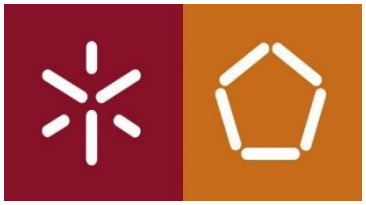
Mestrado Integrado em Engenharia de Telecomunicações e Informática

UC de Redes de Computadores I

LANs Ethernet e redes TCP/IP usando o CORE

Ano Letivo 2021/2022



UNIVERSIDADE DO MINHO

ESCOLA DE ENGENHARIA

Eva Castro, a93097

Filipe Peixoto, a93096

José Gomes, a93083

Índice

1. Introdução

No âmbito da unidade curricular de Redes de Computadores I, foi-nos proposta a realização de um trabalho prático cujo objetivo é emular vários tipos de redes locais e interligá-las entre si, utilizando a ferramenta CORE. Esta ferramenta disponibiliza meios para desenhar diferentes tipologias de rede, configurar as ligações entre os componentes da rede, endereços e serviços.

Utilizaremos ainda, a ferramenta *Wireshark* para efetuarmos diagnósticos de conetividade e capturas de tráfego, para melhor entendimento do funcionamento dos componentes de cada rede e também comparar o modo de funcionamento das redes. Utilizaremos comandos como *ping* e *traceroute* para podermos executar os testes experimentais.

2. Emulação de LANs (*Local Area Networks*) *Ethernet*

Neste primeiro exercício, desenhamos uma rede com tipologia em árvore, que possui 2 HUBs e 1 SWITCH, como se pode observar na figura 1. O objetivo é efetuar capturas de tráfego utilizando o *Wireshark*, de forma a compreender melhor o seu funcionamento, na prática, dos HUBs e SWITCHs e também dos protocolos ARP e ICMP.

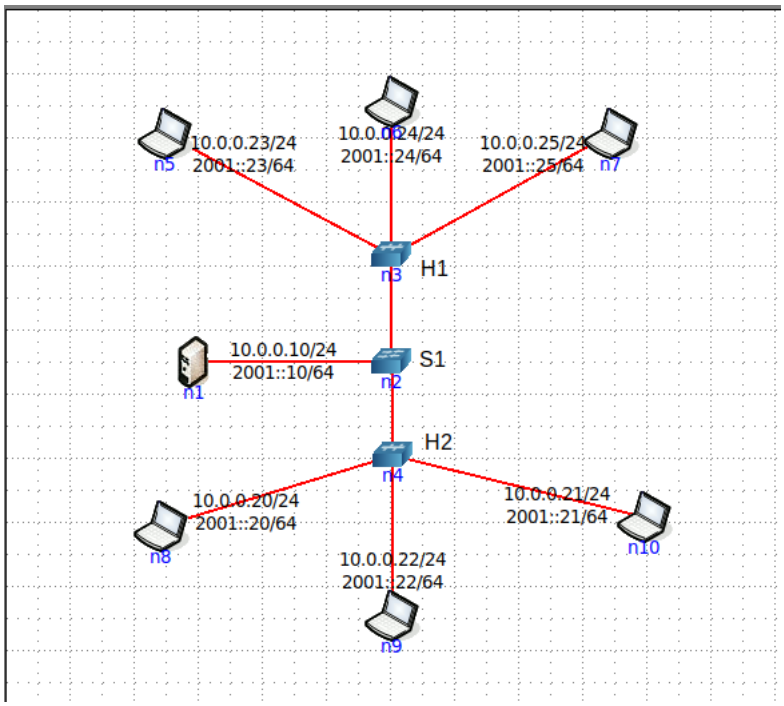


Figura 1 - Topologia em árvore

Deste modo, antes de resolvermos o exercício tivemos de entender o funcionamento destas tecnologias.

O HUB, quando recebe informação por uma porta, transmite essa informação para todas as outras portas, este comportamento diminuiu a performance, pois qualquer outro sistema terminal, ao qual a informação não lhe é dirigida, pode ter acesso à mesma. Este tipo de equipamento não possui tecnologia que lhe permita armazenar informação sobre os sistemas terminais que se encontram conectados a ele.

O SWITCH possui um comportamento semelhante ao do HUB, no entanto possui tecnologia que lhe permite armazenar os endereços MAC (*Medium Access Control*) dos sistemas terminais a ele conectados (algo que ele vai "aprendendo" com o decorrer das ligações, na primeira ligação possui um comportamento igual ao do HUB). Esta funcionalidade dos SWITCHs permite-lhes comutar pacotes diretamente para a porta de destino.

O protocolo ARP (*Address Resolution Protocol*) faz a ponte de ligação entre a cama de rede e a camada de ligação de dados, portanto mapeia endereços IP (*Internet Protocol*) em endereços MAC. São enviados dois tipos de mensagens: ARP *request*, onde o dispositivo de origem pede a resolução de um endereço IP em endereço MAC e ARP *reply*, onde o dispositivo de destino envia o endereço físico resolvido. Para reduzir o fluxo e o número de solicitações de resolução de endereços, recorre-se ao uso de uma tabela, cache ARP, em cada *host* cuja funcionalidade é guardar os mapeamentos dos endereços por algum tempo.

O protocolo ICMP (*Internet Control Message Protocol*) é utilizado para enviar mensagens de diagnóstico e relatório de erros sobre a rede para a fonte do pacote. As mensagens podem ser *echo reply*, *echo request*, TTL (*Time To Live*) *expired*, etc. Qualquer dispositivo de rede pode enviar, gerar, receber e processar mensagens de erro ICMP. Este protocolo é utilizado por alguns diagnósticos de utilidade como o *ping* e o *traceroute*.

Agora estamos em condições de avaliar a conetividade entre os sistemas. Para tal, executamos, no PC n8, o comando *arp -a* para verificar as tabelas ARP dos sistemas terminais, de seguida executamos o comando *ping 10.0.0.25* e num primeiro momento, colocamos o sistema n5 à escuta e obtivemos os resultados que se encontram na figura 2. As capturas de tráfego foram efetuadas no *Wireshark*.

