

Material disponível em:

www.projetoderedes.com.br

Proposta de Otimização do Tráfego da Rede da Universidade Federal de Lavras Utilizando a Técnica de Spanning Tree Protocol

Daniel Cardoso Gomes

Rêmulo Maia Alves

Anderson Bernardo dos Santos

Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Lavras

Caixa Postal, 37 – Campus Universitário – Lavras/MG

dancgbr@gmail.com, rma@ufla.br, anderson@ufla.br

Resumo: Com a expansão das organizações e de suas redes computacionais, sua alta disponibilidade é um requisito chave. Até mesmo curtos períodos de inatividade de uma rede podem gerar perdas de produtividade. Diante disso, o presente trabalho apresenta uma proposta de otimização do tráfego da Rede da Universidade Federal de Lavras, através da implantação de redundâncias e a posterior implantação da técnica de *Spanning Tree Protocol* (STP).

Palavras-Chave: Rede de Computadores, *Spanning Tree Protocol*, Otimização, Redundância.

Optimization proposal of the Federal University of Lavras Network's traffic using the Spanning Tree Protocol technique

Abstract: *With the expansion of the organizations and of their computer networks, their high availability is a key requirement. Even short periods of inactivity of a network can generate productivity losses. Before that, the present work presents a optimization proposal of the Federal University of Lavras network's traffic, through the implantation of redundancies and the subsequent implementation of the Spanning Tree Protocol (STP) technique.*

Keywords: *Computer Networks, Spanning Tree Protocol, Optimization, Redundancy.*

1. Introdução

Em tempos em que a competitividade faz com que as organizações preocupem-se cada vez mais com a racionalização e o aproveitamento máximo de seus recursos, a fim de obter ganhos de eficiência, é imprescindível a procura constante de novas soluções. E com o aumento da complexidade das redes de computadores, surgiu a necessidade de realizar um gerenciamento de redes mais eficiente e abrangente, visando manter a disponibilidade e consistência dos serviços baseados em redes de computadores.

Dentro desta visão, em que o ganho de performance de uma rede é perseguido constantemente, pode-se lançar mão de recursos já disponíveis no mercado. Quando projetos de redes utilizam múltiplos *switches*, a maioria

dos engenheiros de redes inclui segmentos redundantes entre os *switches*. O objetivo disso é simples: criar enlaces alternativos para o tráfego de dados. Um *switch* pode falhar, um cabo pode ser cortado ou desconectado, e se houver um enlace redundante na rede, o serviço ainda estará disponível para a maioria dos usuários.

Porém, projetos de redes com enlaces físicos redundantes podem fazer com que os dados nessa rede entrem em *loop* infinito, ou seja, permaneçam em tráfego constante, congestionando a rede e gerando problemas significativos de performance.

Para minimizar esses problemas pode-se implementar uma técnica de otimização de tráfego em redes chamada *Spanning Tree Protocol* (STP) para impedir que os dados trafeguem indefinidamente pelos enlaces redundantes.

De acordo com esta visão, buscou-se analisar a situação da rede da Universidade Federal de Lavras (Ufla), uma instituição pública que, ao contrário de muitas outras, procura fazer o melhor uso possível dos equipamentos e recursos que possui, aproveitando o fato de ser uma organização educacional e possuir centenas de pesquisadores, muitos deles da área de Tecnologia de Transporte de Informações.

Diante disso, o presente trabalho elaborou uma proposta de otimização de tráfego de dados na rede Ufla, através da implementação da técnica de *Spanning Tree Protocol* utilizando equipamentos já disponíveis – os *switches*.

Os testes realizados em laboratório contribuíram para avaliar a viabilidade da utilização em campo desta tecnologia e mostraram que o tempo gasto pelo STP para restabelecer os serviços de rede é insignificante se comparado ao tempo que geralmente a Rede Ufla fica indisponível após a ocorrência de uma falha.

2. Rede de Computadores

Segundo [11], uma rede de computadores é formada por um conjunto de módulos processadores e por um sistema de comunicação, ou seja, é um conjunto de enlaces físicos e lógicos entre vários computadores (chamados *hosts*).

As redes de computadores surgiram da necessidade de troca de informações, possibilitando o acesso a um dado que está fisicamente localizado distante de você. Além da vantagem de se trocar dados, há também a vantagem de compartilhamento de periféricos, que podem significar uma redução nos custos de equipamentos. A Figura 2.1 representa um exemplo de compartilhamento de impressora (periférico) que está sendo usado por vários computadores.

