



Departamento de Ciências e Tecnologias da Informação

Fundamentos de Redes de Computadores (2022/23)

Trabalho prático – desenho e teste de uma rede empresarial

Discentes:

Filipe Farias Rego 99335

Teresa Caetano Fernandes 92866

Tiago Garcia Pereira 98014

Tomás Miguel Gameiro Bettencourt Fernandes 98452

Índice:

Introdução

1. Descrição das características da rede:

1.1 Suporte a delegações e departamentos

1.2 Separação e interligações de delegações e departamentos

1.2.1 Dimensionamento e desenho da rede física

1.2.2 Redes locais virtuais (VLAN's)

1.2.3 Protocolo de árvore de escoamento (STP)

1.3 Planeamento do espaço de endereçamento

1.4 Configuração dos routers

1.4.1 Configuração das interfaces dos routers

1.4.2 Configuração do encaminhamento nos routers

1.5 Configuração dos serviços DHCP e HTTP

2. Testes funcionais na rede

2.1 Estrutura da trama 802.3 e 802.11 e estrutura do pacote IP

2.2 Protocolo ARP

2.3 Protocolo DHPC

Conclusão

1. Introdução

Este trabalho está inserido na Unidade Curricular de Fundamentos de Redes de Computadores, lecionada no segundo semestre do ano letivo de 2022/2023. Tem como principal objetivo o planeamento de uma rede empresarial de média dimensão bem como, a realização de testes funcionais nessa mesma rede. Com a realização deste trabalho demonstramos o conhecimento adquirido sobre as tecnologias/protocolos lecionados na UC através da implementação da rede empresarial no simulador *Packet Tracer*.

2. Descrição das características da rede

2.1 Suporte a delegações e departamentos

A empresa Xpto, Lda, constituída por três delegações (Lisboa, Cascais e Porto), vai utilizar na sua Intranet uma rede privada. A delegação de Lisboa é composta pelas sub-redes DTEC-LX, DCOM-LX, WIFI-LX E SRV-LX, a de Cascais pelas sub-redes DCOM-CAS E WIFI-CAS e, por fim, a do Porto pelas sub-redes DTEC-POR, DCOM-POR E WIFI-POR.

2.2 Separação e interligação de delegações e departamentos

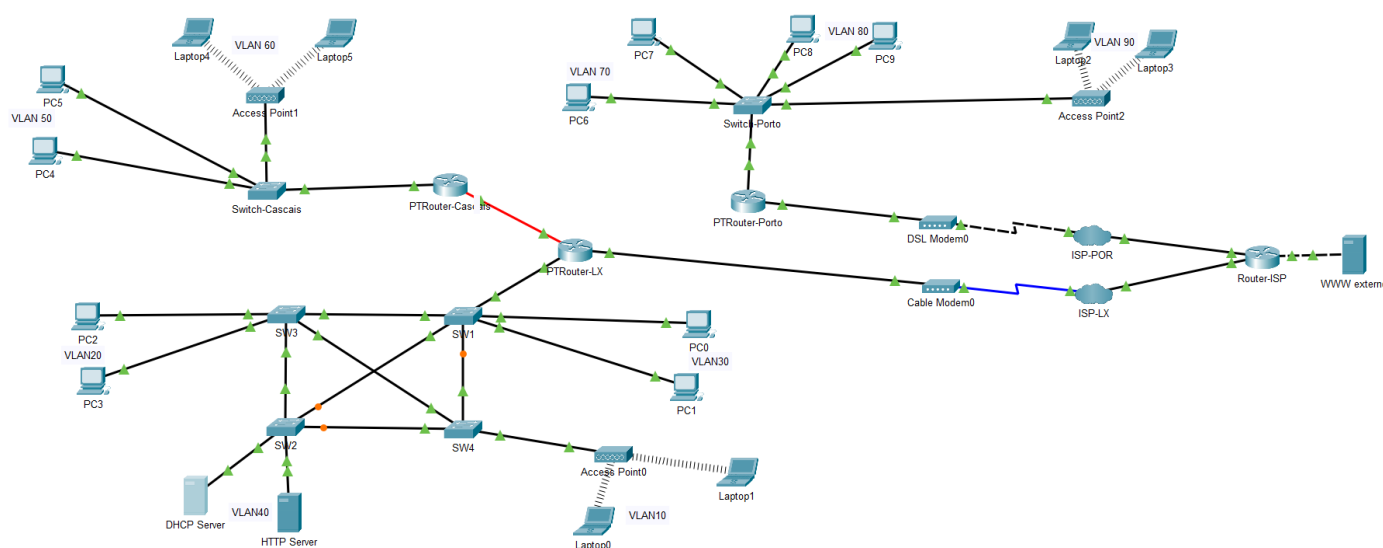


Figura 1: Versão simplificada da rede da empresa Xpto, Lda

2.2.1 Dimensionamento e desenho da rede física

Atendendo às características da empresa Xpto, Lda seriam necessários 6 Switches, 4 Routers, 3 Acess Points e 2 Modems(DSL e Cable), distribuídos de acordo com as tabelas abaixo apresentadas.

Departamento/Delegação	# Postos	Switches
WIFI-LX	200	SW4
DTEC-LX	100	SW1
DCOM-LX	100	SW3
SRV-LX	10	SW2
WIFI-POR	100	SW-Porto
DTEC-POR	40	SW-Porto
DCOM-POR	20	SW-Porto
WIFI-CAS	10	SW-Cascais
DCOM-CAS	5	SW-Cascais

Tabela 1: Atribuição de Switches por departamento/delegação

Nota: A escolha de Switches deve se à necessidade de interligação de redes locais

Delegação	#Routers	Comentário
Lisboa	1	Router utilizado para estabelecer ligação direta à delegação de Cascais e à do Porto através do Router-ISP
Porto	1	Router utilizado para estabelecer ligação à delegação de Lisboa através do Router-ISP
Cascais	1	Router utilizado para estabelecer ligação direta à delegação de Lisboa

Tabela 2: Atribuição de Routers por departamento/delegação

Nota: A escolha dos Routers para cada delegação deve-se à necessidade de comunicação entre redes diferentes. As delegações de Lisboa e Porto interligam-se entre si e com outras redes através do Router-ISP. A rede de acesso a Lisboa usa cabo coaxial e no Porto par de cobre (DSL). Lisboa e Cascais interligam-se diretamente através de fibra ótica.

Delegação	#APs	Comentário
Lisboa	1	Acess Points utilizados para a ligação dos equipamentos WIFI da delegação de Lisboa
Porto	1	Acess Points utilizados para a ligação dos equipamentos WIFI da delegação do Porto
Cascais	1	Acess Points utilizados para a ligação dos equipamentos WIFI da delegação de Cascais

Tabela 3: Atribuição de Acess Points por departamento/delegação

Por fim, são usados equipamentos de nível físico (modems) para a ligação às redes de acesso em Lisboa e Porto. Para a de Lisboa um Cable Modem e para a do Porto DSL Modem.

2.2.2 Redes locais virtuais (VLAN's)

Atendendo aos requisitos de segurança e de separação de tráfego, implementaram-se na empresa Xpto, Lda as VLAN's:

Departamento/Delegação	VLAN
WIFI-LX	10
DCOM-LX	20
DTEC-LX	30
SRV-LX	40
DCOM-CAS	50
WIFI-CAS	60
DTEC-POR	70
DCOM-POR	80
WIFI-POR	90

Tabela 4: Atribuição de VLANs por departamento/delegação

As seguintes figuras ilustram as configurações das VLANs nos diferentes switches

-SW1 (LX):

```

VLAN Name                Status    Ports
-----
1    default                active    Fa0/3, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8
                                           Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12
                                           Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16
                                           Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
                                           Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24

10   WIFI-LX                active
20   DCOM-LX                active
30   DTEC-LX                active    Fa0/1, Fa0/2
40   SRV-LX                 active
1002 fddi-default          active
1003 token-ring-default    active
1004 fddinet-default        active
1005 trnet-default          active
SW1>

```

Fig 1 – Configuração de VLANs do switch 1 da delegação de Lisboa

-SW2 (LX)

```

VLAN Name                Status    Ports
-----
1    default                active    Fa0/3, Fa0/4, Fa0/6, Fa0/7
                                           Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11
                                           Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15
                                           Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19
                                           Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23
                                           Fa0/24

10   WIFI-LX                active
20   DCOM-LX                active
30   DTEC-LX                active
40   SRV-LX                 active    Fa0/1, Fa0/2
1002 fddi-default          active
1003 token-ring-default    active
1004 fddinet-default        active
1005 trnet-default          active
SW2>

```

-SW3 (LX)

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7 Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11 Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15 Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19 Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23 Fa0/24
10	WIFI-LX	active	
20	DCOM-LX	active	Fa0/1, Fa0/2
30	DTEC-LX	active	
40	SRV-LX	active	
1002	fddi-default	active	
1003	token-ring-default	active	
1004	fddinet-default	active	
1005	trnet-default	active	

SW3>

-SW4 LX

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa0/2, Fa0/3, Fa0/5, Fa0/6 Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10 Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14 Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18 Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22 Fa0/23, Fa0/24
10	WIFI-LX	active	Fa0/1
20	DCOM-LX	active	
30	DTEC-LX	active	
40	SRV-LX	active	
1002	fddi-default	active	
1003	token-ring-default	active	
1004	fddinet-default	active	
1005	trnet-default	active	

SW4>

-SW Cascais

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8 Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12 Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16 Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20 Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24 Gig0/2
50	DCOM-CAS	active	Fa0/2, Fa0/3
60	WIFI-CAS	active	Fa0/1, Fa0/4
1002	fddi-default	active	
1003	token-ring-default	active	
1004	fddinet-default	active	
1005	trnet-default	active	

SW-Cascais>

-SW Porto

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa0/3, Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9 Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13 Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17 Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21 Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24, Gig0/2
70	DTEC-POR	active	Fa0/1, Fa0/2
80	DCOM-POR	active	Fa0/4, Fa0/5
90	WIFI-POR	active	Fa0/6
1002	fddi-default	active	
1003	token-ring-default	active	
1004	fddinet-default	active	
1005	trnet-default	active	

SW-Porto>

Testes das VLANs no Packet Tracer:

Utilizando a funcionalidade gerador de PDUs, foram testados os cenários de troca de mensagens entre dois PC's pertencentes à mesma VLAN (do PC2 para o PC3) e entre dois PC's não pertencentes à mesma VLAN (do PC2 para o PC0).

