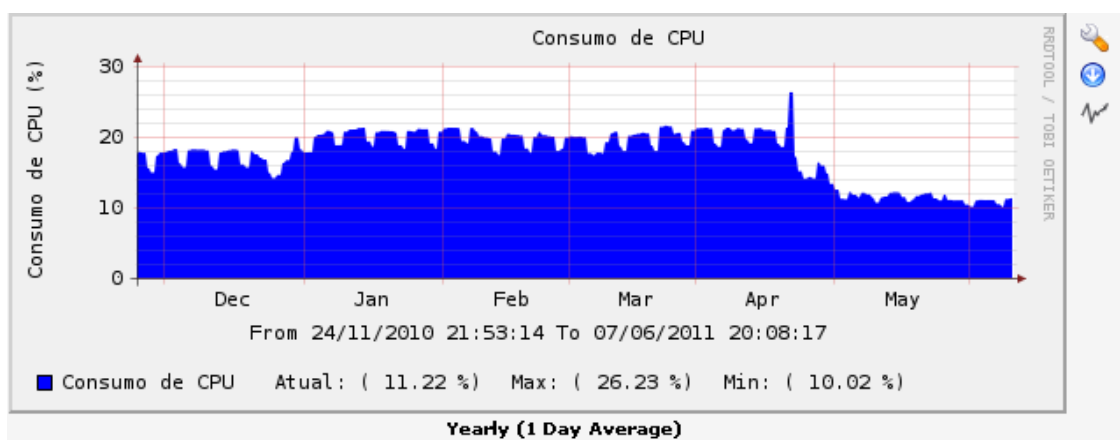


Figura 16: Gráfico do Cacti mostrando o consumo de CPU de um switch na região de Curitiba. A queda no tráfego no gráfico ocorreu na segmentação da rede.

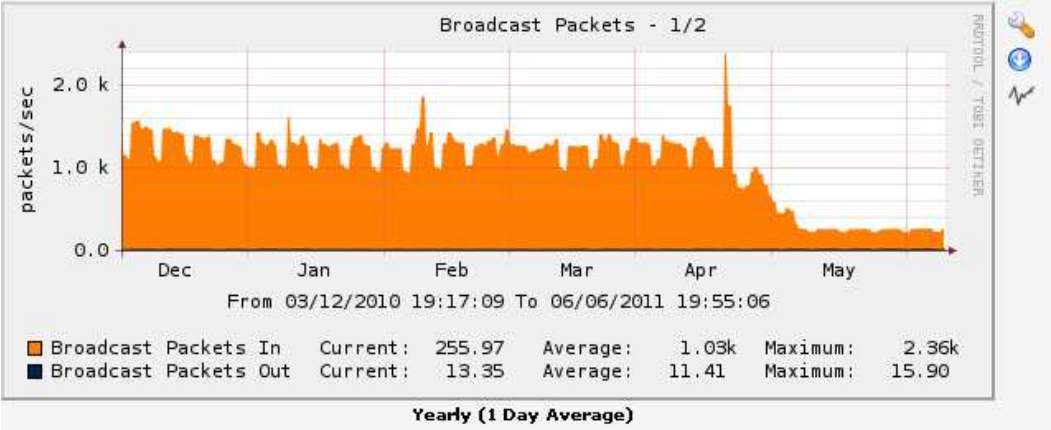


Figura 17: Gráfico do Cacti mostrando o tráfego broadcast em enlace entre switches na região de Curitiba. A queda no tráfego no gráfico ocorreu na segmentação da rede.

10 CONCLUSÃO

Em uma rede de uma operadora baseada em switches (*switched based*) podem existir muitos clientes atendidos. Devido ao modelo de atendimento utilizando VLAN e dependendo do tamanho da rede as tabelas MAC dos switches da rede podem ser muito grandes, podendo ultrapassar os 14.000 endereços MAC. Dependendo das especificações técnicas dos switches instalados os mesmos podem perder endereços MAC de sua tabela e equipamentos de clientes perdem comunicação com seu gateway.

As mensagens de broadcast na rede aumentam com o crescimento da mesma. Essas mensagens devem-se, em parte, à construção e manutenção das tabelas MAC dos switches.

Numa rede contendo enlaces de redundância é necessária a configuração do protocolo Spanning Tree para evitar LOOP de rede. Este protocolo consome processamento dos switches, principalmente durante sua convergência.

