|  |  |
| --- | --- |
|  | **Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**  Área Departamental de Engenharia de Eletrónica e Telecomunicações e de Computadores **Redes de Internet (LEIC/LEETC/LECM)** |

**1ª Trabalho de prático**

**Data Limite de Entrega: 01/11/2015**

* A bibliografia a consultar é a recomendada para a unidade curricular. Pode e deve procurar mais informação em outras fontes (ex: livros da biblioteca, normas e Internet).
* Deve justificar convenientemente todas as suas respostas, quer das perguntas de desenvolvimento, quer das perguntas de escolha múltipla.
* Recorra ao seu professor para esclarecer eventuais dúvidas.
* Durante o prazo definido para a realização deste trabalho poderão aparecer outros trabalhos teóricos ou práticos.
* **Tenha em atenção que, para obter aprovação na UC, deve entregar atempadamente a resolução das fichas práticas propostas.**

## Introdução (Contexto Geral dos Trabalhos a Realizar)

O trabalho proposto para RI tem como função permitir aos alunos praticarem os conhecimentos que é suposto adquirirem nesta unidade curricular. Como tal, apresenta-se aqui o enunciado de um trabalho dividido em três fases, as quais permitem ir evoluindo, através de simulação, nos conhecimentos adquiridos ao longo do semestre. Esta componente prática será complementada através da resolução de fichas teóricas.

Tipicamente pode-se decompor uma rede em várias redes menores, por vezes designadas sub-redes. Uma empresa, dependendo da sua dimensão, pode possuir uma ou mais redes locais (LAN). Por exemplo, o Instituto Politécnico de Lisboa (IPL), do qual o ISEL faz parte, é composto por várias unidades orgânicas (escolas e institutos) espalhadas pelo distrito de Lisboa. Cada uma delas, assim como os serviços centrais (SC) e os serviços de ação social (SAS), têm as suas próprias redes físicas.

Cada rede física pode ser subdividida em redes lógicas, designadas por redes virtuais (VLAN). Podem assim coexistir várias redes locais lógicas utilizando em simultâneo o mesmo hardware de rede e respetivas ligações. Consegue-se desta forma uma melhor segurança e uma maior funcionalidade relacionadas com alterações dos postos de trabalho (troca de local por parte dos utilizadores, mudança de rede, etc.) sem ser necessário reconfigurar a instalação física, segurança, etc. Altera-se apenas a configuração lógica da rede.

As redes locais podem ter dimensões muito diversas. A existente na maioria das nossas casas possui apenas um único equipamento de rede, o qual funciona como *router* entre a nossa rede doméstica e o exterior e funciona como um *switch* entre a rede sem fios e as várias portas de rede Ethernet que possui, tipicamente 4 portas). Tem também a função de *acess point* WLAN para dar suporte à rede sem fios. Alguns de nós possuímos ainda um ou mais *switches* e/ou equipamento para permitir a expansão da rede sem fios (WLAN).

Nas empresas pequenas a rede local interna não é muito diferente da descrita anteriormente para fins domésticos. As empresas médias possuem uma rede maior onde normalmente existe um *router* que liga ao operador e uma série de *switches* que permitem distribuir e separar o tráfego pelos vários locais da empresa, local e remotamente. Utilizam, normalmente, várias redes lógicas para separarem internamente o tráfego de secções distintas da empresa.

Empresas de maior dimensão podem possuir muitos locais, cada um com a sua rede local de qualquer dimensão e têm a necessidade de interligar em rede todos estes locais. Podem ligar-se ao exterior via um ou mais operadores (ISP), isto de maneira a atingir objetivos relacionados com um maior débito e com uma maior redundância (se a ligação a um operador falhar poderão usar apenas a ligação ao outro operador).

