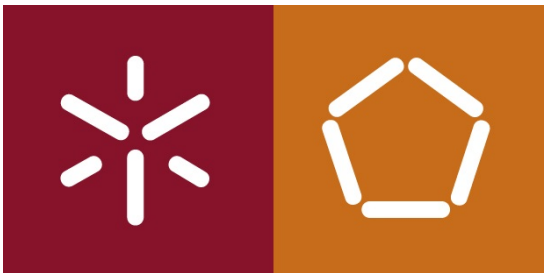
UNIVERSIDADE DO MINHO

Mestrado Integrado em Engenharia Informática



REDES DE COMPUTADORES

TP4 – Redes Sem Fios (802.11)

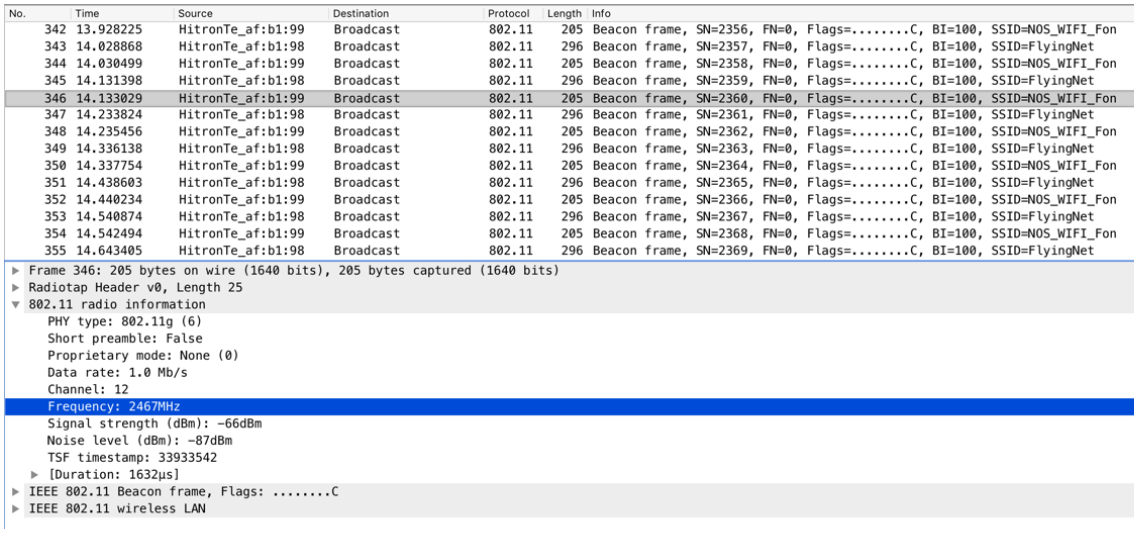
Grupo 46

Davide Matos (A80970)

Francisco Freitas (A81580)

Maria Dias (A81611)

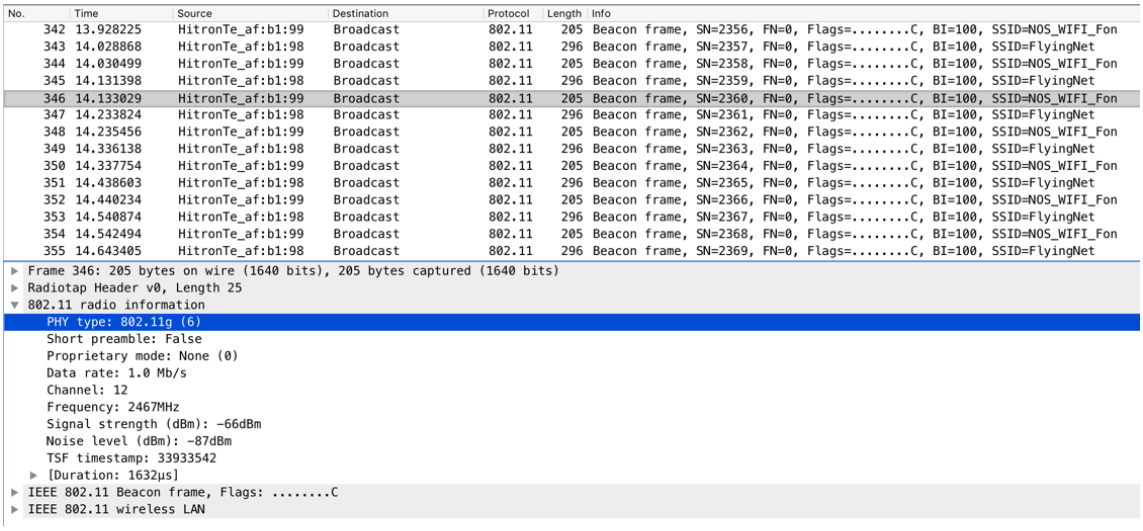
1. **Identifique em que frequência do espetro está a operar a rede sem fios, e o canal que corresponde a essa frequência.**
   A rede sem fios está a operar com frequência igual a 2467MHz, à qual corresponde o canal 12.



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
342	13.928225	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2356, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
343	14.028868	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2357, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet
344	14.030499	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2358, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
345	14.131398	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2359, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet
346	14.133029	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2360, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
347	14.233824	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2361, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet
348	14.235456	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2362, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
349	14.336138	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2363, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet
350	14.337754	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2364, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
351	14.438603	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2365, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet
352	14.440234	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2366, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
353	14.540874	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2367, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet
354	14.542494	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2368, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
355	14.643405	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2369, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet

```
▶ Frame 346: 205 bytes on wire (1640 bits), 205 bytes captured (1640 bits)
▶ Radiotap Header v0, Length 25
▼ 802.11 radio information
    PHY type: 802.11g (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
    TSF timestamp: 33933542
  ▶ [Duration: 1632µs]
▶ IEEE 802.11 Beacon frame, Flags: ........C
▶ IEEE 802.11 wireless LAN
```

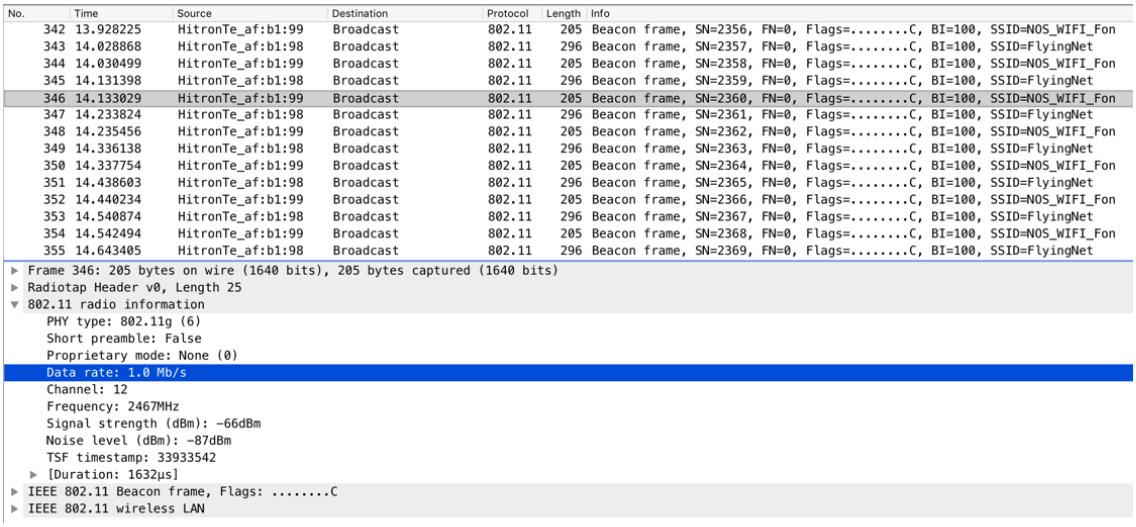
2. **Identifique a versão da norma IEEE 802.11 que está a ser usada.**
   A versão da norma IEEE 802.11 que está a ser usada é a 802.11g.