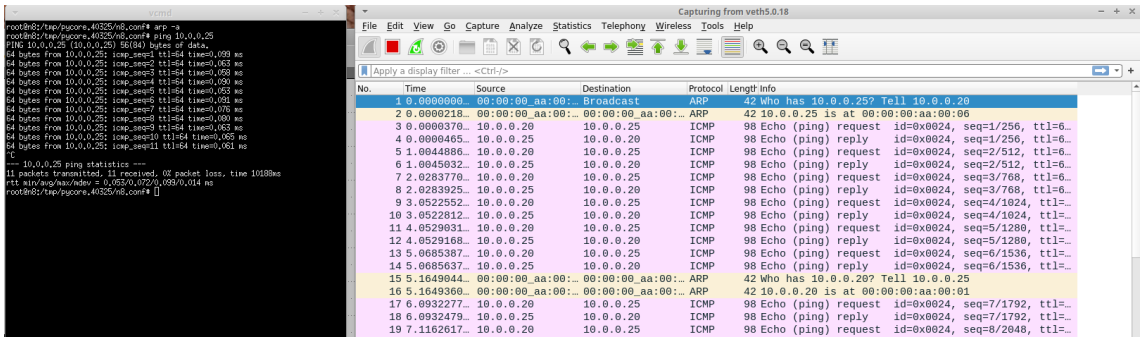


Figura 2 - Wireshark n5

Como podemos observar, antes de serem comutados pacotes entre os dois sistemas terminais, é enviado, em *broadcast*, um ARP *request* a perguntar qual o sistema terminal que possui o endereço IP 10.0.0.25, pois é a tentativa do protocolo ARP mapear o endereço IP no endereço MAC e vemos que depois é enviada um ARP *reply*, em *unicast*, com o endereço mapeado. Este sistema (n5) consegue captar todos os pacotes comutados entre o sistema n8 e n7 pois encontra-se ligado ao mesmo HUB que o sistema n7 (destino).

Voltamos a executar o comando *ping 10.0.0.25* no PC n8 e colocamos o PC n5 à escuta e o resultado obtido encontra-se na figura 3.

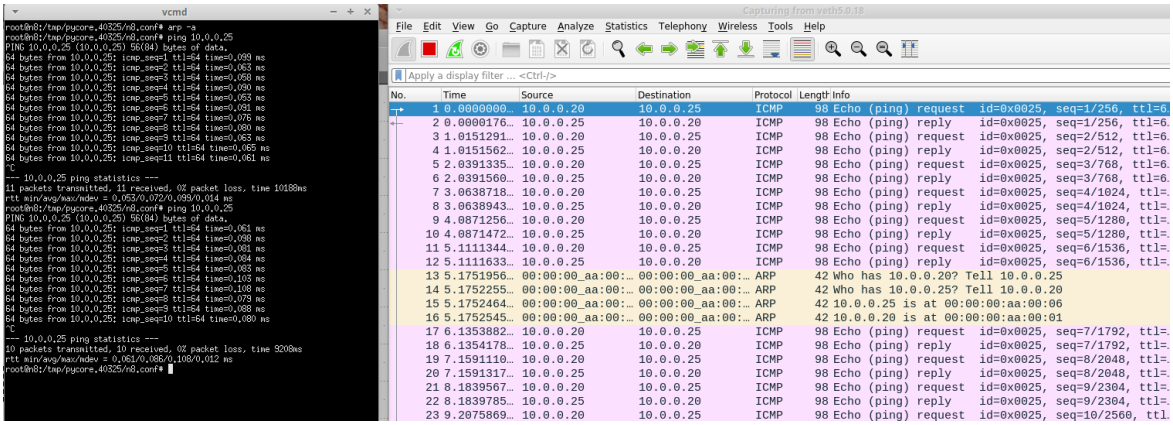


Figura 3 - Wireshark n5 (segunda vez)

Notamos que, quando ocorre a primeira comutação de pacotes, não é enviado um ARP *request*, isto porque o mapeamento dos endereços já se encontra em cache na ARP *table*.

De seguida, colocamos o sistema terminal n1 à escuta e podemos observar os resultados na figura 4.

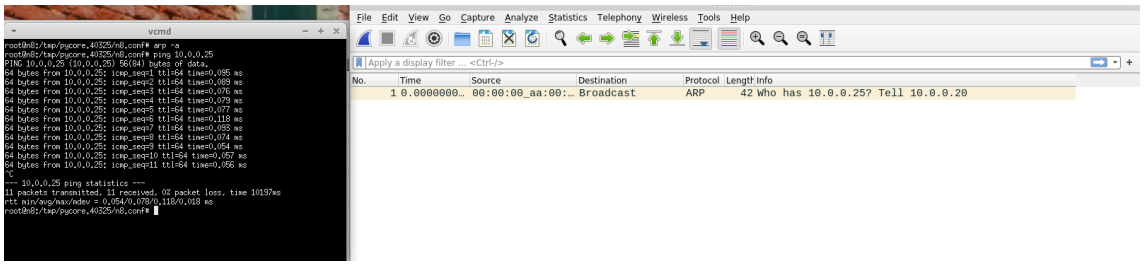


Figura 4 - Wireshark n1

Como podemos ver, o sistema n1 apenas recebeu o ARP *request* e não voltou a receber mais nenhum pacote, isto porque o SWITCH armazenou as informações deste sistema e percebeu que os pacotes não lhe eram destinados.

Além disso, podemos observar mensagens do protocolo ICMP entre os dois sistemas terminais que comutam pacotes. As mensagens observadas (*Echo request* e *Echo Reply*) são mensagens características da execução do comando *ping*.

Assim, concluímos que o HUB comuta os pacotes para todos os sistemas a ele conectados, enquanto o SWITCH faz o mesmo, apenas na primeira vez, depois comuta os pacotes diretamente para a porta de saída correspondente. O protocolo ARP encarrega-se de mapear endereços IP em endereços MAC e o protocolo ICMP preocupa-se em diagnosticar a rede.

3. Interligação de redes

Para a resolução do segundo exercício, é-nos pedido que construamos uma rede que permita interligar várias redes locais, utilizando routers com topologia de rede em malha. Os routers permitem que dispositivos de uma rede possam comunicar com dispositivos de outras redes.

Os routers deverão estar conectados por sub-redes com máscaras de 30 bits da rede 196.168.0.0/24. As redes locais devem estar na gama de endereços 10.0.0.0/23. A rede associada ao encaminhador R1 poderá conter até um máximo de 300 computadores, a rede associada ao encaminhador R2 conterá no máximo 100 e as redes associadas aos encaminhadores R3 e R4 20 computadores. A tabela 1 possui a tabela de endereçamento para cada rede local. Para conseguirmos ter endereços IP para todos os sistemas terminais, tivemos de dividir a rede R1 em duas sub-redes (R1.1 e R1.2).

Tabela 1 - Esquema de endereçamento

	End de rede	Gama de endereços válidos	End de difusão	Máscara de Rede
R1.1 - 252 pc	10.0.0.0/24	10.0.0.1/24-10.0.0.254/24	10.0.0.255/24	255.255.255.0
R2 - 100 pc	10.0.1.0/25	10.0.1.1/25-10.0.1.126/25	10.0.1.127/25	255.255.255.128
R1.2 - 48 pc	10.0.1.128/26	10.0.1.129/26-10.0.1.190/26	10.0.1.191/26	255.255.255.192
R3- 20 pc	10.0.1.192/27	10.0.1.193/27-10.0.1.222/27	10.0.1.223/27	255.255.255.224
R4 -20 pc	10.0.1.224/27	10.0.1.225/27-10.0.1.254/27	10.0.1.255/27	255.255.255.224

Na figura 5 é possível observar a rede desenhada no CORE, bem como os endereços IP de cada elemento constituinte das redes.

