



Universidade do Minho
Departamento de Informática

Trabalho Prático 3

Redes de Computadores
Grupo 126

Beatriz Rodrigues (*a93230*) Francisco Neves (*a93202*)
Guilherme Fernandes(*a93216*)

Maio 2022

Questões e Respostas

1. Anote os endereços MAC de origem e de destino da trama capturada.

```
No.      Time          Source          Destination      Protocol Length Info
 26 1.437818934    172.26.122.239    193.137.9.150    TLSv1.2   632   Application Data
Frame 26: 632 bytes on wire (5056 bits), 632 bytes captured (5056 bits) on interface wlo1, id 0
Ethernet II, Src: IntelCor_15:2b:06 (98:2c:bc:15:2b:06), Dst: ComdaEnt_ff:94:00 (00:d0:03:ff:94:00)
  Destination: ComdaEnt_ff:94:00 (00:d0:03:ff:94:00)
    Address: ComdaEnt_ff:94:00 (00:d0:03:ff:94:00)
      ....0. .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
      ....0. .... = IG bit: Individual address (unicast)
    Source: IntelCor_15:2b:06 (98:2c:bc:15:2b:06)
      Address: IntelCor_15:2b:06 (98:2c:bc:15:2b:06)
        ....0. .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
        ....0. .... = IG bit: Individual address (unicast)
    Type: IPv4 (0x0800)
Internet Protocol Version 4, Src: 172.26.122.239, Dst: 193.137.9.150
Transmission Control Protocol, Src Port: 53542, Dst Port: 443, Seq: 644, Ack: 6170, Len: 566
Transport Layer Security
```

Figura 1.1: Endereços MAC na trama capturada

Tendo em conta a trama capturada, temos que o endereço MAC de origem é `98:2c:bc:15:2b:06` e o endereço MAC de destino é `00:d0:03:ff:94:00`, visto que o próximo salto de um pacote que pretende aceder ao exterior será, inevitavelmente, o *router* ao qual a máquina se encontra conectada.

2. Identifique a que sistemas se referem. Justifique.

O endereço MAC de origem é correspondente ao sistema utilizado para efetuar o pedido de acesso ao *website* pretendido, por outro lado, o endereço MAC de destino corresponde à interface do *router* na rede local ao qual o sistema se encontra conectado.

3. Qual o valor hexadecimal do campo Type da trama Ethernet? O que significa?

O valor hexadecimal do campo *Type* da trama *Ethernet* é `0x0800` e isto indica-nos que o protocolo da camada superior é IPv4.

4. Quantos bytes são usados no encapsulamento protocolar, i.e. desde o início da trama até ao início dos dados do nível aplicacional (Application Data Protocol: http-over-tls)? Calcule e indique, em percentagem, a sobrecarga (overhead) introduzida pela pilha protocolar.

São usados 66 *bytes* no encapsulamento protocolar, sendo 14 correspondentes ao *header Ethernet*, 20 ao *IP* e 32 ao *TCP*. Desta forma, tendo em conta que o tamanho total da trama

é de 632, podemos calcular a sobrecarga introduzida pela pilha protocolar da seguinte forma:

$$overhead = \frac{66}{632} * 100 = 10.44\% \quad (1.1)$$

5. Qual é o endereço Ethernet da fonte? A que sistema de rede corresponde? Justifique.

```
No.      Time      Source      Destination      Protocol Length Info
  28 4.579617398  140.82.114.25  172.26.122.239  TLSv1.2  91  Application Data
Frame 28: 91 bytes on wire (728 bits), 91 bytes captured (728 bits) on interface wlo1, id 0
Ethernet II, Src: ComdaEnt_ff:94:00 (00:d0:03:ff:94:00), Dst: IntelCor_15:2b:06 (98:2c:bc:15:2b:06)
  Destination: IntelCor_15:2b:06 (98:2c:bc:15:2b:06)
    Address: IntelCor_15:2b:06 (98:2c:bc:15:2b:06)
      ....0. .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
      ....0. .... = IG bit: Individual address (unicast)
    Source: ComdaEnt_ff:94:00 (00:d0:03:ff:94:00)
      Address: ComdaEnt_ff:94:00 (00:d0:03:ff:94:00)
        ....0. .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
        ....0. .... = IG bit: Individual address (unicast)
    Type: IPv4 (0x0800)
Internet Protocol Version 4, Src: 140.82.114.25, Dst: 172.26.122.239
Transmission Control Protocol, Src Port: 443, Dst Port: 47784, Seq: 1, Ack: 1, Len: 25
Transport Layer Security
```