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
342	13.928225	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2356, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
343	14.028868	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2357, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet
344	14.030499	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2358, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
345	14.131398	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2359, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet
346	14.133029	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2360, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
347	14.233824	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2361, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet
348	14.235456	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2362, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
349	14.336138	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2363, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet
350	14.337754	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2364, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
351	14.438603	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2365, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet
352	14.440234	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2366, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
353	14.540874	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2367, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet
354	14.542494	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2368, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
355	14.643405	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2369, FN=0, Flags=........C, BI=100, SSID=FlyingNet

```
▶ Frame 346: 205 bytes on wire (1640 bits), 205 bytes captured (1640 bits)
▶ Radiotap Header v0, Length 25
▼ 802.11 radio information
    PHY type: 802.11g (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
    TSF timestamp: 33933542
  ▶ [Duration: 1632µs]
▶ IEEE 802.11 Beacon frame, Flags: ........C
▶ IEEE 802.11 wireless LAN
```

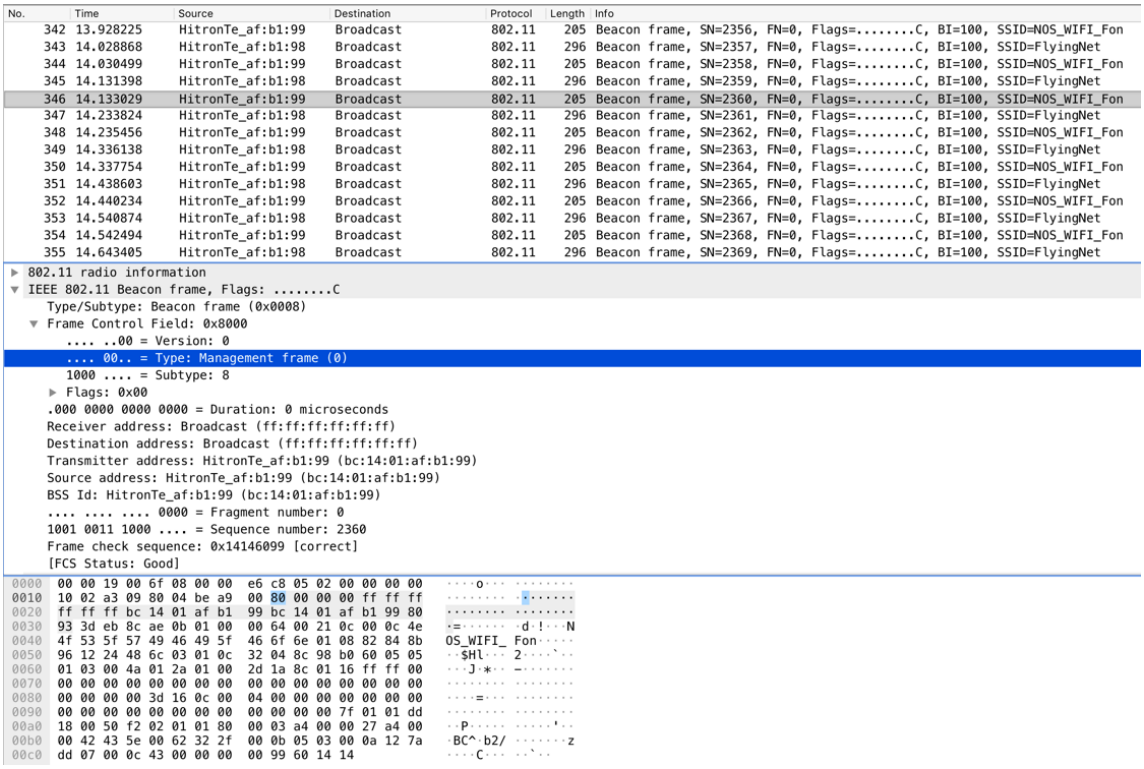
3. **Qual o débito a que foi enviada a trama escolhida? Será que esse débito corresponde ao débito máximo a que a interface WiFi pode operar? Justifique.**
   A trama 346 foi enviada a um débito de 1Mb/s, sendo inferior ao débito máximo a que a interface WiFi pode operar – 54 Mb/s.



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
342	13.928225	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2356, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
343	14.028868	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2357, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet
344	14.030499	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2358, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
345	14.131398	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2359, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet
346	14.133029	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2360, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
347	14.233824	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2361, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet
348	14.235456	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2362, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
349	14.336138	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2363, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet
350	14.337754	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2364, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
351	14.438603	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2365, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet
352	14.440234	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2366, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
353	14.540874	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2367, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet
354	14.542494	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2368, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
355	14.643405	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2369, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet

```
▶ Frame 346: 205 bytes on wire (1640 bits), 205 bytes captured (1640 bits)
▶ Radiotap Header v0, Length 25
▼ 802.11 radio information
    PHY type: 802.11g (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
    TSF timestamp: 33933542
  ▶ [Duration: 1632µs]
▶ IEEE 802.11 Beacon frame, Flags: ........C
▶ IEEE 802.11 wireless LAN
```

4. Selecione a trama beacon 346. 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?
   A trama em questão é uma trama de gestão. O tipo é identificado pelo valor 0 e o subtipo por 8, no byte 25 do cabeçalho da trama, no campo Frame Control.