O aumento da rede, seja por quantidade de clientes atendidos ou de switches instalados, também contribui para o aumento do uso de CPU dos switches. Este aumento é ocasionado, entre alguns fatores, pelo maior processamento do protocolo Spanning Tree, da tabela MAC e da quantidade de dados a serem encaminhados.

A segmentação física da rede Gigabit Ethernet, que é a divisão de uma rede em várias novas redes Giga, diminui o tamanho da tabela MAC e o uso de CPU dos mesmos. Desta forma a rede tornar-se-ia mais confiável e não seria exigido tanto do hardware instalado.

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUREGONI, Ravi Kumar. Handling Routed Traffic Over Ports Participating in Spanning Tree Protocol. Infosys Technologies Limited, Bangalore, Índia, 2007.

COMER, Douglas E. Redes de computadores e internet: abrange transmissão de dados, ligações inter-redes, web e aplicações. 4ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2007.

FILIPPETTI, Marco Aurélio. Cisco CCNA 4.0: exame 640-801: guia de estudo. Florianópolis: Visual Books, 2006.

IEEE Standards for Local and Metropolitan Area Networks: Virtual Bridged Local Area Networks. 1998.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down. 3ª . ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2006.

NASCIMENTO, Marcelo Brenzink do; TAVARES, Alexei Correa. Roteadores e switches: guia de configuração para certificação CCNA. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

ODOM, Wendell. Guia de certificação do exame: Cisco CCNA. 3ª. ed. rev. Rio de Janeiro: Alta Books, 2003.

Projeto de Interconexão de redes: Cisco internetwork design – CID. São Paulo, SP: Pearson Education, 2003.

TANENBAUM, Andrew S. Redes de computadores. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

WEBB, Karen. Construindo redes Cisco usando comutação multicamadas. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil, 2003.

ANEXOS

Anexo 1

Tabela MAC de um switch da marca Datacom, com 4 VLANs configuradas e em uso (993, 2755, 2782 e 2783). A interface 25 é *uplink* (transporte, VLAN tagged) e as interfaces 22 e 24 são de acesso. A VLAN ID 993 é utilizada para gerência dos switches da região.

sg1- XXX# show mac-address-table

This command may take a while...

Total MAC Addresses for this criterion: 32

| Unit | Block | Interface | MAC Address | VLAN | VPN | Type |
|------|-------|-----------|-------------------|------|-----|---------|
| ---- | ----- | ----- | ----- | ---- | --- | ----- |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:1A:ED:E0 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:00:B7:A0 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:1F:09:A1 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:00:FE:30 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:00:C1:20 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:1A:E9:A0 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:00:AD:E0 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:DF:14:C2:E2 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:25:9E:D3:29:13 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:1B:4E:F0 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:1A:ED:50 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:25:9E:D3:29:2B | 2783 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:1A:E9:10 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:05:10:DA | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:05:11:AD | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/27 | 00:04:DF:14:CA:5C | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:05:7D:C3 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:25:9E:D3:B5:A4 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:25:9E:AF:A3:92 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:25:9E:B2:A1:2B | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:00:BB:F0 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:DF:14:B6:D0 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/27 | 00:04:DF:14:BA:8D | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/24 | 00:90:8F:20:2B:48 | 2783 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:05:11:84 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/23 | 00:03:1D:06:64:C8 | 2782 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:25:9E:D3:29:2B | 2782 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:80:42:19:7D:8F | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:04:96:1A:EA:90 | 993 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/22 | 00:90:C2:D5:99:EF | 2755 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/25 | 00:25:9E:D3:29:2B | 2755 | - | Learned |
| 1 | | Eth 1/27 | 00:04:DF:14:BF:25 | 993 | - | Learned |

| | | | | |
|---|----------|-------------------|--------|---------|
| 1 | Eth 1/25 | E0:CB:4E:03:2B:70 | 3352 - | Learned |
| 1 | Eth 1/25 | 00:04:23:D3:D1:6A | 2496 - | Learned |
| 1 | Eth 1/25 | 00:C0:EE:2E:FF:19 | 2607 - | Learned |