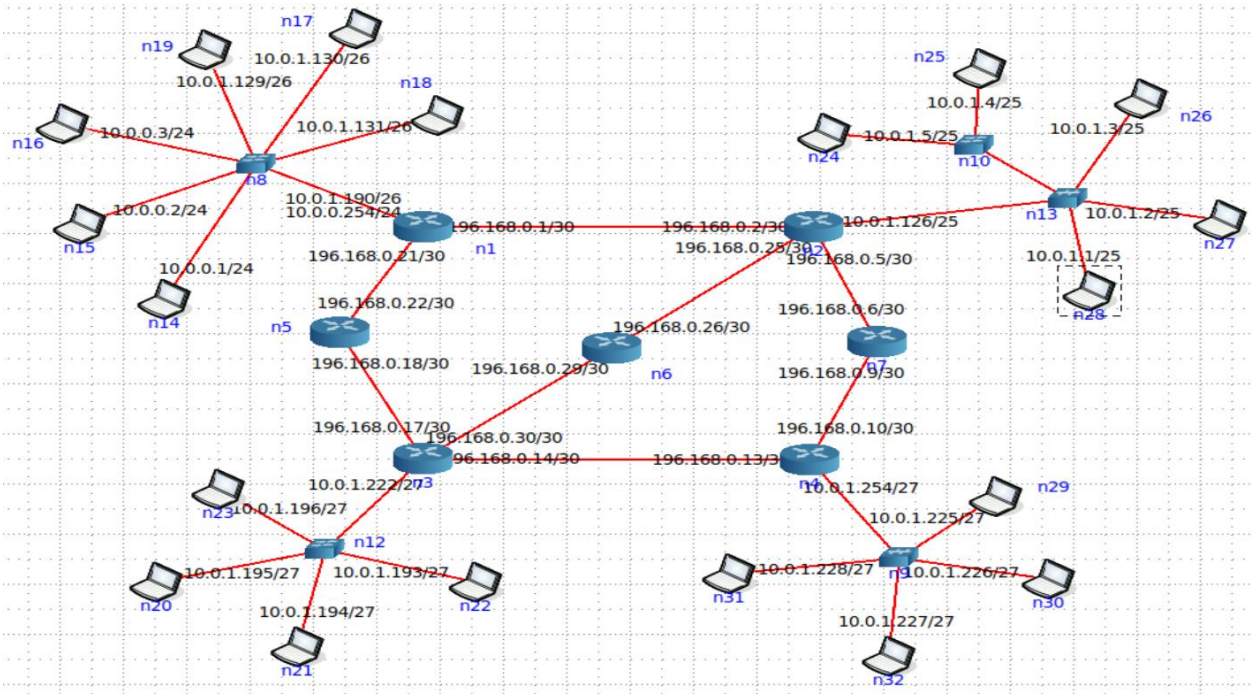


Figura 5 - Interligação de redes

Também nos é pedido para estabelecermos um esquema de encaminhamento, demonstrado na tabela 2, e configurar esse mesmo esquema no CORE.

Tabela 2 - Esquema de encaminhamento

Router	Rede de Destino	Interface de Saída	Próximo Nó
N1	10.0.0.0/24	10.0.0.254/24	Diretamente
	10.0.1.128/26	10.0.1.190/26	Diretamente
	10.0.1.0/25	196.168.0.1/30	196.168.0.2/30
	10.0.1.192/27	196.168.0.21/30	196.168.0.22/30
	10.0.1.224/27	196.168.0.21/30	196.168.0.22/30
N2	10.0.0.0/24	196.168.0.2/30	196.168.0.1/30
	10.0.1.128/26	196.168.0.2/30	196.168.0.1/30
	10.0.1.0/25	10.0.1.126/25	Diretamente
	10.0.1.192/27	196.168.0.25/30	196.168.0.26/30
	10.0.1.224/27	196.168.0.5/30	196.168.0.6/30
N3	10.0.0.0/24	196.168.0.17/30	196.168.0.18/30
	10.0.1.128/26	196.168.0.17/30	196.168.0.18/30
	10.0.1.0/25	196.168.0.30/30	196.168.0.29/30
	10.0.1.192/27	10.0.1.222/27	Diretamente
	10.0.1.224/27	196.168.0.14/30	196.168.0.13/30
N4	10.0.0.0/24	196.168.0.13/30	196.168.0.14/30
	10.0.1.128/26	196.168.0.13/30	196.168.0.14/30
	10.0.1.0/25	196.168.0.10/30	196.168.0.9/30
	10.0.1.192/27	196.168.0.13/30	196.168.0.14/30
	10.0.1.224/27	10.0.1.254/27	Diretamente
N5	10.0.0.0/24	196.168.0.22/30	196.168.0.21/30
	10.0.1.128/26	196.168.0.22/30	196.168.0.21/30
	10.0.1.0/25	196.168.0.22/30	196.168.0.21/30
	10.0.1.192/27	196.168.0.18/30	196.168.0.17/30
	10.0.1.224/27	196.168.0.18/30	196.168.0.17/30
N6	10.0.0.0/24	196.168.0.26/30	196.168.0.25/30
	10.0.1.128/26	196.168.0.26/30	196.168.0.25/30
	10.0.1.0/25	196.168.0.26/30	196.168.0.25/30
	10.0.1.192/27	196.168.0.29/30	196.168.0.30/30
	10.0.1.224/27	196.168.0.29/30	196.168.0.30/30
N7	10.0.0.0/24	196.168.0.6/30	196.168.0.5/30
	10.0.1.128/26	196.168.0.6/30	196.168.0.5/30
	10.0.1.0/25	196.168.0.6/30	196.168.0.5/30
	10.0.1.192/27	196.168.0.9/30	196.168.0.10/30
	10.0.1.224/27	196.168.0.9/30	196.168.0.10/30

Para configurar o esquema concebido anteriormente no CORE, desativamos o encaminhamento dinâmico nos routers (desativar protocolo OSPF) e adicionamos, manualmente, as rotas estabelecidas no nosso esquema de encaminhamento (encaminhamento estático). Para tal, começamos por desativar o parâmetro *DefaultRoute*, acedido em *Services*, em cada router. Nos sistemas terminais, alteramos

o script desse parâmetro e colocamos o *IP default* correspondente à interface do router associada à rede em que se encontra o sistema terminal em questão, como exemplificado na figura 6.