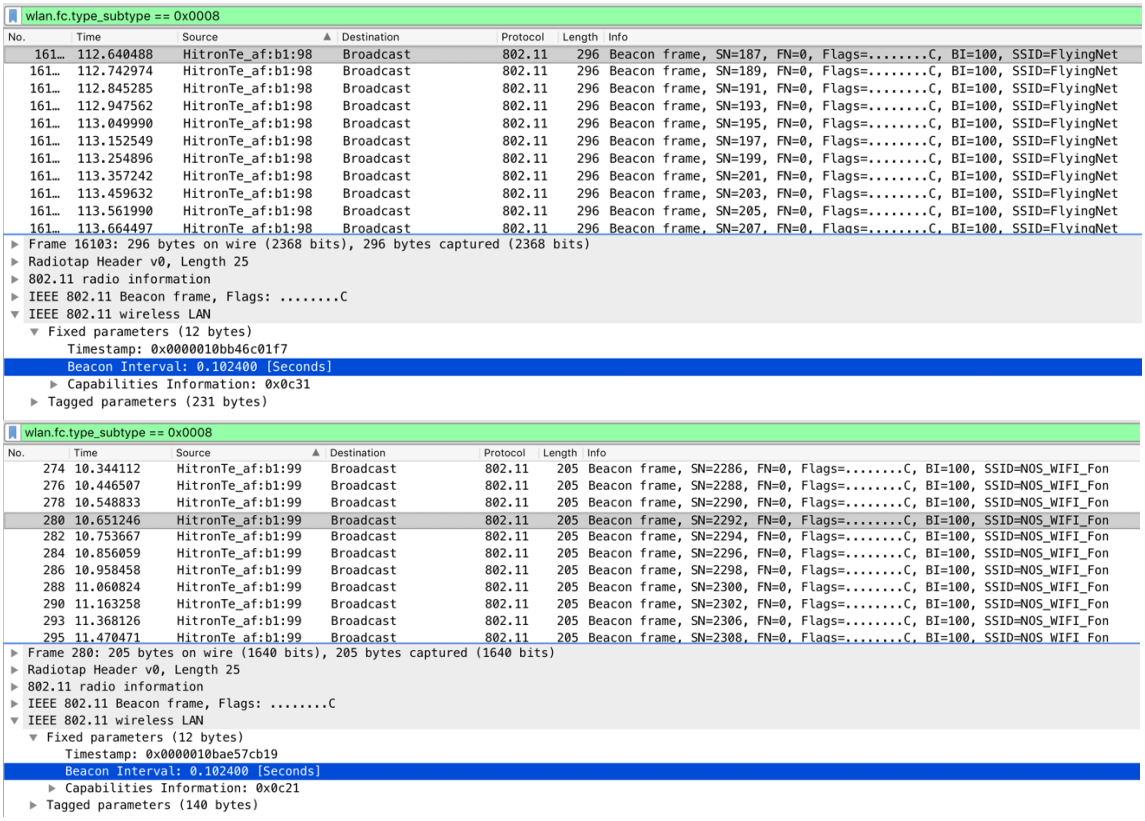
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
342	13.928225	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2356, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
343	14.028868	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2357, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet
344	14.030499	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2358, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
345	14.131398	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2359, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet
346	14.133029	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2360, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
347	14.233824	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2361, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet
348	14.235456	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2362, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
349	14.336138	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2363, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet
350	14.337754	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2364, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
351	14.438603	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2365, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet
352	14.440234	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2366, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
353	14.540874	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2367, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet
354	14.542494	HitronTe_af:b1:99	Broadcast	802.11	205	Beacon frame, SN=2368, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=NOS_WIFI_Fon
355	14.643405	HitronTe_af:b1:98	Broadcast	802.11	296	Beacon frame, SN=2369, FN=0, Flags=.......C, BI=100, SSID=FlyingNet

```
▶ 802.11 radio information
▼ 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
    Receiver address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    Destination address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    Transmitter address: HitronTe_af:b1:99 (bc:14:01:af:b1:99)
    Source address: HitronTe_af:b1:99 (bc:14:01:af:b1:99)
    BSS Id: HitronTe_af:b1:99 (bc:14:01:af:b1:99)
    .... .... .... 0000 = Fragment number: 0
    1001 0011 1000 .... = Sequence number: 2360
    Frame check sequence: 0x14146099 [correct]
    [FCS Status: Good]
```

```
0000  00 00 19 00 6f 08 00 00  e6 c8 05 02 00 00 00 00   ····o··· ········
0010  10 02 a3 09 80 04 be a9  00 80 00 00 00 ff ff ff   ········ ·····
0020  ff ff ff bc 14 01 af b1  99 bc 14 01 af b1 99 80   ········ ········
0030  93 3d eb 8c ae 0b 01 00  00 64 00 21 0c 00 0c 4e   ·=····· ·d·!···N
0040  4f 53 5f 57 49 46 49 5f  46 6f 6e 01 08 82 84 8b   OS_WIFI_ Fon·····
0050  96 12 24 48 6c 03 01 0c  32 04 8c 98 b0 60 05 05   ··$Hl··· 2····`··
0060  01 03 00 4a 01 2a 01 00  2d 1a 8c 01 16 ff ff 00   ···J·*·· -·······
0070  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00   ········ ········
0080  00 00 00 00 3d 16 0c 00  04 00 00 00 00 00 00 00   ····=··· ········
0090  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 7f 01 01 dd   ········ ········
00a0  18 00 50 f2 02 01 01 80  00 03 a4 00 00 27 a4 00   ··P····· ·····'··
00b0  00 42 43 5e 00 62 32 2f  00 0b 05 03 00 0a 12 7a   ·BC^·b2/ ·······z
00c0  dd 07 00 0c 43 00 00 00  00 99 60 14 14           ····C··· ··`··
```

5. Liste todos os SSIDs dos APs que estão a operar na vizinhança da STA de captura. Explicite o modo como obteve essa informação. Como sugestão pode construir um filtro de visualização apropriado que lhe permita obter a listagem pretendida.

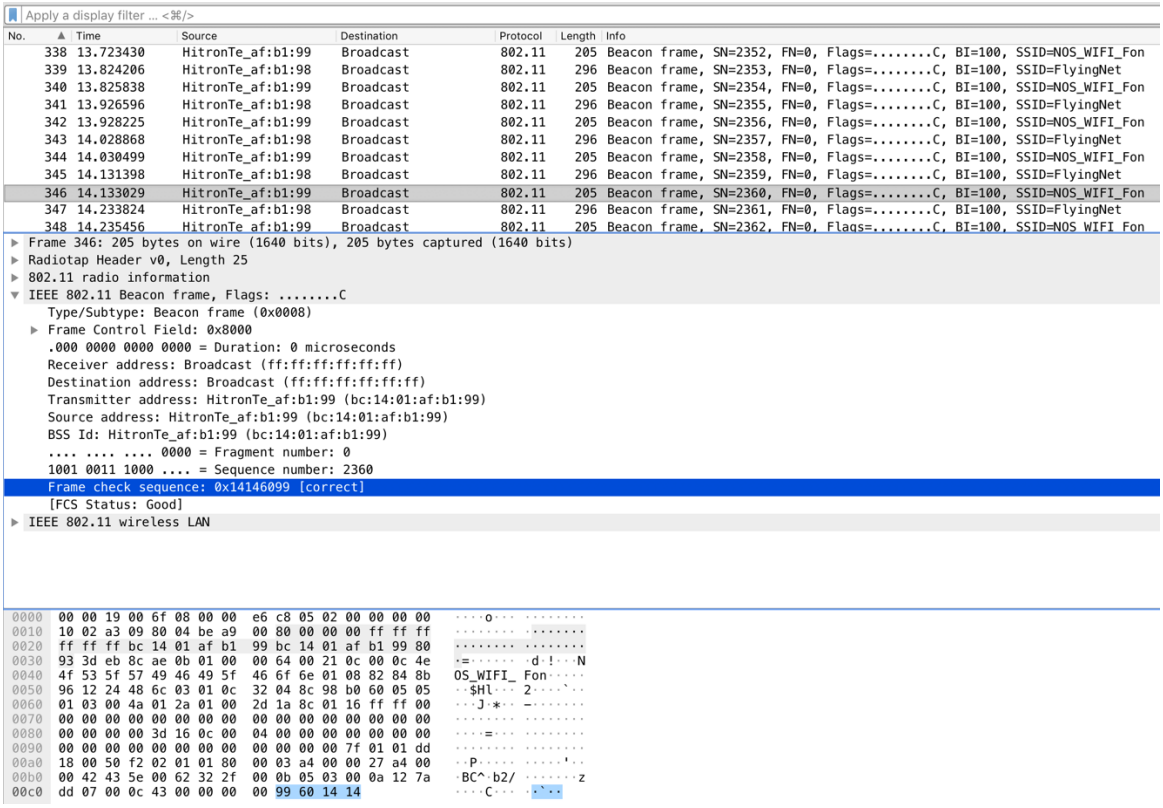
Para obter o resultado apresentado na captura de ecrã, aplicamos o filtro "wlan.fc.type_subtype==0x08", que faz com que apenas sejam apresentadas as tramas beacon, tendo também ordenado as tramas por ordem alfabética das fontes das tramas, para assim conseguir analisar os SSIDs dos APs existentes.
Como é possível ver na figura que se segue, existem dois APS a operar na vizinhança da STA, com os SSIDs FlyingNet e NOS_WIFI_Fon.

