

UNIVERSIDADE DO MINHO

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

Redes de Computadores

Trabalho Prático 4
Redes Sem Fios (802.11)
Grupo N^o 18

Ariana Lousada (A87998)
Carlos Gomes (A77185)
Pedro Pereira (A80627)

22 de maio de 2021

Conteúdo

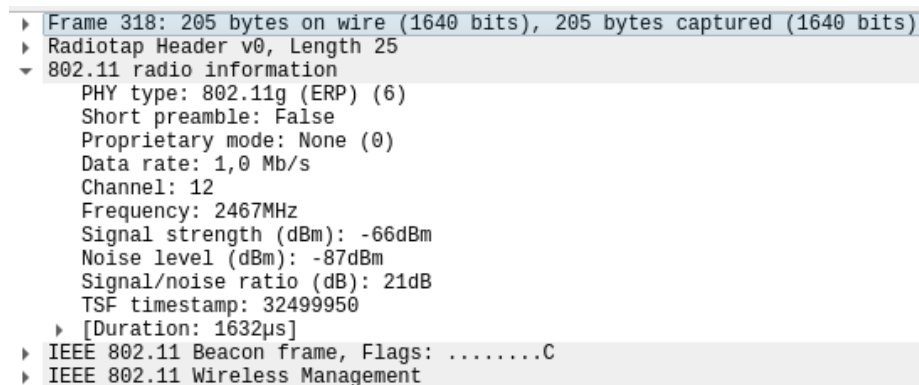
1	Questões e Respostas	3
1.1	Acesso Rádio	3
1.2	Scanning Passivo e Scanning Ativo	4
1.3	Processo de Associação	8
1.4	Transferências de Dados	10
2	Conclusão e Análise de Resultados	13

Capítulo 1

Questões e Respostas

Para a resolução deste trabalho, foram-nos propostas várias questões, as quais vamos passar a responder neste capítulo:

1.1 Acesso Rádio



```
▶ Frame 318: 205 bytes on wire (1640 bits), 205 bytes captured (1640 bits) on 0
▶ Radiotap Header v0, Length 25
▼ 802.11 radio information
    PHY type: 802.11g (ERP) (6)
    Short preamble: False
    Proprietary mode: None (0)
    Data rate: 1,0 Mb/s
    Channel: 12
    Frequency: 2467MHz
    Signal strength (dBm): -66dBm
    Noise level (dBm): -87dBm
    Signal/noise ratio (dB): 21dB
    TSF timestamp: 32499950
    ▶ [Duration: 1632µs]
▶ IEEE 802.11 Beacon frame, Flags: .....C
▶ IEEE 802.11 Wireless Management
```

Figura 1.1: Trama 318

- 1) **Identifique em que frequência do espectro está a operar a rede sem fios, e o canal que corresponde essa frequência.**

Está a operar numa frequência de 2467MHz, correspondendo ao canal 12.

- 2) **Identifique a versão da norma IEEE 802.11 que está a ser usada.**

A versão da norma IEEE 802.11 a ser usada é a 802.11g.

- 3) Qual o débito a que foi enviada a trama escolhida? Será que esse débito corresponde ao débito máximo a que a interface WiFi pode operar? Justifique.

```

▼ Tagged parameters (140 bytes)
  ▶ Tag: SSID parameter set: NOS_WIFI_Fon
  ▼ Tag: Supported Rates 1(B), 2(B), 5.5(B), 11(B), 9, 18, 36, 54, [Mbit/sec]
    Tag Number: Supported Rates (1)
    Tag length: 8
    Supported Rates: 1(B) (0x82)
    Supported Rates: 2(B) (0x84)
    Supported Rates: 5.5(B) (0x8b)
    Supported Rates: 11(B) (0x96)
    Supported Rates: 9 (0x12)
    Supported Rates: 18 (0x24)
    Supported Rates: 36 (0x48)
    Supported Rates: 54 (0x6c)

```

Figura 1.2: Débito suportado

O débito a que foi enviada a trama é de 1,0Mb/s. Este não corresponde ao débito máximo a que a interface WIFI pode operar, uma vez que a versão 802.11g permite um débito máximo de 54Mb/s.