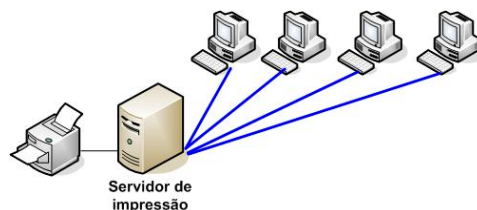


Figura 2.1: Exemplo de compartilhamento de periféricos.

As redes de computadores podem ser classificadas em: WAN (*Wide Area Network*), MAN (*Metropolitan Area Network*) ou LAN (*Local Area Network*). As primeiras abrangem uma ampla área geográfica (um país ou

continente); as redes MAN interligam vários pontos numa mesma cidade; e as redes LAN são redes privadas contidas em um prédio ou em um campus universitário que tem alguns quilômetros de extensão. As LANs localizadas em um Campus Universitário são chamadas também de Rede Campus.

2.1 Padrão de rede local - Ethernet

As redes locais são gerenciadas de acordo com as regras estabelecidas pelo **IEEE 802 Standards Committee** (*Institute of Electrical and Electronics Engineers* – organização fundada em 1963 que inclui engenheiros, estudantes e cientistas. Atua na criação e coordenação dos padrões e normas de comunicação e computação).

O Ethernet é um padrão que define como os dados serão transmitidos fisicamente através dos cabos de rede. Dessa forma, essa arquitetura – assim como as arquiteturas Token Ring e FDDI – opera na camada de Enlace do modelo TCP/IP.

As redes Ethernet usam um método de acesso ao meio baseado em contenção e disputa do meio. Este método baseia-se no princípio de que apenas um dispositivo de rede pode usar o meio por vez; assim, os pontos de rede disputam o acesso ao meio. Um computador, ao tentar enviar sinal e notar que o mesmo esteja ocupado, se contém em enviar até que o outro computador termine a transmissão.

2.2 Redundância

[8] nos explica que um dos problemas de um projeto hierárquico puro para segmentos de LAN interconectados é que, se um *switch* próximo ao topo da hierarquia cair, os enlaces da LAN ficarão desconectados. Por essa razão, é recomendável montar redes com múltiplos trajetos entre os enlaces dessa rede.

Segundo [10], o projeto bem sucedido de uma rede de computadores pode ser representado pela capacidade desta em oferecer os serviços essenciais requeridos por seus usuários e por preservar os seus principais componentes na eventual ocorrência de falhas.

A fim de prevenir eventuais falhas e oferecer alternativas que evitem que estas acarretem maiores prejuízos, se faz necessário que os projetos contemplem planos de redundância e contingência constituídos por uma série de ações e procedimentos que visam soluções e dispositivos de recuperação relacionados com essas falhas.

2.2.1 Provendo redundância na topologia da rede

Uma forma de construir redes altamente disponíveis é provendo segurança e confiabilidade através da redundância na topologia da rede preferencialmente aos equipamentos de rede. Na rede Campus da Figura 3.1, um caminho de *backup* existe entre cada *switch*.

Trajetos múltiplos redundantes entre os segmentos de LAN (como as LANs departamentais de uma universidade) podem melhorar muito a tolerância à falha. Mas, infelizmente, trazem sérios efeitos colaterais – os quadros podem circular e se multiplicar dentro da LAN interconectada [8].

[3] nos dá mais detalhes sobre esses problemas, que prejudicam consideravelmente o desempenho de uma rede:

- **Difusão de *broadcasting*:** se não houver nenhum tipo de prevenção de *loop* na rede, um *broadcast* pode tomar uma dimensão de tráfego que vai decrementar sensivelmente a performance de toda a rede. Isso acontece porque o uso de

switches para interligar redes cria um único domínio de *broadcast* ou domínio de difusão. Este problema também é conhecido como Tempestade de *Broadcast*.

- **Múltiplas cópias de quadros:** como o quadro pode ir por vários caminhos para chegar ao destino, uma cópia de múltiplos quadros, ao chegar no *switch*, vai causar um resultado inesperado, pois a consulta na tabela de endereços MAC ficará confusa na hora de escolher para onde encaminhar o quadro.

- **Múltiplos loops:** um *loop* de quadro pode acontecer dentro de um outro *loop*, Assim não haverá como o *switch* realizar suas tarefas de comutação de quadros.