As redes locais interligam-se entre si e podem estar localizadas na mesma área ou distribuídas por regiões distintas. Como referido anteriormente, no caso do IPL as várias unidades orgânicas encontram-se espalhadas por vários locais de Lisboa e arredores (Amadora). Para a interligação entre redes locais uma empresa pode recorrer a recursos próprios, se a distância não for grande e o terreno pertencer todo à mesma entidade, podendo enterrar fibra ótica interligando assim vários edifícios próximos. Um exemplo é o caso da interligação entre os vários edifícios dentro do ISEL constituindo uma rede local com várias VLAN. Rede esta composta por inúmeras sub-redes com inúmeros *routers* e centenas de *switches* e *access points.* Se as distâncias forem maiores, existindo terreno público pelo meio, é necessário recorrer a empresas de telecomunicações de maneira a que estas forneçam as ligações entre os vários locais a interligar. Existe ainda a possibilidade estabelecer algumas ligações entre locais que estejam em linha de vista usando ligações rádio ponto-a-ponto mas não as consideraremos neste trabalho. A interligação entre vários locais remotos é realizada recorrendo aos serviços de um operador de telecomunicações, usualmente referido como um *Internet Service Provider* (ISP). Como foi referido antes, uma forma de interligação entre vários locais (redes) de uma empresa pode ser conseguida utilizando uma WAN de um ISP, negociando o serviço com um operador, ou através de VPN próprias ou contratadas a um operador de telecomunicações. No caso do IPL, as fibras óticas utilizadas para interligar as várias unidades orgânicas foram alugadas a um operador mas os equipamentos e a gestão que dão suporte às redes virtuais privadas (VPN) utilizadas são da propriedade e responsabilidade do próprio IPL.

Existem ISP que prestam serviços diretamente ao público e às empresas em geral e existem outros que prestam serviços apenas a outros operadores (ISP). Dividem-se assim em várias camadas (*tiers*) conforme os serviços que prestam e a quem. Os da camada mais elevada (*tier* 1) prestam serviços apenas a outras empresas de telecomunicações e transportam o tráfego em ligações de elevada capacidade entre países e continentes. Os das camadas inferiores (*tiers* 2, 3, …) lidam diretamente com os clientes finais e ligam-se a outros ISP via operadores de camadas mais elevadas.

As empresas de telecomunicações hoje em dia fornecem muitos tipos de serviços. Alguns destes serviços conhecemo-los por os utilizarmos no dia-a-dia como, por exemplo: Acesso à Internet, telefones fixos analógicos e digitais (VoIP - *Voice over IP*), telefones móveis, televisão por cabo, *video on demand*. Existem muitos outros serviços fornecidos pelos ISP a nível empresarial que o “comum dos mortais” nem sequer sabe que existem, apesar de também os utilizar no dia-a-dia mas de forma transparente sem disso ter conhecimento. No caso deste trabalho em particular, os serviços fornecidos pelos ISP que podem ter mais interesse são:

* Fibra ótica “negra”.
  + Fornecimento de fibra ótica entre locais indicados pelo cliente, podendo este ligar a fibra aos equipamentos próprios que pretender nos extremos.
* VPN ponto a ponto VPWS/ePipe.
  + Fornecimento de uma ligação nível 2 do modelo OSI fornecendo uma ligação Ethernet ponto-a-ponto (a ligação pode suportar outros protocolos que não Ethernet mas neste trabalho vamos pensar apenas na possibilidade de ePipes).
* VPN multiponto nível 2/VPLS.
  + A interligação entre os vários pontos comporta-se como se se tratasse de um *switch* gigante. Presta praticamente os mesmos tipos de serviços que um *switch* Ethernet (nível 2).
* VPN multiponto nível 3/VPRN.
  + A interligação entre os vários pontos comporta-se como se se tratasse de um *router* gigante. Presta os mesmos tipos de serviços que um *router* (nível 3).
* Ligação à Internet/IES.
  + Tipo de ligação que um ISP fornece a uma empresa para que esta se possa ligar à Internet. Está implícito um contrato de prestação de nível de serviço (SLA), tal como nos casos anteriores, que define os débitos, a taxa máxima de erros, o tempo durante o qual o circuito pode estar indisponível, atrasos máximos e médios, etc.