--More--

sg1-XXX# show mac-address-table interface eth 1/24
 This command may take a while...
 Total MAC Addresses for this criterion: 0

sg1-XXX# show mac-address-table summary
 This command may take a while...
 Total MAC Addresses for this criterion: 14304

sg1-XXX# clear mac-address-table unicast

sg1-XXX# show mac-address-table summary
 This command may take a while...
 Total MAC Addresses for this criterion: 2202

sg1-XXX# show mac-address-table interface ethernet 1/24
 This command may take a while...
 Total MAC Addresses for this criterion: 1

| Unit | Block | Interface | MAC Address | VLAN | VPN | Type |
|------|-------|-----------|-------------------|--------|-----|---------|
| ---- | ---- | ----- | ----- | ---- | --- | ----- |
| 1 | | Eth 1/24 | 00:90:8F:20:2B:48 | 2783 - | | Learned |

sg1-XXX# show mac-address-table summary
 This command may take a while...
 Total MAC Addresses for this criterion: 8342

sg1-XXX# show mac-address-table summary
 This command may take a while...
 Total MAC Addresses for this criterion: 10104

sg1-XXX# show mac-address-table summary
 This command may take a while...
 Total MAC Addresses for this criterion: 12799

Anexo 3

Tabelas MAC dos switches do laboratório representado na Figura 8.

Switch 1# show mac-address-table

Total MAC Addresses for this criterion: 5

| Interface | MAC Address | VLAN | Priority | Type |
|-----------|-------------------|------|----------|---------|
| ----- | ----- | ---- | ----- | ----- |
| Eth 1/ 1 | 00:00:39:34:FA:F7 | 990 | 0 | Learned |
| Eth 1/ 5 | 00:04:DF:10:06:93 | 990 | 0 | Learned |
| Eth 1/ 5 | 00:04:DF:12:FB:B6 | 990 | 0 | Learned |
| Eth 1/ 5 | 00:04:DF:13:7E:C9 | 990 | 0 | Learned |
| Eth 1/ 5 | 00:A0:D1:4B:77:8B | 990 | 0 | Learned |

Switch 2# show mac-address-table

This command may take a while...

Total MAC Addresses for this criterion: 5

| Unit | Block | Interface | MAC Address | VLAN | Type |
|------|-------|-----------|-------------------|------|---------|
| ---- | ----- | ----- | ----- | ---- | ----- |
| 1 | | Eth 1/28 | 00:04:DF:12:FB:B6 | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/28 | 00:04:DF:13:7E:C9 | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/ 5 | 00:A0:D1:4B:77:8B | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/28 | 00:00:39:34:FA:F7 | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/28 | 00:04:DF:14:04:52 | 990 | Learned |

Switch 3# show mac-address-table

This command may take a while...

Total MAC Addresses for this criterion: 6

| Unit | Block | Interface | MAC Address | VLAN | Type |
|------|-------|-----------|-------------------|------|---------|
| ---- | ----- | ----- | ----- | ---- | ----- |
| 1 | | Eth 1/26 | 00:04:DF:10:06:93 | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/27 | 00:04:DF:13:7E:C9 | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/26 | 00:A0:D1:4B:77:8B | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/27 | 00:00:39:34:FA:F7 | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/27 | 00:04:DF:14:04:52 | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/26 | 00:04:DF:10:06:AF | 990 | Learned |

Switch 4# show mac-address-table

This command may take a while...

Total MAC Addresses for this criterion: 6

| Unit | Block | Interface | MAC Address | VLAN | Type |
|------|-------|-----------|-------------------|------|---------|
| ---- | ----- | ----- | ----- | ---- | ----- |
| 1 | | Eth 1/28 | 00:04:DF:12:FB:B6 | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/28 | 00:04:DF:10:06:93 | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/28 | 00:A0:D1:4B:77:8B | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/ 8 | 00:00:39:34:FA:F7 | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/ 8 | 00:04:DF:14:04:52 | 990 | Learned |
| 1 | | Eth 1/28 | 00:04:DF:12:FB:D1 | 990 | Learned |

Anexo 4

Tamanho da tabela do switch sg2-SSS da Figura 11, em 19 de novembro de 2010.