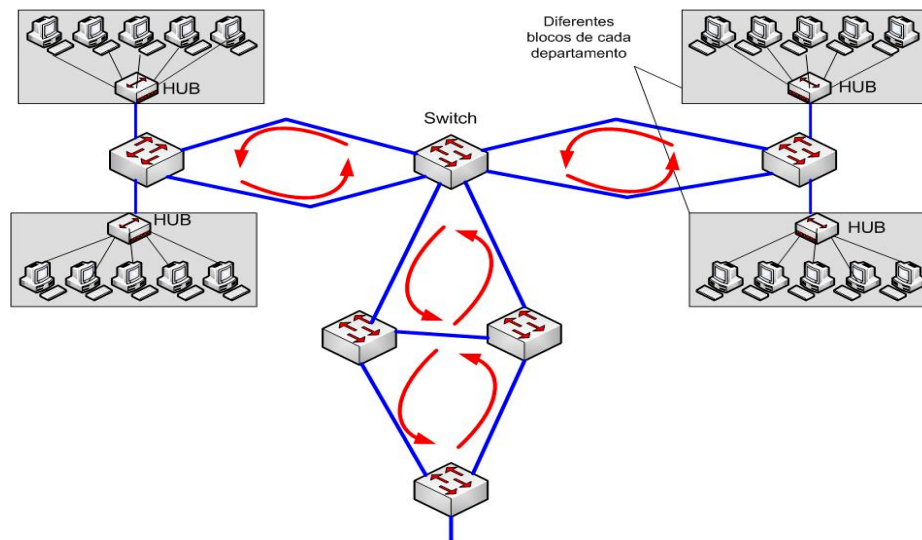


Figura 2.2: Ocorrência de loops em uma rede com enlaces redundantes.

3. *Spanning Tree Protocol* (IEEE 802.1d)

O Spanning Tree Protocol (STP) é um protocolo orientado à camada 1 do modelo TCP/IP (Camada de Enlace) desenvolvido originalmente pela DEC (*Digital Equipment Corporation*) e mais tarde incorporado pelo padrão IEEE 802.1d.

Seu objetivo é permitir a comunicação entre os *switches* participantes em uma rede Ethernet, oferecendo a redundância necessária ao mesmo tempo em que evitando a ocorrência de *loops* na rede.

De acordo com [9], o algoritmo STP cria uma árvore de cobertura (*Spanning Tree*), da qual fazem parte somente as portas dos *switches* que encaminham informações. A estrutura da árvore é formada por um caminho único entre os segmentos que interligam todos os switches da rede. Pode-se entender melhor imaginando um único caminho para se chegar do topo à base de uma árvore.

Fazendo-se das palavras de [8], para evitar circulação e multiplicação de quadros, os switches usam o protocolo *Spanning Tree*. Através dele, eles se comunicam pela LAN para determinar uma árvore, isto é, um subconjunto da topologia original que não tenha *loops*. Assim que os *switches* determinam essa árvore, elas desconectam as interfaces apropriadas para criar a árvore como topologia ativa a partir da topologia original. Desconectadas as interfaces e removidos os *loops*, os quadros não vão mais circular e se multiplicar. Se, algum tempo depois, um dos enlaces falhar, os *switches* poderão rodar novamente o algoritmo de *Spanning Tree* e determinar um novo conjunto de interfaces a serem desconectadas [8].

O *Spanning Tree Protocol* é empregado nos *switches* Ethernet para que estes possam construir uma topologia redundante, porém sem loops. O seu algoritmo é utilizado para o cálculo de todos os caminhos possíveis, permanecendo ativos somente aqueles que forem considerados como os mais eficientes, devendo os links redundantes permanecerem em uma condição "*backup*".