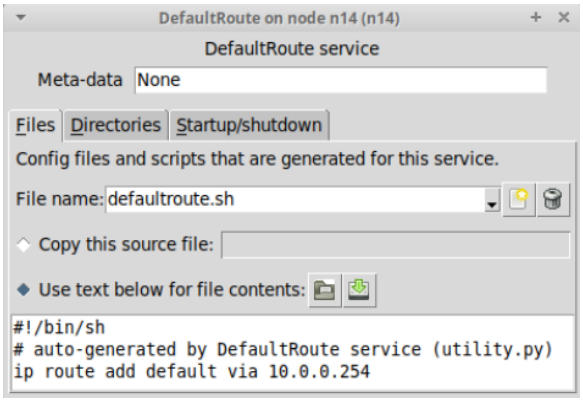


Figura 6 - DefaultRoute n14

Uma vez que o router 1 (n1), tem associado a ele duas sub-redes na mesma interface, tivemos de configurar no CORE essa mesma interface. Para isso, utilizamos o software Quagga, que nos permite configurar os routers. Uma alternativa seria, em modo execução acedemos ao terminal vtysh do router em questão e corremos os comandos *configure terminal* > *interface eth2* > *ip add [ip da subrede]*, para verificar as alterações, utilizávamos o comando *show running-config*. Tais passos podem ser confirmados na figura 7. No entanto, nós optamos por aceder a *Services* > *Zebra* e alterar diretamente o *script* e adicionar mais um *ip adress* na interface eth2, como se pode observar também na figura 7.

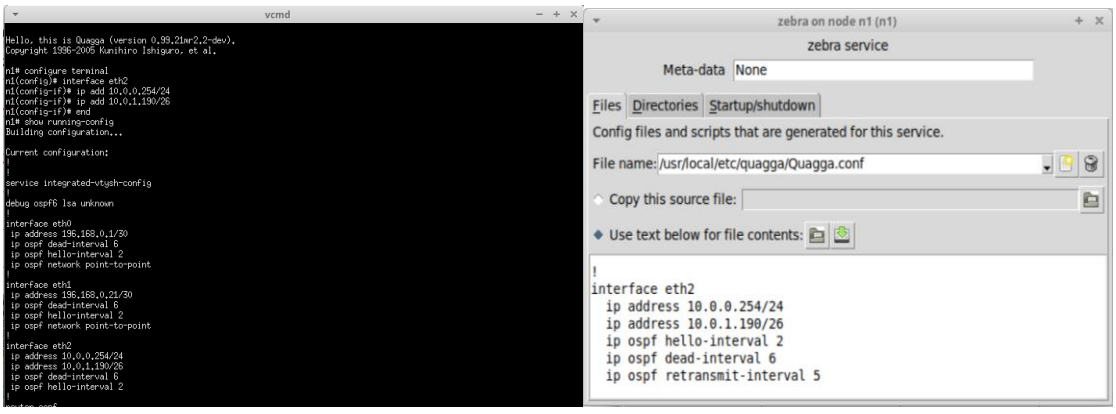


Figura 7 - Interface eth2 configuration router1 (n1)

Neste ponto, estamos em condições de configurar os encaminhamentos estáticos no CORE. Para configurá-los, em modo execução, acedemos ao terminal vtysh do router em questão e corremos os comandos *configure terminal* > *ip route [rede destino] [próximo nó]*, como exemplificado na figura 8 para o router n7. Repetimos o processo para todos os routers, de acordo com o nosso esquema de encaminhamento.

Para guardarmos as configurações do router editamos o script acedido em *Services* > *Zebra,* como também se pode verificar na figura 8.

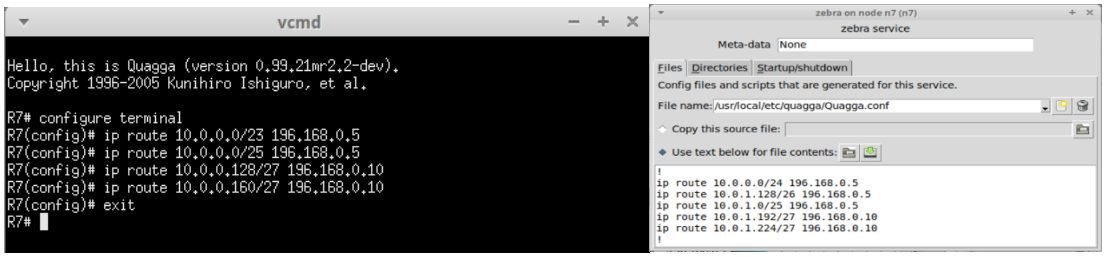


Figura 8 - IP route router7 (n7)

Finalmente, podemos executar os comandos *ping* e *traceroute.* Efetuamos os testes do sistema terminal n14, pertencente à rede 1.2, para o sistema terminal n31, pertencente à rede 4, e como é possível verificar na figura 9, a rota entre os dois sistemas é a rota que estabelecemos anteriormente.

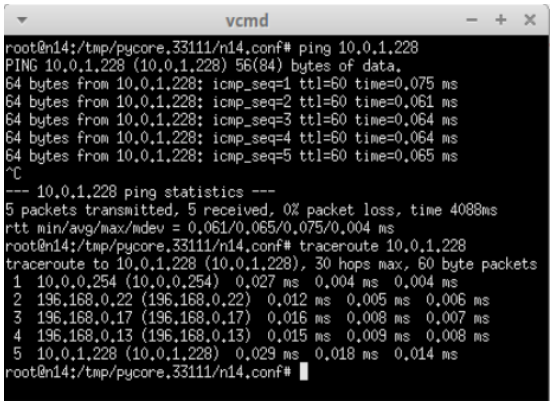


Figura 9 - Ping e traceroute n14-n31

Algo interessante e expectável a reparar é que quando fazemos *traceroute* de um sistema terminal da rede R1.1 para a rede R1.2, o pacote passa pela interface do router associada à rede de origem, e só depois é encaminhado para o destino, como se pode averiguar na figura 10.

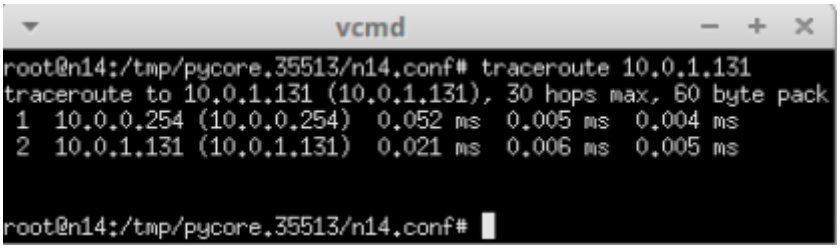


Figura 10 – Traceroute R1.1 para R1.2

4. DHCP

Até agora, todos os endereços IP dos sistemas constituintes da rede foram atribuídos de forma estática e manual. Neste exercício pretende-se que utilizemos o protocolo DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) que permite a atribuição de endereços IP de forma automática, por parte de um servidor. Esta atribuição ocorre dentro de uma gama configurada no servidor. Este protocolo é bastante útil pois faz uma gestão dos endereços IP, i.e., adiciona e liberta endereços consoante as necessidades da rede local, se é adicionado algum sistema ou removido. Também previne que haja erros na inserção dos endereços.