Figura 1.2: Endereços MAC na trama de resposta capturada

O endereço *Ethernet* da fonte é de 00:d0:03:ff:94:00 e este corresponde ao *router* ao qual a máquina se encontra conectada, pois, a resposta ao pedido efetuado terá de voltar pelo *router* que permite à máquina aceder à rede exterior.

6. Qual é o endereço MAC do destino? A que sistema corresponde?

O endereço *MAC* de destino é de 98:2c:bc:15:2b:06 e este corresponde à máquina local utilizada para efetuar o pedido de acesso ao *website* pretendido.

7. Atendendo ao conceito de desencapsulamento protocolar, identifique os vários protocolos contidos na trama recebida.

```
No.      Time      Source      Destination      Protocol Length Info
  28 4.579617398  140.82.114.25  172.26.122.239  TLSv1.2  91  Application Data
Frame 28: 91 bytes on wire (728 bits), 91 bytes captured (728 bits) on interface wlo1, id 0
Ethernet II, Src: ComdaEnt_ff:94:00 (00:d0:03:ff:94:00), Dst: IntelCor_15:2b:06 (98:2c:bc:15:2b:06)
Internet Protocol Version 4, Src: 140.82.114.25, Dst: 172.26.122.239
Transmission Control Protocol, Src Port: 443, Dst Port: 47784, Seq: 1, Ack: 1, Len: 25
Transport Layer Security
  TLSv1.2 Record Layer: Application Data Protocol: http-over-tls
    Content Type: Application Data (23)
    Version: TLS 1.2 (0x0303)
    Length: 20
    Encrypted Application Data: 0ff8c9fffc5f1277fe6d0f7f9d2219a890f856f3
    [Application Data Protocol: http-over-tls]
```

Figura 1.3: Protocolos contidos na trama recebida

Tal como se pode ver na figura anterior, os protocolos contidos na trama recebida são *Ethernet*, *IPv4* (*Internet Protocol*), *TCP* (*Transmission Control Protocol*) e *TLS* (*Transport Layer Security*).

8. Observe o conteúdo da tabela ARP. Diga o que significa cada uma das colunas.

Utilizando `arp`:

Address	HWtype	HWaddress	Flags	Mask	Iface
_gateway	ether	00:d0:03:ff:94:00	C		wlo1

Utilizando `arp -a`:

```
_gateway (172.26.254.254) at 00:d0:03:ff:94:00 [ether] on wlo1
```

A primeira coluna apresenta endereços *IP* ou nomes dos *hosts*, a segunda indica o tipo da conexão (neste caso, *Ethernet*), a terceira indica o endereço *MAC* do dispositivo de destino, a quarta representa *flags* (neste caso, a *flag C* indica-nos que a conexão foi completa e com sucesso) e, por fim, a última coluna indica-nos a interface do dispositivo de destino.

9. Qual é o valor hexadecimal dos endereços origem e destino na trama Ethernet que contém a mensagem com o pedido ARP (ARP Request)? Como interpreta e justifica o endereço destino usado?

```
No.      Time          Source          Destination      Protocol Length Info
 55 5.110308166 IntelCor_15:2b:06 Broadcast        ARP          42   Who has 172.26.254.254? Tell 172.26.53.158
Frame 55: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface wlo1, id 0
Ethernet II, Src: IntelCor_15:2b:06 (98:2c:bc:15:2b:06), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
  Destination: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
  Source: IntelCor_15:2b:06 (98:2c:bc:15:2b:06)
  Type: ARP (0x0806)
Address Resolution Protocol (request)
```

Figura 1.4: ARP *request*

O endereço de origem da trama *Ethernet* é `ff:ff:ff:ff:ff:ff` e o de origem é `98:2c:bc:15:2b:06`. Podemos compreender que este endereço de destino é utilizado de forma a efetuar *broadcast*, pois, tal como é objetivo do protocolo *ARP*, pretendemos descobrir um determinado endereço IP, perguntando, por isso, a toda a rede local se algum dispositivo possui o endereço pretendido. Se existir algum dispositivo com esse endereço, ele deverá comunicá-lo e, desta forma, o sistema que efetuou o *ARP Request* ficará a conhecer o que pretendia.