A forma como os ISP implementam todos estes serviços e muitos dos protocolos envolvidos não faz parte da matéria de RI. Iremos assumir que os serviços descritos, exceto a ligação via fibra ótica “negra” para ligação entre locais remotos da mesma empresa, são inexistentes limitando os trabalhos de RI àquilo que é possível conseguir usando as redes de operador apenas com BGP. Em relação aos serviços referidos antes e que não iremos utilizar em RI pode-se assumir que funcionam como que por “magia”, dado estes assuntos, nomeadamente os protocolos associados ao MPLS, serem abordados apenas em disciplinas mais avançadas de Redes como, por exemplo, a atual Redes de Acesso. Em RI “apenas” se aborda o OSPF e o BGP, essenciais para o suporte dos serviços acima referidos mas, só por si, insuficientes. Isto implica que neste trabalho a interligação entre redes locais será realizada utilizando **apenas** BGP.

## Tópicos principais de RI

* Revisão dos tópicos de RCp (Ethernet, *switches*, endereçamento IPv4, ARP, DHCP, NAT, DNS)
* Spanning Tree
* VLAN
* RIP
* OSPF
* BGP

## Objetivo final

Este objetivo será atingido por fases/partes.

Cada grupo deverá projetar e configurar:

* A rede local (LAN) de uma empresa: sede e respetivas filiais. Deve possuir vários *routers* e vários *switches*. Deve suportar caminhos de nível 2 redundantes. A rede da empresa deve suportar as VLAN que considerar necessárias ao funcionamento da empresa, no mínimo três
* A rede de interligação entre a sede e as respetivas filiais. As interligações entre os vários locais da empresa são realizadas usando os recursos disponibilizados pelos ISP
* A rede do ISP (BGP) e a interligação desta aos outros ISP e à Internet.
* Cada empresa e ISP terá o seu próprio Autonomous System Number (ASN). As empresas clientes podem ou não ter dependendo da sua dimensão.

Utilização do GNS3 e/ou Packet Tracer como simulador.

Parte 1: Criação de redes locais – LAN, *Spanning Tree Protocol* (STP), redes locais virtuais (VLAN).

Parte 2: Encaminhamento dentro de redes locais da empresa, a qual deve possuir várias subredes – RIP, OSPF

Parte 3: Interligação entre redes de entidades distintas através do ISP – BGP

## Especificações

### Empresa – Sede e filiais

* Existem dois tipos de empresas: PME1 e PME2. As PME1 ligam-se apenas a um ISP. As PME2 ligam-se a dois ISP
* Cada empresa deve poder crescer sem ser necessário alterar os seus blocos de endereçamento IP
* Deve ser possível comunicar facilmente entre a sede e as filiais e entre estas
* Devem existir caminhos redundantes entre sede e filiais de maneira a evitar falhas
* Todo o tráfego para o exterior e do exterior da empresa deve passar pela sede
* Devem poder existir várias redes locais (LAN) numa empresa devendo a comunicação entre elas poder ser controlada/segura (não há comunicação entre redes locais distintas sem o tráfego passar por um *router* que possa efetuar filtragem se necessário). Os utilizadores devem poder mudar de local físico de trabalho no interior de uma empresa sem ser necessário alterar o *hardware*
* Algumas das redes locais são apenas locais à sede ou a cada uma das filiais, outras são acessíveis apenas de dentro de toda a empresa e as outras são acessíveis de dentro ou de fora da empresa
* Os servidores expostos ao exterior (DNS, Web, Email, …) devem possuir endereços IP públicos. Os servidores que não necessitarem de ser acedidos diretamente a partir das redes exteriores e alguns outros sistemas (impressoras, por exemplo) devem ter endereços IP fixos da gama privada (10.0.0.0/8), os restantes sistemas devem ter endereços IP de atribuição dinâmica na gama privada
* Nos endereços privados IPv4 (exceto se indicado explicitamente de outra forma), para simplificar o *debug*, pode ser usado uma atribuição de endereços do tipo:

10.<ASN>.<VLAN>.0/24 (assumindo que quer o ASN, quer a VLAN, estão entre 0 e 255)

No caso das interfaces de um *router*, estas receberão como endereço IPv4 o número do *router* como *host number*. Por exemplo, o *router* 12, que se liga à rede 3 (ou VLAN 3), no AS 5: **10.5.3.12/24**

Esta atribuição de endereços pode parecer rebuscada mas ajuda no *debug* quando envolvemos vários AS, cada um com várias redes, todos interligados entre eles

* **O ISP possui o bloco de endereços IP públicos: 203.0.113.0/24**
* **O ISP para utilização de cada empresa atribui dentro do seu bloco de endereços IP um bloco /27**
* Cada empresa deverá possuir um servidor de DNS primário e um secundário
* Cada empresa deverá possuir um servidor de DHCP e, pelo menos, outro redundante
* Cada empresa deverá possuir um servidor de Web
* Cada empresa deverá possuir um servidor de *email*.