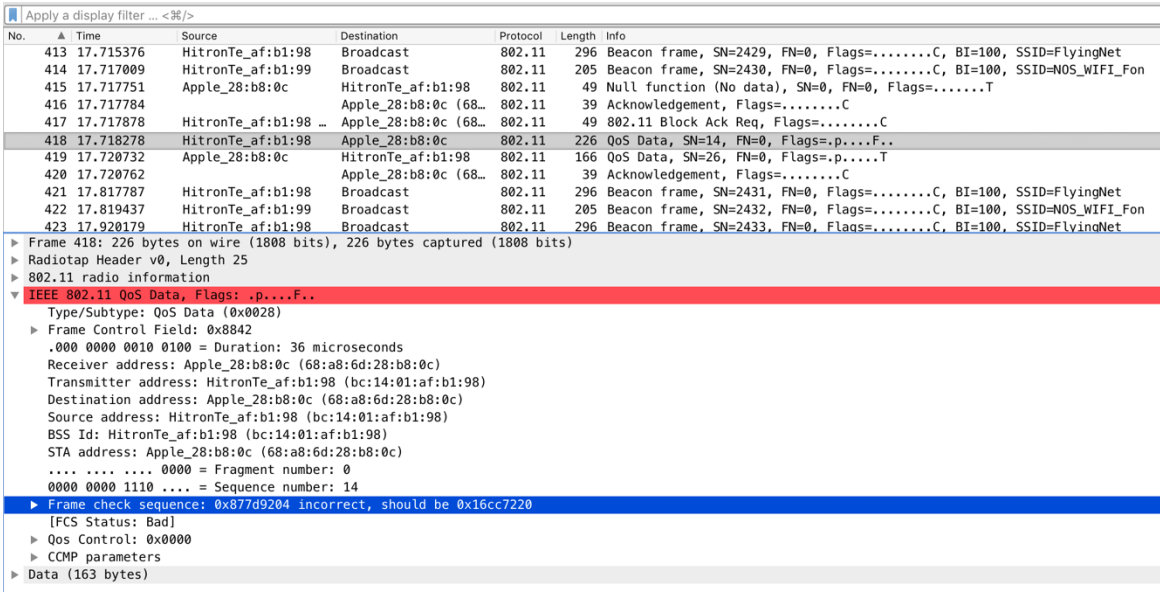


6. **Verifique se está a ser usado o método de deteção de erros (CRC), e se todas as tramas Beacon são recebidas corretamente. Justifique o porquê de usar deteção de erros neste tipo de locais.**

   Verificamos nas imagens seguintes que está presente o campo Frame Check Sequence, que no primeiro caso nos indica que a trama foi recebida corretamente, enquanto que no segundo caso indica que o valor está incorreto e apresenta aquele que deveria ser o valor do campo.

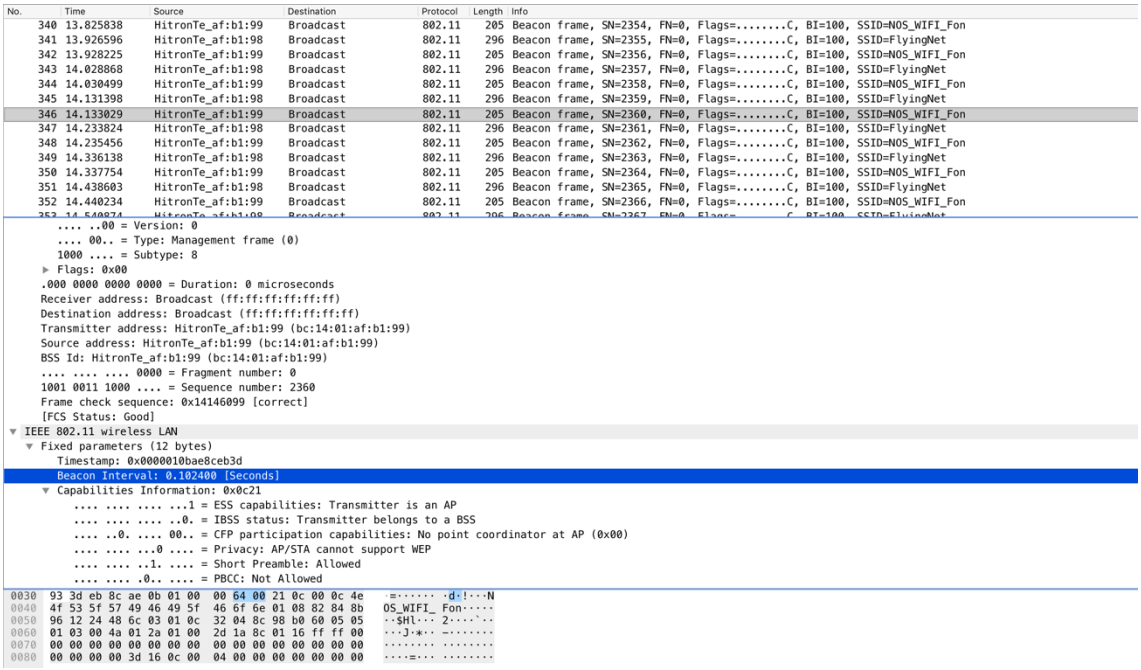
   Neste tipo de redes, a ocorrência de colisões e erros nas tramas é muito superior a outras, como por exemplo a Ethernet. Logo, é necessário usar um método que permita detetar erros.