4. Desenvolvimento

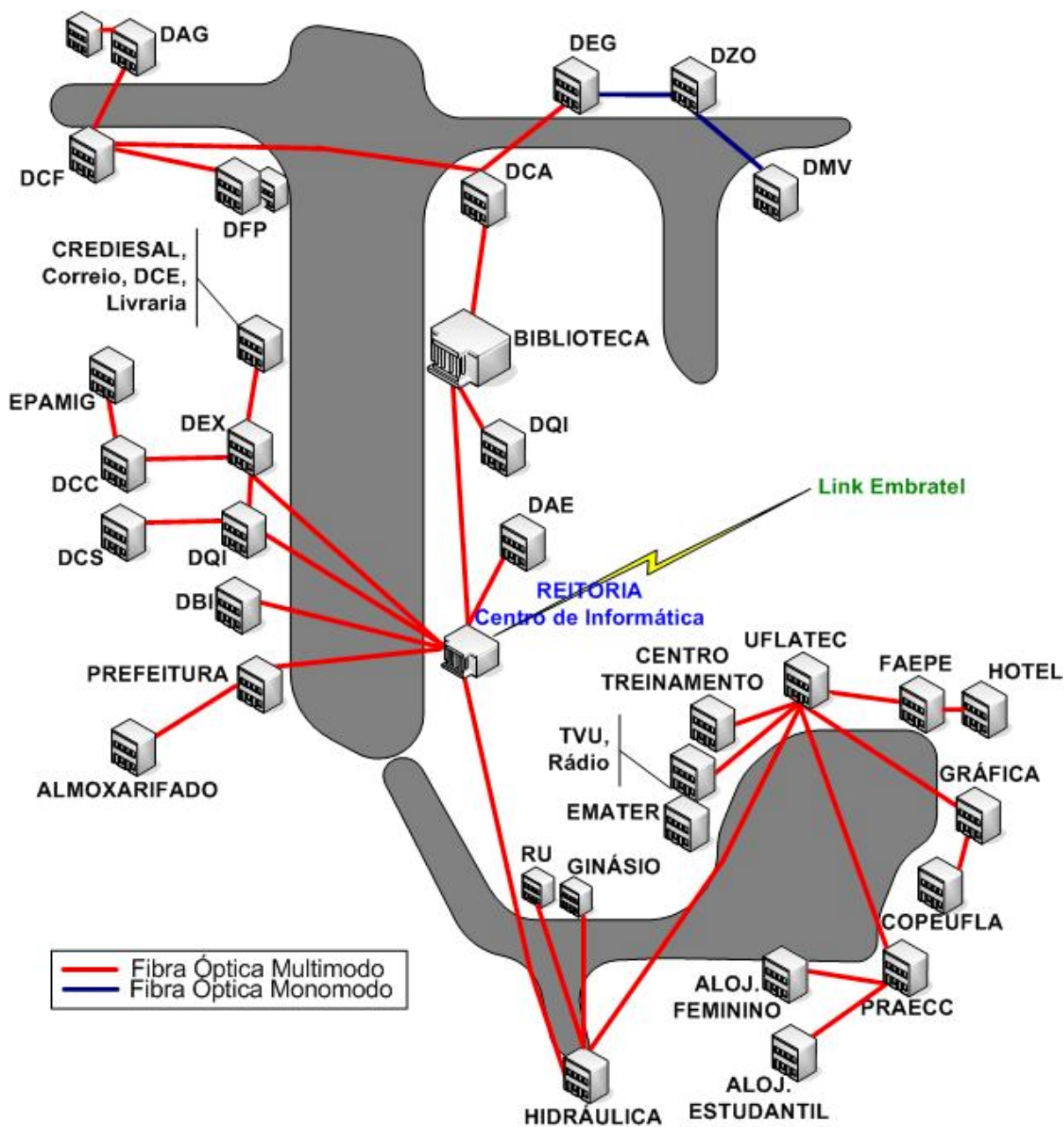
4.1 Análise da Rede Ufla

Este trabalho consistiu em testar uma solução para o problema de disponibilidade e desempenho da Rede Ufla. Entre os requisitos básicos para iniciar o trabalho estava a tarefa de fazer a análise da documentação da rede, equipamentos utilizados e os problemas que geralmente ocorrem nos serviços de rede.

A atual disposição física (topologia) da rede da Universidade Federal de Lavras não apresenta caminhos redundantes entre os departamentos. Sendo assim, não há alternativas de tráfego que poderiam oferecer um balanceamento e aumento de disponibilidade da rede. Isso porque a criação da redundância consiste em adicionar mais de uma conexão entre dois pontos distintos, ou seja, prover caminhos alternativos na rede para a transmissão de dados, garantindo a finalização da transmissão mesmo que parte da rede esteja indisponível.

Para que o tráfego de dados na Ufla seja eficiente, quanto mais redundâncias, melhor. Isso quer dizer que o ideal é que todos os departamentos tenham um caminho alternativo para o transporte de dados até o *backbone*. Sendo assim, diante da topologia da Rede Ufla mostrada anteriormente, foram propostas duas redundâncias (Figura 5.1):

