

TP1: Nível de Ligação Lógica – Ethernet e Protocolo ARP; Redes sem Fios (IEEE 802.11)

Eduardo Cunha A98980, Gonçalo Magalhães A100084, Fáblio Ribeiro A100058

Universidade do Minho, Escola de Ciências, Ciências da Computação

PL1, Grupo 1

1. Questões e Respostas – Parte 1

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

219 12.537083	193.137.9.174	172.26.119.109	HTTP	318 HTTP/1.1 200 OK (application/x-javascript)
221 12.537083	193.137.9.174	172.26.119.109	HTTP	804 HTTP/1.1 200 OK (text/css)
225 12.537509	193.137.9.174	172.26.119.109	HTTP	87 HTTP/1.1 200 OK (application/x-javascript)

Frame 81: 944 bytes on wire (7552 bits), 944 bytes captured (7552 bits) on interface Device\NPF-{43511... Ethernet II, Src: Chongqin_47:1e:69 (c8:94:02:47:1e:69), Dst: ComdaEnt_ff:94:00 (00:d0:03:ff:94:00)	0040 2f 31 2e 31 0d
Destination: ComdaEnt_ff:94:00 (00:d0:03:ff:94:00)	0050 73 63 6f 6d 2e
Address: ComdaEnt_ff:94:00 (00:d0:03:ff:94:00)	0060 43 6f 6e 6e 65
.....0..... = LG bit: Globally unique address (factory default)	0070 2d 61 6c 69 76
.....0..... = IG bit: Individual address (unicast)	0080 49 6e 73 65 63
Source: Chongqin_47:1e:69 (c8:94:02:47:1e:69)	0090 73 3a 20 31 0d
Address: Chongqin_47:1e:69 (c8:94:02:47:1e:69)	00a0 3a 20 4d 6f 7a
.....0..... = LG bit: Globally unique address (factory default)	00b0 69 6e 64 6f 77
.....0..... = IG bit: Individual address (unicast)	00c0 57 69 6e 36 34
	00d0 65 57 65 62 4b

Figura 1

Endereço de Origem: c8:94:02:47:1e:69

Endereço de Destino: 00:d0:03:ff:94:00

1.2 Identifique a que sistemas se referem. Justifique.

The screenshot displays two windows. The top window is Wireshark, showing a packet capture of HTTP traffic. The bottom window is Windows PowerShell, displaying the output of the 'ipconfig /all' command. The Wireshark window shows a list of captured packets, with the selected packet (Frame 81) showing details of an Ethernet II frame. The Windows PowerShell window shows the configuration of the 'Wireless LAN adapter Ligao de rea Local 2:' and 'Wireless LAN adapter Wi-Fi:'.

Wireshark Packet List:

No.	Time	Source	Destination
63	9.330262	172.26.119.109	194.210.238.82
66	9.337509	194.210.238.82	172.26.119.109
81	9.439716	172.26.119.109	193.137.9.174
133	9.636823	193.137.9.174	172.26.119.109
138	9.903296	172.26.119.109	193.137.9.174
140	9.915758	193.137.9.174	172.26.119.109
143	10.947627	172.26.119.109	193.137.9.174
144	10.955683	193.137.9.174	172.26.119.109
149	12.419886	172.26.119.109	193.137.9.174
188	12.495967	193.137.9.174	172.26.119.109
191	12.524331	172.26.119.109	193.137.9.174
192	12.530191	172.26.119.109	193.137.9.174
217	12.534524	172.26.119.109	193.137.9.174
219	12.537083	193.137.9.174	172.26.119.109
221	12.537083	193.137.9.174	172.26.119.109
225	12.537509	193.137.9.174	172.26.119.109

Windows PowerShell Output:

```
Autoconfiguration Enabled . . . . . : Yes
Wireless LAN adapter Ligao de rea Local 2:

Media State . . . . . : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix . . : 
Description . . . . . : Microsoft Wi-Fi Direct Virtual Adapter #2
Physical Address. . . . . : EA-94-02-47-1E-69
DHCP Enabled. . . . . : No
Autoconfiguration Enabled . . . . . : Yes

Wireless LAN adapter Wi-Fi:

Connection-specific DNS Suffix . . : eduoam.uninho.pt
Description . . . . . : Realtek RTL8052AE WiFi 6 802.11ax PCIe Adapter
Physical Address. . . . . : C8-94-02-47-1E-69
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . . : Yes
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::b86d:7973:aa8d:3288%9(Preferred)
IPv4 Address. . . . . : 172.26.119.109(Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.0.0
Lease Obtained. . . . . : 21 de outubro de 2022 15:08:25
Lease Expires . . . . . : 29 de outubro de 2022 15:09:15
Default Gateway . . . . . : 172.26.254.254
DHCP Server . . . . . : 1.1.1.10
DHCPv6 IAID . . . . . : 97031170
DHCPv6 Client DUID. . . . . : 00-01-00-01-28-DC-2E-A3-50-81-40-9B-A3-8C
DNS Servers . . . . . : 193.137.16.65
                        193.137.16.145
                        193.137.16.75
```

Figura 2

O endereço de origem refere-se à nossa máquina e o endereço de destino refere-se à interface do router pertencente à nossa rede. A nossa máquina não está na mesma rede onde o servidor está alocado e para isso precisa de percorrer um router (ou mais) para chegar à rede do servidor.

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

```

✓ Source: Chongqin_47:1e:69 (c8:94:02:47:1e:69)
  Address: Chongqin_47:1e:69 (c8:94:02:47:1e:69)
  .... 00 ..... = LG bit: Globally unique address (factory default)
  .... 00 ..... = IG bit: Individual address (unicast)
  Type: IPv4 (0x0800)
Internet Protocol Version 4, Src: 172.26.119.109, Dst: 193.137.9.174

```

Figura 3

Este campo é usado para indicar o protocolo que é encapsulado no payload do frame, sendo que neste caso é o IPv4

1.4 Quantos bytes são usados desde o início da trama até ao caractere ASCII “G” do método HTTP GET? Calcule e indique, em percentagem, a sobrecarga (overhead) introduzida pela pilha protocolar no envio do HTTP GET (considere o FCS).