sg2-SSS# show interface tab conf

| Port | Port Admin | Link Status | Auto Neg | Speed/Duplex CFG Status | Flow Ctrl | PVID |
|--------------|---------------|----------------|-------------|----------------------------|--------------|------|
| 1/ 1 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/ 2 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/ 3 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/ 4 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/ 5 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/ 6 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/ 7 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/ 8 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/ 9 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/10 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/11 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/12 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/13 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/14 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/15 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/16 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/17 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/18 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/19 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/20 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/21 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/22 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/23 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/24 | DOWN | DOWN | OFF | 100/FULL | NONE | 1 |
| 1/25 | DOWN | DOWN | ON | 100/AUTO | NONE | 1 |
| 1/26 | DOWN | DOWN | ON | 100/AUTO | NONE | 1 |
| 1/27 | DOWN | DOWN | ON | 100/AUTO | NONE | 1 |
| 1/28 sg1-SSS | UP | UP | ON | 100/AUTO 1000/FULL | NONE | 1 |

spacebar->toggle screen U->page up D->page down ESC->exit

sg2-SSS# show mac-address-table summary

This command may take a while...

Total MAC Addresses for this criterion: 1298

Anexo 5

Tamanho da tabela MAC do switch sg2-SSS da Figura 11, em 25 de Maio de 2011.
Nenhum cliente ainda havia sido ativo através deste switch.

```
sg2-SSS# show mac-address-table summary
This command may take a while...
Total MAC Addresses for this criterion: 2516
```

```
sg2-SSS# show clock
Mon May 13 16:36:27 2011
Timezone is BRT -0300
```

```
sg2-SSS# show interfaces table utilization packets
```

| Port | Link Status | Receive packet/s | Peak Rx packet/s | Transmit packet/s | Peak Tx packet/s |
|--------------|-------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| 1/ 1 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/ 2 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/ 3 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/ 4 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/ 5 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/ 6 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/ 7 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/ 8 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/ 9 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/10 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/11 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/12 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/13 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/14 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/15 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/16 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/17 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/18 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/19 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/20 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/21 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/22 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/23 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/24 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/25 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/26 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/27 | DOWN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/28 sg1-SSS | UP | 674 | 770 | 1 | 2 |

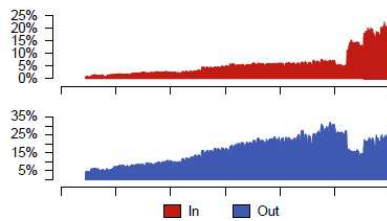
Anexo 6

Relatório Ehealth do enlace entre os switches sg1-AAA e sg1-CCC da Figura 11, entre Outubro de 2009 a Maio de 2011.

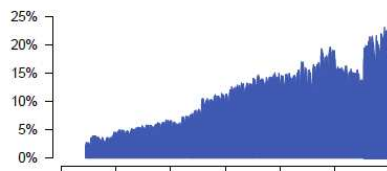
Relatorio At-a-Glance

Relatorio de Porta Ethernet
Generic LAN Interface Element
sg1-AAA enet-port-1001_sg1 CCC
BW: 1.0 Gbps

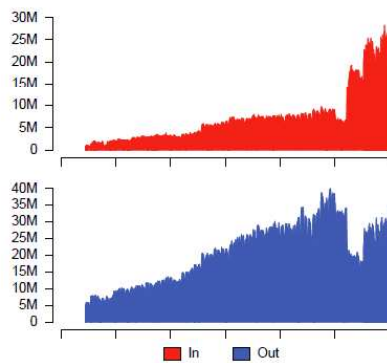
Bandwidth Utilization (%)



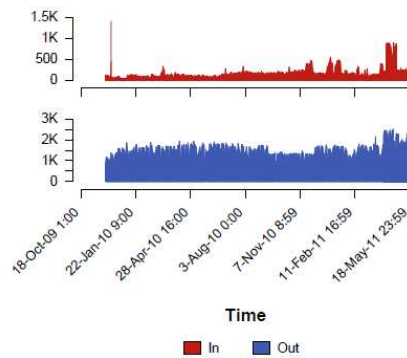
Bandwidth Utilization Total



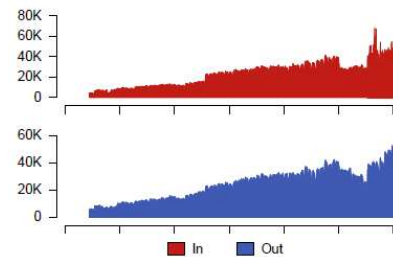
Bytes (bytes/sec)



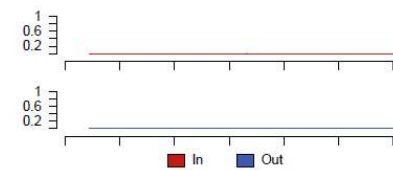
NonUnicasts (frames/sec)