### Empresas

Não deve ser possível às empresas tomarem conhecimento das redes internas da concorrência.

As empresas não comunicam diretamente entre elas, apenas via ISP.

### ISP

Utilizam o BGP com protocolo de comunicação no *core* das suas redes e para comunicar com outros ISP.

Comunicam com as empresas clientes utilizando BGP ou outros protocolos (RIP, OSPF, rotas estáticas), depende do tipo de rede do cliente (sistemas autónomos de trânsito, *stub* ou *dual homing* com um único ISP ou dois ISP).

## Fases do trabalho prático

Criação da rede de uma empresa de maneira a praticar a matéria relacionada com os seguintes tópicos:

1ª fase

Criação da rede de uma empresa incluído várias sub-redes locais com vários *switches* e caminhos redundantes de nível 2 (usar *spanning tree*). Utilização de VLAN para a criação de várias redes locais virtuais (VLAN).

* Spanning tree
* VLAN
* Spanning tree e VLAN.

2º fase

Interligação de várias redes locais da mesma empresa utilizando *routers*.

* Rotas estáticas
* RIP
* OSPF.

3ª fase

Interligação das empresas entre elas usando os serviços colocados à disposição nas redes dos ISP (usar BGP).

* BGP

Cada uma das fases aproveita o trabalho efetuado na fase anterior.

# 1ª Fase (STP)

Pretende-se criar a rede da empresa na sua sede a qual deve contemplar a redundância de caminhos e o suporte de VLAN. Poderá vir também a suportar agregação de *links* para se conseguir um melhor débito entre determinados equipamentos. A sua topologia poderá vir a uma estrutura dividida em *core*, *distribuition* e *access layers*.

Como sugestão, embora não seja obrigatório, a rede a usar neste exercício pode ser a representada na figura 1. Pretende-se criar um cenário onde seja implementado uma rede local com VLAN e STP, a qual posteriormente será ligada a outras redes da empresa e à Internet. Esta rede nesta fase inicial possuirá apenas 3 VLAN, podendo ser ampliada, nomeadamente a nível 2 ou 3 (OSI), em fases futuras.

1. Tendo em consideração a rede da figura seguinte, assuma que é usado o protocolo Spanning Tree, preencha a tabela com os valores da configuração após estabilização da topologia ativa.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  | | --- | --- | | *Switch* | Prioridade: Endereço MAC | | SW 2 | 32768: 00D0-FFAC-1660 | | SW 3 | 32768: 0090-0C48-C385 | | SW 4 | 32768: 000B-BECD-85B2 | | SW 5 | 32768: 0090-2141-D195 | |
| Figura 1 | |

**Confirme todas as suas respostas justificando-as baseando-se em dados obtidos no simulador.**

* 1. Preencha a tabela acima indicando quais as prioridades e os endereços MAC iniciais dos *switches*. Use o formato: “prioridade: endereço MAC”.
  2. A prioridade pode ter qualquer valor?
  3. Como procederia, em termos de configuração, se pretendesse garantir o *switch* 5 (central) como *root bridge* segundo o STP?
  4. Calcule e desenhe a topologia lógica da rede após esta ter convergido. Use uma tabela do tipo exemplificado a seguir, alterando o que considerar necessário.