Figura 4

54 bytes até o caracter G

São 163 + 8 Linhas 16 colunas = 896 bytes totais

$(54 / 896) * 100 = 6,03\%$

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

```

✓ Ethernet II, Src: Cisco_ab:ac:cf (90:77:ee:ab:ac:cf), Dst: Chongqin_47:1e:69 (c8:94:02:47:1e:69)
  Destination: Chongqin_47:1e:69 (c8:94:02:47:1e:69)
  Address: Chongqin_47:1e:69 (c8:94:02:47:1e:69)
  .... 00 ..... = LG bit: Globally unique address (factory default)
  .... 00 ..... = IG bit: Individual address (unicast)
  Source: Cisco_ab:ac:cf (90:77:ee:ab:ac:cf)
  Address: Cisco_ab:ac:cf (90:77:ee:ab:ac:cf)
  .... 00 ..... = LG bit: Globally unique address (factory default)
  .... 00 ..... = IG bit: Individual address (unicast)
  Type: IPv4 (0x0800)
Internet Protocol Version 4, Src: 193.137.9.174, Dst: 172.26.119.109

```

Figura 5

O endereço da fonte é 90:77:ee:ab:ac:cf correspondente ao router da rede local. Como recebemos a resposta do endereço da interface IP 193.137.9.174, a nível da ligação de dados o router é acompanhado de uma tabela que permite realizar o mapeamento dos endereços de nível de rede com os endereços de nível de ligação lógica. Por fim como a nível de ligação lógica apenas se

conhece os hosts de rede local, a trama é entregue no destino c8:94:02:47:1e:69 correspondente ao endereço IP 172:26:119:109.

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

O endereço de destino é c8:94:02:47:1e:69, e corresponde à interface de comunicação da nossa máquina.

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

Os protocolos contidos na trama recebida são o HTTP a nível aplicacional, o IPv4 a nível de rede e o TCP a nível de transporte.

1.8 Abra uma consola no *host* onde efetuou o *ping*. Observe o conteúdo da tabela ARP com o comando *arp*.

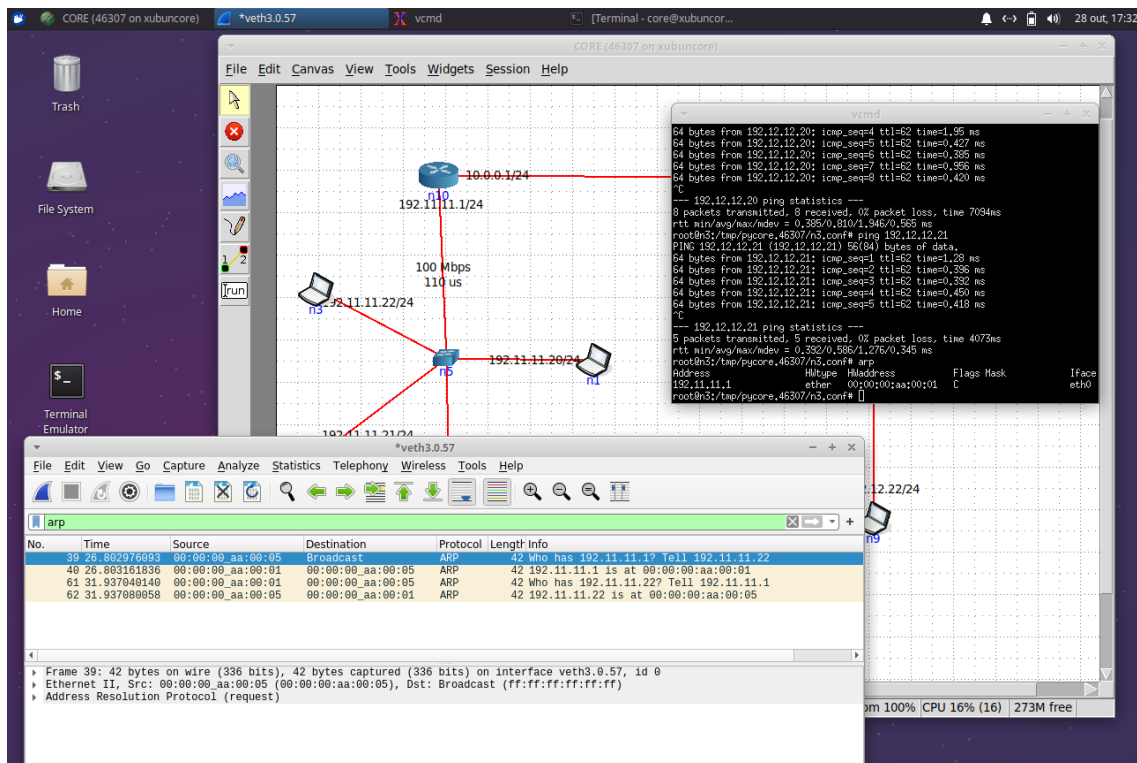


Figura 6

a. Com a ajuda do manual *arp* (*man arp*), interprete o significado de cada uma das colunas da tabela.

As tabelas ARP fazem o mapeamento entre endereços de rede e endereços a nível de ligação de dados como se pode verificar na figura, a primeira coluna da tabela corresponde ao endereço nível 3 e a segunda ao endereço nível 2.

b. Indique, justificando, qual o equipamento da intranet em causa que poderá apresentar a maior tabela ARP em termos de número de entradas.

O equipamento que poderá apresentar o maior número de entradas seria o router n9, porque teria de saber o endereço MAC de todos os 4 hosts da sua rede e o endereço MAC do router a qual está ligado.

1.9 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?

