

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 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.

(Received June 23, 2005 / Accepted September 19, 2005)

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 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. Redundância

De acordo com [5], 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.

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 [10].

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.

2.1 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 2.1, 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 [5].

Segundo [2], são 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.

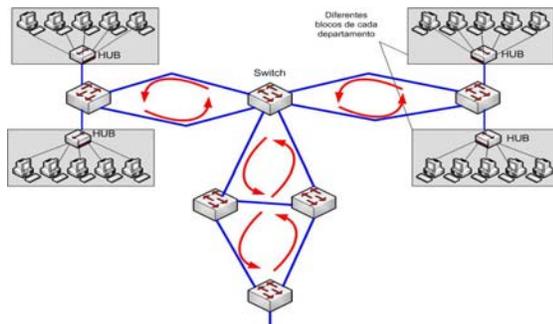


Figura 2.1: Ocorrência de loops em uma rede com enlaces redundantes.

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 [6], 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 [5], 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 [5].

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 4.1):

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

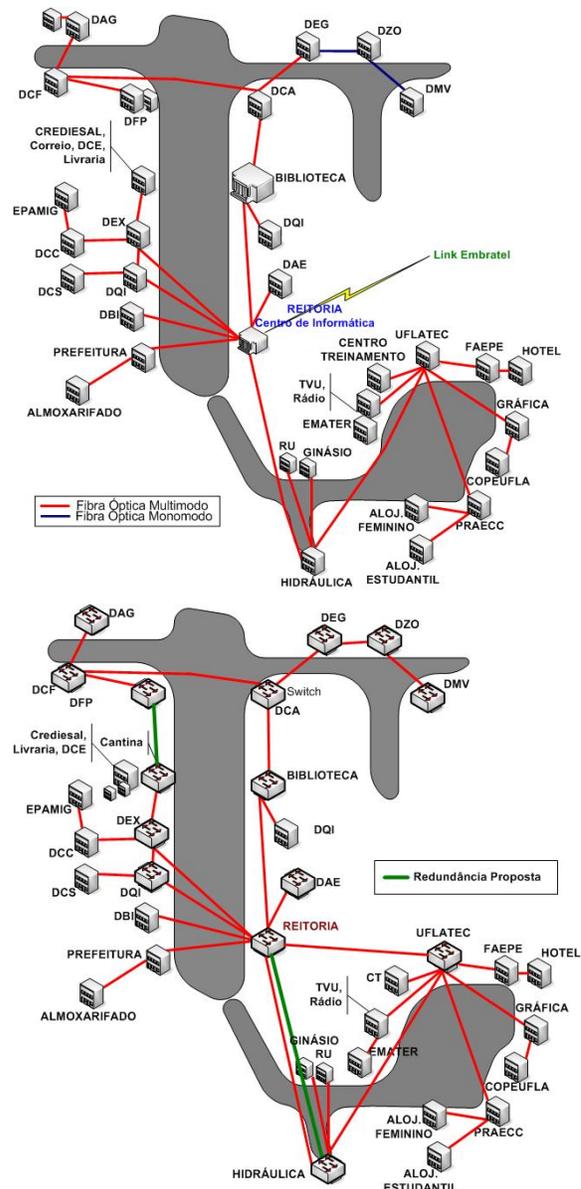


Figura 4.1: Topologia da rede Ufla antes e depois da implantação de redundâncias.

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 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.

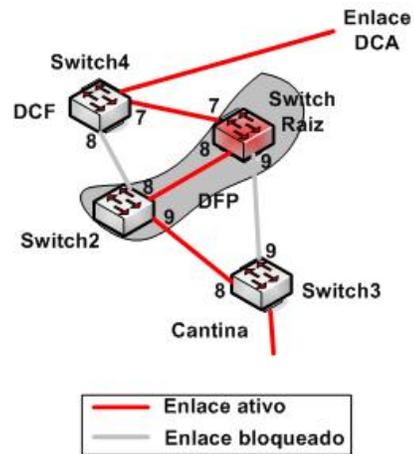


Figura 4.2: Implantação do STP no anel entre o DCF e a Cantina.

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

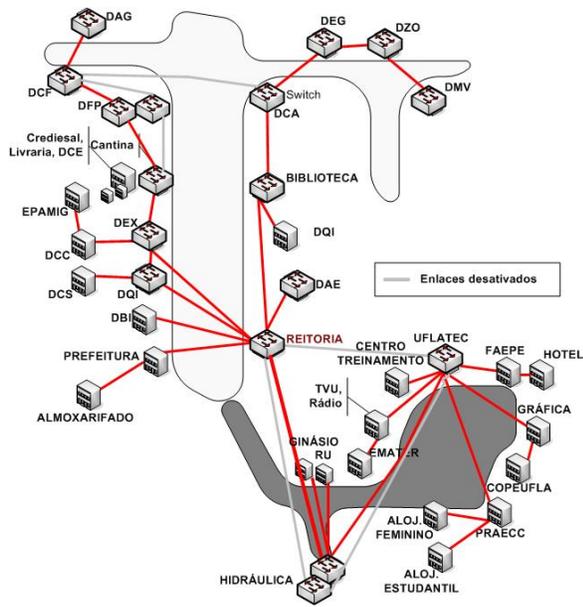


Figura 4.3: Topologia ativa e enlaces desativados pelo STP.