10. Qual o valor hexadecimal do campo tipo da trama Ethernet? O que indica?

O valor é `0x0806` e isto indica-nos que o protocolo da camada superior é ARP.

11. Como pode confirmar que se trata efetivamente de um pedido ARP? Identifique que tipo de endereços estão contidos na mensagem ARP? Que conclui?

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
55	5.110308166	IntelCor_15:2b:06	Broadcast	ARP	42	Who has 172.26.254.254? Tell 172.26.53.158

Frame 55: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface wlo1, id 0
 Ethernet II, Src: IntelCor_15:2b:06 (98:2c:bc:15:2b:06), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
 Address Resolution Protocol (request)
 Hardware type: Ethernet (1)
 Protocol type: IPv4 (0x0800)
 Hardware size: 6
 Protocol size: 4
 Opcode: request (1)
 Sender MAC address: IntelCor_15:2b:06 (98:2c:bc:15:2b:06)
 Sender IP address: 172.26.53.158
 Target MAC address: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
 Target IP address: 172.26.254.254

Figura 1.5: Pedido ARP

De forma a confirmarmos que se trata de um pedido *ARP* devemos consultar o `opcode` presente na trama que, tal como podemos verificar na figura anterior, apresenta o valor 1 indicando, portanto, que se trata de um pedido *ARP* (caso fosse uma resposta apresentaria o valor 2). Além disso, podemos ainda concluir que estão contidos endereços *MAC* e *IP* de origem e de destino dentro da mensagem *ARP*. Podemos assim concluir que efetuando a questão à sub-rede, podemos identificar o endereço *MAC* pretendido fornecendo o endereço *IP* do sistema pretendido, visto que os endereços de destino correspondem a uma mensagem enviada em *broadcast*.

12. Explícite que tipo de pedido ou pergunta é feita pelo host de origem.

O *host* de origem solicita o endereço *MAC* do sistema com o endereço *IP* 172.26.254.254 identificando o seu IP de forma a poder receber a resposta pretendida.

13. Localize a mensagem ARP que é a resposta ao pedido ARP efetuado.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
56	5.111629006	ComdaEnt_ff:94:00	IntelCor_15:2b:06	ARP	60	172.26.254.254 is at 00:d0:03:ff:94:00

Frame 56: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface wlo1, id 0
 Ethernet II, Src: ComdaEnt_ff:94:00 (00:d0:03:ff:94:00), Dst: IntelCor_15:2b:06 (98:2c:bc:15:2b:06)
 Address Resolution Protocol (reply)
 Hardware type: Ethernet (1)
 Protocol type: IPv4 (0x0800)
 Hardware size: 6
 Protocol size: 4
 Opcode: reply (2)
 Sender MAC address: ComdaEnt_ff:94:00 (00:d0:03:ff:94:00)
 Sender IP address: 172.26.254.254
 Target MAC address: IntelCor_15:2b:06 (98:2c:bc:15:2b:06)
 Target IP address: 172.26.53.158

Figura 1.6: ARP *reply*

13.a) Qual o valor do campo ARP opcode? O que especifica?

O valor do campo é de 2, especificando assim que se trata de uma mensagem *ARP reply*.

13.b) Em que campo da mensagem ARP está a resposta ao pedido ARP?

O campo da mensagem é o *Sender MAC Address*.

14. Na situação em que efetua um ping a outro host, assuma que este está diretamente ligado ao mesmo router, mas noutra subrede, e que todas as tabelas ARP se encontram inicialmente vazias. Esboce um diagrama em que indique claramente, e de forma cronológica, todas as mensagens ARP e ICMP trocadas, até à recepção da resposta ICMP do host destino.