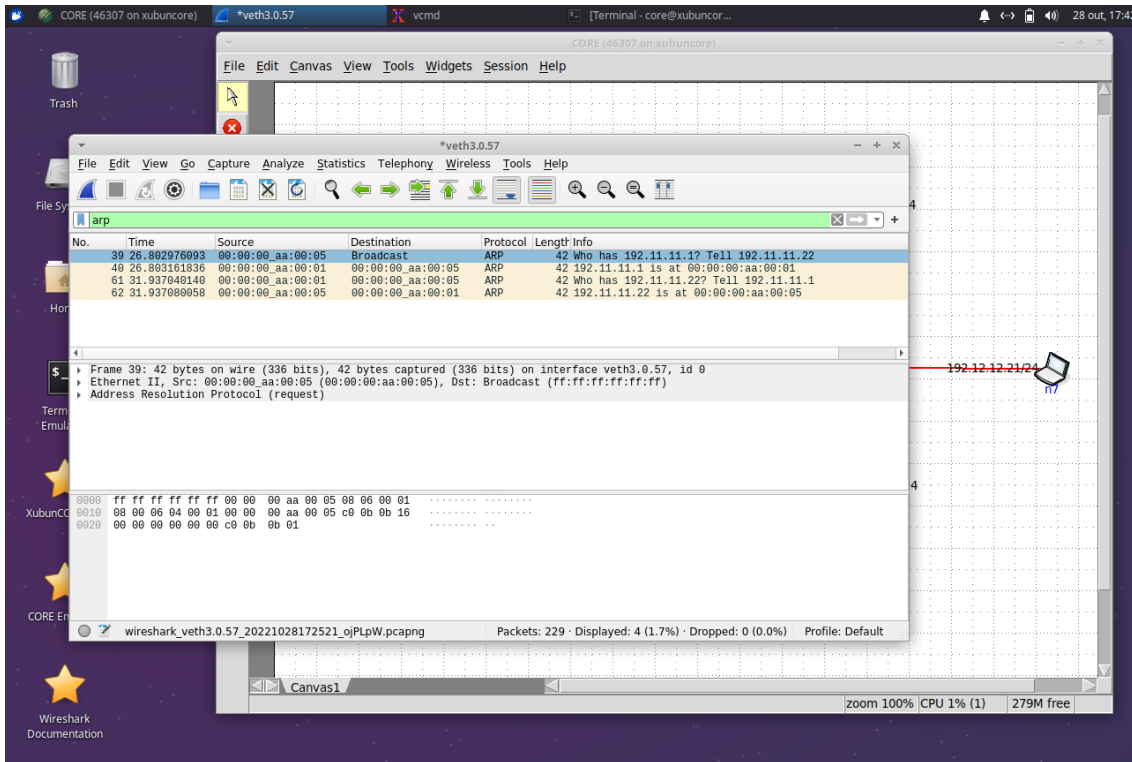


Figura 7

O endereço de origem da trama Ethernet é 00:00:00:aa:00:05 e o endereço de destino é ff:ff:ff:ff:ff:ff

O endereço de destino identifica o nosso computador, podemos concluir isso porque estamos numa situação em que o router tenta ter uma conexão a nível de ligação de dados com ele mesmo, uma vez que já tem o seu endereço de IP.

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

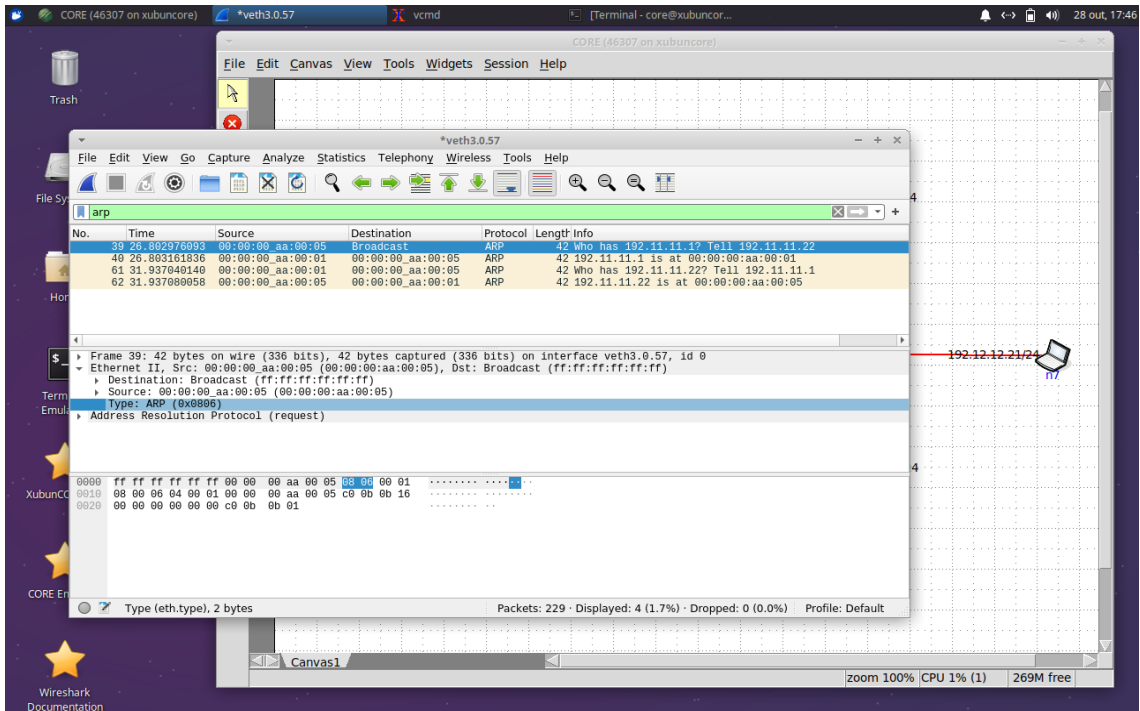


Figura 8

O valor do campo tipo é 0X0806, este campo indica o protocolo que vai ser encapsulado dentro da trama Ethernet que neste caso é o ARP.