Selecionámos a rede local R3 e alterámos a sua topologia para que os endereços IP fossem atribuídos dinamicamente. Acrescentamos um servidor, que tivemos de configurar. Selecionamos, no servidor, o parâmetro DHCP e nos outros sistemas terminais, o parâmetro DHCPClient. A figura 11 mostra a nova topologia da rede local R3 e a figura 12 mostra a configuração efetuada no servidor.

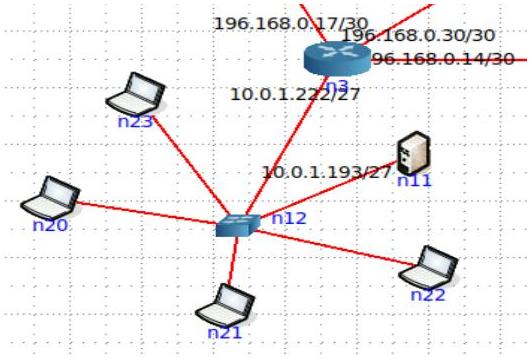


Figura 11 - Rede local R3 com DHCP

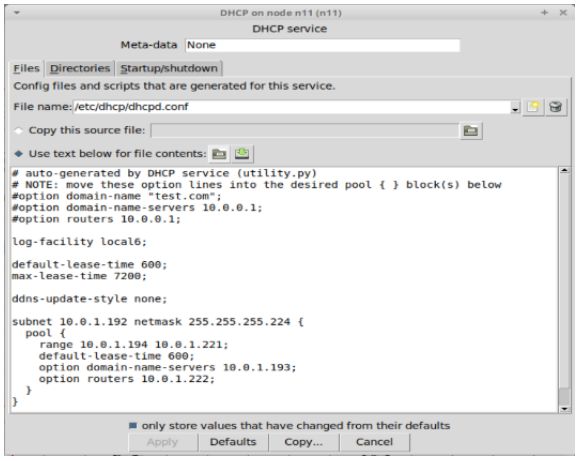


Figura 12 - Configuração servidor

Com o auxílio da ferramenta *Wireshark,* efetuamos capturas de pacotes no servidor como mostra a figura 13. Como podemos ver, o servidor recebe várias mensagens *DHCP Discovery* que são enviadas pelos clientes, em modo Broadcast, para descobrirem onde está o servidor DHCP. Por sua vez, o servidor responde aos clientes com *DHCP Offer*, que possui o endereço IP a oferecer ao cliente. O cliente responde a esta mensagem com *DHCP Request* com o endereço IP escolhido. Esta mensagem é enviada em modo Broadcast, isto porque o cliente só pode escolher um endereço e podem existir mais do que um servidor DHCP que já podem ter reservado um endereço IP para o cliente em questão, assim sabem qual endereço escolhido pelo cliente e anulam as reservas efetuadas. Finalmente, o servidor responde com *DHCP ACK*, para o cliente saber que a partir de agora está livre para usar o endereço IP escolhido.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	fe80::200:ff:feaa…	ff02::2	ICMPv6	70	Router Solicitation from 00:00:00:aa:00:17
2	0.133466139	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0xf09a7f4f
3	0.133667585	00:00:00_aa:00:27	Broadcast	ARP	42	Who has 10.0.1.194? Tell 10.0.1.193
4	0.256384599	fe80::200:ff:feaa…	ff02::2	ICMPv6	70	Router Solicitation from 00:00:00:aa:00:19
5	0.270136943	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0xb9df0d1e
6	0.270293485	00:00:00_aa:00:27	Broadcast	ARP	42	Who has 10.0.1.195? Tell 10.0.1.193
7	0.310232150	fe80::2c9c:7bff:f…	ff02::fb	MDNS	203	Standard query response 0x0000 PTR, cache flush xubuncor…
8	0.397885733	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0xc6bc9525
9	0.397998914	00:00:00_aa:00:27	Broadcast	ARP	42	Who has 10.0.1.196? Tell 10.0.1.193
10	0.438978590	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0x938d9e64
11	0.439092159	00:00:00_aa:00:27	Broadcast	ARP	42	Who has 10.0.1.197? Tell 10.0.1.193
12	0.511940428	fe80::200:ff:feaa…	ff02::2	ICMPv6	70	Router Solicitation from 00:00:00:aa:00:18
13	1.133838612	10.0.1.193	10.0.1.194	DHCP	342	DHCP Offer - Transaction ID 0xf09a7f4f
14	1.133957594	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Request - Transaction ID 0xf09a7f4f
15	1.141030790	10.0.1.193	10.0.1.194	DHCP	342	DHCP ACK - Transaction ID 0xf09a7f4f
16	1.151887318	00:00:00_aa:00:27	Broadcast	ARP	42	Who has 10.0.1.194? Tell 10.0.1.193
17	1.270921744	10.0.1.193	10.0.1.195	DHCP	342	DHCP Offer - Transaction ID 0xb9df0d1e
18	1.271036132	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Request - Transaction ID 0xb9df0d1e
19	1.273394130	10.0.1.193	10.0.1.195	DHCP	342	DHCP ACK - Transaction ID 0xb9df0d1e
20	1.279913124	00:00:00_aa:00:27	Broadcast	ARP	42	Who has 10.0.1.195? Tell 10.0.1.193
21	1.279972862	00:00:00_aa:00:18	00:00:00_aa:00:27	ARP	42	10.0.1.195 is at 00:00:00:aa:00:18
22	1.279975213	10.0.1.193	10.0.1.195	ICMP	62	Echo (ping) request id=0x916f, seq=0/0, ttl=64 (reply i…
23	1.279987231	10.0.1.195	10.0.1.193	ICMP	62	Echo (ping) reply id=0x916f, seq=0/0, ttl=64 (request…
24	1.386097887	10.0.1.222	224.0.0.5	OSPF	78	Hello Packet
25	1.398723062	10.0.1.193	10.0.1.196	DHCP	342	DHCP Offer - Transaction ID 0xc6bc9525
26	1.398856822	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Request - Transaction ID 0xc6bc9525
27	1.402423228	10.0.1.193	10.0.1.196	DHCP	342	DHCP ACK - Transaction ID 0xc6bc9525
28	1.408502462	00:00:00_aa:00:27	Broadcast	ARP	42	Who has 10.0.1.196? Tell 10.0.1.193
29	1.441111977	00:00:00_aa:00:27	Broadcast	ARP	42	Who has 10.0.1.197? Tell 10.0.1.193
30	1.454617356	10.0.1.193	10.0.1.197	DHCP	342	DHCP Offer - Transaction ID 0x938d9e64
31	1.454746409	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Request - Transaction ID 0x938d9e64
32	1.460799413	10.0.1.193	10.0.1.197	DHCP	342	DHCP ACK - Transaction ID 0x938d9e64
33	1.505242247	fe80::2c9c:7bff:f…	ff02::fb	MDNS	107	Standard query 0x0000 PTR _ipps._tcp.local, "QM" questio…
34	2.176010773	00:00:00_aa:00:27	Broadcast	ARP	42	Who has 10.0.1.194? Tell 10.0.1.193
35	2.176082406	00:00:00_aa:00:17	00:00:00_aa:00:27	ARP	42	10.0.1.194 is at 00:00:00:aa:00:17
36	2.176087526	10.0.1.193	10.0.1.194	ICMP	62	Echo (ping) request id=0xa16e, seq=0/0, ttl=64 (reply i…
37	2.176106380	10.0.1.194	10.0.1.193	ICMP	62	Echo (ping) reply id=0xa16e, seq=0/0, ttl=64 (request…
38	2.346630949	fe80::2c9c:7bff:f…	ff02::fb	MDNS	203	Standard query response 0x0000 PTR, cache flush xubuncor…