1. Entre o Departamento de Fitopatologia (DFP) e a Cantina;
2. Entre o prédio da Reitoria e a Hidráulica.



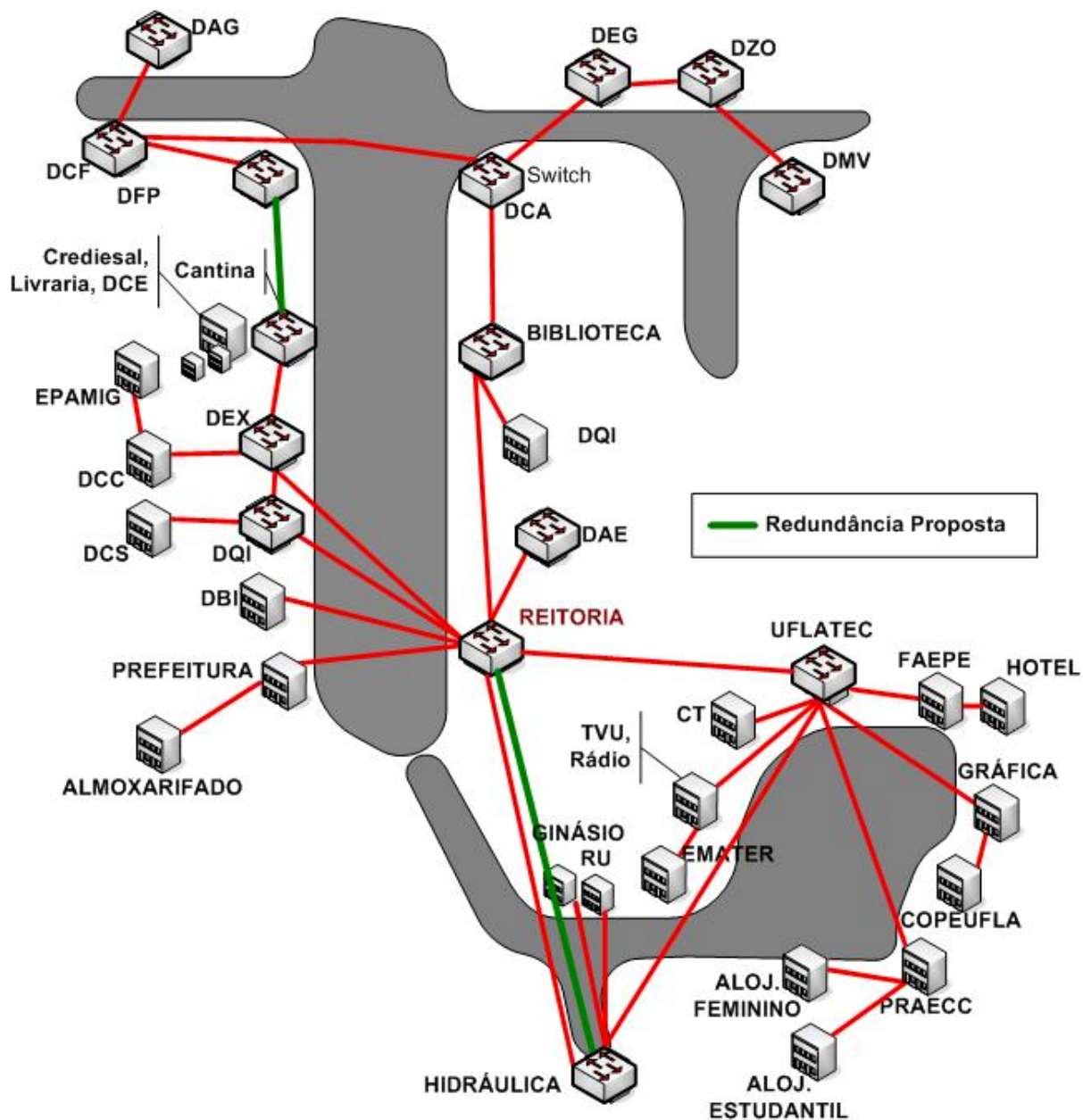


Figura 4.1: Topologia da rede Ufla antes e depois das implantação de redundâncias.

A criação de um enlace alternativo (redundância) balancearia o tráfego da rede, além de prover aos departamentos uma rota alternativa. Assim, caso haja alguma falha no link entre o DCA e a Biblioteca, por exemplo, a comunicação seria agora realizada através do novo enlace entre o DFP e a Cantina. Assim também ocorre com os prédios do Campus Histórico, caso o *link* entre os prédios da Hidráulica e o prédio da Reitoria falhe.

4.2 Proposta de implantação do STP

O STP é responsável pela eliminação dos *loops* e tempestades de *broadcast*, gerenciando os caminhos redundantes e oferecendo uma alta disponibilidade para a rede.

Para a implantação do STP na rede Ufla, utilizando as redundâncias sugeridas na seção anterior, todos os switches que fazem parte da topologia redundante (anel formado pela interligação dos *switches*) teriam que ser reconfigurados.

A implantação do STP será mostrada nesta seção tomando como exemplo a redundância entre o Departamento de Fitopatologia e a Cantina. Deverão ser feitos três procedimentos iniciais: 1) instalar um novo *switch* no DFP, 2) usar um canal extra do cabo óptico já existente entre o DCF e o DFP para fazer uma redundância entre o DFP e o DCF, 3) passar de um novo cabo de fibra entre o DFP e a Cantina, usando dois canais dessa fibra para fazer a redundância entre o DFP e a Cantina e 4) Conectar um canal ao Switch1 e outro canal ao Switch2.