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

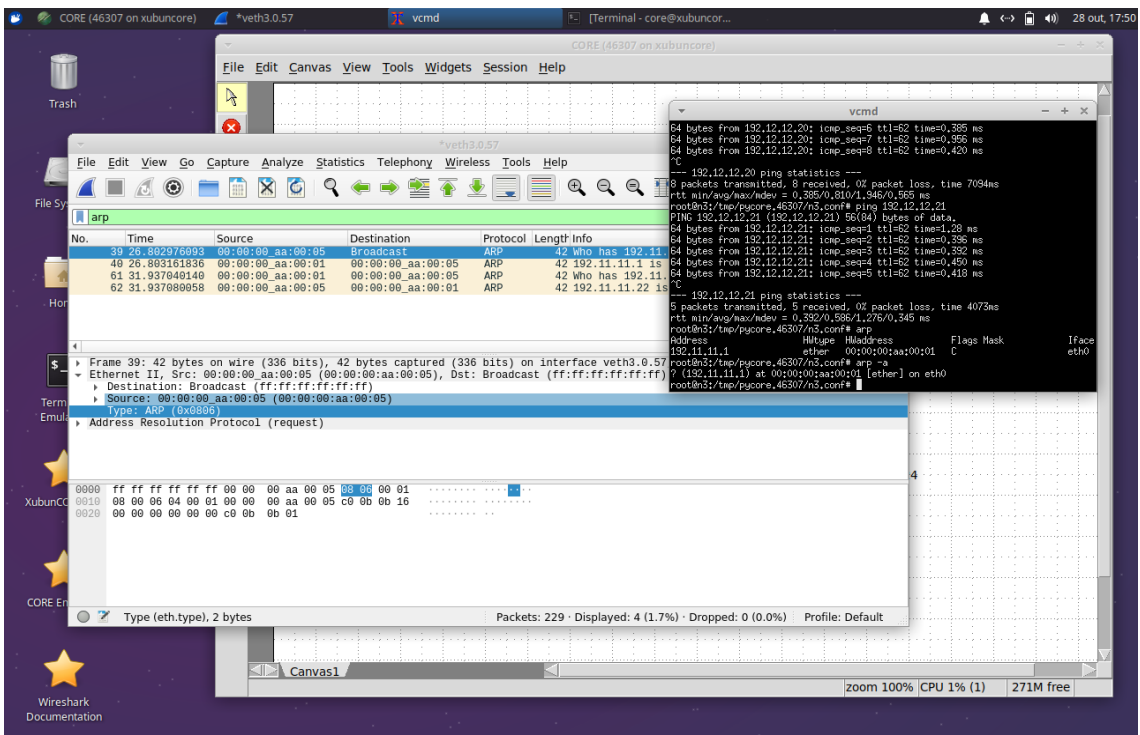


Figura 9

Podemos confirmar que é um pedido ARP pois a tabela de ARP é alterada. Os endereços envolvidos são o endereço do pc (origem) e do router que liga a rede onde se encontra o pc.~

1.12 Explícite que tipo de pedido ou pergunta é feita pelo *host* de origem?

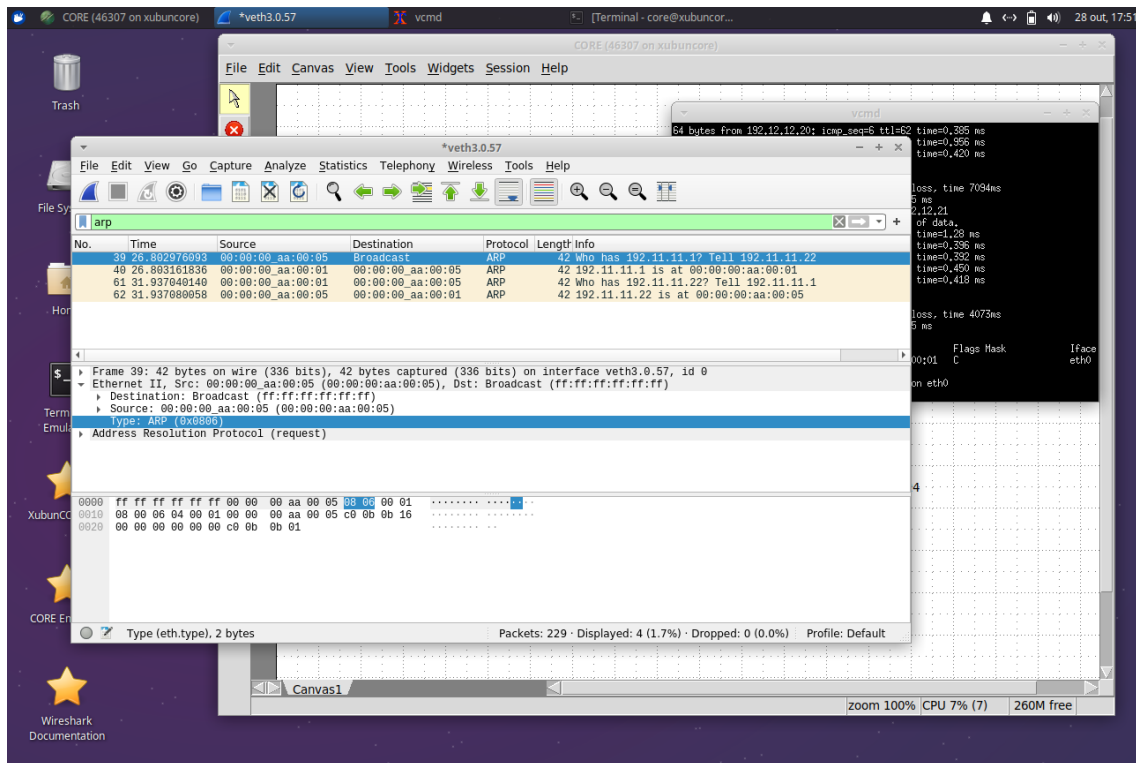


Figura 10

Como se pode ver o host de origem pergunta quem tem o endereço 192.11.11.1 e diz para "quem o tiver" o comunicar ao endereço 192.11.11.22.