1.2 Scanning Passivo e Scanning Ativo

- 4) Selecione uma trama beacon(e.g., trama 10XX). 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)?

```

> Frame 1018: 296 bytes on wire (2368 bits), 296 bytes captured (2368 bits)
> Radiotap Header v0, Length 25
▼ 802.11 radio information
  PHY type: 802.11g (ERP) (6)
  Short preamble: False
  Proprietary mode: None (0)
  Data rate: 1,0 Mb/s
  Channel: 12
  Frequency: 2467MHz
  Signal strength (dBm): -62dBm
  Noise level (dBm): -87dBm
  Signal/noise ratio (dB): 25dB
  TSF timestamp: 59121253
  > [Duration: 2360µs]
▼ IEEE 802.11 Beacon frame, Flags: .....C
  Type/Subtype: Beacon frame (0x0008)
  > Frame Control Field: 0x8000
    .000 0000 0000 0000 = Duration: 0 microseconds
    Receiver address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    Destination address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    Transmitter address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
    Source address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
    BSS Id: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
    .... .... 0000 = Fragment number: 0
    1011 0010 0011 .... = Sequence number: 2851
    Frame check sequence: 0x763696b0 [unverified]
    [FCS Status: Unverified]
▼ IEEE 802.11 Wireless Management
  > Fixed parameters (12 bytes)
  > Tagged parameters (231 bytes)

```

Figura 1.3: Trama 1018

Esta trama pertence ao tipo de trama de gestão. O valor dos identificadores de tipo e subtipo é 0x0008. Este está especificado na secção de frame control do cabeçalho da trama.

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

Os endereços em uso são o ff:ff:ff:ff:ff:ff como Reciever e Destination Address, e bc:14:01:af:b1:98 como Transmitter e Source address. A origem é o AP e o destino é o endereço de broadcast, pois todas as interfaces no seu alcance devem receber a trama.

- 6) Uma trama beacon anuncia que o AP pode suportar vários débitos de base, assim como vários débitos adicionais (extended supported rates). Indique quais são esses débitos?

```

▼ Tagged parameters (231 bytes)
  ▶ Tag: SSID parameter set: FlyingNet
  ▶ Tag: Supported Rates 1(B), 2(B), 5.5(B), 11(B), 9, 18, 36, 54, [Mbit/sec]
  ▶ Tag: DS Parameter set: Current Channel: 12
  ▶ Tag: Extended Supported Rates 6(B), 12(B), 24(B), 48, [Mbit/sec]

```

Figura 1.4: Débitos suportados anunciados na trama beacon

Os débitos de base suportados são 1, 2, 5.5, 11, 9, 18, 36 e 54 e os débitos adicionais são 6, 12, 24 e 48.

- 7) 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? Tente explicar porquê.

```

▼ IEEE 802.11 Wireless Management
  ▼ Fixed parameters (12 bytes)
    Timestamp: 1149709926891
    Beacon Interval: 0,102400 [Seconds]
    ▶ Capabilities Information: 0x0c31

```

Figura 1.5: Intervalo de tempo do beacon

O intervalo de tempo previsto é de 0,1024 segundos.

Como podemos observar, a periodicidade corresponde aproximadamente ao tempo previsto.

(wlan.fc.type_subtype == 0x08) && (wlan.ssid == FlyingNet)					
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
3	0.102552	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296 Beacon frame, SN=2085, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
5	0.204951	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296 Beacon frame, SN=2087, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
7	0.307368	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296 Beacon frame, SN=2089, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
9	0.409749	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296 Beacon frame, SN=2091, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
11	0.512117	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296 Beacon frame, SN=2093, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet

Figura 1.6: Periodicidade observada

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

É possível identificar que os APs estão a operar na vizinhança observando a captura de tramas Beacon ou também Probe Response.

Os dois SSID que mais facilmente identificamos foram FlyingNet e NOS_WIFI_Fon.

((wlan.fc.type_subtype == 0x08) (wlan.fc.type_subtype == 0x05))						
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	265	Beacon frame, SN=2084, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
3	0.102552	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2085, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
4	0.104164	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	265	Beacon frame, SN=2086, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
5	0.204951	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2087, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet

Figura 1.7: Filtro de tramas Beacon ou Probe Response

Através de um filtro que elimina as entradas com esses 2 SSIDs conseguimos confirmar que não existem mais APs a operar na vizinhança de STA.