Tendo a seguinte topologia:



Figura 1.7: Topologia

Podemos elaborar o seguinte diagrama temporal ilustrativo da troca de mensagens ARP e ICMP.

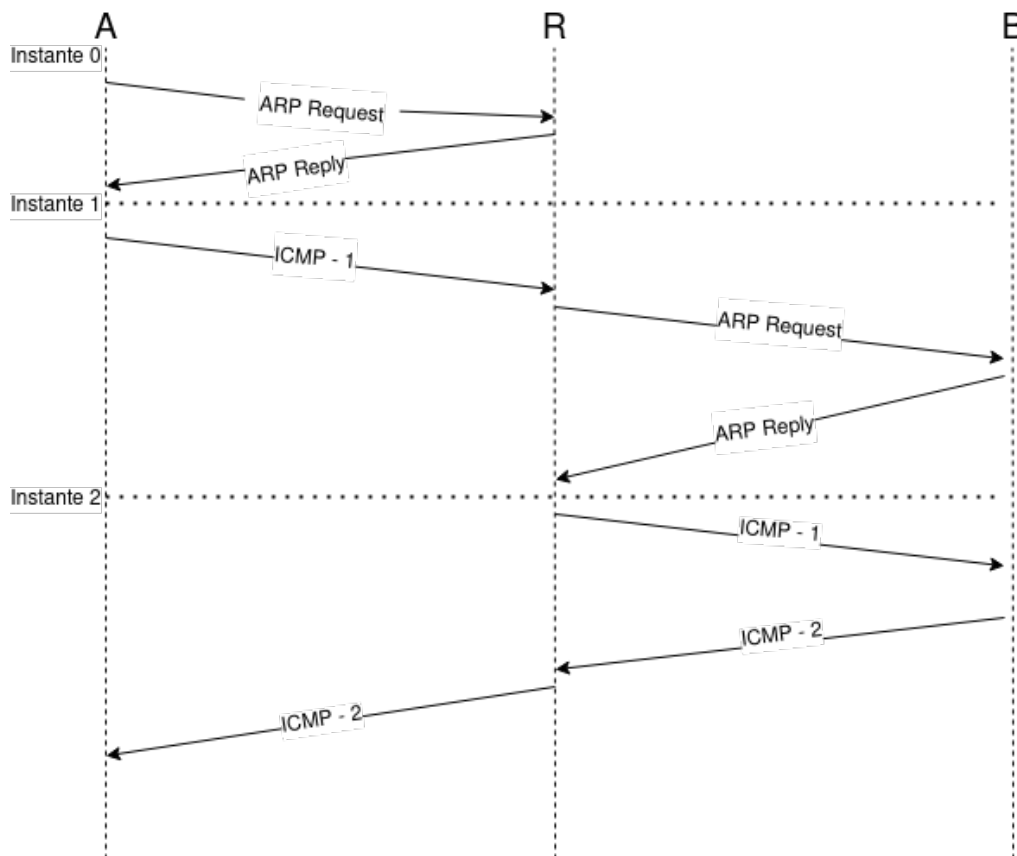


Figura 1.8: Diagrama Temporal

Além disso, de forma a tornar mais explícita a evolução das tabelas de ARP dos diversos sistemas, podemos elaborá-las tendo em conta os instantes em que estas se encontram.

No instante 0, as tabelas de ARP dos diferentes sistemas encontram-se vazias, pelo que as podemos representar da seguinte forma:

Address	HWType	HWAddress	Flags	Mask	Iface
-	-	-	-	-	-

Por outro lado, no instante 1, as tabelas de ARP do sistema que efetua o pedido ICMP (representado por A na topologia) e do *router* (representado por R na topologia) já irão possuir conhecimento acerca dos endereços MAC um do outro. Assim, temos:

Tabela de A:

Address	HWType	HWAddress	Flags	Mask	Iface
IP de R	<i>ether</i>	MAC de R	C	-	eth0

Tabela de R:

Address	HWType	HWAddress	Flags	Mask	Iface
IP de A	<i>ether</i>	MAC de A	C	-	eth0

Tabela de B:

Address	HWType	HWAddress	Flags	Mask	Iface
-	-	-	-	-	-

Por fim, no instante 2, tanto A como B terão conhecimento acerca do *router*, no entanto, não se conhecerão entre si. Por outro lado, o *router* terá conhecimento acerca de A e de B. Temos, então:

Tabela de A e B:

Address	HWType	HWAddress	Flags	Mask	Iface
IP de R	<i>ether</i>	MAC de R	C	-	eth0

Tabela de R:

Address	HWType	HWAddress	Flags	Mask	Iface
IP de A	<i>ether</i>	MAC de A	C	-	eth0
IP de B	<i>ether</i>	MAC de B	C	-	eth1

Por fim, podemos ainda analisar de uma forma mais profunda o conteúdo das mensagens ICMP. As mensagens ICMP - 1 representam o *Ping Request* efetuado em A para B. Por outro lado, as mensagens ICMP - 2 representam o *Ping Reply* a esse pedido.

Além disto, podemos ainda verificar que a primeira ocorrência de ICMP - 1 tem como endereço MAC e IP de origem os endereços correspondentes a A, no entanto, possui o endereço MAC de destino do *router* R e o endereço IP de destino de B. Por outro lado, a segunda ocorrência desta mensagem, não possui qualquer alteração ao nível dos endereços IP, mas o endereço MAC de origem será correspondente ao endereço MAC do *router* R e o endereço MAC de destino corresponderá ao endereço MAC de B.

Já na primeira ocorrência de ICMP - 2, esta terá como endereços MAC e IP de origem os endereços correspondentes a B, como endereço MAC de destino o endereço MAC de R e como endereço IP de destino o endereço IP de A. À semelhança de aquilo que ocorreu com a mensagem ICMP - 1, a segunda ocorrência desta terá como endereço MAC de origem o endereço MAC de R e como endereço MAC de destino o endereço MAC de A.

Tudo isto acontece devido à impossibilidade de A e B comunicarem de forma direta, visto encontrarem-se em sub-redes diferentes.

15. Através da opção `tcpdump` verifique e compare como flui o tráfego nas diversas interfaces do dispositivo de interligação no departamento A (LAN partilhada) e no departamento B (LAN comutada) quando se gera tráfego intra-departamento (por exemplo, fazendo ping IPaddr da Bela para Monstro, da Jasmine para o Alladin, etc.) Que conclui?

Substituindo o *switch* do departamento A por um *hub* temos a seguinte topologia:

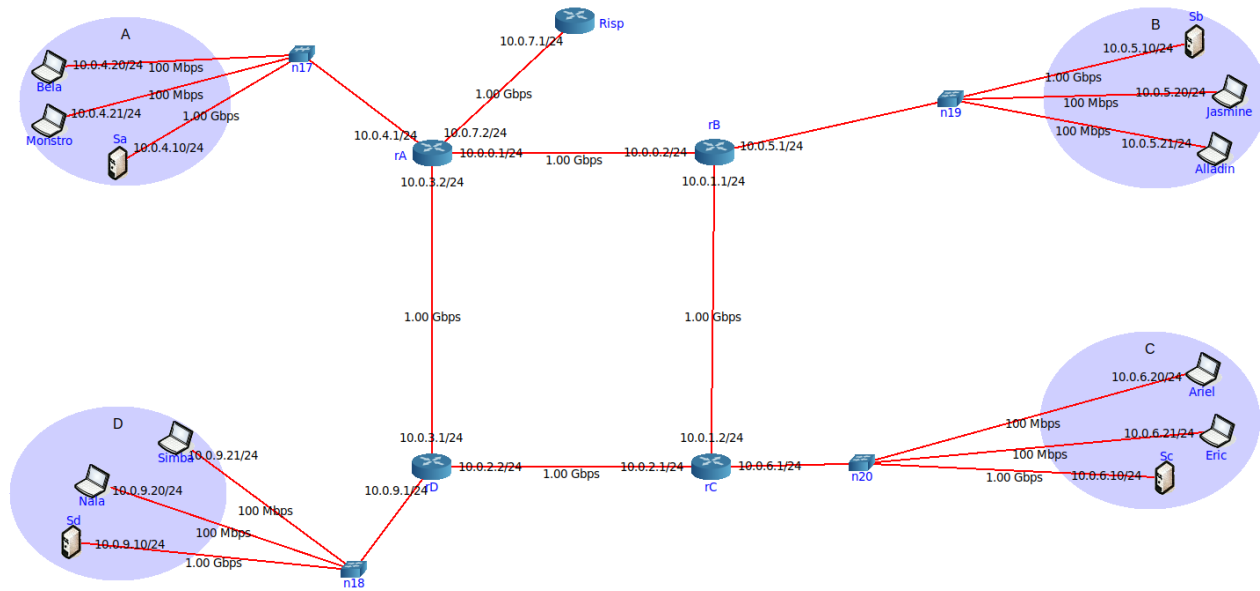


Figura 1.9: Topologia do CORE

De forma a efetuarmos os testes pretendidos para compararmos a utilização de uma *LAN* partilhada com a utilização de uma *LAN* comutada, foram efetuados *pings* de Bela para Monstro utilizando o comando `tcpdump` em Sa para ser verificar o comportamento da *LAN* partilhada e, além disso, foram ainda efetuados *pings* de Jasmine para Alladin utilizando o comando `tcpdump` em Sb para se verificar o comportamento da *LAN* comutada. Temos então:

```

root@Bela:/tmp/pycore.39541/Bela.conf# ping 10.0.4.21
PING 10.0.4.21 (10.0.4.21) 56(64) bytes of data:
64 bytes from 10.0.4.21: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.317 ms
64 bytes from 10.0.4.21: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.04 ms
64 bytes from 10.0.4.21: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.395 ms
^C
--- 10.0.4.21 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2026ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.317/0.585/1.043/0.325 ms
root@Bela:/tmp/pycore.39541/Bela.conf#

root@Sa:/tmp/pycore.39541/Sa.conf# tcpdump
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on eth0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
*Cl0:17:14.377399 IP 10.0.4.1 > 224.0.0.5: OSPFv2, Hello, length 44
10:17:14.731256 ARP, Request who-has 10.0.4.21 tell 10.0.4.20, length 28
10:17:14.731415 ARP, Reply 10.0.4.21 is-at 00:00:00:aa:00:17 (oui Ethernet), length 28
10:17:14.731467 IP 10.0.4.20 > 10.0.4.21: ICMP echo request, id 27, seq 1, length 64
10:17:14.731525 IP 10.0.4.21 > 10.0.4.20: ICMP echo reply, id 27, seq 1, length 64
10:17:15.756885 IP 10.0.4.20 > 10.0.4.21: ICMP echo request, id 27, seq 2, length 64
10:17:15.756160 IP 10.0.4.21 > 10.0.4.20: ICMP echo reply, id 27, seq 2, length 64
10:17:16.367724 IP 10.0.4.1 > 224.0.0.5: OSPFv2, Hello, length 44
10:17:16.757557 IP 10.0.4.20 > 10.0.4.21: ICMP echo request, id 27, seq 3, length 64
10:17:16.757985 IP 10.0.4.21 > 10.0.4.20: ICMP echo reply, id 27, seq 3, length 64
10:17:17.066266 IP6 fe80::200:ff:feaa:17 > ip6-allrouters: ICMPv6, router solicitation, length 16
11 packets captured
11 packets received by filter
0 packets dropped by kernel
root@Sa:/tmp/pycore.39541/Sa.conf#