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

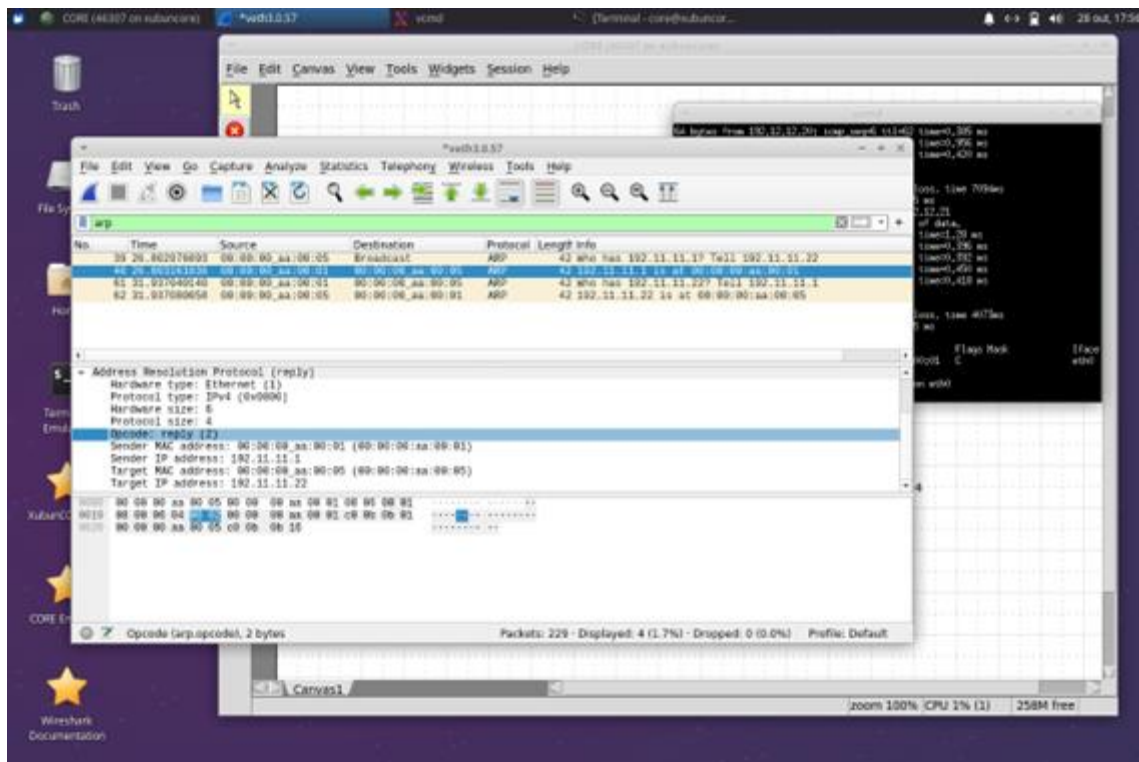


Figura 11

- Qual o valor do campo ARP opcode? O que especifica?**
Como podemos ver o valor do campo ARP opcode é reply (2). Dado que o destino é igual ao endereço do nosso computador, este envia um ARP reply.
- Em que posição da mensagem ARP está a resposta ao pedido ARP?**
A resposta ao pedido ARP encontra-se no campo Sender MAC Address uma vez que este tem o endereço que o Router procura e portanto, responde ao Request.
- A resposta ARP é enviada em broadcast? Justifique o modo de envio usado na resposta ARP.**
Broadcast é um método de transferência para todos os recetores simultaneamente. A resposta ARP é enviada apenas para a máquina que a solicitou. Logo a resposta ARP não é enviada em Broadcast.

1.14 Verifique se o ping feito ao segundo host originou pacotes ARP e justifique a situação observada.

Não, o primeiro ping originou pacotes ARP e este ficou guardado na tabela ARP, deste modo no segundo ping, já não originou novos pacotes ARP porque este já estava guardado na tabela ARP.

1.15 Apresente um esquema apenas com as máquinas envolvidas no envio do pedido *ping* desde a origem até ao destino, bem como os endereços IP e MAC das respectivas interfaces de rede, podendo para tal recorrer ao comando *ifconfig*. Represente nesse esquema as tramas com os pedidos e respostas ARP geradas ao longo da rota pelo envio do pedido *ping*. Indique para cada trama os endereços MAC origem e destino presentes no cabeçalho Ethernet, bem como os endereços Sender MAC, Sender IP, Target MAC e Target IP presentes no pacote ARP. Assinale com uma seta o sentido de cada pacote e com um número a ordem de sequência dos pacotes. Considere todas as tabelas ARP vazias no momento em que se fez o *ping*. Ignore a situação da resposta ao pedido *ping*.

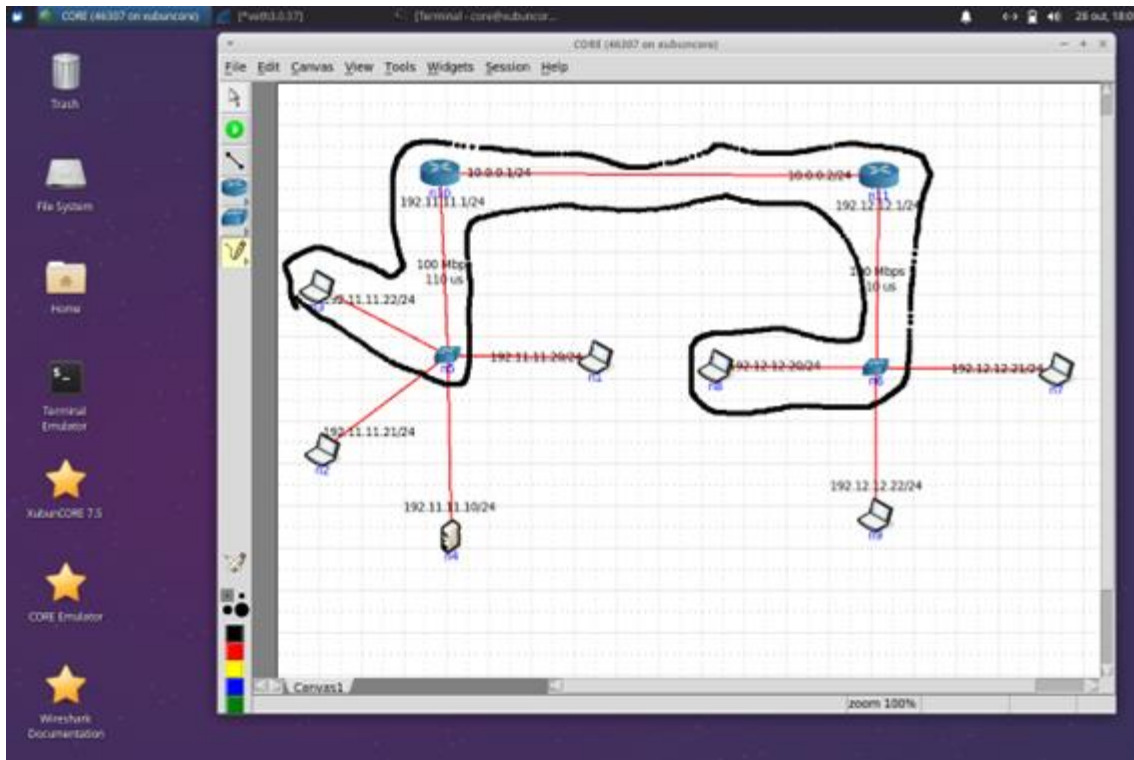


Figura 12

1.16 Através da opção `tcpdump`, verifique e compare como flui o tráfego nas diversas interfaces dos vários dispositivos no departamento A (LAN comutada) e no departamento B (LAN partilhada) quando gera tráfego intra-departamento (por exemplo, através do comando *ping*). Que conclui?

Comente os resultados obtidos quanto à utilização de hubs e switches no contexto de controlar ou dividir domínios de colisão. Documente as suas observações e conclusões com base no tráfego observado/capturado.