Os dois *switches* do DFP, portanto, serão ligados à Cantina através de dois canais da nova fibra óptica que será lançada (canal redundante). Na Figura 5.2, como um dos *switches* do DFP situa-se em um local apropriado (centro), ele terá uma prioridade menor em relação aos outros, o que garante sua vitória na eleição de *Switch Root* (Raiz) da topologia STP.

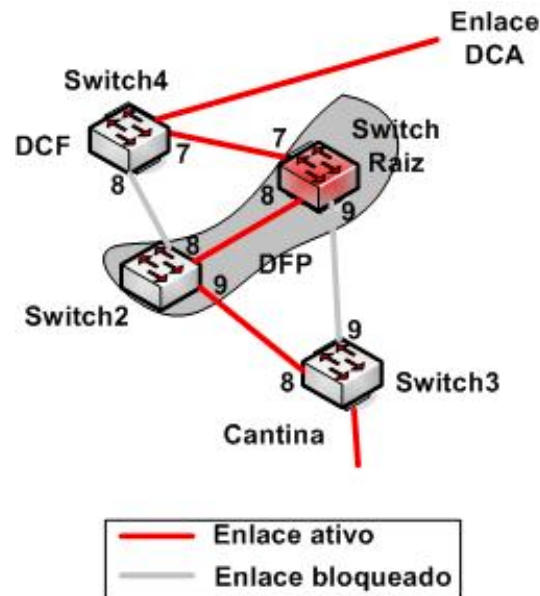


Figura 4.2: Implantação do STP no anel entre o DCF e a Cantina.

As portas 8 do Switch4 e 9 do Switch3, previamente configuradas com uma prioridade secundária propositalmente, ficarão em estado de *backup* (bloqueadas), até que algum problema aconteça e estas passem a ser primárias.

Para escolher o caminho que inicialmente será o primário (ativo) basta dar valores menores às prioridades das portas dos *switches*. Isso foi feito para a porta 7 do Switch4, portas 8 e 9 do Switch2 e para a porta 8 do Switch3. O Switch Raiz tem todas suas portas ativas, por determinação do STP.

Na Figura 5.3, são mostradas as redundâncias propostas e também como ficaria o tráfego da rede após a implantação do STP.

Foi utilizado o Ping (*Packet Internet Groper*), um programa usado para testar o alcance de uma rede, que envia a nós remotos uma requisição e espera por uma resposta. Através dele, foi possível também identificar o momento em que o enlace ficou indisponível e quando voltou à atividade.

Na topologia construída, foi realizada a simulação da queima de uma porta do *switch*, que, em uma rede normal, acarretaria na interrupção do *link*. Uma analogia desta operação pode ser feita com a queima de conversores ópticos. Os resultados dos testes e de todo o trabalho são mostrados no Capítulo seguinte (Resultados e Discussões).

5. Resultados e Discussões

Após a montagem do laboratório e feitas as devidas configurações dos *switches*, realizou-se vários testes, a fim de simular a topologia real da Rede Ufla e o funcionamento do *Spanning Tree* em enlaces redundantes. Os testes realizados e seus propósitos são explicados a seguir:

Comportamento de uma rede com redundância sem o STP

Um importante teste realizado foi o do comportamento de uma rede redundante sem a implantação do STP. Nesta simulação, a mesma topologia com enlaces alternativos foi utilizada, porém, sem a ativação do STP.

No monitoramento de portas realizado através do próprio software de gerenciamento do *switch*, a opção *Port Manager* mostrou que todas as portas de ambos os switches estavam encaminhando quadros. Tanto a porta definida como “Principal” quanto a “Backup” encaminhavam dados (Fwd). Isso significa que as informações trafegavam livremente através dos dois enlaces redundantes, sobrecarregando a rede e gerando *loops*. Observou-se que à medida em que o tráfego da rede tornava-se mais intenso, os pacotes demoravam um tempo maior para chegarem ao destino.

A comunicação entre os computadores em alguns momentos tornou-se muito lenta (alto valor do tempo de resposta), chegando até a não mais conseguir uma resposta em tempo hábil. Tais acontecimentos evidenciam a ocorrência de *loops* entre os dois *switches*, fazendo com que suas tabelas de endereçamento ficassem confusas.