<div>Realtime Simulation</div>										
Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num	Edit	Delete
	Successful	PC2	192.168.1.3	ICMP		0.000	N	0	(edit)	(delete)
	Failed	PC2	192.168.1.4	ICMP		0.000	N	1	(edit)	(delete)

Figura 11: Troca de PDUs entre PCs na mesma VLAN e em VLANs diferentes

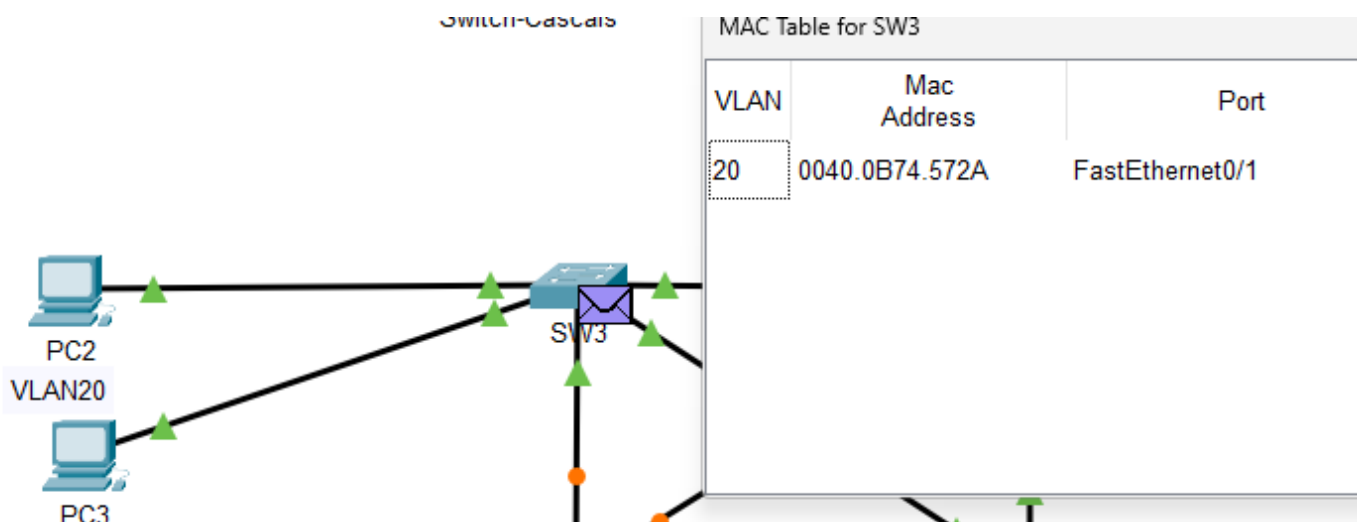
Numa troca de mensagens inicial, conforme observado na Figura 11 recorrendo a PDUs simples, o cenário de troca de mensagens entre dois PCs dentro da mesma VLAN teve sucesso, em contrapartida, o cenário de troca de mensagens entre dois PCs pertencentes a diferentes VLANs falhou.

Ao repetir a experiência, utilizando o comando ping através do mesmo PC origem, para um PC dentro da mesma VLAN foi possível enviar e receber os pacotes ICMP reply. Fazendo o ping do PC origem para outro pertencente a uma VLAN diferente, obtemos request timed out para todos os pacotes ICMP que saem do PC origem.

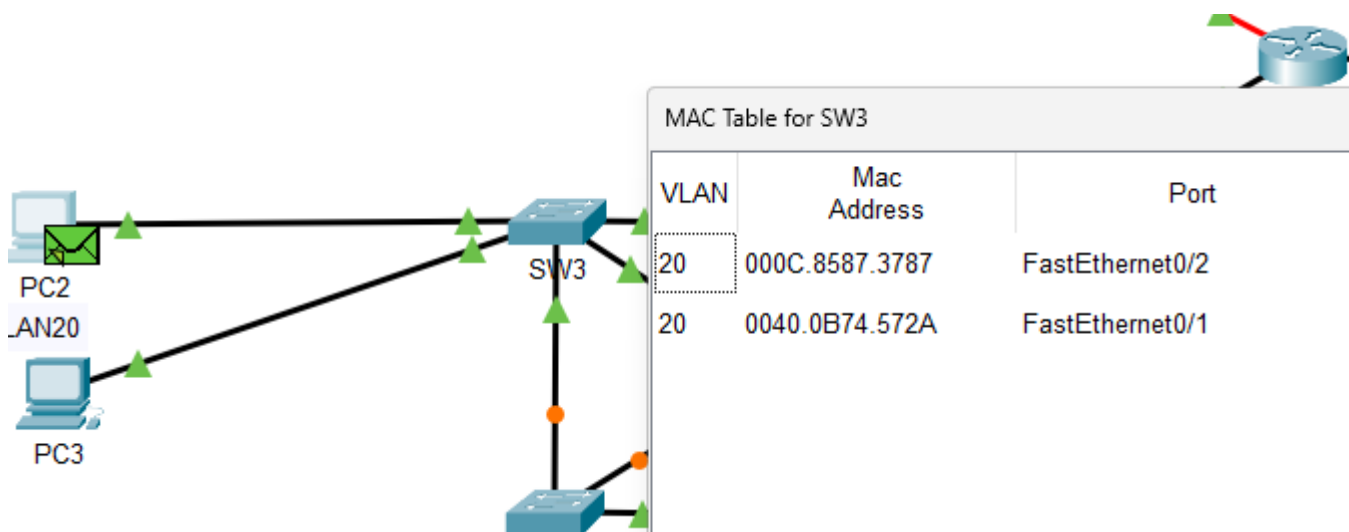
Efetuando um procedimento semelhante ao do Laboratório 3 – “Vlans e switches”, os prints seguintes vão demonstrar o que acontece nas tabelas de expedição de um switch na fase de aprendizagem (palavra chave: Mac Origem) e na fase de expedição (palavra chave: Mac Destino). Para a fase de expedição vamos demonstrar o que acontece quando o endereço

destino se encontra ou não na tabela de expedição do switch. Para testar isto de forma correta primeiro limpamos a MAC table do switch com o comando: “clear mac address-table dynamic”.

Ao enviar um ping do PC2 para o PC3 (pertencem à mesma VLAN), quando o pacote ICMP chega ao SW3, este entra na fase de aprendizagem: olha para o MAC Origem da trama que chega e por qual porta chegou e adiciona essa associação Mac Origem-Porta à sua tabela de expedição juntamente com a qual VLAN esse MAC pertence:



Para a fase de expedição, neste caso, o endereço destino não se encontra na tabela de expedição do SW3, e por isso vai fazer flooding pelas suas portas, chegando a todos os Switches a que o SW3 está ligado e também ao PC3 destino. Os outros switches como não têm na sua MAC table o endereço MAC do PC3, descartam o pacote ICMP. Ao chegar ao PC3, a Mac table do SW3 é atualizada com o MAC do PC3 e a porta do switch a qual está ligado. Agora o endereço destino já se encontra na tabela de expedição logo ao mandar um novo pacote ICMP para esse destino, o SW3 simplesmente encaminha diretamente para o PC3 pela porta associada. Tabela de expedição após fase de expedição:



Para comunicar entre VLANs diferentes é necessário a configuração dos Routers a qual vamos discutir mais à frente no relatório.

2.2.3 Protocolo de árvore de escoamento – Spanning Tree Protocol (STP)

Na Figura 13 identificamos a rede redundante e layer 2 da delegação de Lisboa. A rede é constituída pelos Switches 1,2,3 e 4 conforme visível na figura:

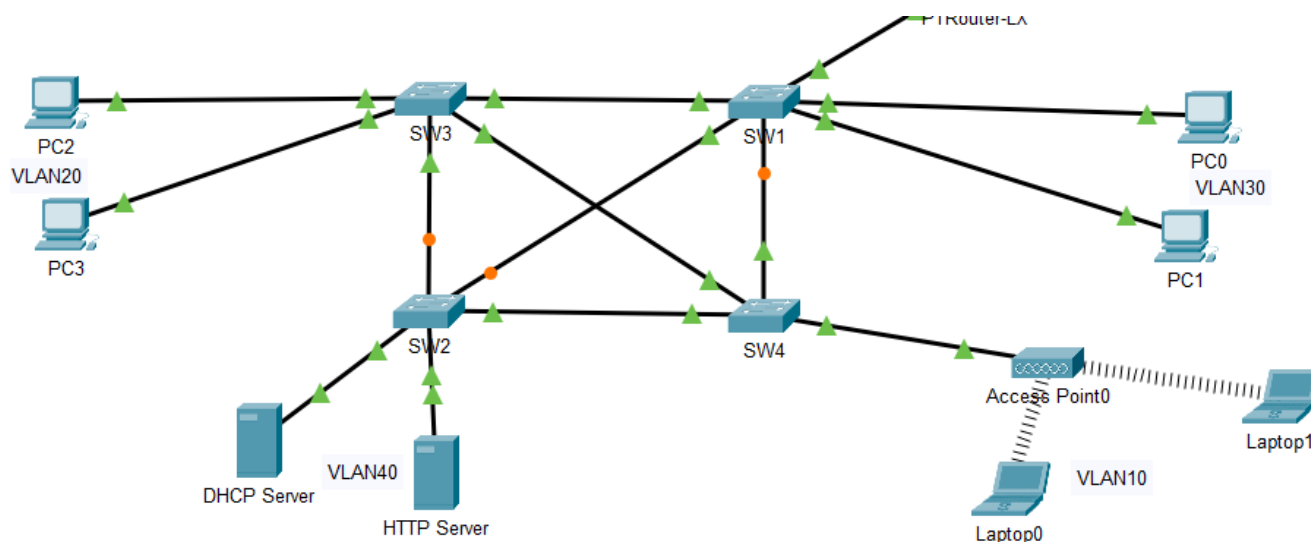


Figura 13: Rede redundante layer 2 de Lisboa

Capturas do ecrã Packet Tracer mostrando o resultado da execução do comando show spanning-tree em cada um dos switches (p VLAN30 por exemplo):

SW1:

```
VLAN0030
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    32798
           Address    0005.5E8C.EE91
           Cost      4
           Port      26(GigabitEthernet0/2)
           Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority    32798 (priority 32768 sys-id-ext 30)
           Address    00D0.BA9D.3C96
           Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
           Aging Time 20
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/2	Desg	FWD	19	128.2	P2p
Fa0/4	Altn	BLK	19	128.4	P2p
Fa0/1	Desg	FWD	19	128.1	P2p
Fa0/5	Desg	FWD	19	128.5	P2p
Gi0/2	Root	FWD	4	128.26	P2p
Gi0/1	Desg	FWD	19	128.25	P2p

SW3:

```

VLAN0030
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32798
             Address     0005.5E8C.EE91
             This bridge is the root
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32798 (priority 32768 sys-id-ext 30)
             Address     0005.5E8C.EE91
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
             Aging Time  20

Interface                Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/3                    Desg FWD 19      128.3   P2p
Gi0/1                    Desg FWD 4      128.25  P2p
Gi0/2                    Desg FWD 4      128.26  P2p

```

SW2:

```

VLAN0030
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32798
             Address     0005.5E8C.EE91
             Cost         8
             Port         26(GigabitEthernet0/2)
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32798 (priority 32768 sys-id-ext 30)
             Address     00D0.BABE.0138
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
             Aging Time  20

Interface                Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/5                    Altn BLK 19      128.5   P2p
Gi0/2                    Root FWD 4      128.26  P2p
Gi0/1                    Altn BLK 19      128.25  P2p

```

SW4:

```

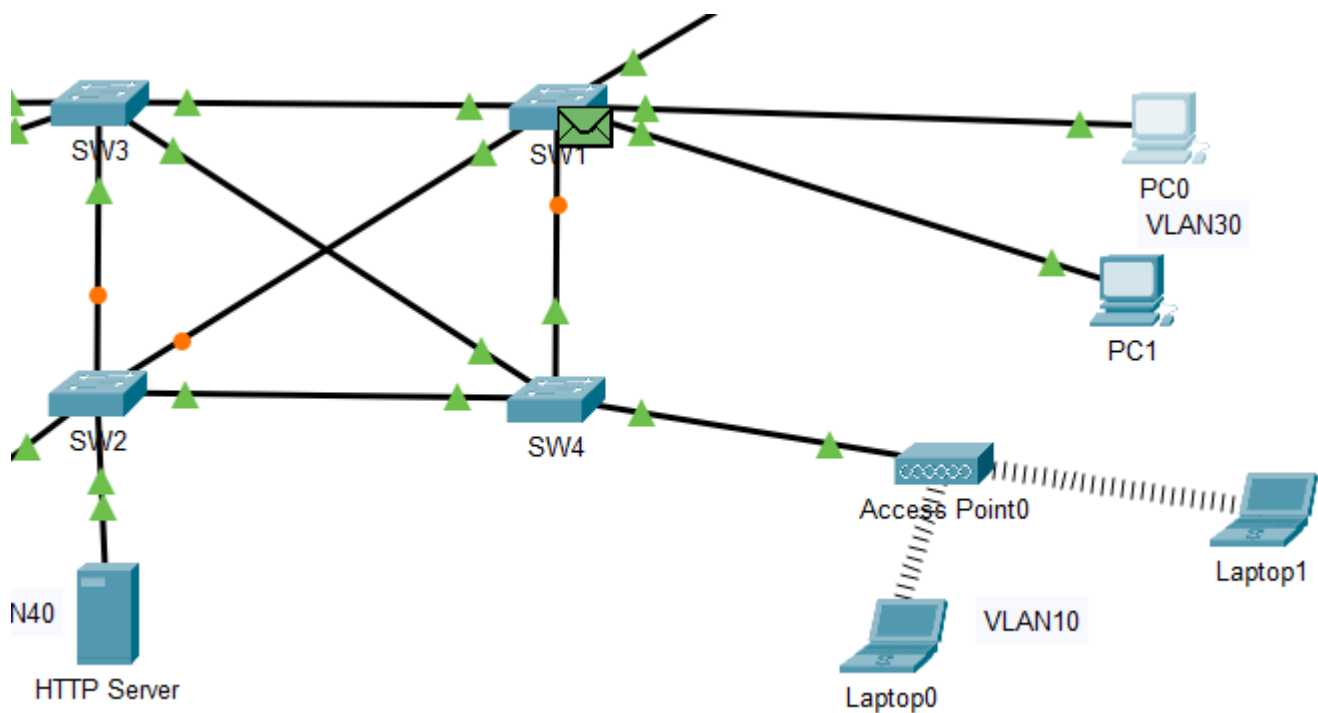
VLAN0030
  Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    32798
             Address     0005.5E8C.EE91
             Cost         4
             Port         26(GigabitEthernet0/2)
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

  Bridge ID  Priority    32798 (priority 32768 sys-id-ext 30)
             Address     000A.F399.5001
             Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
             Aging Time  20