Figura 13 - Captura de pacotes no servidor - DHCP

5. Uso das camadas de rede e transporte por parte das aplicações

Nesta fase, é pretendido que se ative, pelo menos um servidor HTTP ou um servidor FTP numa das redes locais da rede implementada. Nós optamos por ativar um servidor HTTP na rede R4 e um servidor FTP na rede R2, conforme se pode ver na figura 14.

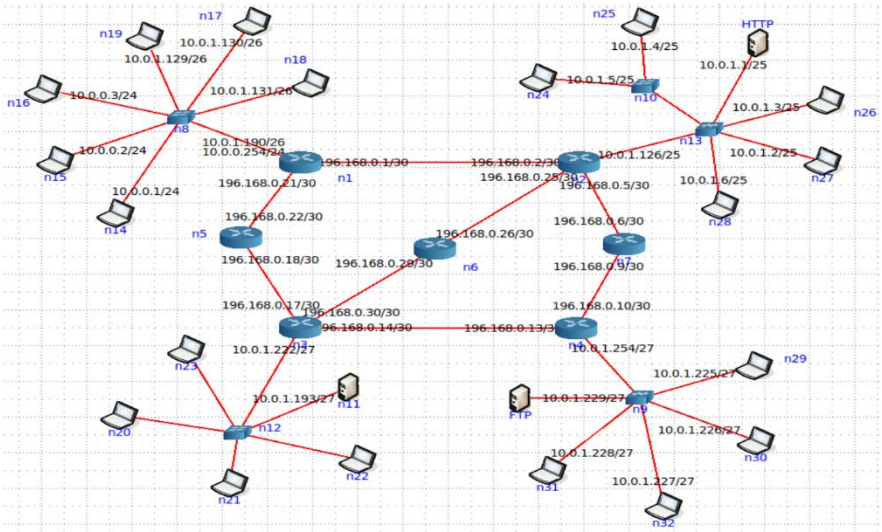


Figura 14 - Topologia de rede com servidores HTTP e FTP

Um servidor FTP é um servidor que faculta, após a autentificação de um utilizador, um serviço de acesso a um disco rígido ou servidor de ficheiros e utiliza o *File Transfer Protocol* (FTP).

Um servidor HTTP é um servidor que utiliza o protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) e que responde a pedidos de um cliente para páginas *web*.

Quer o protocolo FTP quer o protocolo HTTP são protocolos usados para a transferência de informação entre cliente e servidor e que ocorrem ao nível da camada de aplicação. O que os distingue é que o HTTP fornece uma página da web do servidor ao cliente, enquanto o FTP é utilizado para o download de ficheiros entre cliente e servidor. Ambos os protocolos quando conjugados com o protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*), que permite a transmissão de dados entre redes, conseguem enviar dados de forma confiável entre servidores e clientes de diferentes redes, e que ocorre ao nível da camada de transporte. Portanto, é expectável que nas capturas de tráfego que façamos, vejamos os protocolos da camada de aplicação, juntamente com os protocolos das camadas de transporte e de rede.

Para configurarmos o servidor FTP e HTTP verificamos se o software está instalado na máquina onde está a executar o CORE, com os comandos *sudo apt-get install vsftpd*, para o FTP, e *sudo apt-get install apache2*, para o HTTP, e acrescentamos *StartUp commands* em cada servidor, como mostra a figura 15.

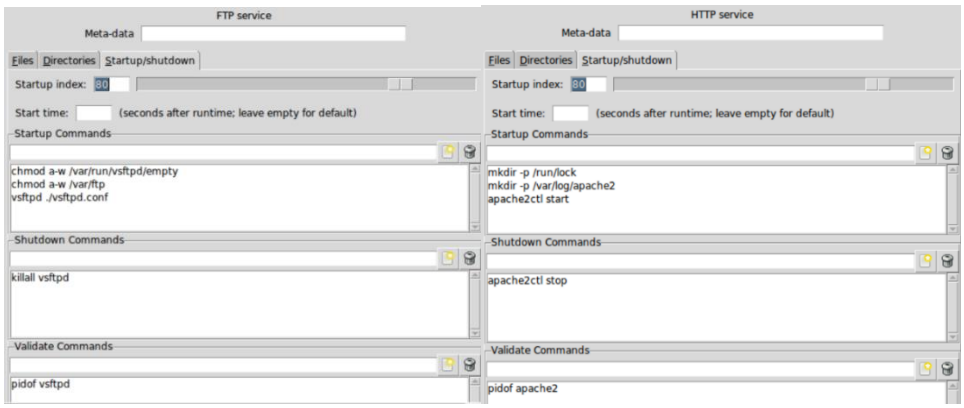


Figura 15 - StartUp commands FTP e HTTP

Para conectarmos o sistema terminal n14 ao servidor FTP da rede R4, executamos o comando *ftp [endreço ip do servidor]*, na bash do sistema terminal n14, que pertence a uma rede local distinta. Após a execução deste comando é solicitado que se efetue o login. Depois do login ser bem-sucedido, executamos o comando *ls* para listar as diretorias do servidor. Isto pode ser comprovado na figura 16.