Dentre a série de testes realizados sem o STP, notou-se que quando o enlace que estava sendo usado para trafegar dados foi bloqueado propositalmente, a comunicação não foi restabelecida, provando assim que a não configuração do STP em uma rede redundante pode fazer com que a mesma não consiga se restabelecer após a ocorrência de uma falha. A Figura 4.4 mostra uma estatística dos dados trafegados em cada porta, enquanto o *Spanning Tree* não estava presente:

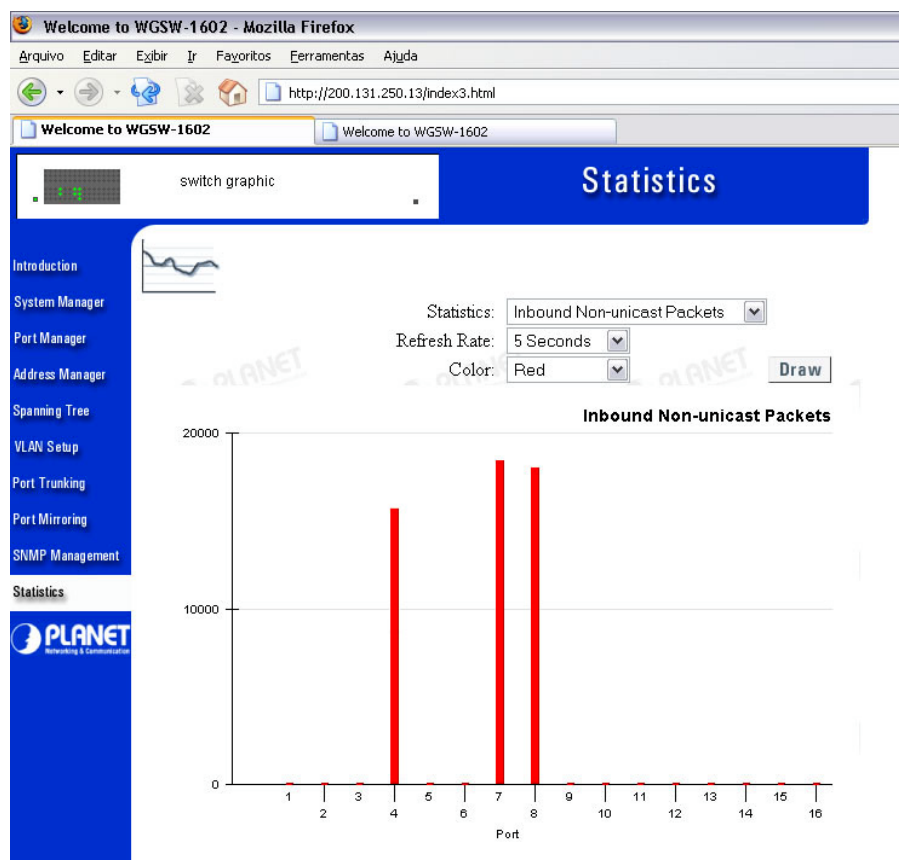


Figura 4.4: Fluxo de *Broadcast* sem STP.

Os pacotes *broadcast* enviados pelo *host* de origem chegavam a todas as portas onde havia redundância. Ou seja, o pacote trafegava tanto pelo enlace Principal (Porta 7) quanto pelo link de *Backup* (Porta 8). Com isso, os *switches* tinham comprometimento em suas tabelas de endereçamento e o exagerado fluxo de dados prejudicava o desempenho das transferências.

Um acontecimento relevante também observado foi a instabilidade da rede. Em alguns momentos o computador (Estação 1) não conseguia acessar a rede interna, apenas a externa. Este fato alternou-se durante vários momentos.

A razão disso é a confusão das tabelas de endereçamento dos switches, gerada pelo excesso de quadros trafegados. Como dois caminhos estavam sendo usados para comunicação, alguns quadros precisavam ser retransmitidos, aumentando o tempo de resposta de cada requisição.

Observando este problema, podemos ter uma idéia do que acontece se o STP não for configurado na rede Ufla após implantação das redundâncias. Como é uma rede de porte muito grande, seu desempenho seria extremamente prejudicado.

Comportamento de uma rede com redundância utilizando o STP

Após ativação e configuração do *Spanning Tree* em cada *switch*, procedeu a etapa de testes e monitoramento.

Após a queda do enlace “Principal”, o STP levou em média um minuto e meio para convergir. Isto é, perceber que havia a queda de um canal de comunicação e remontar a topologia da árvore de cobertura, colocando a porta que estava bloqueada (*Backup*) no estado de encaminhamento, suprimindo assim a falha do outro enlace.

O STP se mostrou bastante eficiente quanto à sua convergência, visto que gastou em média de um a dois minutos para restabelecer a conexão entre as estações. É um tempo considerável, se comparado ao tempo que a rede Ufla fica indisponível por motivos de falha de um *switch* ou outro equipamento.