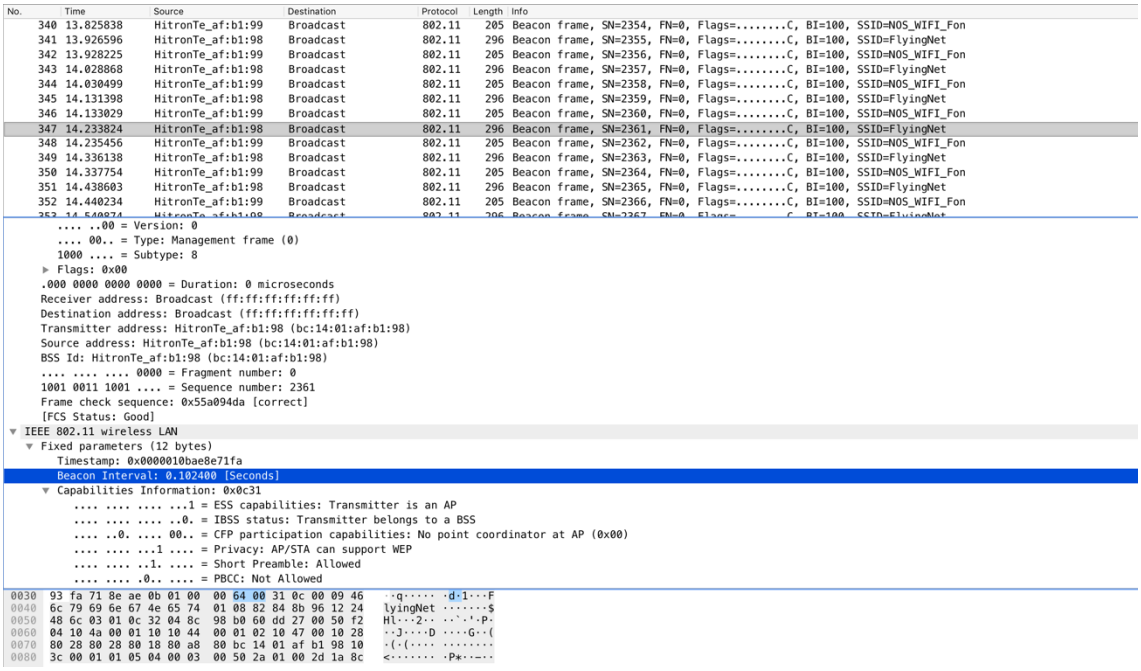




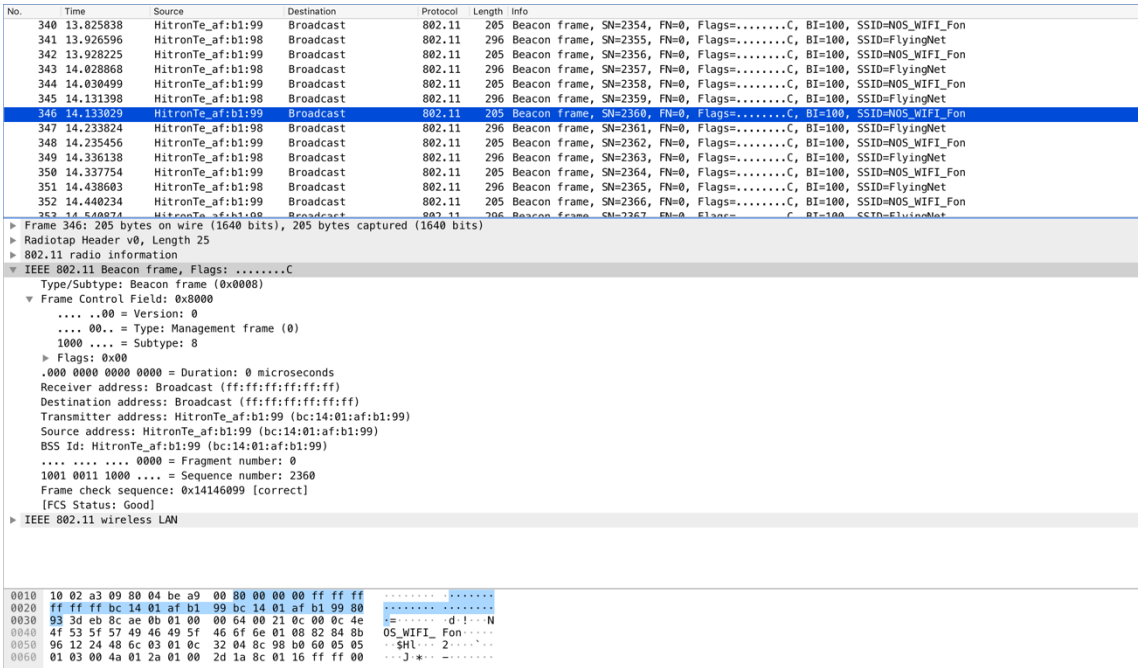
7. **Para dois dos APs identificados, indique qual é o intervalo de tempo previsto entre tramas beacon consecutivas? Na prática, a periodicidade de tramas beacon é verificada? Porquê?**

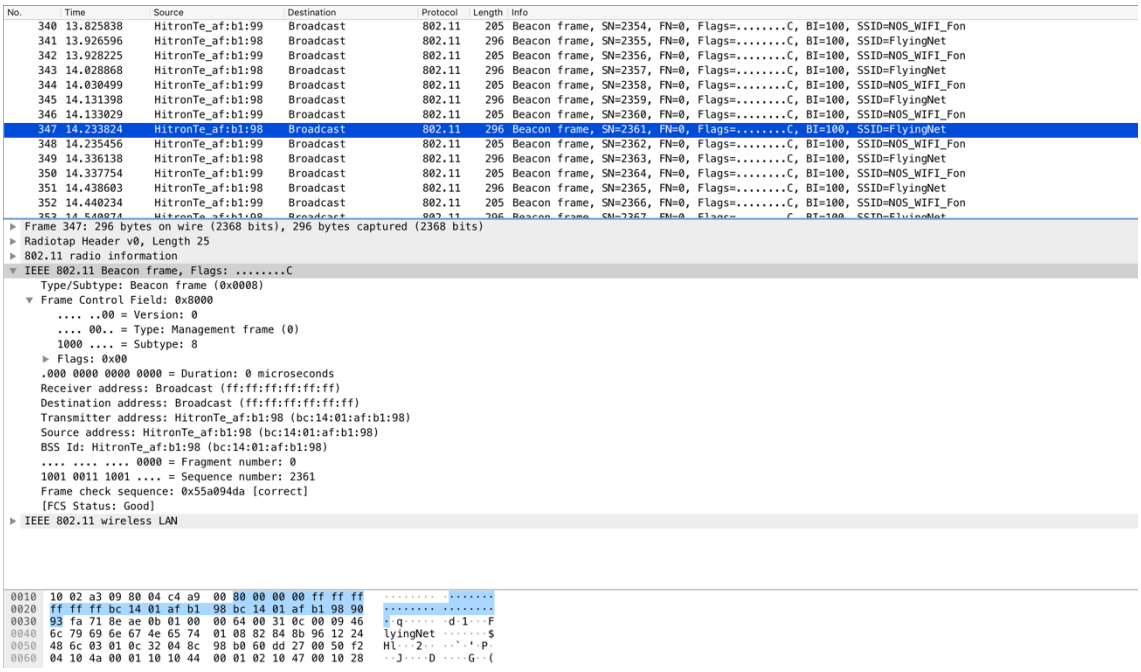
   Para os dois APs identificados, o intervalo de tempo previsto é de 0,102400 segundos. Na prática, a periodicidade observada, por exemplo, entre a trama 346 e 347 é de 0,100975 segundos, sendo um valor muito próximo do previsto.