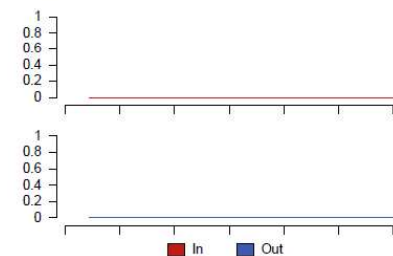
Frames (frames/sec)



Errors (errors/sec)



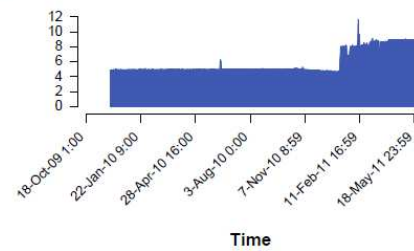
Discards (frames/sec)



Availability %



Latency (msec)



Auto Range: Custom
From: 18/10/2009 00:00
To: 18/05/2011 23:59

Created: 18/05/2011 12:33:14

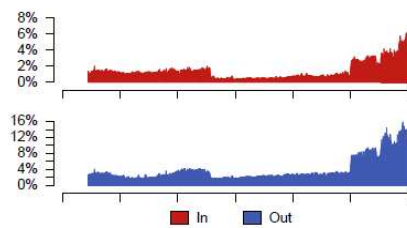
Anexo 7

Relatório Ehealth do enlace entre os switches sg1-AAA e sg1-MMM da Figura 11, entre Outubro de 2009 a Maio de 2011.

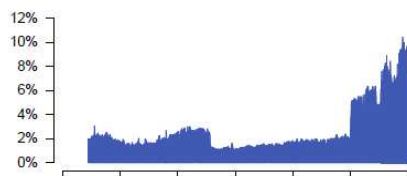
Relatorio At-a-Glance

Relatorio de Porta Ethernet
Generic LAN Interface Element
sg1- AAA enet-port-1004_sg1MMM
BW: 1.0 Gbps

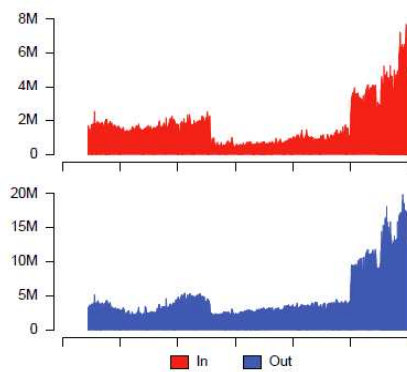
Bandwidth Utilization (%)



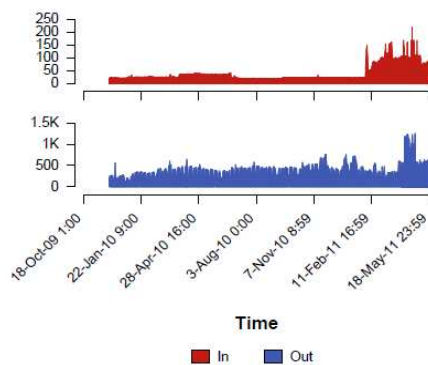
Bandwidth Utilization Total



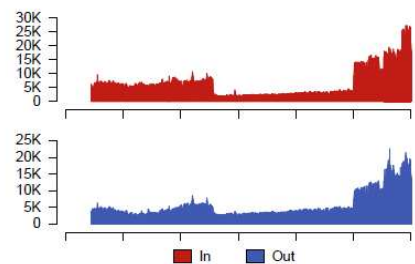
Bytes (bytes/sec)



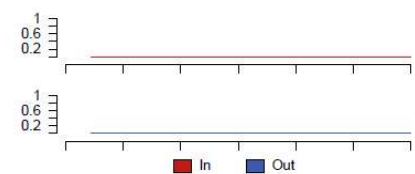
NonUnicasts (frames/sec)



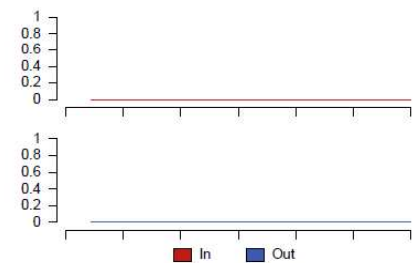
Frames (frames/sec)