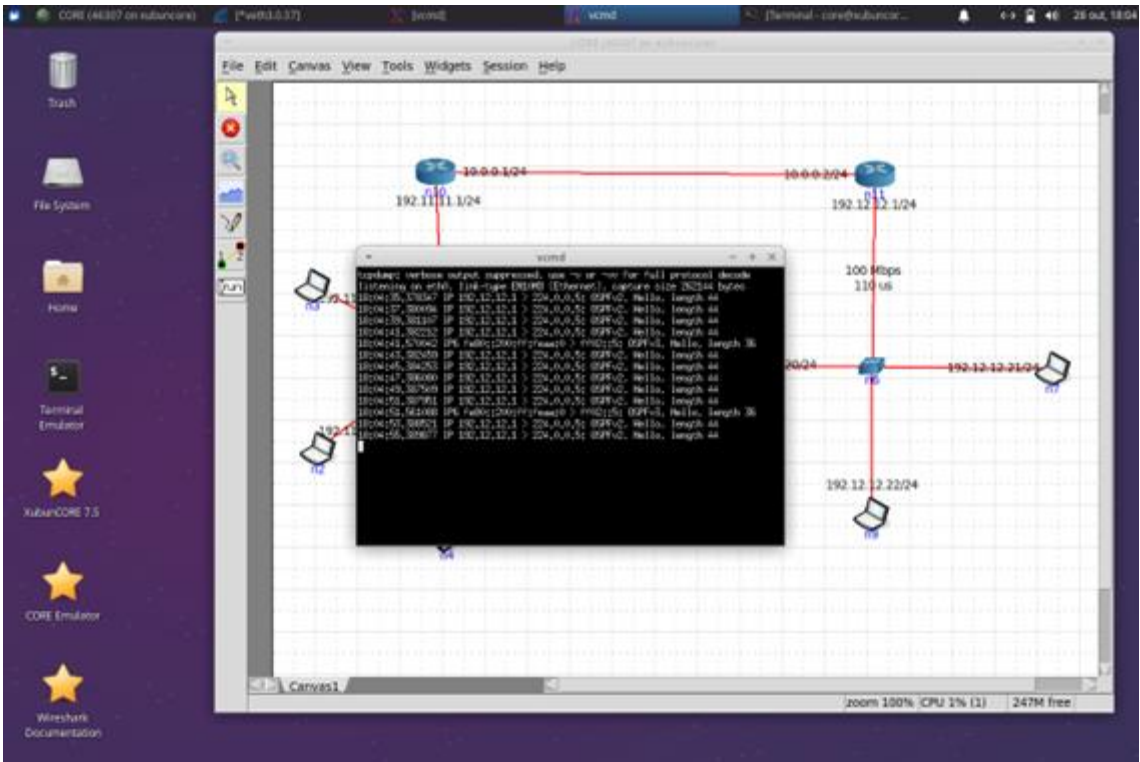


Figura 13

Como pode ser verificado na figura, usando um Hub e executando o campo ping a partir do pc n1, o Hub replica o fluxo para todos os servidores, tal é possível ver na figura uma vez que utilizamos o tcpdump em cada servidor para verificar o fluxo de tráfego. Concluímos assim que um Hub é mais suscetível a ocorrência de colisões.

2. Questões e Respostas – Parte 2

2.1 Identifique em que frequência do espectro está a operar a rede sem fios, e o canal que corresponde essa frequência.

```
> Frame 1: 296 bytes on wire (2368 bits), 296 bytes captured (2368 bits)
> Radiotap Header v0, Length 25
✓ 802.11 radio information
  PHY type: 802.11b (HR/DSSS) (4)
  Short preamble: False
  Data rate: 1.0 Mb/s
  Channel: 12
  Frequency: 2467MHz
  Signal strength (dBm): -59 dBm
  Noise level (dBm): -88 dBm
  Signal/noise ratio (dB): 29 dB
  TSF timestamp: 19800120
  > [Duration: 2360µs]
> IEEE 802.11 Beacon frame, Flags: .....C
> IEEE 802.11 Wireless Management
```

Figura 14

Como podemos observar o canal é o canal 12 e a frequência é 2467 MHz

2.2 Identifique a versão da norma IEEE 802.11 que está a ser usada

```
✓ 802.11 radio information
  PHY type: 802.11b (HR/DSSS) (4)
  Short preamble: False
```

Figura 15

A versão da norma usada é 802.11b

2.3 Qual o débito a que foi enviada a trama escolhida? Será que esse débito corresponde ao débito máximo a que a interface Wi-Fi pode operar? Justifique.

```
PHY type: 802.11b (HR/DSSS) (4)
Short preamble: False
Data rate: 1,0 Mb/s
Channel: 12
Frequency: 2467MHz
Signal strength (dBm): -59 dBm
Noise level (dBm): -88 dBm
Signal/noise ratio (dB): 29 dB
TSF timestamp: 19800120
```

Figura 16

A trama foi enviada com um débito de 1.0 Mb/s. Esse débito não corresponde ao máximo que a interface WiFi pode operar, pois, segunda a norma 802.11b, a banda pode suportar até 11 Mb/s.

2.4 Selecione a trama beacon XX. Esta trama pertence a que tipo de tramas 802.11? Indique o valor dos seus identificadores de tipo e de subtipo. Em que parte concreta do cabeçalho da trama estão especificados (ver anexo)?

```
✓ IEEE 802.11 Beacon frame, Flags: .....C
  Type/Subtype: Beacon frame (0x0008)
  ✓ Frame Control Field: 0x8000
    .... ..00 = Version: 0
    .... 00.. = Type: Management frame (0)
    1000 .... = Subtype: 8
  > Flags: 0x00
  .000 0000 0000 0000 = Duration: 0 microseconds
```

Figura 17

```
00 00 19 00 6f 08 00 00 38 20 2e 01 00 00 00 00
10 02 a3 09 80 04 c5 a8 00 80 00 00 00 ff ff ff
ff ff ff bc 14 01 af b1 98 bc 14 01 af b1 98 30
```

Figura 18

A trama é do tipo management e o valor que o identifica é zero (0). O subtipo é beacon e o valor que o identifica é oito (0x0008). Esses valores estão especificados no byte 26 do cabeçalho da trama.

2.5 Para a trama acima, identifique todos os endereços MAC em uso. Que conclui quanto à sua origem e destino?

Os endereços MAC: source address = HitronTe_af (bc:14:01:af:b1:98) e destination address Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

Concluimos que o endereço do recetor é igual ao endereço de destino, e o endereço do transmissor corresponde ao endereço da source e que o endereço AP é transmitido para todos os dispositivos ligados à rede (broadcast).