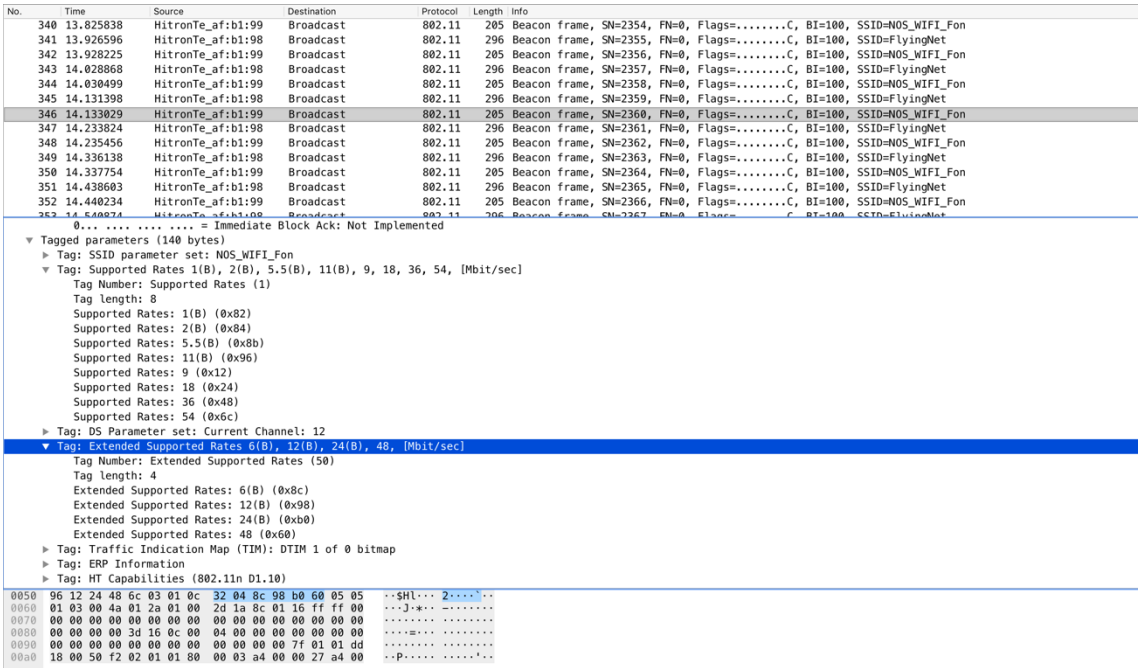


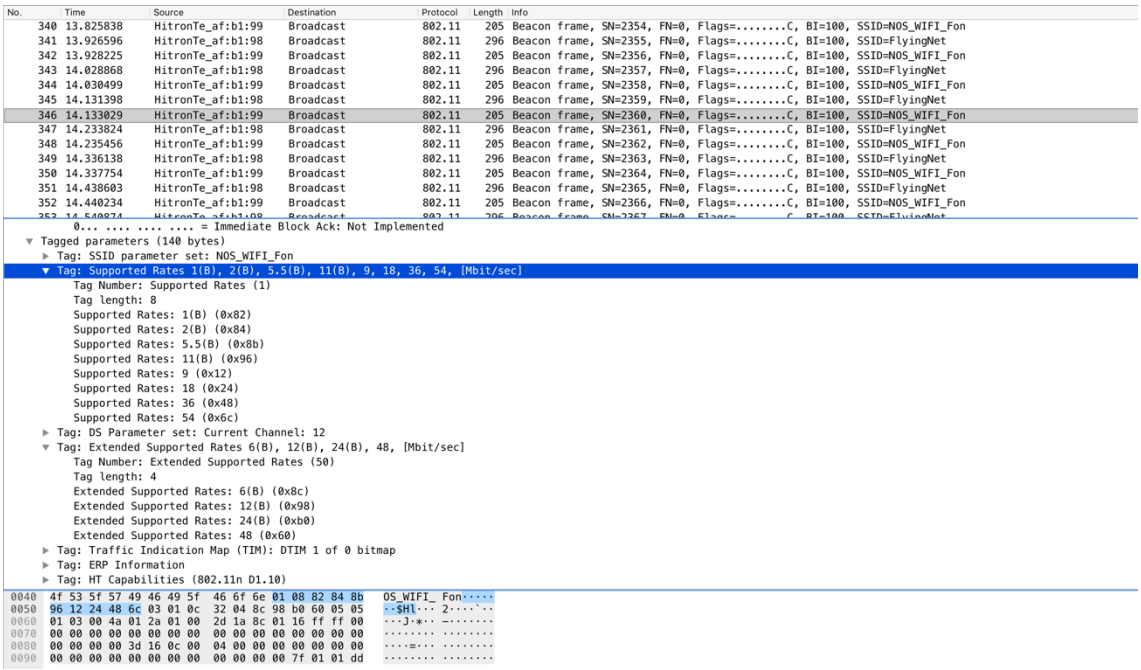
8. Identifique e registo todos os endereços MAC usados nas tramas beacon enviadas pelos APs.



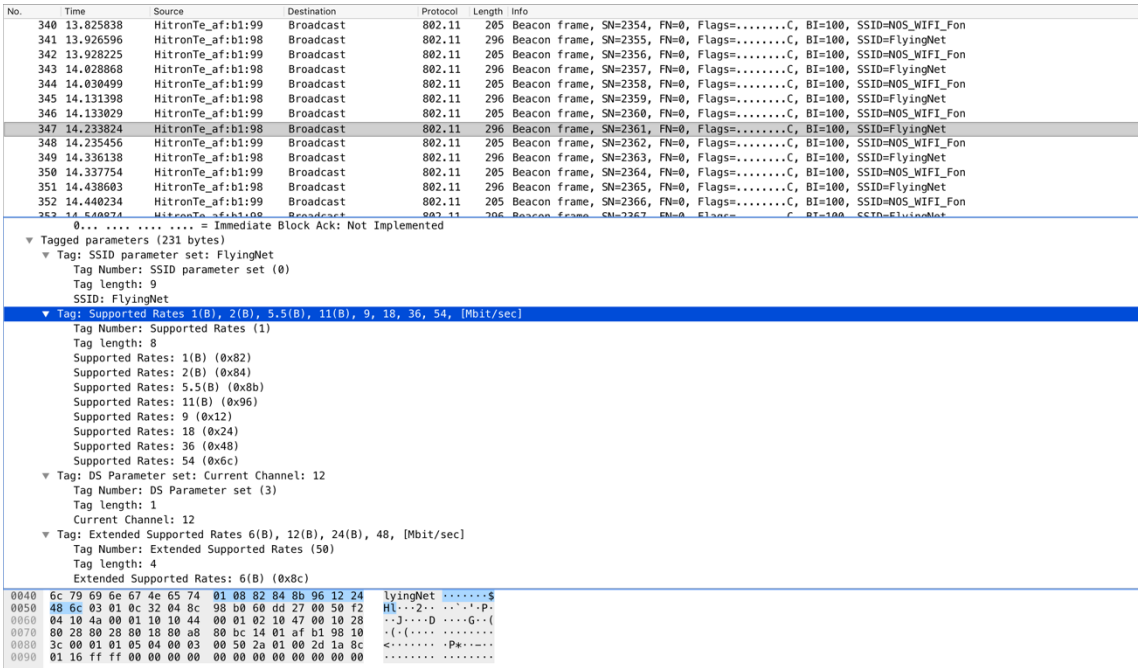


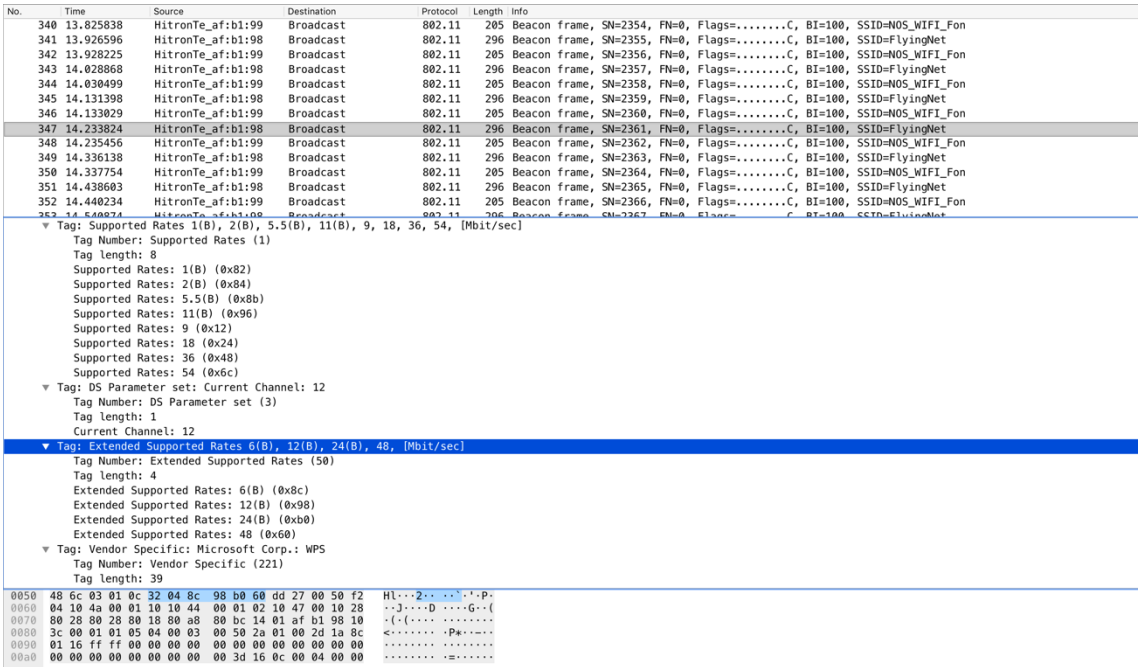
9. As tramas beacon anunciam que o AP pode suportar vários débitos de base assim como vários “extended supported rates”. Indique quais são esses débitos.
O AP com SSID NOS_WIFI_Fon pode suportar débitos de base de 1 até 54Mbs e “extended supported Rates” de 6 até 48Mbs:



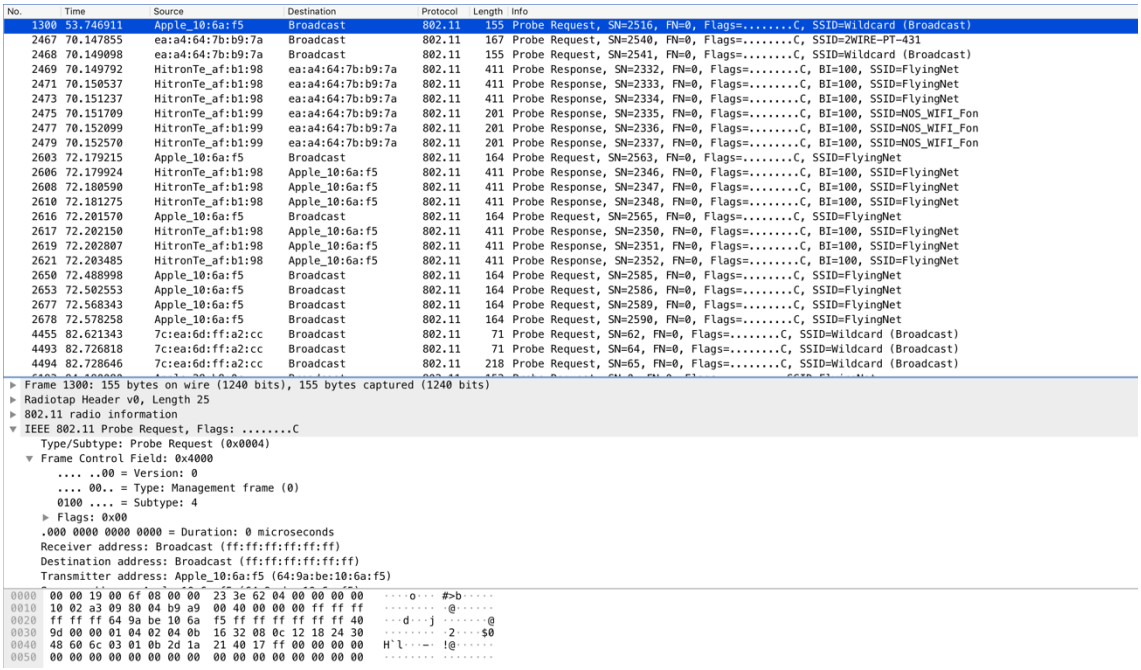


O AP com SSID FlyingNet pode suportar débitos de base de 1 até 54Mbs e “extended supported Rates” de 6 até 48 Mbs:





10. **Estabeleça um filtro Wireshark apropriado que lhe permita visualizar todas as tramar probing request ou probing response, simultaneamente.**
    O filtro que nos permite visualizar todas as tramas probing request e response é “wlan.fc.type_subtype == 4 or wlan.fc.type_subtype == 5”.



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.**

    Uma frame *probe request* é enviada por um host wireless para todos os APs na sua vizinhança. Estes respondem com uma trama *probe response* e o host pode então escolher o AP com o qual se pretende associar, dentro daqueles que enviaram resposta ao seu pedido.

    Depois de selecionar o AP com o qual se pretende conectar, o host envia uma trama *association request* para esse mesmo AP, e este responde com uma trama *association response*.

    Duas tramas que representam esta situação são a trama 2468 e 2469, que se tratam respetivamente do *probe request* e do *probe response*, e que podemos analisar na imagem da alínea anterior.

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.**

    1º Trama 2486 – Ocorre autenticação da STA.

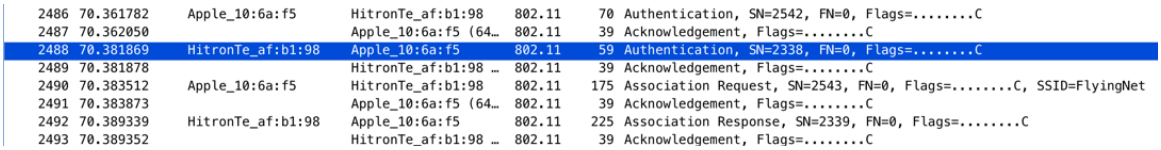
    2º Tramas 2487 e 2488 – Reconhecimento da receção da autenticação da STA por parte do AP e autenticação do AP.

    3º Tramas 2489 e 2490 – STA envia trama de *Acknowledgement* e faz um pedido de associação ao AP (*association request*).

    4º Tramas 2491 e 2492 – Envio de uma trama *Acknowledgement* por parte do AP e efetua resposta ao pedido de associação (*association response*).

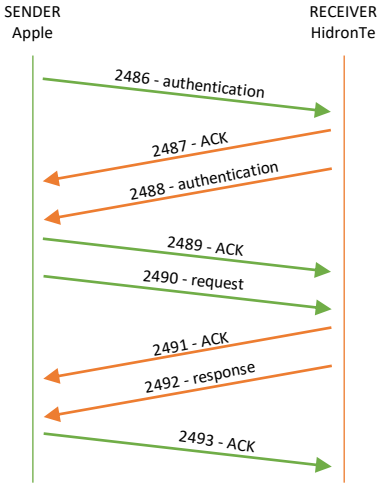
    5º Trama 2493 – STA envia trama de *acknowledgement* relativa à resposta do AP.

A imagem que se segue ilustra o processo descrito.