Errors (errors/sec)



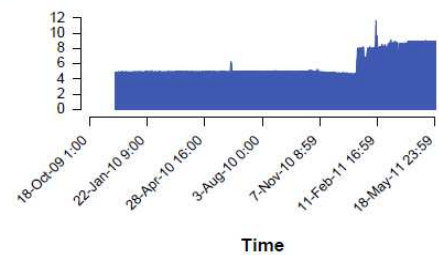
Discards (frames/sec)



Availability %



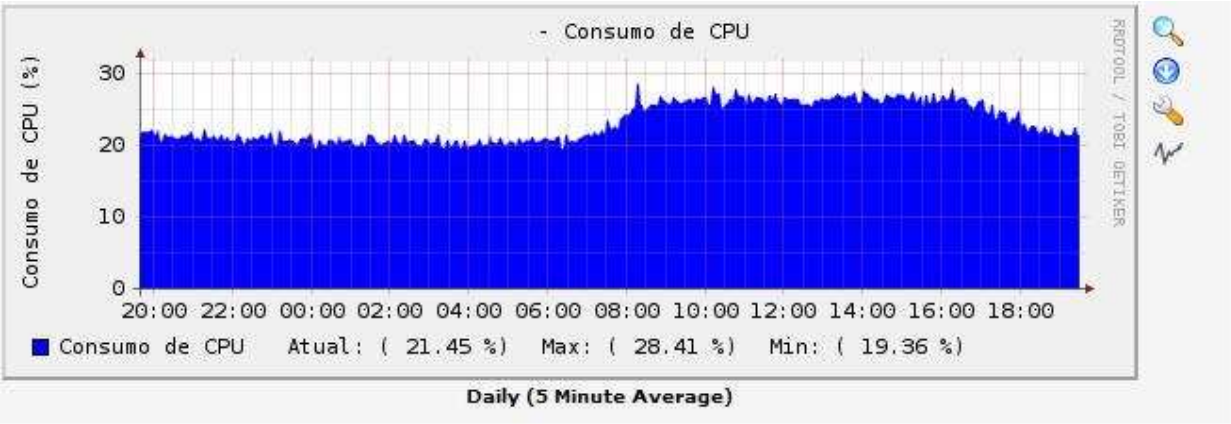
Latency (msec)



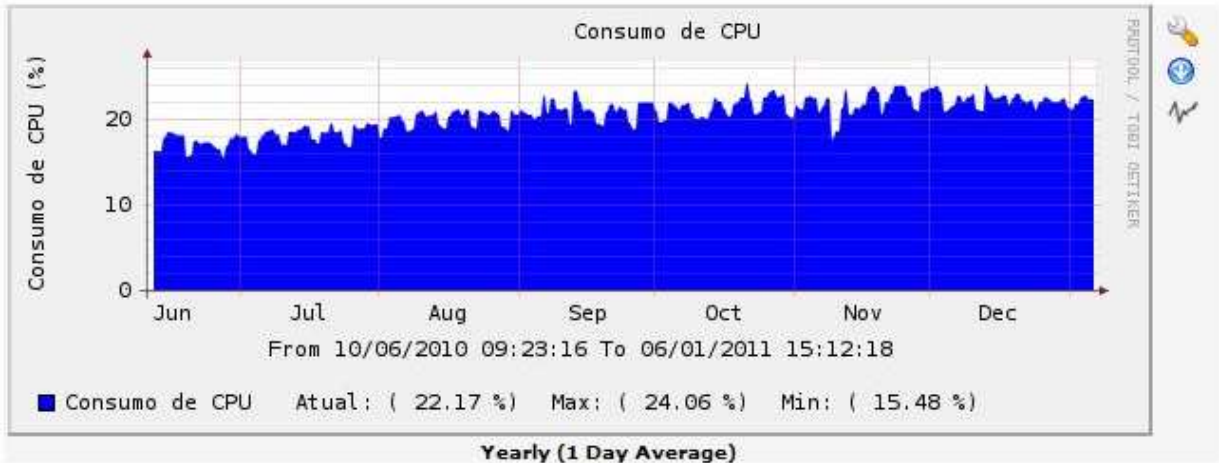
Auto Range: Custom
From: 18/10/2009 00:00
To: 18/05/2011 23:59