Para otimizar ainda mais o tempo de convergência do STP, pode se fazer uso de *switches* com suporte à tecnologia *Rapid Spanning Tree Protocol* (RSTP). O RSTP diminui significativamente o tempo de convergência após uma falha. Porém, essa nova versão do STP não poderá ser implantada na Ufla, pois todos os *switches* utilizados em sua rede não têm suporte ao RSTP.

6. Conclusão

O projeto surgiu da necessidade de se otimizar a topologia e principalmente o desempenho da rede da Universidade Federal de Lavras. Soluções previamente testadas várias vezes e de diversas maneiras em laboratório foram propostas a fim de prover um aumento na disponibilidade e performance da rede.

A prévia análise da rede Ufla demonstrou que a mesma não apresenta redundâncias ao longo de sua topologia. E como é uma rede constantemente usada e de tráfego bastante intenso, muitos problemas podem ocorrer, como é o caso da falha de um *switch*.

De acordo com esta análise, e considerando graves essas falhas, pois interrompem a rede por um longo tempo, o presente trabalho apresentou uma proposta de solução para o problema de interrupção em cadeia dos serviços da Rede Ufla: a implantação de redundâncias físicas e a posterior otimização desta solução pelo *Spanning Tree Protocol*.

O STP é um importante protocolo que deve ser implantado em toda rede computacional a fim de otimizar seu tráfego e aumentar seu tempo de operação (*Up Time*). Outros projetos de grande importância para a melhora das condições da rede da Universidade já foram implantados, como é o caso da segmentação lógica usando VLANs, desenvolvido por outros alunos do curso de Ciência da Computação desta Universidade.

Oriundos da arquitetura de redes de meio compartilhado, os pacotes de difusão (*broadcast*) são a principal causa da sobrecarga dos equipamentos de interconexão. Em redes com redundância, eles prejudicam largamente o desempenho desta, pelo fato de que os pacotes trafegam entre os enlaces redundantes indefinidamente.

Para definir a melhor solução a ser adotada, foi realizada uma série de etapas para a pesquisa, análise, teste e viabilização da solução.

Este trabalho trouxe grande contribuição por encontrar uma solução para problemas críticos da Rede Ufla, compatível com a disponibilidade financeira de uma instituição pública como a Ufla e que, de certa forma, se adapta à atual estrutura da rede.

7. Referências Bibliográficas

[1] BOYLES, Tim; HUCABY, Dave. *Cisco CCNP Switching Exam Certification Guide*. Cisco Press, 2001.

- [2] COMER, Douglas. *Computer Networks and Internets* – 2 ed. Prentice Hall Inc, 1999.
- [3] DIÓGENES, Yuri. *Certificação Cisco – CCNA 3.0 Guia de Certificação para o Exame #640-607* – 2002, 2ª Edição, Axcel Books do Brasil Editora Ltda.
- [4] FEIBEL, Werner. *Encyclopedia of Networking*. SYBEX Inc, 1996.
- [5] FURTADO, Leonardo. *Switching: Spanning Tree Protocol (STP)*. CiscoTrainingBr.com. Disponível em: <http://www.ciscotrainingbr.com>. Acesso em 30/11/2004.
- [6] FURUKAWA. *Data Cabling System*. Guia Didático. Curso de Cabeamento Estruturado. Curitiba.
- [7] JACK, Terry. *CCNP: Building Cisco Multilayer Switched Networks*. SYBEX Inc, 2003.
- [8] KUROSE, James F.; Keith W. Ross. *Rede de computadores e a Internet: uma nova abordagem*; Tradução Arlete Simille Marques; revisão técnica Wagner Luiz Zucchi – 1ª Edição – São Paulo : Addison Wesley, 2003.
- [9] ODOM, Wendell. *Cisco CCNA ICND Exam Certification Guide*. Cisco Press, 2004.
- [10] PINHEIRO, José Maurício Santos. *Conceitos de Redundância e Contingência*. Projeto de Redes. Disponível em: <http://www.projetoederedes.com.br>. Acesso em 30/05/2005.
- [11] SOARES, Luiz Fernando Gomes; Guido Lemos; Sérgio Colcher. *Redes de computadores: das LANs, MANs e WANs às redes ATM*; 2ª Edição – Rio de Janeiro : Campus, 1995.
- [12] STEVENS, W. Richard. *TCP/IP Illustrated Vol.1 – Protocols*. Addison-Wesley, 1993.
- [13] TANENBAUM, Andrew S.. *Redes de Computadores*: tradução [ds 3. ed. original] Insight Serviços de Informática. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- [14] THIOLENT, Michel. *Pesquisa-ação nas organizações*. São Paulo: Atlas, 1997.
- [15] TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais*. São Paulo: Ed. Atlas, 1987.