*Root bridge*: SW4 (Prioridades iguais, menor MAC VLAN1)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Porta** | **RPC** | **DPC** | **Troço** | ***Root Port*** | ***Designated Port*** | ***Blocking*** | **Comentário** |
| ***Switch*//interface** |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Porta** | **RPC** | **Troço** | **Root Port** | **Designated Port** | **Blocking** | **Comentário** |
| **SW2//Fa0/1** | 38 (19+19) | A |  |  | x |  |
| **SW2//Fa0/2** | - | - |  | x |  | PC |
| **SW2//Gi1/1** | 23 (19+4) | B | x |  |  |  |
| **SW3//Fa0/1** | 19 | D | x |  |  |  |
| **SW3//Fa0/2** | 38 (19+19) | C |  | x |  |  |
| **SW3//Fa0/4** | - | - |  | x |  | PC |
| **SW4//Fa0/1** | - | D |  | x |  |  |
| **SW4//Fa0/2** | - | E |  | x |  |  |
| **SW4//Fa0/3** | - | - |  | x |  | PC |
| **SW5//Fa0/1** | 42 (19+4+19) | A’ |  | x |  | DP pq <RPC e <port ID |
| **SW5//Fa0/2** | - | - |  | x |  | PC |
| **SW5//Fa0/4** | 42 (19+4+19) | A’’ |  |  | x |  |
| **SW5//Fa0/5** | 4 | E | x |  |  |  |
| **SW5//Gi1/1** | 38 (19+19) | C |  |  | x | Porta Gi ligada a porta Fa trabalha a 100Mbps |
| **SW5//Gi1/2** | 42 (19+19+4) | B |  | x |  |  |

* 1. Altere a configuração dos *switches* de maneira a garantir que o SW4 não seja a *root bridge*.

Atribuir uma prioridade superior ao SW2.

* 1. No caso de o SW5 ser *root* todas as suas portas são *designated*?
  2. Se os débitos das ligações ao *Hub* 0 forem distintos, qual é o valor a considerar no cálculo dos caminhos que usam esses troços, por exemplo entre as interfaces Fa0/1 do SW 5 e do SW 2 se uma interface fosse *giga* e a outra *fast*?
  3. Capture alguns BPDU e indique:
     1. Qual o protocolo sobre o qual são transportados?
     2. Quem gera os C-BPDU?
     3. Que alterações sofrem quando percorrem a rede?
     4. No caso de existirem várias VLAN existem BPDU diferenciados por VLAN?
  4. Se uma interface ativa de um *switch* se desligar, quais os BPDU que são trocados com a *root bridge*?
  5. Repita a alínea a) usando o RSTP.
  6. Indique em que estado fica cada uma das interfaces em uso no *switch* 5 após a Fa0/1 do *switch* 2 falhar?
  7. Determine, fazendo um ping de um PC para outro (deve escolher os PC de forma apropriada para demostrar o pretendido), o tempo de recuperação quando se usa STP e RSTP. Deve responder com valores aproximados.

# 1ª Fase (VLAN)

1. Na rede da figura anterior crie as VLAN necessárias para que os PC 0 e o PC 5 fiquem numa VLAN, PC 1 e PC3 noutra e o PC 2 noutra. Configure todos os PC e *switches* com o necessário para seja possível realizar Ping entre os que estiverem na mesma VLAN.
   1. Após as alterações indicadas quantas *spanning tree* ficam em funcionamento? Indique quais são as *root bridge*.
   2. É possível existirem várias *root bridge* distintas na mesma topologia física?
   3. O PC 1 e o PC 2 conseguem realizar um Ping com sucesso entre eles? Experimente e justifique.
   4. Como se comporta o *Hub* *0* em termos de *spanning tree*?
   5. Adicione um *router*, ligando-o ao *switch* 3, e configure os equipamentos de rede para possibilitar a comunicação entre todos os PC.
   6. Caso não fossem utilizados *routers* qual seria a distribuição de endereços IPv4 mais simples que se poderia utilizar? Todas as VLAN poderiam partilhar o mesmo bloco de endereçamento?
   7. Capture tráfego entre o *switch* e o *router* e verifique se as tramas transportam *tags* e os respetivos valores. Indique se existe relação entre os valores das *tags* IEEE802.1Q e o valor dos endereços IP dos pacotes transportados nas tramas.

**Nota 1:** Nos *switches* (simulados ou reais) através da interface CLI, pode utilizar as várias formas do comando “**switch#show spanning-tree**” para obter mais informações.

<http://www.cisco.com/en/US/tech/tk389/tk621/technologies_white_paper09186a0080094cfa.shtml>