```

Figura 1.10: *Pings* e `tcpdump` em A

```

root@Jasmine:/tmp/pycore.39541/Jasmine.conf# ping 10.0.5.21
PING 10.0.5.21 (10.0.5.21) 56(64) bytes of data:
64 bytes from 10.0.5.21: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.309 ms
64 bytes from 10.0.5.21: icmp_seq=2 ttl=64 time=2.33 ms
64 bytes from 10.0.5.21: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.691 ms
^C
--- 10.0.5.21 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2023ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.309/1.111/2.334/0.878 ms
root@Jasmine:/tmp/pycore.39541/Jasmine.conf#

root@Sb:/tmp/pycore.39541/Sb.conf# tcpdump
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on eth0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
*Cl0:19:08.072654 ARP, Request who-has 10.0.5.1 tell 10.0.5.20, length 28
10:19:08.491133 IP 10.0.5.1 > 224.0.0.5: OSPFv2, Hello, length 44
10:19:10.371661 IP6 fe80::200:ff:feaa:13 > ff02::5: OSPFv3, Hello, length 36
10:19:10.494304 IP 10.0.5.1 > 224.0.0.5: OSPFv2, Hello, length 44
4 packets captured
4 packets received by filter
0 packets dropped by kernel
root@Sb:/tmp/pycore.39541/Sb.conf#

```

Figura 1.11: *Pings* e `tcpdump` em B

Assim, tal como esperado podemos verificar as diferenças entre uma *LAN* comutada e uma *LAN* partilhada, tornando-se evidente, de forma particular, no que toca às mensagens *ICMP*. Nestas mensagens, podemos verificar que as mesmas são também transmitidas, no caso da *LAN* partilhada, para **Sa** apesar deste não fazer parte da comunicação entre **Bela** e **Monstro**, enquanto que, no caso da *LAN* comutada, **Sb** não recebe qualquer mensagem relativa à comunicação entre **Jasmin** e **Alladin**.

Assim, tendo isto em conta, podemos facilmente identificar as diferenças entre uma *LAN* comutada e uma *LAN* partilhada, podendo ainda identificar as diferenças no funcionamento de um *hub* e de um *switch*. Um *hub*, tal como se torna explícito nas comunicações no departamento A, é um dispositivo que repete o sinal que chega através de uma porta de entrada para todas as outras portas, ou seja, difunde o sinal por todas as interfaces que possui. Por outro lado, um *switch* comuta as tramas que recebe para a interface de saída apropriada apoiando-se na sua tabela de *switching*, transmitindo apenas para todas as suas interfaces no caso de não possuir o endereço pretendido na sua tabela de *switching*, comportando-se, neste caso, de forma semelhante a um *hub*.

16. Construa manualmente a tabela de comutação do switch do Departamento B, atribuindo números de porta à sua escolha.

De forma a ser possível a construção da tabela de comutação do *switch* do departamento B é necessário, inicialmente, identificar os endereços *MAC* dos dispositivos conectados ao *switch*, tendo em conta que, no caso do *router*, a interface **eth2** corresponde à interface de ligação com o *switch* do departamento B. Assim, efetuou-se o comando `ifconfig -a` nos diversos dispositivos conectados ao *switch*:

```
eth2: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.5.1 netmask 255.255.255.0 broadcast 0.0.0.0
    inet6 fe80::200:ff:feaa:13 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    inet6 2001:5::1 prefixlen 64 scopeid 0x0<global>
    ether 00:00:00:aa:00:13 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 59 bytes 6319 (6.3 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 30 bytes 2700 (2.7 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
```

Figura 1.12: Informação relativa ao *router* rB

```
root@Sb:/tmp/pycore.39541/Sb.conf# ifconfig -a
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.5.10 netmask 255.255.255.0 broadcast 0.0.0.0
    inet6 fe80::200:ff:feaa:12 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    inet6 2001:5::10 prefixlen 64 scopeid 0x0<global>
    ether 00:00:00:aa:00:12 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 231 bytes 20389 (20.3 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 13 bytes 1102 (1.1 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
```

Figura 1.13: Informação relativa a Sb

```
root@Jasmine:/tmp/pycore.39541/Jasmine.conf# ifconfig -a
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.5.20 netmask 255.255.255.0 broadcast 0.0.0.0
    inet6 fe80::200:ff:feaa:14 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    inet6 2001:5::20 prefixlen 64 scopeid 0x0<global>
    ether 00:00:00:aa:00:14 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 291 bytes 25122 (25.1 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 13 bytes 1102 (1.1 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
```