4.3 Teste Piloto

Para a verificação e validação da técnica proposta, foi realizado um teste piloto, que consistiu em montar um experimento para simular o funcionamento do *Spanning Tree Protocol* em alguns *switches*. Utilizou-se dois *switches* Ethernet Planet WGSW1602, cedidos pelo Centro de Informática da Ufla (Cin-Ufla).

Na ativação do STP, ambos os *switches* tiveram que ser configurados. Esta configuração foi feita via navegador (*browser*), pelo utilitário de configuração do *switch*, que oferece a possibilidade de alterar quaisquer funções que o acompanham. A configuração consistiu em ativar o STP e fazer ajustes nos “*timers*” ou tempos de execução do protocolo.

A tela de configuração dos *switches* pode ser observada na Figura 4.4:

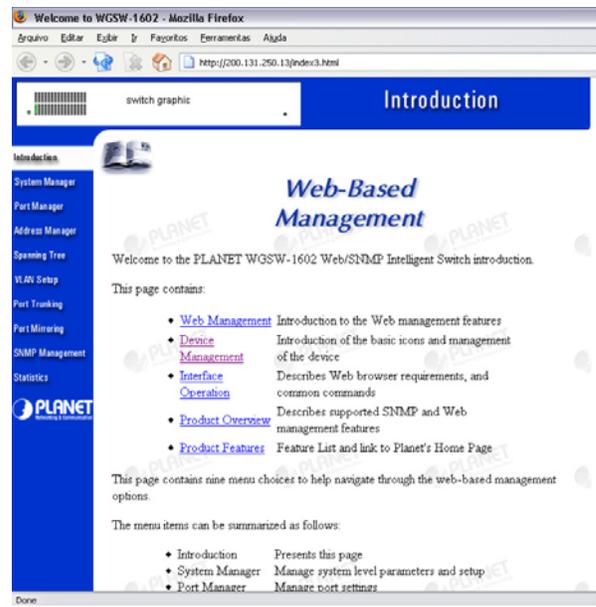


Figura 4.4: Tela de configuração dos switches usando o navegador.

O acesso a cada *switch* é feito utilizando seu número IP. Para que eles pudessem se comunicar, foi necessário alterar esses IPs de modo que fizessem parte da mesma rede. Essa alteração foi feita dentro da opção *System Manager*, usando a opção *IP Settings*.

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 4.5 mostra uma estatística dos dados trafegados em cada porta, enquanto o *Spanning Tree* não estava presente:

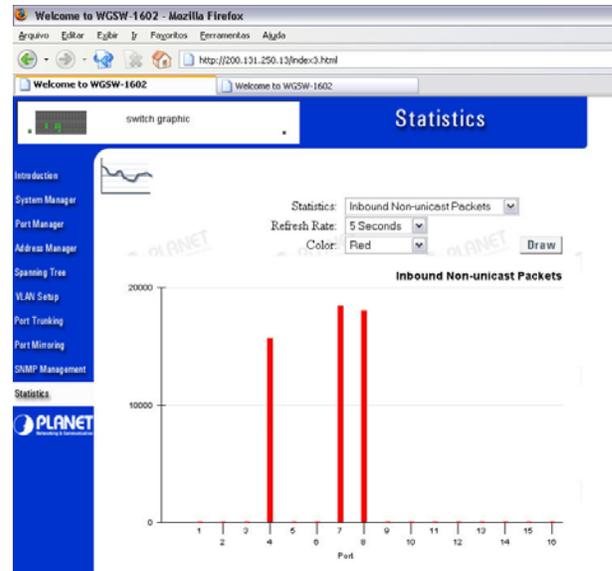


Figura 4.5: Fluxo de Broadcast sem STP.

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

com suporte à tecnologia *Rapid Spanning Tree Protocol* (RSTP). Segundo [6], 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. E um problema como esse pode tornar indisponível os serviços de rede por um longo período.

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] DIÓGENES, Yuri. *Certificação Cisco – CCNA 3.0 Guia de Certificação para o Exame #640-607 – 2002*, 2ª Edição, Axcel Books do Brasil Editora Ltda.
- [3] FURTADO, Leonardo. *Switching: Spanning Tree Protocol (STP)*. CiscoTrainingBr.com. Disponível em: <http://www.ciscotrainingbr.com>. Acesso em 30/11/2004.
- [4] JACK, Terry. *CCNP: Building Cisco Multilayer Switched Networks*. SYBEX Inc, 2003.

[5] 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.

[6] ODOM, Wendell. ***Cisco CCNA ICND Exam Certification Guide.*** Cisco Press, 2004.