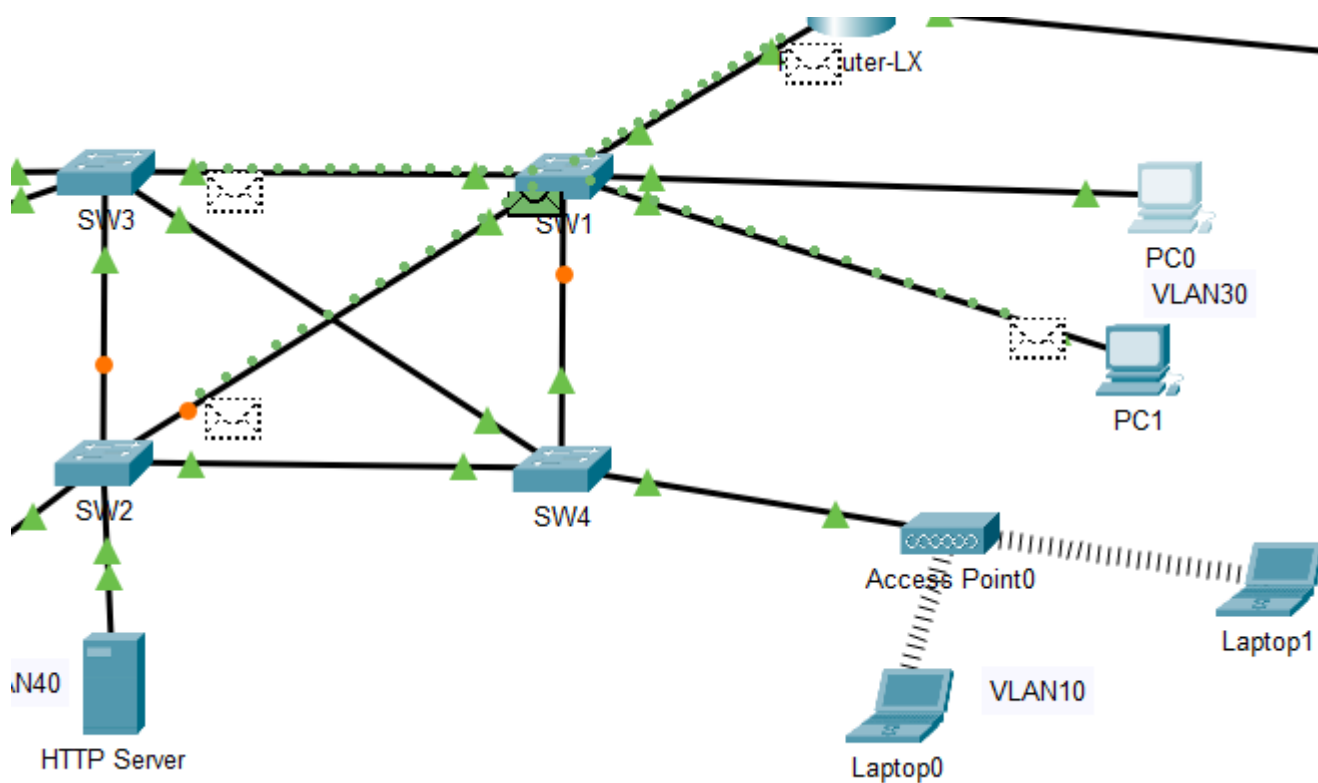
Interface                Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/4                    Desg FWD 19      128.4   P2p
Gi0/1                    Desg FWD 4      128.25  P2p
Gi0/2                    Root FWD 4      128.26  P2p

```

Foi testada a conectividade entre os hosts PC0 e Laptop0. Na figura 18 verifica-se que no Switch 1 a porta fa 0/4 não foi utilizada, uma vez que, está bloqueada. O caminho realizado pela trama enviada do host é PC0-SW1-flooding por todas as portas menos a que está BLK no SW1(a porta com o circulo a laranja)-morre ali a trama.



Pacote a ser enviado por todas as portas menos a que está blocked:



Em seguida, desativa-se a porta Gig0/2 do Switch 1 de Lisboa, observável na figura 19:

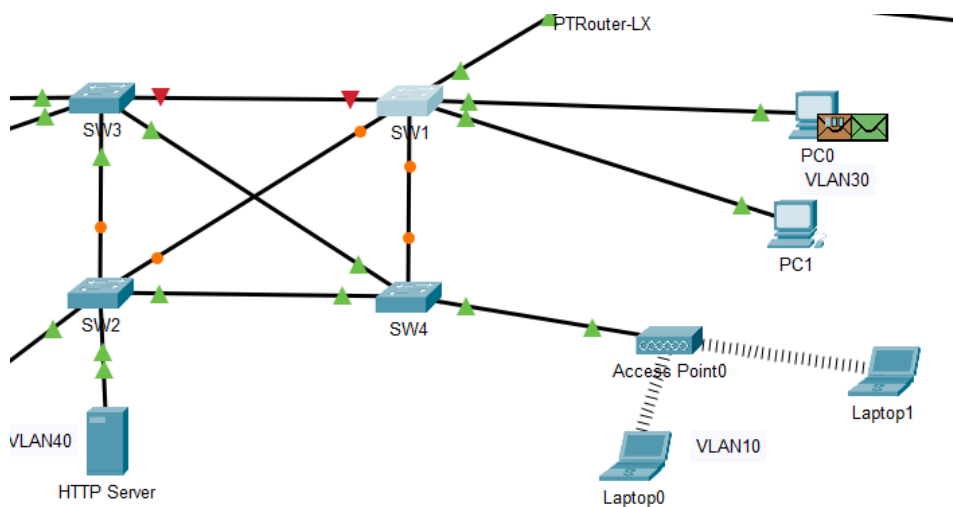
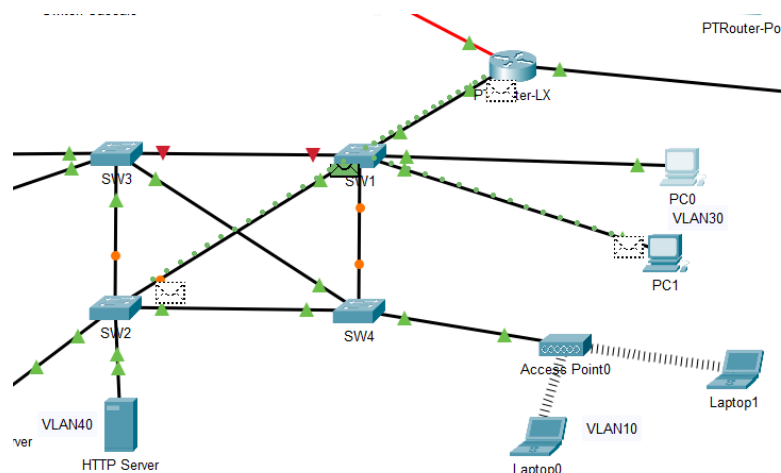


Figura 19: Rede redundante de layer 2 de Lisboa com a porta gig0/2 do Switch 1 de Lisboa desligada e árvore de escoamento em atualização

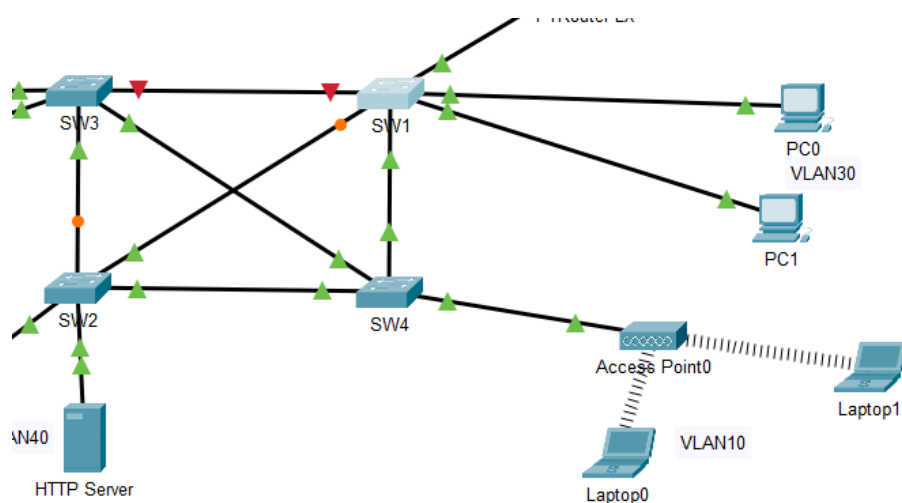


Figura 20: Rede redundante de layer 2 de Lisboa com a porta X do Switch X de Lisboa desligada e árvore de escoamento atualizada

2.3 Planeamento do espaço de endereçamento

A empresa Xpto vai requerer blocos de endereços classe C ao seu ISP na quantidade estritamente necessária para as suas necessidades. Neste caso, o total de equipamentos da nossa rede vai ser $200+100+100+10+100+40+20+10+5=585$ hosts. Fazendo os cálculos, $2^{(32-24)} - 2 = 254$ hosts. Sendo assim, precisamos de mais bits de rede. Neste caso, $\text{ceiling}(\log_2(585+2)) = 32-x \Leftrightarrow x=22$. Significa que vamos precisar de uma super-rede /22 para atribuição do espaço de endereçamento na nossa empresa.

$x = T \times 10 + G \times 6 + 1 = 6 \times 10 + 5 \times 6 + 1 = 91$. Assim o nosso endereço inicial é 192.168.91.0 /24.

Vamos precisar de agrupar 4 endereços para ter um /22: 192.168.88.0, 192.168.89.0, 192.168.90.0, 192.168.91.0(atual). Temos de escolher o endereço de rede 192.168.88.0 /22 para atribuição de endereços aos departamentos pois este é o único com os bits de host todos a zero a partir do 22º bit.

Na tabela 5 observa-se a segmentação do espaço de endereçamento para a empresa com as delegações considerando a rede /22.

Na tabela 6 são apresentados os endereços IP para interligação das 3 delegações utilizando a rede da tabela 5.

Departamento/Delegação	VLAN	# Postos	Network	Netmask	Gama de endereços da rede	Gateway	Broadcast	# Interfaces
WIFI-LX	10	200	192.168.88.0/24	255.255.255.0	192.168.88.1-192.168.88.254	192.168.88.254	192.168.88.255	254
DTEC-LX	30	100	192.168.89.0/25	255.255.255.128	192.168.89.1-192.168.89.126	192.168.89.126	192.168.89.127	126
DCOM-LX	20	100	192.168.89.128/25	255.255.255.128	192.168.89.129-192.168.89.254	192.168.89.254	192.168.89.255	126
SRV-LX	40	10	192.168.90.240/28	255.255.255.240	192.168.90.241-192.168.90.254	192.168.90.254	192.168.90.255	14
WIF-POR	90	100	192.168.90.0/25	255.255.255.128	192.168.90.1-192.168.90.126	192.168.90.126	192.168.90.127	126
DTEC-POR	70	40	192.168.90.128/26	255.255.255.192	192.168.90.129-192.168.90.190	192.168.90.190	192.168.90.191	62
DCOM-POR	80	20	192.168.90.192/27	255.255.255.224	192.168.90.193-192.168.90.222	192.168.90.222	192.168.90.223	30
WIFI-CAS	60	10	192.168.90.224/28	255.255.255.240	192.168.90.225-192.168.90.238	192.168.90.238	192.168.90.239	14
DCOM-CAS	50	5	192.168.91.0/29	255.255.255.248	192.168.91.1-192.168.91.6	192.168.91.6	192.168.91.7	6

Tabela 5: Atribuição de IPs por departamento-delegação usando a super-rede 192.168.88.0/22 a partir de um 192.168.91.0 /24

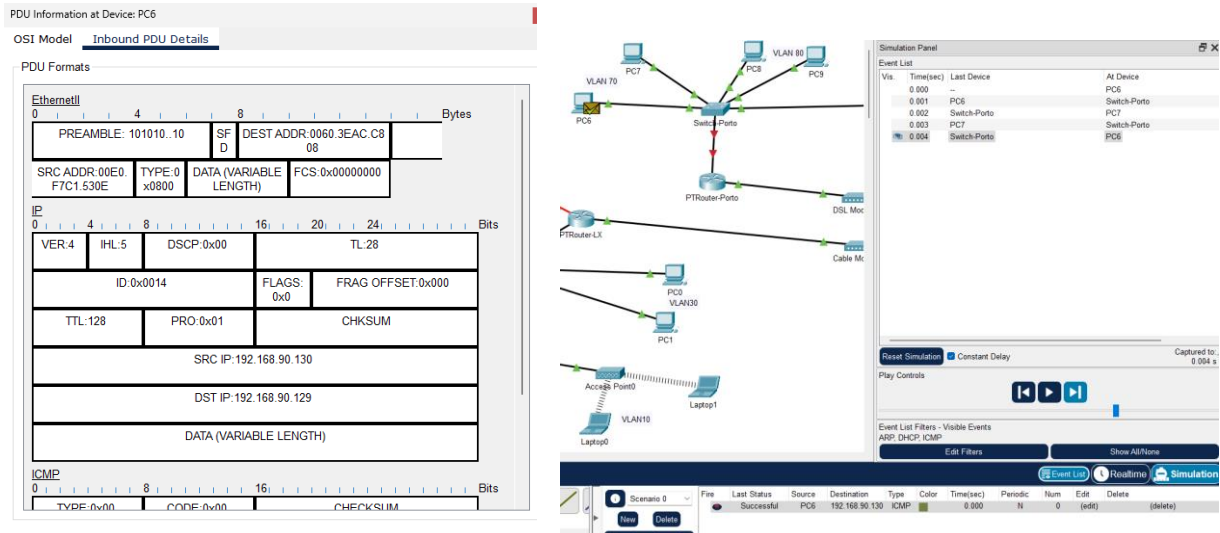
Network	Lisboa	Porto	Cascais	ISP	Broadcast
192.168.91.8/30	192.168.91.9	-	-	192.168.91.10	192.168.91.11
192.168.91.12/30	192.168.91.13	-	192.168.91.14	-	192.168.91.15
192.168.91.16/30	-	192.168.91.17	-	192.168.91.18	192.168.91.19

Tabela 6: Atribuição de IPs para interligações entre routers usando a super-rede 192.168.88.0/22

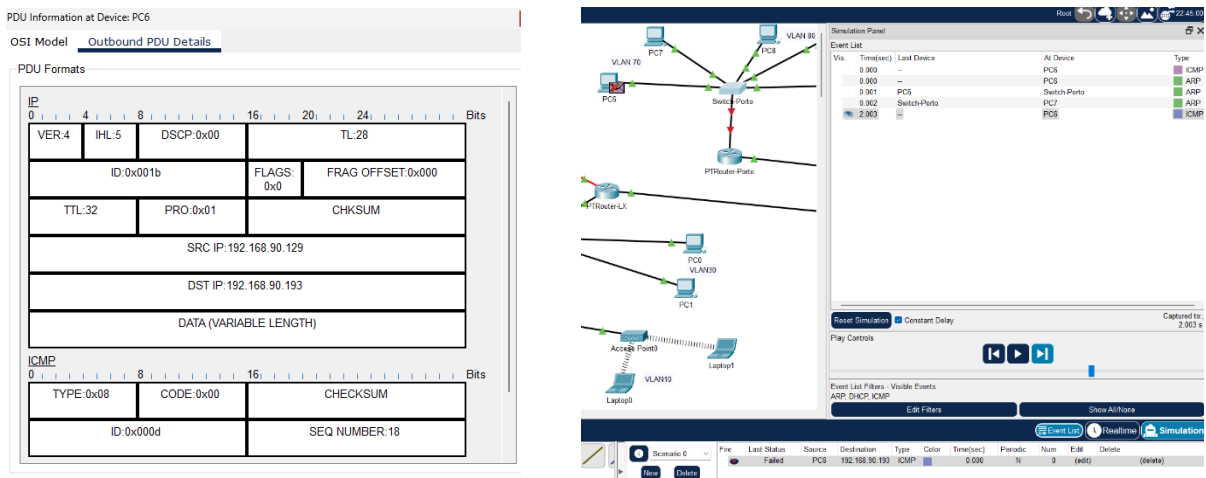
Nota: Os endereços dos servidores são fixos. Também foi atribuído endereço à interface do RT-ISP que liga ao servidor WWW externo, sendo este o 1º endereço da rede do servidor WWW externo, o 8.8.8.1.

Teste de conectividade entre duas máquinas de uma mesma delegação:

Primeiramente foi feito um teste de conectividade no modo simulação entre PCs da mesma delegação (Porto) e departamento (DTEC-POR). Ping do PC6 (192.168.90.129) para o PC7(192.168.90.130), com sucesso.



Por fim, foi feito um teste de conectividade no modo simulação entre PCs da mesma delegação mas departamentos diferentes. Um ping do PC6(192.168.90.129, VLAN70, DTEC-POR) para o PC8 (192.168.90.193, VLAN80, DCOM-POR) não funciona porque ainda não foi configurado o router. É necessário um router para conseguirmos comunicar entre redes diferentes.



2.4 Configuração dos routers

2.4.1 Configuração das interfaces dos routers

Na tabela 7, os 4 routers são configurados de acordo com cada Interface/Sub-Interface necessária.

Router-Delegação	Interface	Subinterface	IP (GW)	Máscara de rede
RT-Cascais	-	Fa 0/0.50	192.168.91.6	255.255.255.248
	-	Fa 0/0.60	192.168.90.238	255.255.255.240
	Fa 4/0	-	192.168.91.14	255.255.255.252
RT-Lisboa	-	Fa 0/0.10	192.168.88.254	255.255.255.0
	-	Fa 0/0.20	192.168.89.254	255.255.255.128
	-	Fa 0/0.30	192.168.89.126	255.255.255.128
	-	Fa 0/0.40	192.168.90.254	255.255.255.240
	Fa 1/0	-	192.168.91.9	255.255.255.252
	Fa 4/0	-	192.168.91.13	255.255.255.252
RT-Porto	-	Fa 0/0.70	192.168.90.190	255.255.255.192
	-	Fa 0/0.80	192.168.90.222	255.255.255.224
	-	Fa 0/0.90	192.168.90.126	255.255.255.128
	Fa 1/0	-	192.168.91.17	255.255.255.252
RT-ISP	Gig 0/0	-	8.8.8.1	255.255.255.240
	Gig 0/1	-	192.168.91.10	255.255.255.252
	Gig 0/2	-	192.168.91.18	255.255.255.252

Tabela 7: Interfaces e Sub-Interfaces dos Routers

Nas figuras seguintes obtidas do Packet Tracer obtiveram-se os resultados das configurações dos routers de Lisboa, Cascais, Porto e ISP.

Device Name: PTRouter-LX Device Model: Router-P7 Hostname: Router				
Port	Link	IP Address	IPv6 Address	MAC Address
FastEthernet0/0	Up	<not set>	<not set>	000C.8536.4D8D
FastEthernet0/0.10	Up	192.168.88.254/24	<not set>	000C.8536.4D8D
FastEthernet0/0.20	Up	192.168.89.254/25	<not set>	000C.8536.4D8D
FastEthernet0/0.30	Up	192.168.89.126/25	<not set>	000C.8536.4D8D
FastEthernet0/0.40	Up	192.168.90.254/28	<not set>	000C.8536.4D8D
FastEthernet1/0	Up	192.168.91.9/30	<not set>	00E0.F991.7E18
Serial2/0	Down	<not set>	<not set>	<not set>
Serial3/0	Down	<not set>	<not set>	<not set>
FastEthernet4/0	Up	192.168.91.13/30	<not set>	0050.0F50.736B
FastEthernet5/0	Down	<not set>	<not set>	0060.3E67.E77D

Device Name: PTRouter-Cascais Device Model: Router-P7 Hostname: Router				
Port	Link	IP Address	IPv6 Address	MAC Address
FastEthernet0/0	Up	<not set>	<not set>	0060.3E2B.BE6D
FastEthernet0/0.50	Up	192.168.91.6/29	<not set>	0060.3E2B.BE6D
FastEthernet0/0.60	Up	192.168.90.238/28	<not set>	0060.3E2B.BE6D
FastEthernet1/0	Down	<not set>	<not set>	0007.BC34.C16A
Serial2/0	Down	<not set>	<not set>	<not set>
Serial3/0	Down	<not set>	<not set>	<not set>
FastEthernet4/0	Up	192.168.91.14/30	<not set>	0030.F232.2A52
FastEthernet5/0	Down	<not set>	<not set>	0030.F2CD.63C2

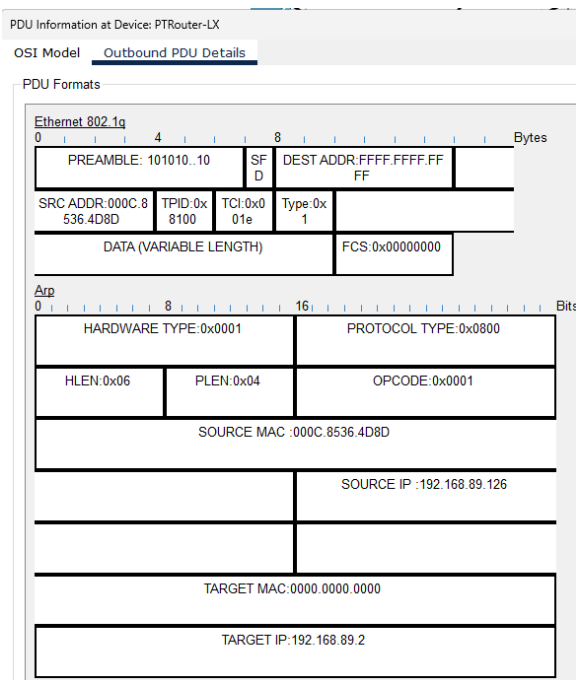
Device Name: PTRouter-Porto Device Model: Router-P7 Hostname: Router				
Port	Link	IP Address	IPv6 Address	MAC Address
FastEthernet0/0	Up	<not set>	<not set>	0090.21B0.49C8
FastEthernet0/0.70	Up	192.168.90.190/26	<not set>	0090.21B0.49C8
FastEthernet0/0.80	Up	192.168.90.222/27	<not set>	0090.21B0.49C8
FastEthernet0/0.90	Up	192.168.90.126/25	<not set>	0090.21B0.49C8
FastEthernet1/0	Up	192.168.91.17/30	<not set>	0002.162C.D758
Serial2/0	Down	<not set>	<not set>	<not set>
Serial3/0	Down	<not set>	<not set>	<not set>
FastEthernet4/0	Down	<not set>	<not set>	0001.C70E.1E40
FastEthernet5/0	Down	<not set>	<not set>	0001.C994.C8DD

Device Name: Router-ISP Device Model: 2911 Hostname: Router				
Port	Link	VLAN	IP Address	IPv6 Address
GigabitEthernet0/0	Up	--	8.8.8.1/28	<not set>
GigabitEthernet0/1	Up	--	192.168.91.10/30	<not set>
GigabitEthernet0/2	Up	--	192.168.91.18/30	<not set>
Vlan1	Down	1	<not set>	<not set>

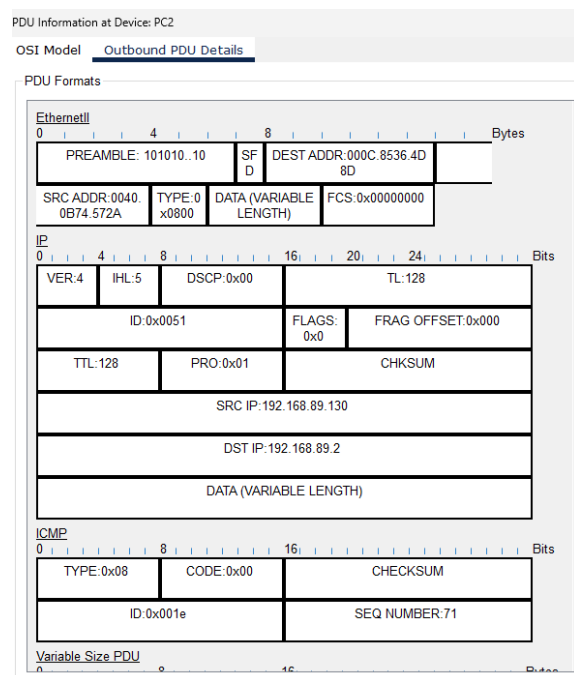
2.4.2 Configuração do encaminhamento nos routers

Teste de conectividade entre duas máquinas de redes diferentes ligadas no mesmo interface do router – conceito de sub-interface:

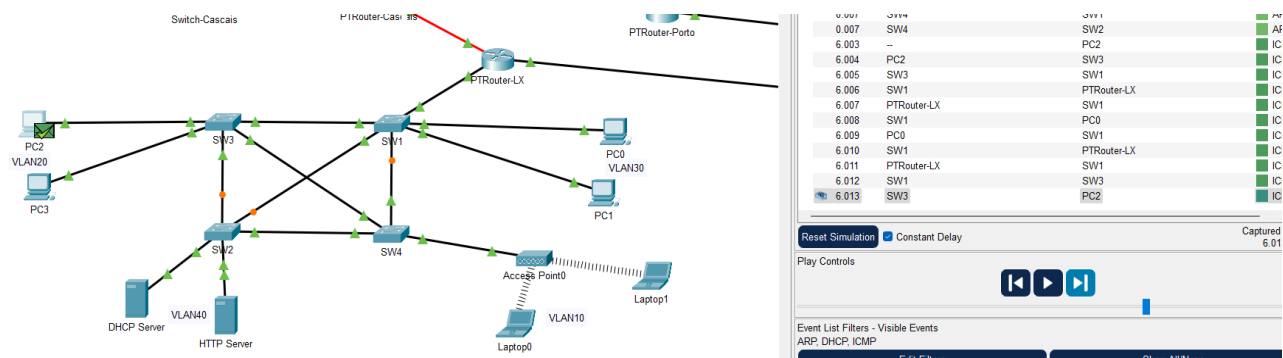
Considerando dois PCs pertencentes a VLANs diferentes na delegação de Lisboa, foi feito um teste de conectividade do PC2 para o PC0. A mensagem ICMP sai do PC2 e através dos switches em Lisboa é encaminhada para o Router de Lisboa. Esta primeira mensagem ICMP vai ser descartada e o router manda uma mensagem ARP através de Broadcast de forma a descobrir o MAC address do IP destino(target) que é o do PC0. Isto porque, vendo a pilha protocolar, para passar do L3 para L2, a trama tem de ser construída e no PCI tem que ser preenchido o MAC destino, o qual só consegue ser descoberto desta forma. Ao ser descoberto o MAC do PC0, manda a segunda mensagem ICMP a qual vai ter sucesso sendo que o MAC destino já consegue ser preenchido.



ICMP ao chegar ao router, para descobrir o MAC dest.



ICMP após descobrir o MAC dest do IP target.



Agora considerando dois PCs pertencentes a delegações diferentes não será possível ter sucesso no teste de conectividade sendo que as tabelas de encaminhamento não estão preenchidas. Para rede destino x, o router não vai saber para qual router encaminhar a mensagem ICMP por isso é preciso definir para cada um o seu nextHop. O PC que fez o ping vai acabar por receber uma mensagem ICMP do tipo “destination host unreachable”. Na tabela de encaminhamento do router de Lisboa apenas encontram-se as redes a qual ele está diretamente conectado representadas por um C.