Figura 1.14: Informação relativa a Jasmine

```

root@Alladin:/tmp/pycore.39541/Alladin.conf# ifconfig -a
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.5.21 netmask 255.255.255.0 broadcast 0.0.0.0
    inet6 fe80::200:ff:feaa:15 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    inet6 2001:5::21 prefixlen 64 scopeid 0x0<global>
    ether 00:00:00:aa:00:15 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 355 bytes 30182 (30.1 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 13 bytes 1102 (1.1 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

```

Figura 1.15: Informação relativa a Alladin

Tendo isto, podemos então associar o endereço *MAC* correspondente a cada dispositivo:

- rB - 00:00:00:aa:00:13
- Sb - 00:00:00:aa:00:12
- Jasmine - 00:00:00:aa:00:14
- Alladin - 00:00:00:aa:00:15

Com este conhecimento, de forma a simplificar a visão dos dispositivos, foi elaborado um esboço representativo da topologia do departamento B e do *router* ao qual o departamento se encontra conectado:

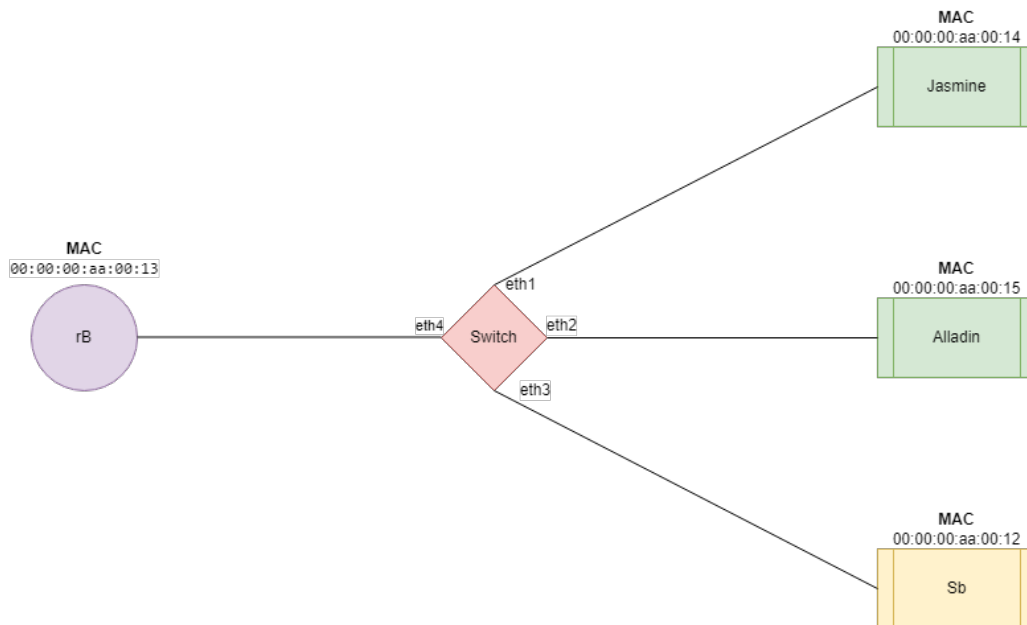


Figura 1.16: Esboço da Topologia

Podemos então definir a tabela de comutação pretendida:

MAC Address	Interface	TTL
00:00:00:aa:00:14	eth1	60
00:00:00:aa:00:15	eth2	60
00:00:00:aa:00:12	eth3	60
00:00:00:aa:00:13	eth4	60

Conclusões

Com este trabalho, foi possível a consolidação de alguns temas lecionados na unidade curricular de Redes de Computadores.

Em particular, a realização deste trabalho prático permitiu que o grupo de trabalho tivesse a oportunidade de aprofundar conhecimentos relativos à camada de ligação, sobretudo, na realização de problemas relativos ao estudo de endereços *MAC*, funcionamento do protocolo *Ethernet* e do protocolo *ARP*.

Assim, considera-se que os objetivos da realização deste trabalho prático foram atingidos com sucesso e que o mesmo enriqueceu os conhecimentos relativos à camada de ligação do grupo de trabalho.