Created: 18/05/2011 12:35:26

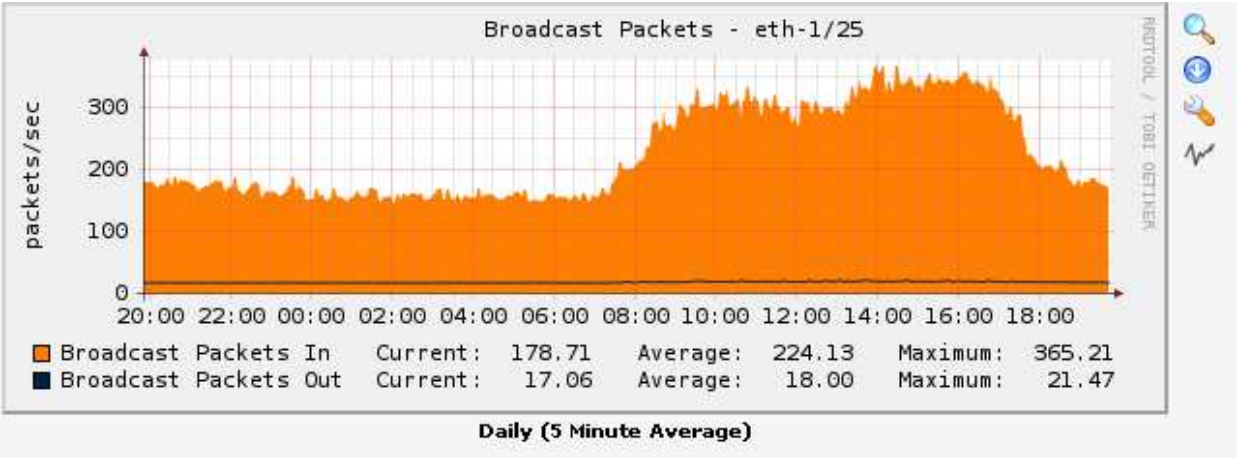
Anexo 8



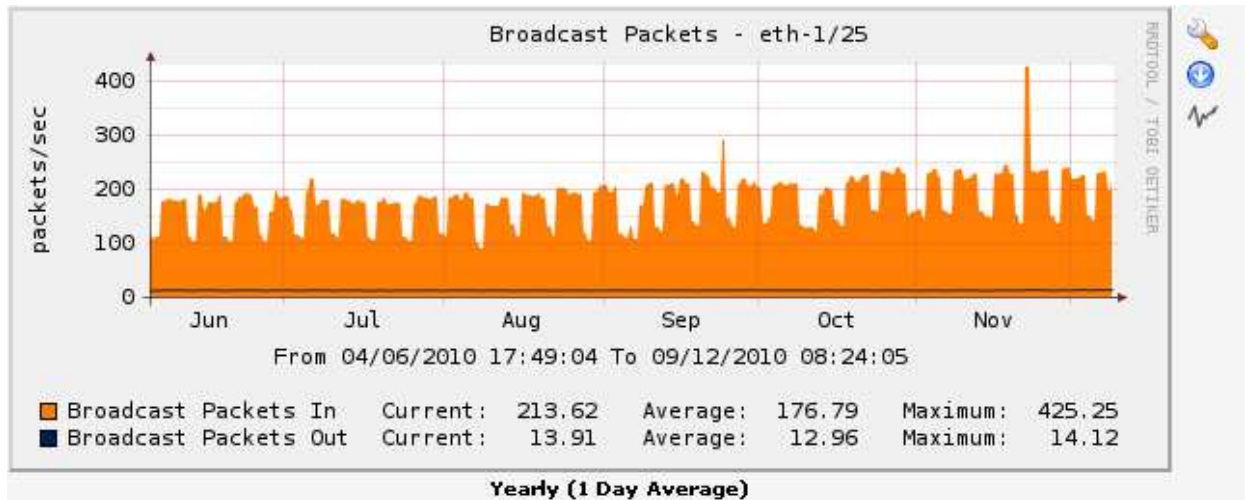
Consumo de CPU de switch na região de Curitiba ao longo do dia.



Consumo de CPU de switch na região de Curitiba num período de sete meses.



Tráfego broadcast ao longo do dia em enlace entre switches na região norte do Paraná.



Tráfego broadcast ao longo de seis meses em enlace entre switches na região norte do Paraná.