```
Router#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
        * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
        P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C      192.168.88.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.10
      192.168.89.0/25 is subnetted, 2 subnets
C      192.168.89.0 is directly connected, FastEthernet0/0.30
C      192.168.89.128 is directly connected, FastEthernet0/0.20
      192.168.90.0/28 is subnetted, 1 subnets
C      192.168.90.240 is directly connected, FastEthernet0/0.40
      192.168.91.0/30 is subnetted, 2 subnets
C      192.168.91.8 is directly connected, FastEthernet1/0
C      192.168.91.12 is directly connected, FastEthernet4/0

Router#
```

Encaminhamento estático:

Tabela de encaminhamento do Router-Lisboa:

Tabela de encaminhamento do RT-Porto:

```
S      8.0.0.0/29 is subnetted, 1 subnets
S      8.8.8.8 [1/0] via 192.168.91.10
C      192.168.88.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.10
C      192.168.89.0/25 is subnetted, 2 subnets
C      192.168.89.0 is directly connected, FastEthernet0/0.30
C      192.168.89.128 is directly connected, FastEthernet0/0.20
C      192.168.90.0/24 is variably subnetted, 5 subnets, 4 masks
S      192.168.90.0/25 [1/0] via 192.168.91.10
S      192.168.90.128/26 [1/0] via 192.168.91.10
S      192.168.90.192/27 [1/0] via 192.168.91.10
S      192.168.90.224/28 [1/0] via 192.168.91.14
C      192.168.90.240/28 is directly connected, FastEthernet0/0.40
C      192.168.91.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
S      192.168.91.0/29 [1/0] via 192.168.91.14
C      192.168.91.8/30 is directly connected, FastEthernet1/0
C      192.168.91.12/30 is directly connected, FastEthernet4/0
```

```
S      8.0.0.0/29 is subnetted, 1 subnets
S      8.8.8.8 [1/0] via 192.168.91.18
S      192.168.88.0/24 [1/0] via 192.168.91.18
S      192.168.89.0/25 is subnetted, 2 subnets
S      192.168.89.0 [1/0] via 192.168.91.18
S      192.168.89.128 [1/0] via 192.168.91.18
S      192.168.90.0/24 is variably subnetted, 5 subnets, 4 masks
C      192.168.90.0/25 is directly connected, FastEthernet0/0.90
C      192.168.90.128/26 is directly connected, FastEthernet0/0.70
C      192.168.90.192/27 is directly connected, FastEthernet0/0.80
S      192.168.90.224/28 [1/0] via 192.168.91.18
S      192.168.90.240/28 [1/0] via 192.168.91.18
C      192.168.91.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
S      192.168.91.0/29 [1/0] via 192.168.91.18
C      192.168.91.16/30 is directly connected, FastEthernet1/0
```

Tabela de encaminha do Router-Cascais:

```
S      8.0.0.0/29 is subnetted, 1 subnets
S      8.8.8.8 [1/0] via 192.168.91.13
S      192.168.88.0/24 [1/0] via 192.168.91.13
C      192.168.89.0/25 is subnetted, 2 subnets
S      192.168.89.0 [1/0] via 192.168.91.13
S      192.168.89.128 [1/0] via 192.168.91.13
C      192.168.90.0/24 is variably subnetted, 5 subnets, 4 masks
S      192.168.90.0/25 [1/0] via 192.168.91.13
S      192.168.90.128/26 [1/0] via 192.168.91.13
S      192.168.90.192/27 [1/0] via 192.168.91.13
C      192.168.90.224/28 is directly connected, FastEthernet0/0.60
S      192.168.90.240/28 [1/0] via 192.168.91.13
C      192.168.91.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.91.0/29 is directly connected, FastEthernet0/0.50
C      192.168.91.12/30 is directly connected, FastEthernet4/0
```

Importante: Nos prints anteriores, não estão feitas as agregações para as tabelas de encaminhamento de forma a ser percebido o raciocínio feito. Sendo assim, vamos indicar as agregações que foram feitas:

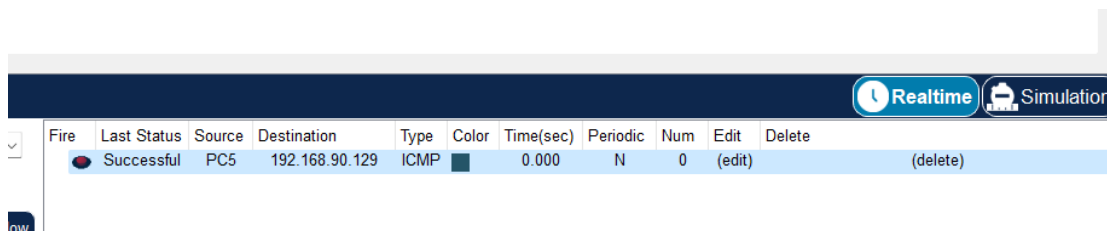
Para o Router-Cascais é possível agregar as entradas 192.168.89.0 /25 e 192.168.89.128 /25 ambas com nextHop = 192.168.91.13. Tendo os critérios cumpridos para sumarizar entradas em routing tables, no RT-Cascais, essas 2 entradas sumarizam-se numa da seguinte forma:

192.168.89.0 /24 nexthop=192.168.91.13

Para o Router-Porto é possível agregar as entradas 192.168.89.0 /25 e 192.168.89.128 /25 ambas com nextHop = 192.168.91.18 numa só entrada 192.168.89.0 /24 com nextHop = 192.168.91.18.

Ainda para o Router-Porto é possível agregar 192.168.90.224 /28 e 192.168.90.240 /28 ambas com nextHop = 192.168.91.18 numa só entrada 192.168.90.224 /27 com nextHop = 192.168.91.18.

Por fim, fazendo um teste de conectividade entre um PC de uma rede de Lisboa com PCs de outras delegações:

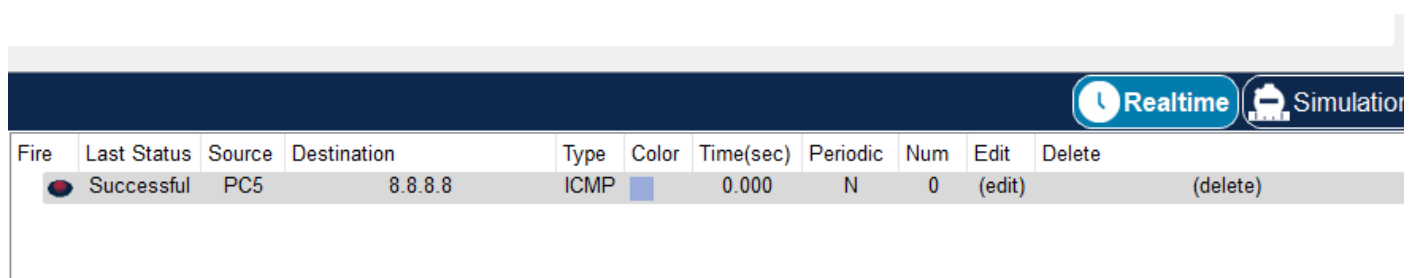


The screenshot shows a network simulation interface with a table of ping results. The table has columns: Fire, Last Status, Source, Destination, Type, Color, Time(sec), Periodic, Num, Edit, and Delete. A single row is visible with the status 'Successful', source 'PC5', and destination '192.168.90.129'. The type is 'ICMP' and the time is '0.000'. There are buttons for 'Realtime' and 'Simulation' at the top right of the table area.

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num	Edit	Delete
	Successful	PC5	192.168.90.129	ICMP		0.000	N	0	(edit)	(delete)

Temos sucesso sendo o PC5 da delegação de cascais e o destino da delegação do Porto.

Fazendo um teste de conectividade com o WWW externo:



The screenshot shows a network simulation interface with a table of ping results. The table has columns: Fire, Last Status, Source, Destination, Type, Color, Time(sec), Periodic, Num, Edit, and Delete. A single row is visible with the status 'Successful', source 'PC5', and destination '8.8.8.8'. The type is 'ICMP' and the time is '0.000'. There are buttons for 'Realtime' and 'Simulation' at the top right of the table area.

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num	Edit	Delete
	Successful	PC5	8.8.8.8	ICMP		0.000	N	0	(edit)	(delete)

2.5. Configuração dos serviços DHCP e HTTP

Configuração dos diferentes Relay Agents:

RT-LX:

```
interface FastEthernet0/0.10
encapsulation dot1Q 10
ip address 192.168.88.254 255.255.255.0
ip helper-address 192.168.90.241
!
interface FastEthernet0/0.20
encapsulation dot1Q 20
ip address 192.168.89.254 255.255.255.128
ip helper-address 192.168.90.241
!
interface FastEthernet0/0.30
encapsulation dot1Q 30
ip address 192.168.89.126 255.255.255.128
ip helper-address 192.168.90.241
!
interface FastEthernet0/0.40
encapsulation dot1Q 40
ip address 192.168.90.254 255.255.255.240
ip helper-address 192.168.90.241
!
```

RT-Cascais:

```
!
interface FastEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/0.50
encapsulation dot1Q 50
ip address 192.168.91.6 255.255.255.248
ip helper-address 192.168.90.241
!
interface FastEthernet0/0.60
encapsulation dot1Q 60
ip address 192.168.90.238 255.255.255.240
ip helper-address 192.168.90.241
!
interface FastEthernet1/0
```

RT-Porto:

```
!
interface FastEthernet0/0.70
encapsulation dot1Q 70
ip address 192.168.90.190 255.255.255.192
ip helper-address 192.168.90.241
!
interface FastEthernet0/0.80
encapsulation dot1Q 80
ip address 192.168.90.222 255.255.255.224
ip helper-address 192.168.90.241
!
interface FastEthernet0/0.90
encapsulation dot1Q 90
ip address 192.168.90.126 255.255.255.128
ip helper-address 192.168.90.241
!
interface FastEthernet1/0
```

Pool Name	Default Gateway	DNS Server	Start IP Address	Subnet Mask	Max User	TFTP Server	WLC Address
serverPool	192.168.90.254	0.0.0.0	192.168.90.240	255.255.255.240	15	0.0.0.0	0.0.0.0
WIFI-POR	192.168.90.126	0.0.0.0	192.168.90.1	255.255.255.128	124	0.0.0.0	0.0.0.0
DCOM-POR	192.168.90.222	0.0.0.0	192.168.90.193	255.255.255.224	28	0.0.0.0	0.0.0.0
DTEC-POR	192.168.90.190	0.0.0.0	192.168.90.129	255.255.255.192	60	0.0.0.0	0.0.0.0
WIFI-CAS	192.168.90.238	0.0.0.0	192.168.90.225	255.255.255.240	12	0.0.0.0	0.0.0.0
DCOM-CAS	192.168.91.6	0.0.0.0	192.168.91.1	255.255.255.248	5	0.0.0.0	0.0.0.0
SRV-LX	192.168.90.254	0.0.0.0	192.168.90.241	255.255.255.240	12	0.0.0.0	0.0.0.0
DCOM-LX	192.168.89.254	0.0.0.0	192.168.89.129	255.255.255.128	124	0.0.0.0	0.0.0.0
WIFI-LX	192.168.88.254	0.0.0.0	192.168.88.1	255.255.255.0	252	0.0.0.0	0.0.0.0
DTEC-LX	192.168.89.126	0.0.0.0	192.168.89.1	255.255.255.128	124	0.0.0.0	0.0.0.0

Tabela 8: Configuração de Pools no Servidor DHCP

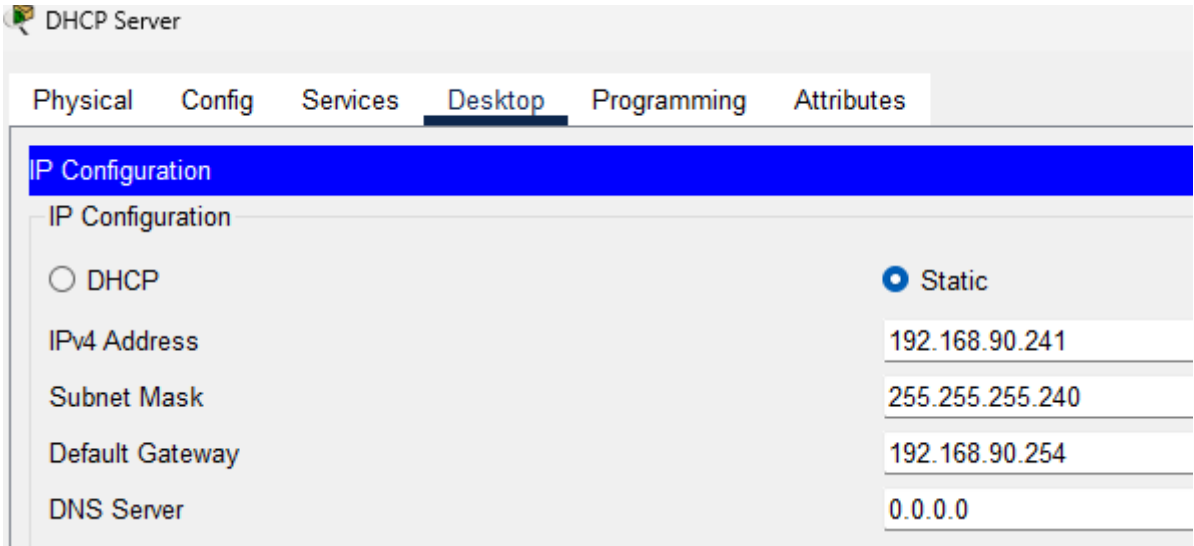


Figura 29: Configuração IP do Server DHCP

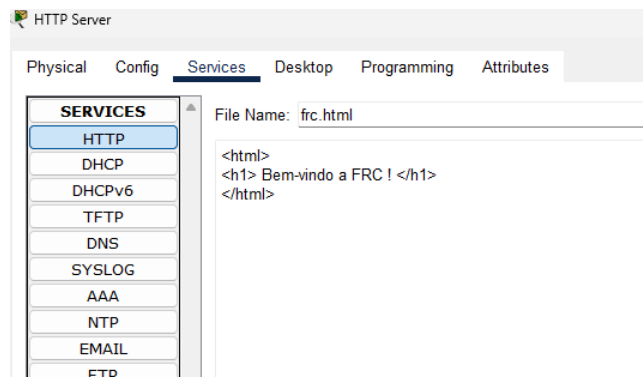
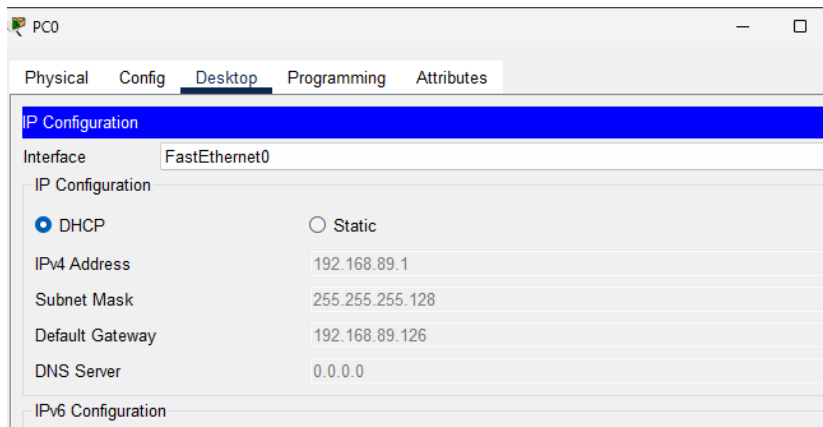
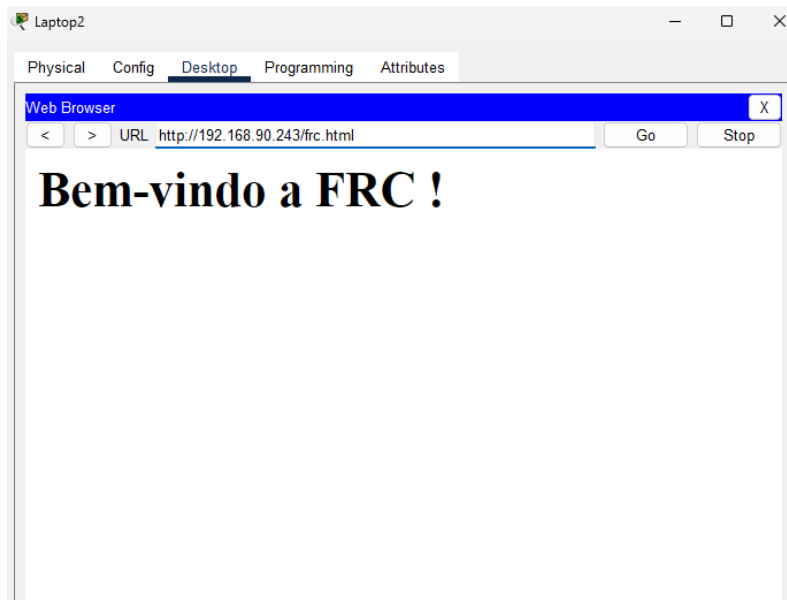


Figura 30: Página HTML criada

Teste de atribuição dinâmica de endereços IP para o DTEC-LX:



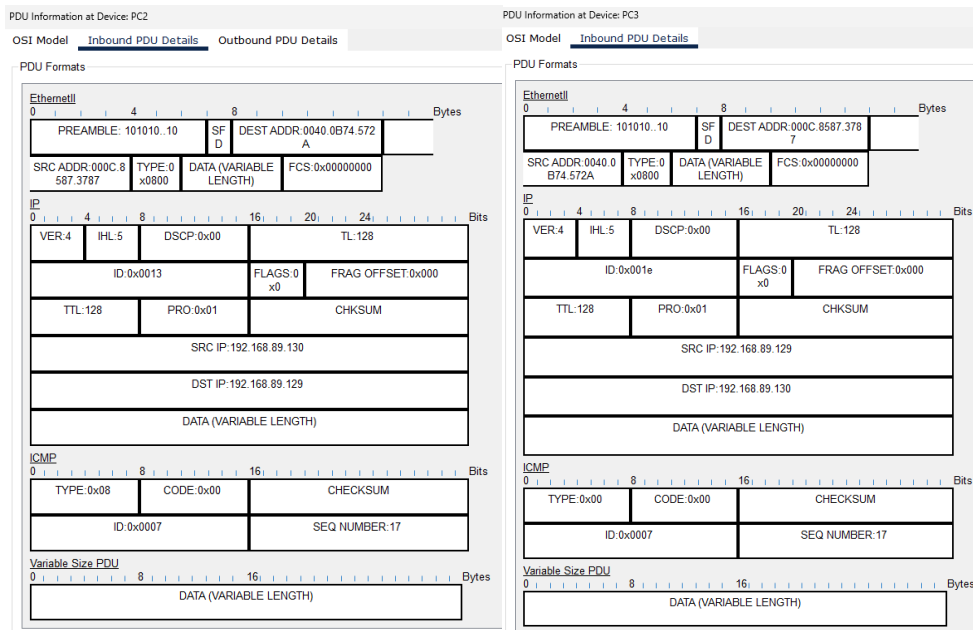
Teste do serviço HTTP:



3. Testes funcionais na rede

3.1 Estrutura da trama 802.3 e 802.11 e estrutura do pacote IP

i) Os PCs A e B pertencem à mesma delegação e VLAN (do PC3 => PC2):

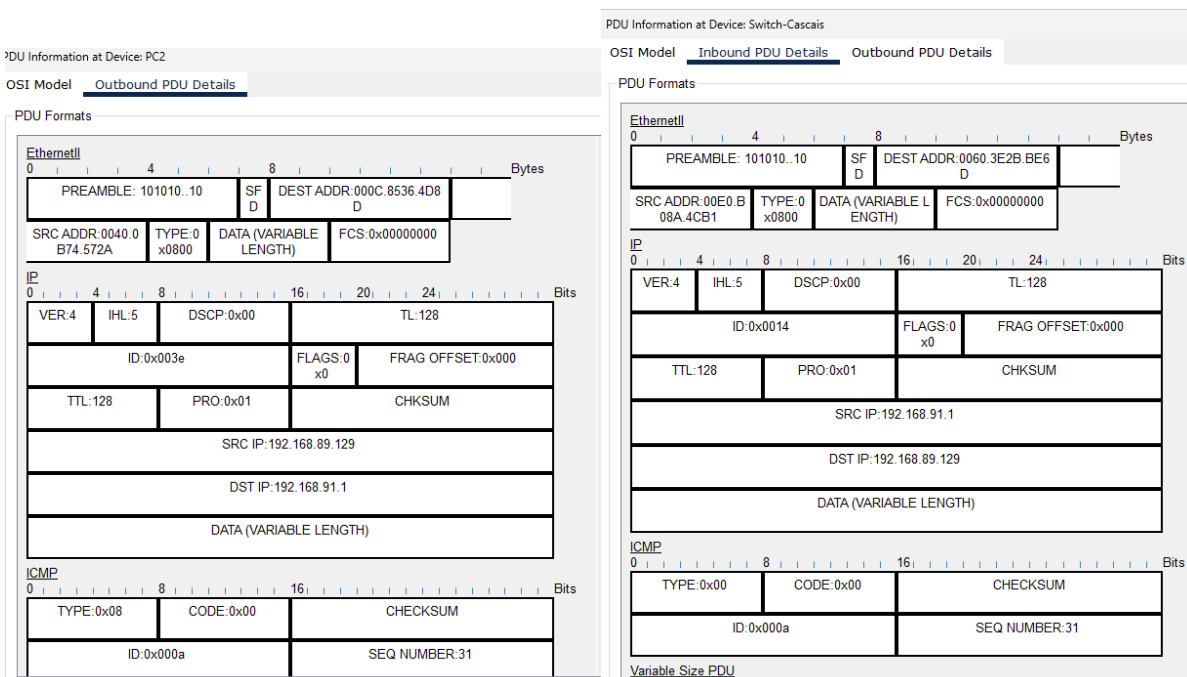


Sendo que o destino já se encontra na tabela de expedição do SW3, não tem problema em enviar a mensagem ICMP. Caso não esteja, faz flooding e aprende... (já foi falado acima na parte 2.2.2).

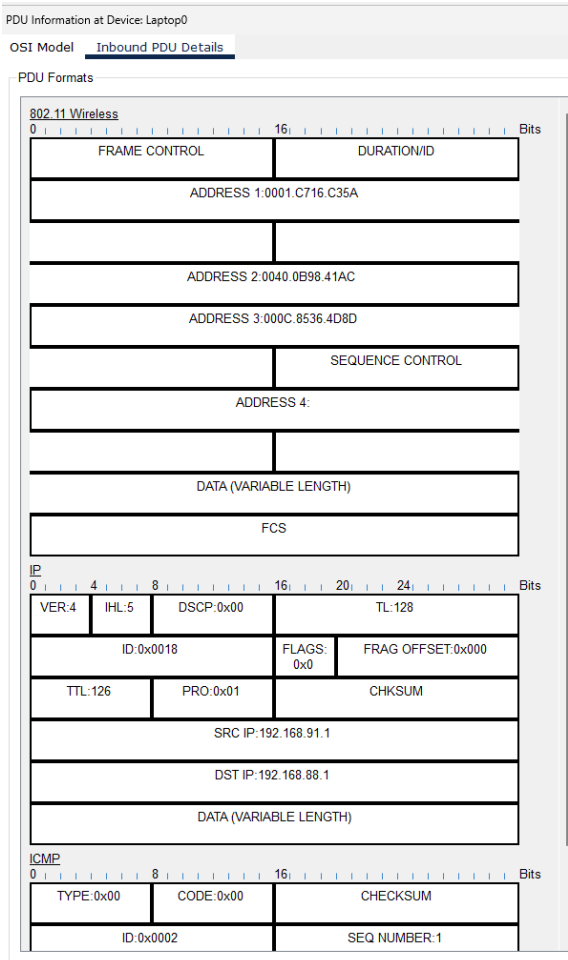
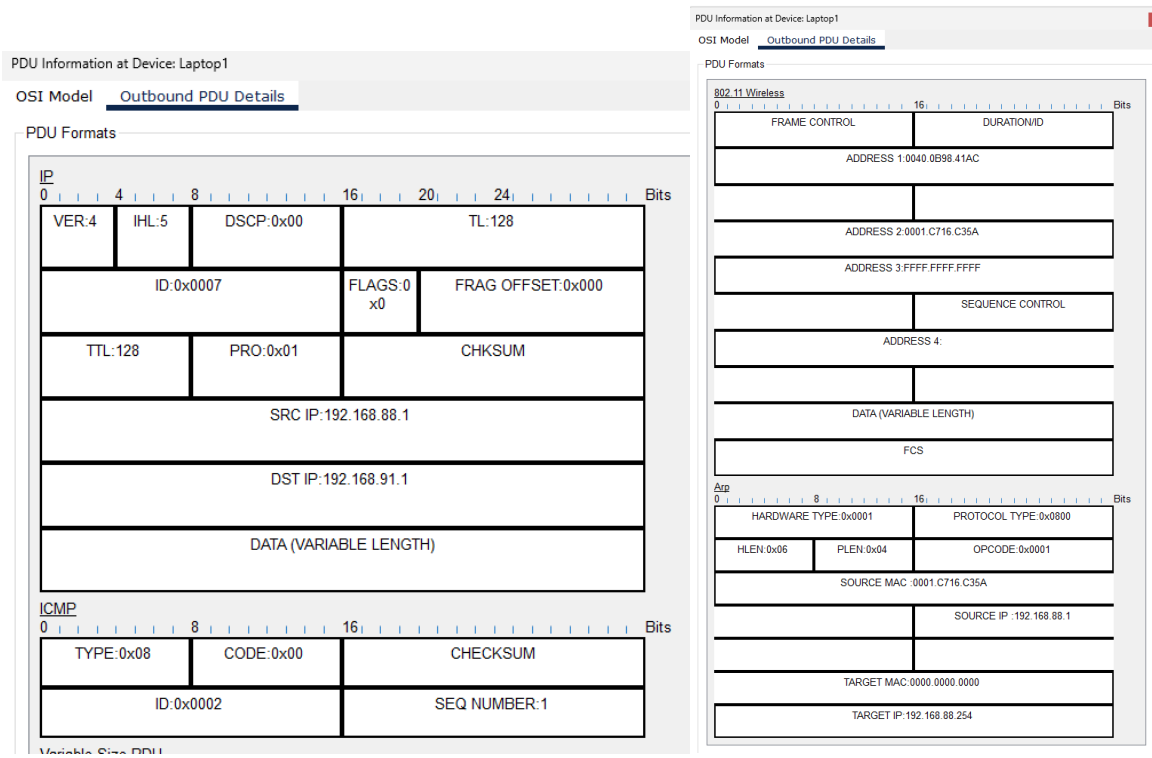
ii) Os PCs A e B pertencem à mesma delegação e a VLANs diferentes (PC2=>PC0).

Entrega a mensagem ICMP ao router, o qual vai mandar mensagens ARP pra descobrir qual o MAC dest do TargetIP (PC0). Isto foi explicado em detalhe no ponto 2.4.2.. Neste caso já conhecendo o MAC dos PCs após vários testes, já não precisa de enviar a mensagem ARP ao chegar ao Router.