2.6 Qual o intervalo de tempo previsto entre tramas beacon consecutivas? (nota: este valor é anunciado na própria trama beacon). Na prática, a periodicidade de tramas beacon provenientes do mesmo AP é verificada com precisão? Justifique.

```

  ✓ Fixed parameters (12 bytes)
    Timestamp: 1149670605293
    Beacon Interval: 0,102400 [Seconds]
  > Capabilities Information: 0x0c31
  > Tagged parameters (231 bytes)

```

Figura 19 - Beacon Intervalo de trama 1

```

  ✓ Fixed parameters (12 bytes)
    Timestamp: 1149670607671
    Beacon Interval: 0,102400 [Seconds]
  > Capabilities Information: 0x0c21
  > Tagged parameters (140 bytes)

```

Figura 20 - Beacon Intervalo de trama 2

```

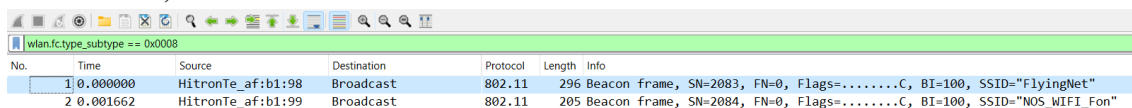
[Time delta from previous captured frame: 0.001662000 seconds]
[Time delta from previous displayed frame: 0.001662000 seconds]

```

Figura 21 - Tempo de tramas

Como podemos observar, o intervalo de tempo para a trama 1 e 2 é 0,102400s. Analisando várias tramas é possível verificar que os tempos entre tramas beacon são muito próximos ao "intervalo beacon".

2.7 Identifique e liste os SSIDs dos APs que estão a operar na vizinhança da STA de captura? Explícite o modo como obteve essa informação (por exemplo, se usou algum filtro para o efeito).



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2083, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID="FlyingNet"
2	0.001662	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2084, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID="NOS_WIFI_Fon"

Figura 22

Usando o filtro "wlan.fc.type_subtype == 0x0008" é possível observar todos os subtipos que são beacon. Como se pode verificar os 2 SSID dos APs são o "FlyingNet" e o "NOS_WIFI_Fon". Todas as tramas presentes na captura pertencem a estes 2 SSIDs.

2.8 Face ao endereçamento usado, indique a que sistemas são endereçadas ambas as tramas e explique qual o propósito das mesmas?

```

Receiver address: Apple_10:6a:f5 (64:9a:be:10:6a:f5)
Destination address: Apple_10:6a:f5 (64:9a:be:10:6a:f5)
Transmitter address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
Source address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)

```

Figura 23

Primeiramente ocorreu um probe request proveniente de um aparelho com endereço MAC (bc:14:01:af:b1:98). De seguida um AP com endereço MAC (bc:14:01:af:b1:98), enviou um probe response de modo a comunicar ao aparelho que ele se encontra disponível para uma conectividade entre ambos.

2.9 Identifique uma sequência de tramas que corresponda a um processo de associação completo entre a STA e o AP, incluindo a fase de autenticação.

wlan.fc.type_subtype == 4 wlan.fc.type_subtype == 3 wlan.fc.type_subtype == 0 wlan.fc.type_subtype == 1 wlan.fc.type_subtype == 11					
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length Info
2486	70.361782	Apple_10:6a:f5	HitronTe_af:b1:98	802.11	70 Authentication, SN=2542, FN=0, Flags=.....C
2488	70.381869	HitronTe_af:b1:98	Apple_10:6a:f5	802.11	59 Authentication, SN=2338, FN=0, Flags=.....C
2490	70.383512	Apple_10:6a:f5	HitronTe_af:b1:98	802.11	175 Association Request, SN=2543, FN=0, Flags=.....C, SSID="FlyingNet"
2492	70.389339	HitronTe_af:b1:98	Apple_10:6a:f5	802.11	225 Association Response, SN=2339, FN=0, Flags=.....C

Figura 24

Com o auxilio da tabela presente no final do enunciado utilizamos o filtro: wlan.fc.type_subtype == 0 || wlan.fc.type_subtype == 1 || wlan.fc.type_subtype == 4 || wlan.fc.type_subtype == 5 || wlan.fc.type_subtype == 11.

As tramas de autenticação são a trama 2486, 2488 e as tramas de associação são a trama 2490 e 2492.

2.10Efetue um diagrama que ilustre, com as tramas identificadas na alínea anterior, a sequência de todas as tramas trocadas no processo de autenticação e associação entre o STA e o AP.