((wlan.fc.type_subtype == 0x08) (wlan.fc.type_subtype == 0x05)) && (wlan.ssid != FlyingNet) && (wlan.ssid != NOS_WIFI_Fon)						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info

Figura 1.8: Filtro utilizado para identificar SSIDs restantes

- 9) Verifique se está a ser usado o método de deteção de erros (CRC). Justifique. Use o filtro: *(wlan.fc.type_subtype == 0x08)&&(wlan.fcs.status == bad)* Que conclui? Justifique o porquê de usar deteção de erros em redes sem fios.

```

▼ IEEE 802.11 Beacon frame, Flags: .....C
  Type/Subtype: Beacon frame (0x0008)
  ▶ Frame Control Field: 0x8000
    .000 0000 0000 0000 = Duration: 0 microseconds
    Receiver address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    Destination address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    Transmitter address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
    Source address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
    BSS Id: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
    .... .... 0000 = Fragment number: 0
    1011 0010 0011 .... = Sequence number: 2851
    Frame check sequence: 0x763696b0 [unverified]
    [FCS Status: Unverified]

```

Figura 1.9: FCS Status

Neste caso não está a ser utilizado o método de deteção de erros CRC, uma vez que as tramas capturadas têm FCS Status: Unverified, o que indica que o Frame Check Sequence não está a ser verificado.

- 11) Identifique um probing request para o qual tenha havido um probing response. Face ao endereçamento usado, indique a que sistemas são endereçadas estas tramas e explique qual o propósito das mesmas?

17047 123.056614	Apple_28:b8:0c	Broadcast	802.11	152 Probe Request, SN=0, FN=0, Flags=.....C, SSID=FlyingNet
17048 123.058579	HitronTe_af:b1:98	Apple_28:b8:0c	802.11	411 Probe Response, SN=2602, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
17049 123.059374	HitronTe_af:b1:98	Apple_28:b8:0c	802.11	411 Probe Response, SN=2603, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
17050 123.060076	HitronTe_af:b1:98	Apple_28:b8:0c	802.11	411 Probe Response, SN=2604, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
17051 123.067827	Apple_28:b8:0c	Broadcast	802.11	152 Probe Request, SN=0, FN=0, Flags=.....C, SSID=FlyingNet
17052 123.069745	HitronTe_af:b1:98	Apple_28:b8:0c	802.11	411 Probe Response, SN=2605, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
17053 123.070516	HitronTe_af:b1:98	Apple_28:b8:0c	802.11	411 Probe Response, SN=2606, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
17054 123.071161	HitronTe_af:b1:98	Apple_28:b8:0c	802.11	411 Probe Response, SN=2607, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet

As tramas são endereçadas para Broadcast, o que significa que são endereçadas a todos os APs que alcance. Estas tramas de Probe Request são usadas no método de Active Scanning, no qual os hosts ativamente enviam Probe Requests e ouvem pelos respectivos Probe Responses enviados pelos APs de forma a se associarem.

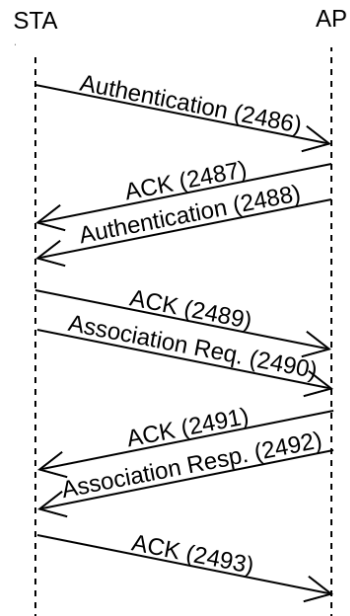
1.3 Processo de Associação

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

2486 70.361782	Apple_10:6a:f5	HitronTe_af:b1:98	802.11	70 Authentication, SN=2542, FN=0, Flags=.....C
2487 70.362050		Apple_10:6a:f5 (64...	802.11	39 Acknowledgement, Flags=.....C
2488 70.361869	HitronTe_af:b1:98	Apple_10:6a:f5	802.11	59 Authentication, SN=2338, FN=0, Flags=.....C
2489 70.361878		HitronTe_af:b1:98 (...)	802.11	39 Acknowledgement, 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
2491 70.383873		Apple_10:6a:f5 (64...	802.11	39 Acknowledgement, Flags=.....C
2492 70.389339	HitronTe_af:b1:98	Apple_10:6a:f5	802.11	225 Association Response, SN=2339, FN=0, Flags=.....C
2493 70.389352		HitronTe_af:b1:98 (...)	802.11	39 Acknowledgement, Flags=.....C

Figura 1.12

- 13) Efetue um diagrama que ilustre a sequência de todas as tramas trocadas no processo.