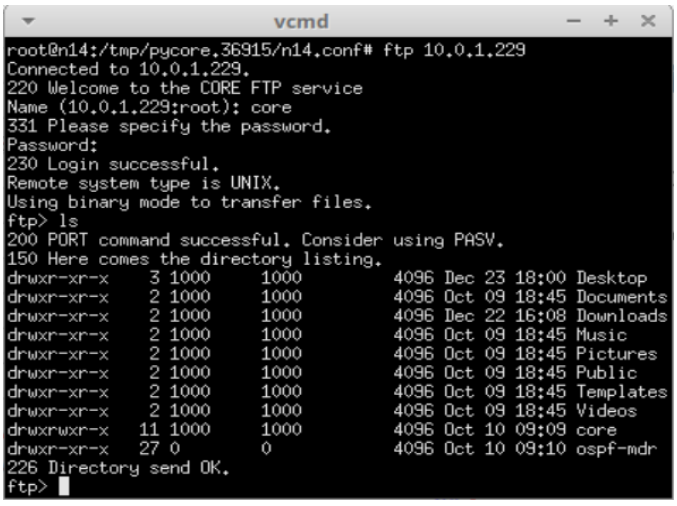
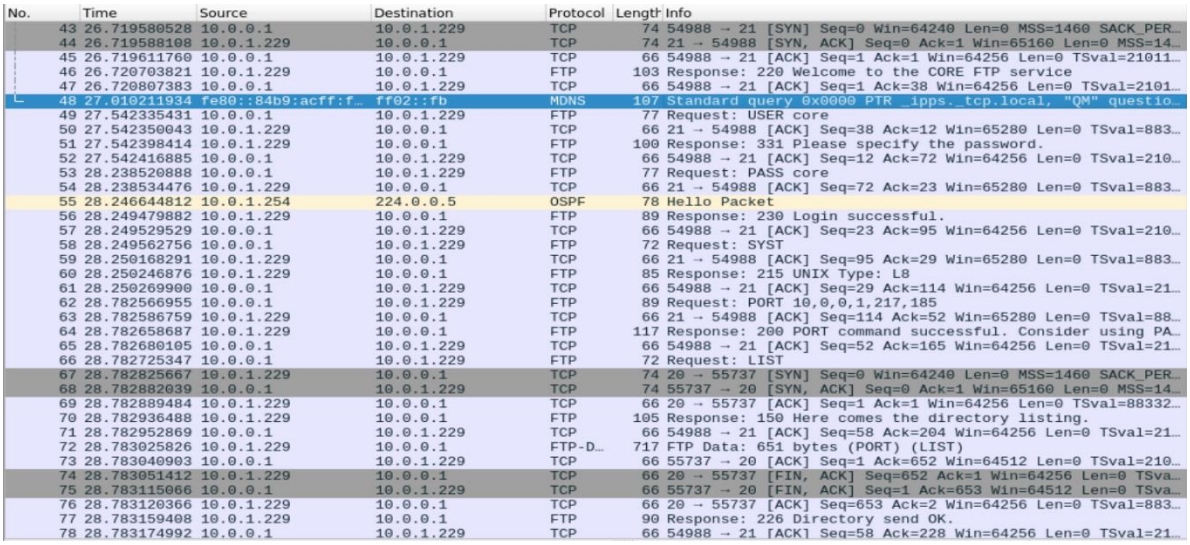


Figura 16 - Ligação ao servidor FTP através do um cliente da rede 1

Na figura 17, é possível observar os pacotes comutados entre o servidor e o sistema terminal n14 quando corremos os comandos supramencionados. Como podemos analisar, um dos protocolos envolvidos na comutação destes pacotes é o protocolo TCP, já abordado anteriormente, que transporta os dados entre o cliente e o

servidor. O outro protocolo envolvido é o FTP, como seria de esperar, que transfere os dados entre os dois sistemas. Podemos ver que este protocolo envia mensagens *request* ao cliente, para a introdução dos dados de login; quando o login é efetuado, a mensagem enviada é uma *response* e quando o cliente executa o comando *ls* a pedir a listagem das diretorias, envia uma *response* a dizer que a listagem "vai a caminho". Por sua vez, o TPC transporta a informação para o cliente.



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
43	26.719580528	10.0.0.1	10.0.1.229	TCP	74	54988 → 21 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=1460 SACK_PER…
44	26.719588108	10.0.1.229	10.0.0.1	TCP	74	21 → 54988 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=65160 Len=0 MSS=14…
45	26.719611760	10.0.0.1	10.0.1.229	TCP	66	54988 → 21 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=64256 Len=0 TSval=21011…
46	26.720703821	10.0.1.229	10.0.0.1	FTP	103	Response: 220 Welcome to the CORE FTP service
47	26.720807383	10.0.0.1	10.0.1.229	TCP	66	54988 → 21 [ACK] Seq=1 Ack=38 Win=64256 Len=0 TSval=2101…
48	27.010211934	fe80::84b9:acff:f…	ff02::fb	MDNS	107	Standard query 0x0000 PTR _ipps._tcp.local, "QM" questio…
49	27.542335431	10.0.0.1	10.0.1.229	FTP	77	Request: USER core
50	27.542350043	10.0.1.229	10.0.0.1	TCP	66	21 → 54988 [ACK] Seq=38 Ack=12 Win=65280 Len=0 TSval=883…
51	27.542398414	10.0.1.229	10.0.0.1	FTP	100	Response: 331 Please specify the password.
52	27.542416885	10.0.0.1	10.0.1.229	TCP	66	54988 → 21 [ACK] Seq=12 Ack=72 Win=64256 Len=0 TSval=210…
53	28.238520888	10.0.0.1	10.0.1.229	FTP	77	Request: PASS core
54	28.238534476	10.0.1.229	10.0.0.1	TCP	66	21 → 54988 [ACK] Seq=72 Ack=23 Win=65280 Len=0 TSval=883…
55	28.246644812	10.0.1.254	224.0.0.5	OSPF	78	Hello Packet
56	28.249479882	10.0.1.229	10.0.0.1	FTP	89	Response: 230 Login successful.
57	28.249529529	10.0.0.1	10.0.1.229	TCP	66	54988 → 21 [ACK] Seq=23 Ack=95 Win=64256 Len=0 TSval=210…
58	28.249562756	10.0.0.1	10.0.1.229	FTP	72	Request: SYST
59	28.250168291	10.0.1.229	10.0.0.1	TCP	66	21 → 54988 [ACK] Seq=95 Ack=29 Win=65280 Len=0 TSval=883…
60	28.250246876	10.0.1.229	10.0.0.1	FTP	85	Response: 215 UNIX Type: L8
61	28.250269900	10.0.0.1	10.0.1.229	TCP	66	54988 → 21 [ACK] Seq=29 Ack=114 Win=64256 Len=0 TSval=21…
62	28.782566955	10.0.0.1	10.0.1.229	FTP	89	Request: PORT 10,0,0,1,217,185
63	28.782586759	10.0.1.229	10.0.0.1	TCP	66	21 → 54988 [ACK] Seq=114 Ack=52 Win=65280 Len=0 TSval=88…
64	28.782658687	10.0.1.229	10.0.0.1	FTP	117	Response: 200 PORT command successful. Consider using PA…
65	28.782680105	10.0.0.1	10.0.1.229	TCP	66	54988 → 21 [ACK] Seq=52 Ack=165 Win=64256 Len=0 TSval=21…
66	28.782725347	10.0.0.1	10.0.1.229	FTP	72	Request: LIST
67	28.782825667	10.0.1.229	10.0.0.1	TCP	74	20 → 55737 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=1460 SACK_PER…
68	28.782882039	10.0.0.1	10.0.1.229	TCP	74	55737 → 20 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=65160 Len=0 MSS=14…
69	28.782889484	10.0.1.229	10.0.0.1	TCP	66	20 → 55737 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=64256 Len=0 TSval=88332…
70	28.782936488	10.0.1.229	10.0.0.1	FTP	105	Response: 150 Here comes the directory listing.
71	28.782952869	10.0.0.1	10.0.1.229	TCP	66	54988 → 21 [ACK] Seq=58 Ack=204 Win=64256 Len=0 TSval=21…
72	28.783025826	10.0.1.229	10.0.0.1	FTP-D…	717	FTP Data: 651 bytes (PORT) (LIST)
73	28.783040903	10.0.0.1	10.0.1.229	TCP	66	55737 → 20 [ACK] Seq=1 Ack=652 Win=64512 Len=0 TSval=210…
74	28.783051412	10.0.1.229	10.0.0.1	TCP	66	20 → 55737 [FIN, ACK] Seq=652 Ack=1 Win=64256 Len=0 TSva…
75	28.783115066	10.0.0.1	10.0.1.229	TCP	66	55737 → 20 [FIN, ACK] Seq=1 Ack=653 Win=64512 Len=0 TSva…
76	28.783120366	10.0.1.229	10.0.0.1	TCP	66	20 → 55737 [ACK] Seq=653 Ack=2 Win=64256 Len=0 TSval=883…
77	28.783159408	10.0.1.229	10.0.0.1	FTP	90	Response: 226 Directory send OK.
78	28.783174992	10.0.0.1	10.0.1.229	TCP	66	54988 → 21 [ACK] Seq=58 Ack=228 Win=64256 Len=0 TSval=21…