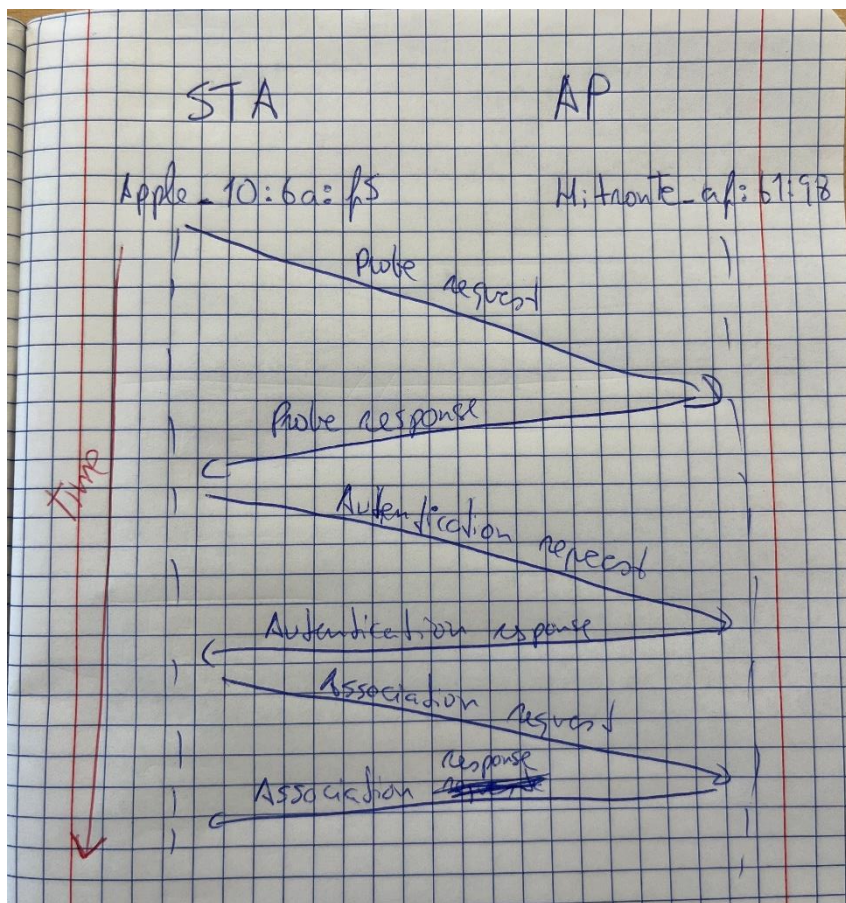


Figura 25

2.11 Considere a trama de dados nº 433. Sabendo que o campo Frame Control contido no cabeçalho das tramas 802.11 permite especificar a direccionalidade das tramas, o que pode concluir face à direccionalidade dessa trama? Será local à WLAN?

```

1000 .... Subtype: 0
v Flags: 0x41
.... ..01 = DS status: Frame from STA to DS via an AP (To DS: 1 From DS: 0) (0x1)

```

Figura 26

A direccionalidade da trama é "TO DS: 1 From DS: 0". O que significa que a trama é transmitida pela station e recebida no sistema de distribuição AP. A trama não é local porque "To DS: 1".

2.12 Para a trama de dados da alínea anterior, transcreva os endereços MAC em uso, identificando qual o endereço MAC correspondente ao host sem fios (STA), ao AP e ao router de acesso ao sistema de distribuição.

```

v IEEE 802.11 QoS Data, Flags: .p.....TC
  Type/Subtype: QoS Data (0x0028)
  > Frame Control Field: 0x8841
    .000 0001 0011 1010 = Duration: 314 microseconds
    Receiver address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
    Transmitter address: Apple_10:6a:f5 (64:9a:be:10:6a:f5)
    Destination address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
    Source address: Apple_10:6a:f5 (64:9a:be:10:6a:f5)
    BSS Id: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
    STA address: Apple_10:6a:f5 (64:9a:be:10:6a:f5)
    .... .... 0000 = Fragment number: 0
    1110 0110 0000 .... = Sequence number: 3680
    Frame check sequence: 0x841b593c [unverified]
    [FCS Status: Unverified]

```

Figura 27

Como se pode verificar o endereço correspondente ao STA é bc:14:01:af:b1:98, que corresponde ao Receiver Address e ao Destination Address pois identificam o mesmo equipamento. O endereço MAC (64:9a:be:10:6a:f5) correspondente ao AP é o mesmo que o router de acesso, apesar de estarem em campos de locais diferentes. Este endereço corresponde ao Source Address e ao Transmitter Address.

2.13 Que subtipo de tramas de controlo são transmitidas ao longo da transferência de dados acima mencionada? Tente explicar porque razão têm de existir, contrariamente ao que acontece numa rede Ethernet.

Os subtipos de tramas de controlo transmitidas são Request-to-send, Clear-to-send e Acknowledgement. Este tipo de tramas de controlo nas redes 802.11 têm de existir pois são a forma de lidar com as colisões, de uma forma geral este protocolo faz uma reserva de meio antes de poder transmitir.

2.14O uso de tramas Request To Send e Clear To Send, apesar de opcional, é comum para efetuar "pré-reserva" do acesso ao meio quando se pretende enviar tramas de dados, com o intuito de reduzir o número de colisões resultante maioritariamente de STAs escondidas. Dê um exemplo de uma transferência de dados em que é usada a opção RTC/CTS e um outro em que não é usada, identificando a direccionalidade das tramas e os sistemas envolvidos.

```

v IEEE 802.11 Request-to-send, Flags: .....C
  Type/Subtype: Request-to-send (0x001b)
  v Frame Control Field: 0xb400
    .... ..00 = Version: 0
    .... 01.. = Type: Control frame (1)
    1011 .... = Subtype: 11
  v Flags: 0x00
    .... ..00 = DS status: Not leaving DS or network is operating in AD-HOC mode (To DS: 0 From DS: 0) (0x0)
    .... .0.. = More Fragments: This is the last fragment
    .... 0... = Retry: Frame is not being retransmitted
    ...0 .... = PWR MGT: STA will stay up
    ..0. .... = More Data: No data buffered
    .0.. .... = Protected flag: Data is not protected
    0... .... = +HTC/Order flag: Not strictly ordered

```

Figura 28 - Trama Request to send

```

v IEEE 802.11 Clear-to-send, Flags: .....C
  Type/Subtype: Clear-to-send (0x001c)
  v Frame Control Field: 0xc400
    .... ..00 = Version: 0
    .... 01.. = Type: Control frame (1)
    1100 .... = Subtype: 12
  v Flags: 0x00
    .... ..00 = DS status: Not leaving DS or network is operating in AD-HOC mode (To DS: 0 From DS: 0) (0x0)
    .... .0.. = More Fragments: This is the last fragment
    .... 0... = Retry: Frame is not being retransmitted
    ...0 .... = PWR MGT: STA will stay up
    ..0. .... = More Data: No data buffered
    .0.. .... = Protected flag: Data is not protected
    0... .... = +HTC/Order flag: Not strictly ordered
    .000 0000 0111 0010 = Duration: 114 microseconds
  Receiver address: Apple_10:6a:f5 (64:9a:be:10:6a:f5)

```

Figura 29 - Trama Clear to send

Sim pode ser usadas tramas "request to send" e "clear to send".

Primeiro a trama RTS é enviada da estação para o AP de modo a reservar o meio para transmitir, esta é feita de modo ad-hoc, uma vez que os campos ToDS e FromDS estão a 0.

O AP responde fazendo broadcast de uma trama CTS de modo a avisar todas as estações a que pode transmitir. Esta trama é transmitida de igual modo.

3. Conclusões

A realização deste trabalho fez o grupo compreender e consolidar os conceitos abordados na aula teórica como por exemplo, o conceito de Ethernet, Protocolo ARP, entre outros.

Ao longo da execução desta tarefa, o grupo apresentou algumas dificuldades ao longo da realização de todo o trabalho, dado que foi a nossa primeira vez em contacto com ferramentas como o Wireshark e o Core network emulator.

Na nossa opinião, achamos que correu como o esperado, uma vez que todos os dados obtidos eram coerentes com a teoria. Sublinhamos contudo, que foi necessária a ajuda do docente em algumas perguntas.

Por fim, achamos que conseguimos cumprir todos os objetivos propostos ainda que com alguma dificuldade.