1.4 Transferências de Dados

- 14) Considere a trama de dados nº455. 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?

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
455	18.536644	HitronTe_af:b1:98	Apple_71:41:a1	802.11	226	QoS Data, SN=276, FN=0, Flags=.p....F.C
456	18.536653		HitronTe_af:b1:98 (...)	802.11	39	Acknowledgement, Flags=.....C
457	18.539762	Apple_71:41:a1	HitronTe_af:b1:98	802.11	178	QoS Data, SN=1209, FN=0, Flags=.p....TC
458	18.540043		Apple_71:41:a1 (d8:...	802.11	39	Acknowledgement, Flags=.....C
459	18.636990	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2447, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
460	18.638620	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2448, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_For
461	18.739398	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2449, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
462	18.741029	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2450, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_For
463	18.780906	Apple_71:41:a1	HitronTe_af:b1:98	802.11	68	Null function (No data), SN=1751, FN=0, Flags=...P...TC
464	18.780928		Apple_71:41:a1 (d8:...	802.11	39	Acknowledgement, Flags=.....C
465	18.841750	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2451, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet


```

Type/Subtype: QoS Data (0x0028)
  Frame Control Field: 0x8842
    .... 00 = Version: 0
    .... 10.. = Type: Data frame (2)
    1000 .... = Subtype: 8
  Flags: 0x42
    .... 10 = DS status: Frame from DS to a STA via AP(To DS: 0 From DS: 1) (0x2)
    .... 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
    .1.. .... = Protected flag: Data is protected
    0... .... = Order flag: Not strictly ordered
    .000 0000 0010 0100 = Duration: 36 microseconds
    Receiver address: Apple_71:41:a1 (d8:a2:5e:71:41:a1)
    Transmitter address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
    Destination address: Apple_71:41:a1 (d8:a2:5e:71:41:a1)
    Source address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
    BSS Id: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
    STA address: Apple_71:41:a1 (d8:a2:5e:71:41:a1)
    .... 0000 = Fragment number: 0
    0001 0001 0100 .... = Sequence number: 276
    Frame check sequence: 0xca46bf48 [unverified]
    [FCS Status: Unverified]
  
```



```

0010 16 30 a3 09 80 04 bf a9 00 88 42 24 00 d8 a2 5e .0..... .B$....^
0020 71 41 a1 bc 14 01 af b1 98 bc 14 01 af b1 98 40 qA..... @
0030 11 00 00 13 11 00 20 02 00 00 00 eb 0f 24 4b 5c ..... $K\
  
```

Figura 1.13: Trama 455

Como apresentado na figura, podemos dizer que esta trama tem direccionalidade de *To DS:0* e *From DS:1*. Isto significa que o transmitter é um MAC AP, que o receiver/destination é um STA e que o source é um router. Uma vez que a trama em questão se destina à rede local e não ao sistema de distribuição, podemos afirmar que esta é local à WLAN.

- 15) Para a trama de dados nº455, 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?

Os endereços MAC em uso são: d8:a2:5e:71:41:a1 (que corresponde à STA - *receiver* e *destination*) e bc:14:01:af:b1:98 (AP e Router - *transmitter* e *source*).

16) Como interpreta a trama nº457 face à sua direccionalidade e endereçamento MAC?

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
455	18.536644	HitronTe_af:b1:98	Apple_71:41:a1	802.11	226	QoS Data, SN=276, FN=0, Flags=p....F.C
456	18.536653		HitronTe_af:b1:98 (...)	802.11	39	Acknowledgement, Flags=.....C
457	18.539762	Apple_71:41:a1	HitronTe_af:b1:98	802.11	178	QoS Data, SN=1209, FN=0, Flags=p....TC
458	18.540043		Apple_71:41:a1 (d8:...	802.11	39	Acknowledgement, Flags=.....C
459	18.636990	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2447, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
460	18.638620	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	295	Beacon frame, SN=2448, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
461	18.739398	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2449, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet
462	18.741029	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	295	Beacon frame, SN=2450, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
463	18.780906	Apple_71:41:a1	HitronTe_af:b1:98	802.11	68	Null function (No data), SN=1751, FN=0, Flags=p....TC
464	18.780928		Apple_71:41:a1 (d8:...	802.11	39	Acknowledgement, Flags=.....C
465	18.841758	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2451, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=FlyingNet