Figura 17 - WireShark FTP Server

Para conectarmos o sistema terminal n23 ao servidor HTTP da rede R2, executamos o comando *wget -S [endreço ip do servidor],* na bash do sistema terminal n23, pertencente à rede R3. O comando *wget* favorece o download de dados da web, conjugado com a opção *-S*, imprime os cabeçalhos enviados pelo servidor HTTP.

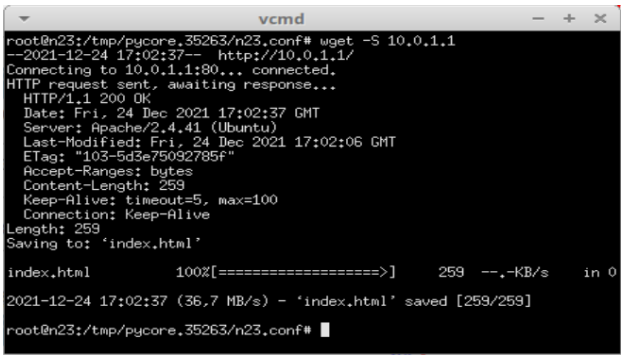
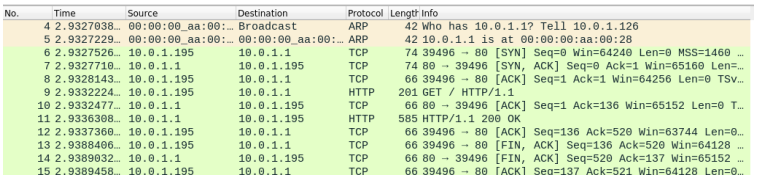


Figura 18 - Ligação ao servidor HTTP através do um cliente da rede 3

Na figura 19, estão presentes os pacotes recebidos e enviados pelo servidor HTTP após a execução do comando acima mencionado. Mais uma vez, vemos que o TPC é um protocolo envolvido na comutação dos pacotes, além do protocolo HTTP. Também pode-se reparar que o protocolo ARP está envolvido, pois como a informação enviada

pelo servidor tem de passar pelo router da rede a que pertence, o router tenta descobrir qual o endereço MAC do servidor, para tal usa o protocolo ARP, que como já vimos anteriormente, mapeia endereços IP em endereços MAC. Se fizemos mais capturas de tráfego, iriamos reparar que outros protocolos da pilha protocolar TCP/IP estavam envolvidos.



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
4	2.9327038…	00:00:00_aa:00:…	Broadcast	ARP	42	Who has 10.0.1.1? Tell 10.0.1.126
5	2.9327229…	00:00:00_aa:00:…	00:00:00_aa:00:…	ARP	42	10.0.1.1 is at 00:00:00:aa:00:28
6	2.9327526…	10.0.1.195	10.0.1.1	TCP	74	39496 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=1460 …
7	2.9327710…	10.0.1.1	10.0.1.195	TCP	74	80 → 39496 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=65160 Len=…
8	2.9328143…	10.0.1.195	10.0.1.1	TCP	66	39496 → 80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=64256 Len=0 TSv…
9	2.9332224…	10.0.1.195	10.0.1.1	HTTP	201	GET / HTTP/1.1
10	2.9332477…	10.0.1.1	10.0.1.195	TCP	66	80 → 39496 [ACK] Seq=1 Ack=136 Win=65152 Len=0 T…
11	2.9336308…	10.0.1.1	10.0.1.195	HTTP	585	HTTP/1.1 200 OK
12	2.9337360…	10.0.1.195	10.0.1.1	TCP	66	39496 → 80 [ACK] Seq=136 Ack=520 Win=63744 Len=0…
13	2.9388406…	10.0.1.195	10.0.1.1	TCP	66	39496 → 80 [FIN, ACK] Seq=136 Ack=520 Win=64128 …
14	2.9389032…	10.0.1.1	10.0.1.195	TCP	66	80 → 39496 [FIN, ACK] Seq=520 Ack=137 Win=65152 …
15	2.9389458…	10.0.1.195	10.0.1.1	TCP	66	39496 → 80 [ACK] Seq=137 Ack=521 Win=64128 Len=0…

Figura 19 - Wireshark HTTP server

6. Conclusão

A concretização deste projeto foi bastante útil para aprofundarmos e aplicarmos os conhecimentos adquiridos nas aulas ao longo do semestre.

Numa primeira fase, tivemos dificuldades em entender como trabalhar no software CORE e quais as suas funcionalidades, mas com a ajuda da docente foi possível atingirmos todos os objetivos propostos na realização deste trabalho.

Conseguimos aplicar conceitos tais como endereçar os sistemas terminais de uma rede, poder avaliar o comportamento de tecnologias como HUBs e SWITCHs, também podemos ver o comportamento dos protocolos da pilha protocolar TCP/IP, lecionados nas aulas teóricas.

Deste modo, é colossal o conhecimento que levamos connosco após a realização deste projeto.