iii) Os PCs A e B pertencem a delegações diferentes(PC2 => PC4).



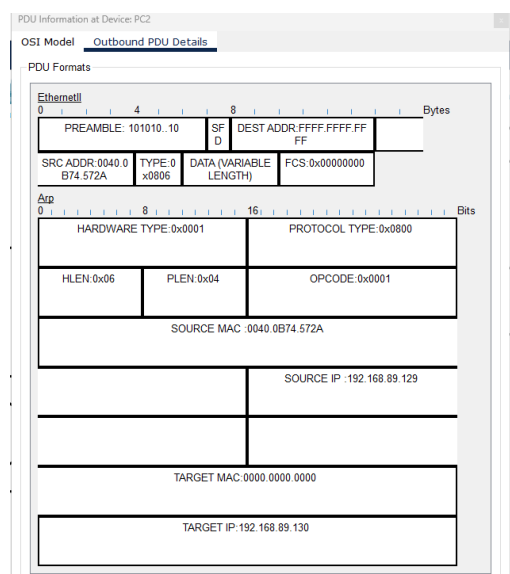
Numa comunicação de um dispositivo wireless da rede de Lisboa(Laptop1) para um PC noutra delegação (PC4):



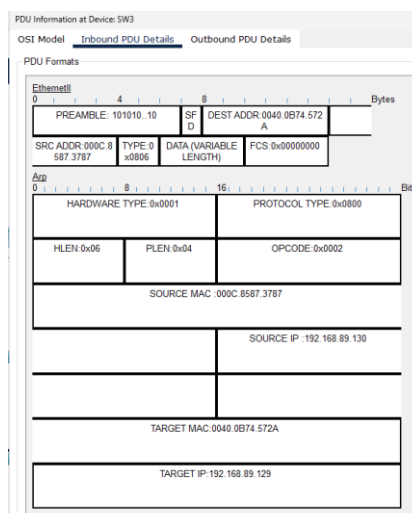
3.2 Protocolo ARP

Executaram-se testes recorrendo ao comando ping entre vários PCs vizinhos da rede com a tabela ARP inicialmente vazia, e é previsto que fiquem registados os IPs e os MACs dos PCs da mesma VLAN e o IP e MAC da Gateway. Escolhemos o PC2 para limpar a cache ARP, num ping PC2=>PC3.

ARP-request



ARP-reply



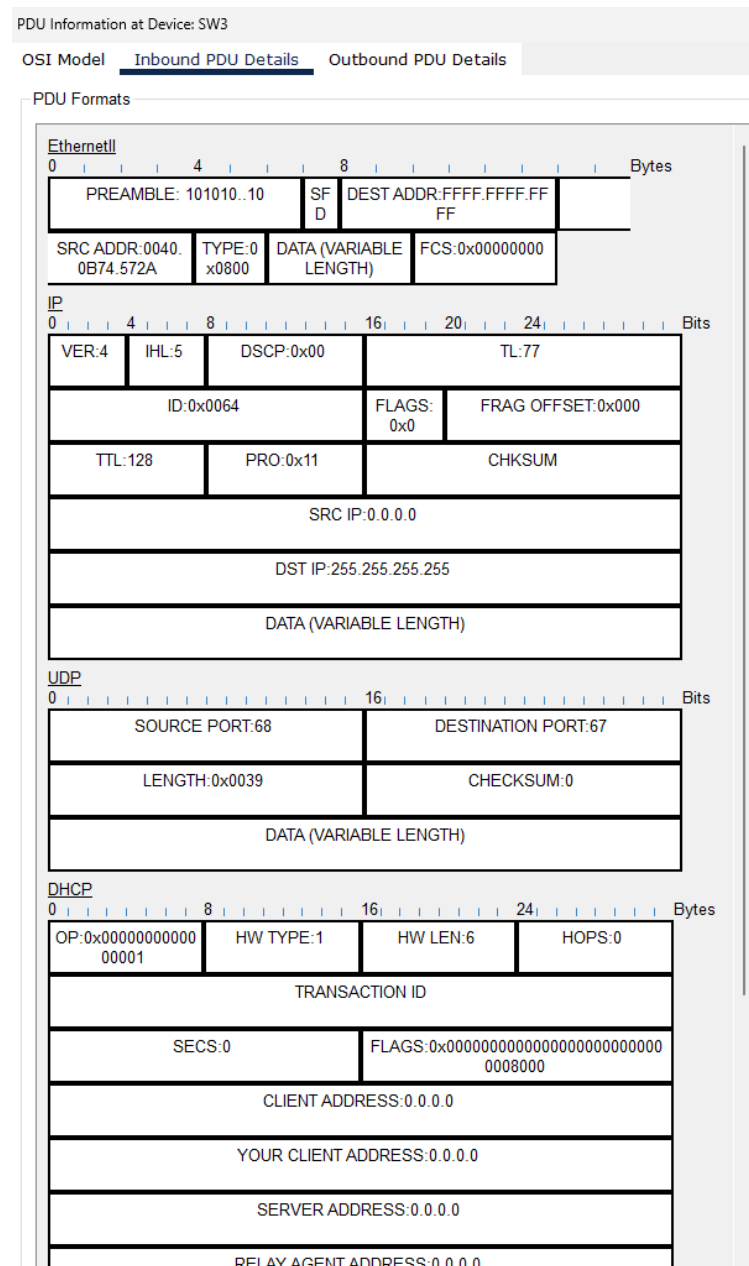
Para o caso do ARP Request, os Source MAC e Source IP pertencem ao PC origem, em contrapartida, o Target MAC encontra-se a zeros dado que, é desconhecido o MAC de destino.

Para o caso do ARP Reply, o Source MAC pertence à interface do Router, o Source IP pertence à Gateway do Router e o Target MAC e o Target IP pertencem ao PC que efetuou o ARP Request.

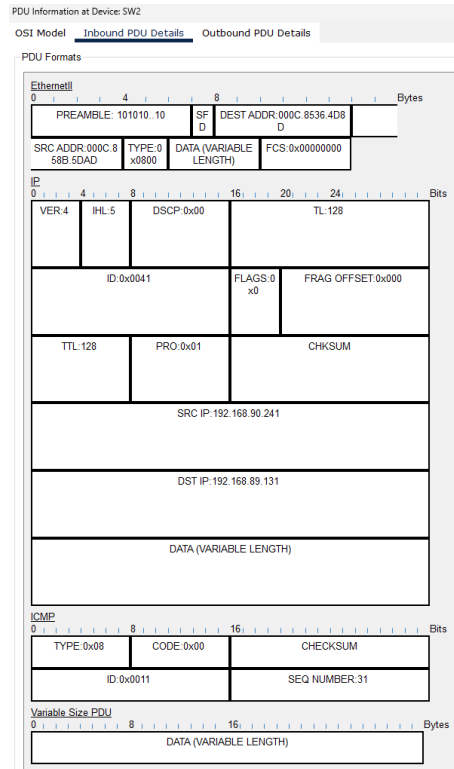
No ARP-request são transportadas tramas Ethernet por Broadcast, dado que a tabela cache ARP está vazia / não tem o valor do MAC do PC dest. No ARP-reply são transportadas tramas Ethernet por unicast, pois PC destino tem informação suficiente na sua tabela ARP para encaminhar o reply somente para o PC origem.

3.3 Testes funcionais na rede - Protocolo DHCP

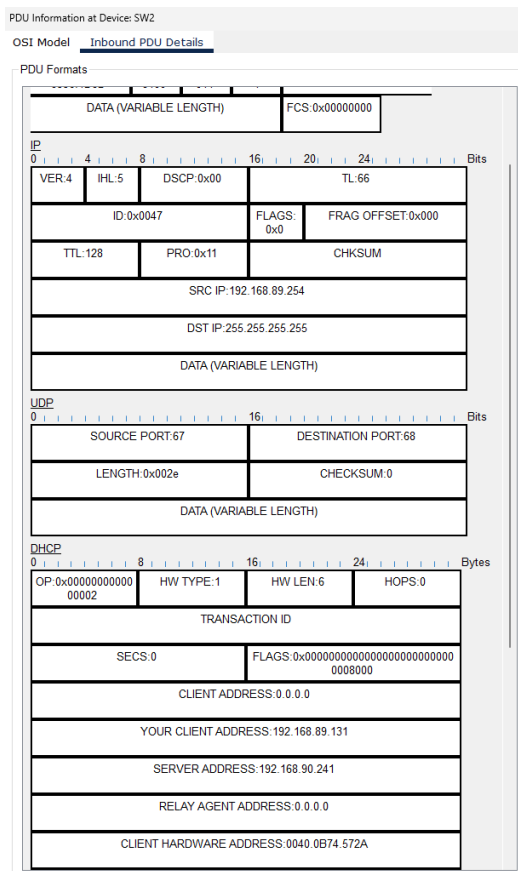
Analisando o processo de liberação e aquisição de IP por DHCP no PC2:



O DHCP DISCOVER enviado pelo PC origem tem como intuito chegar a todos os servidores DHCP que estejam a escutar por isso o destino é Broadcast. Depois disto os vários servidores DHCP que receberam a mensagem (neste caso é apenas um) vão enviar um DHCP OFFER com o IP que pretendem atribuir aquele MAC que está a pedir configuração dinâmica:



O PC origem vai enviar agora um DHCP Request com a escolha do IP de uma das Offers que recebeu (neste caso so recebe uma offer), ao qual o servidor vai fazer a atribuição na sua tabela dinâmica:



Por fim o servidor DHCP manda um ACK para o PC origem.

Ao fazer `ipconfig /release` vai libertar a atribuição que fez dos endereços aquele MAC que pediu o release. PDU enviada pelo DHCP server:

O que foi concluído do uso do release e renew foi que na mesma rede o relay agent nunca é preenchido e em redes diferentes, o gateway vai servir de relay agent.