> Frame 457: 178 bytes on wire (1424 bits), 178 bytes captured (1424 bits)
> Radiotap Header v0, Length 25
> 802.11 radio information
IEEE 802.11 QoS Data, Flags: p....TC
Type/Subtype: QoS Data (0x0028)
Frame Control Field: 0x8841
....00 = Version: 0
....10.. = Type: Data frame (2)
1000.... = Subtype: 8
Flags: 0x41
....01 = DS status: Frame from STA to DS via an AP (To DS: 1 From DS: 0) (0x1)
....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
..1.... = Protected flag: Data is protected
0.... = Order flag: Not strictly ordered
000 0001 0011 1010 = Duration: 314 microseconds
Receiver address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
Transmitter address: Apple_71:41:a1 (d8:a2:5e:71:41:a1)
Destination address: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
Source address: Apple_71:41:a1 (d8:a2:5e:71:41:a1)
BSS Id: HitronTe_af:b1:98 (bc:14:01:af:b1:98)
STA address: Apple_71:41:a1 (d8:a2:5e:71:41:a1)

0010	14 02 a3 09 00 04 bd a9	00 88 41 3a 01 bc 14 01C.....
0020	af b1 98 d8 a2 5e 71 41	a1 bc 14 01 af b1 98 90QA.....
0030	db 00 00 bc 24 00 20 02	00 00 00 f7 94 63 84 51	K...\$.c Q

Figura 1.14: Trama 457

A trama nº457 tem direccionalidade de *To DS:1 e From DS:0*. Com isto podemos também ver que o sender/transmitter é um STA (d8:a2:5e:71:41:a1), que o receiver é um AP (bc:14:01:af:b1:98) e que o destination é um router (bc:14:01:af:b1:98).

17) 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.)

455	18.536644	HitronTe_af:b1:98	Apple_71:41:a1	802.11	226	QoS Data, SN=276, FN=0, Flags=p....F.C
456	18.536653		HitronTe_af:b1:98 (...)	802.11	39	Acknowledgement, Flags=.....C
457	18.539762	Apple_71:41:a1	HitronTe_af:b1:98	802.11	178	QoS Data, SN=1209, FN=0, Flags=p....TC
458	18.540043		Apple_71:41:a1 (d8:...	802.11	39	Acknowledgement, Flags=.....C

Figura 1.15

O subtipo das tramas de controlo transmitidas ao longo da transferência de dados é 1101 (Acknowledgment). Este tipo de tramas possibilita a confirmação da receção da trama por parte do destinatário. Nas redes WLAN, estas tramas acabam por ser necessárias devido à suscetibilidade a falhas de transmissão e/ou colisões, o que as leva a não serem necessárias numa rede Ethernet, uma vez que esta utiliza um meio físico mais fiável.

- 18) O 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. Para o exemplo acima, verifique se está a ser usada a opção RTS/CTS na troca de dados entre a STA e o AP/Router da WLAN, identificando a direccionalidade das tramas e os sistemas envolvidos.

No exemplo acima, não estão a ser usadas tramas RTS/CTS. Caso estivessem a ser usadas, a trama RTS seria enviada da STA que fosse transmitir informação para a STA que iria receber a informação, aguardando pela resposta (trama CTS), indicando que poderia enviar os dados.

Capítulo 2

Conclusão e Análise de Resultados

A realização deste trabalho ofereceu-nos a oportunidade de aprofundarmos os nossos conhecimentos em relação aos vários aspectos das redes WLAN.

Através de uma captura WireShark fornecida pela equipa docente, foi possível analisar vários aspetos lecionados nas aulas teóricas da unidade curricular, nomeadamente o protocolo IEEE 802.11, cujas tramas foram utilizadas para análise.

Analisaram-se as tramas beacon, a correspondente direcionalidade e os respetivos endereços MAC de origem e destino. Também analisámos tramas *probing request* e *probing response*. Também conseguimos perceber a importância dos vários subtipos de tramas presentes neste tipo de redes, nomeadamente as tramas de controlo, que foram particularmente estudadas neste trabalho, assim como algumas diferenças entre as redes WLAN e Ethernet.

Em suma, com o desenvolvimento deste trabalho conseguimos aplicar vários conceitos já lecionados nas aulas teóricas, o que ajudou a consolidação da aprendizagem relativamente a estes tópicos.