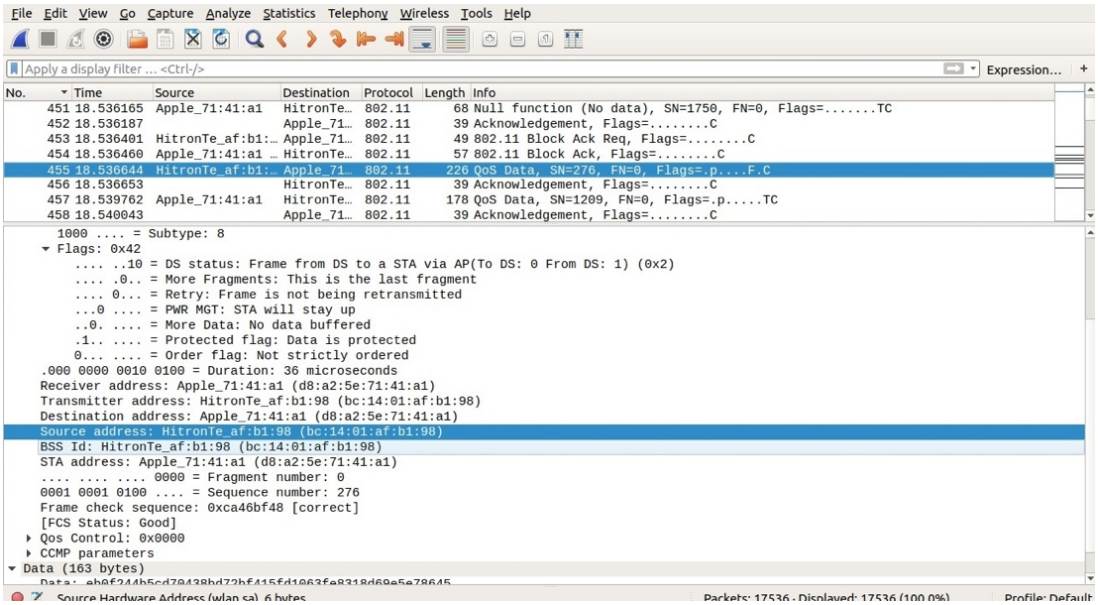
2486	70.361782	Apple_10:6a:f5	HitronTe_af:b1:98	802.11	70	Authentication, SN=2542, FN=0, Flags=........C
2487	70.362050		Apple_10:6a:f5 (64…	802.11	39	Acknowledgement, Flags=........C
2488	70.381869	HitronTe_af:b1:98	Apple_10:6a:f5	802.11	59	Authentication, SN=2338, FN=0, Flags=........C
2489	70.381878		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

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



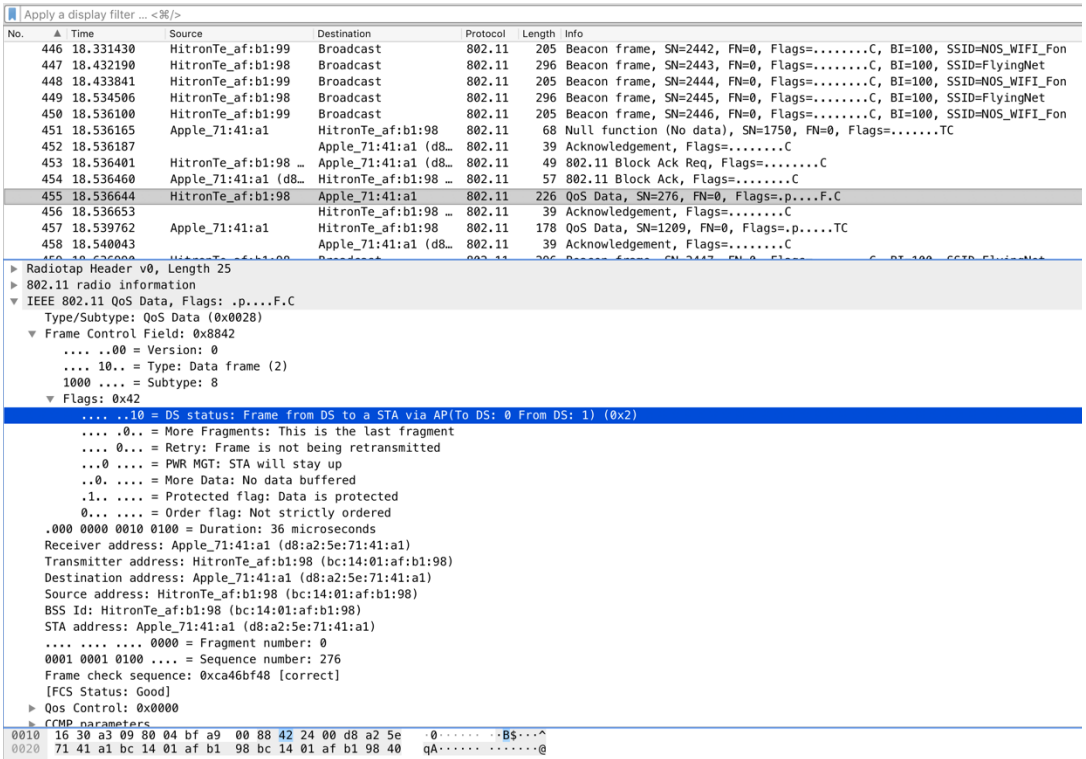
14. **Considere a trama de dados nº455. Sabendo que o campo Frame Control contido no cabeçalho das tramas 802.11 permite especificar a direccionalidade das tramas, o que pode concluir face à direccionalidade dessa trama, será local à WLAN?**

Não é local à WLAN, tal como indica a flag *TO DS:O FROM DS:1*. Na trama conseguimos ver que a trama recebida vem do sistema de distribuição (HitronTe_af:b1:98) para a STA (Apple_71:41:a1), através do AP (HitronTe_af:b1:98).

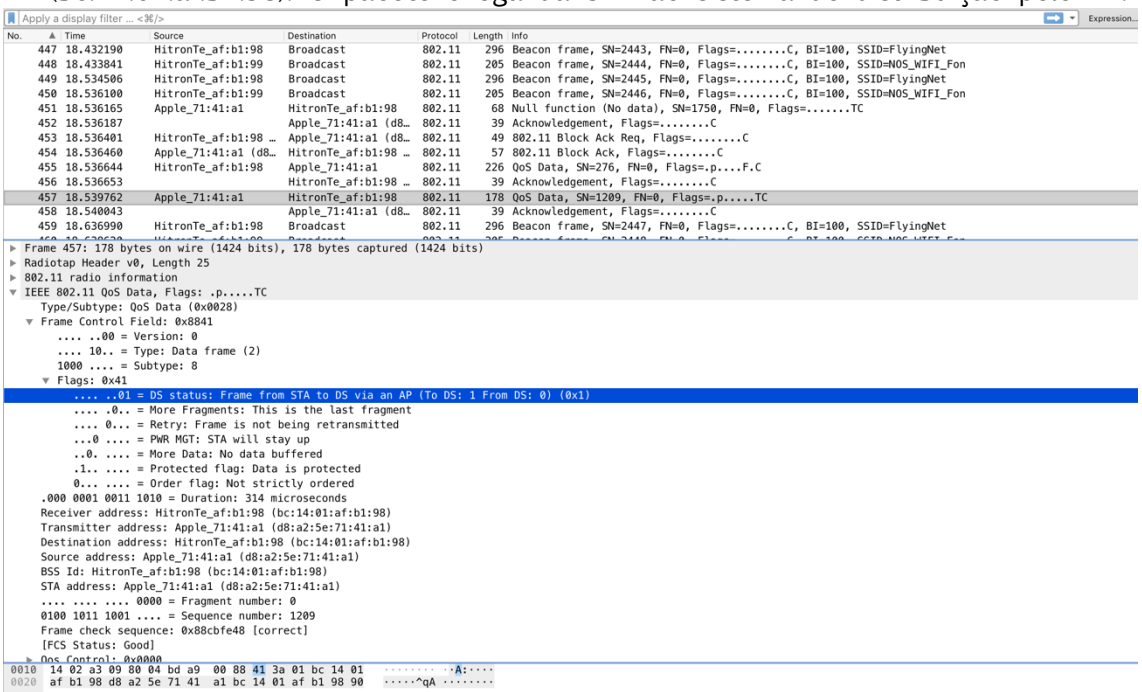


15. Para a trama nº455, transcreva os endereços MAC em uso, identificando qual o endereço MAC correspondente ao host sem fios (STA), ao AP e ao router de acesso ao sistema de distribuição.

    O STA tem o endereço MAC Apple_71:41:a1, o AP HitronTe_af:b1:98 e o router de acesso ao sistema tem o endereço MAC HitronTe_af:b1:98.



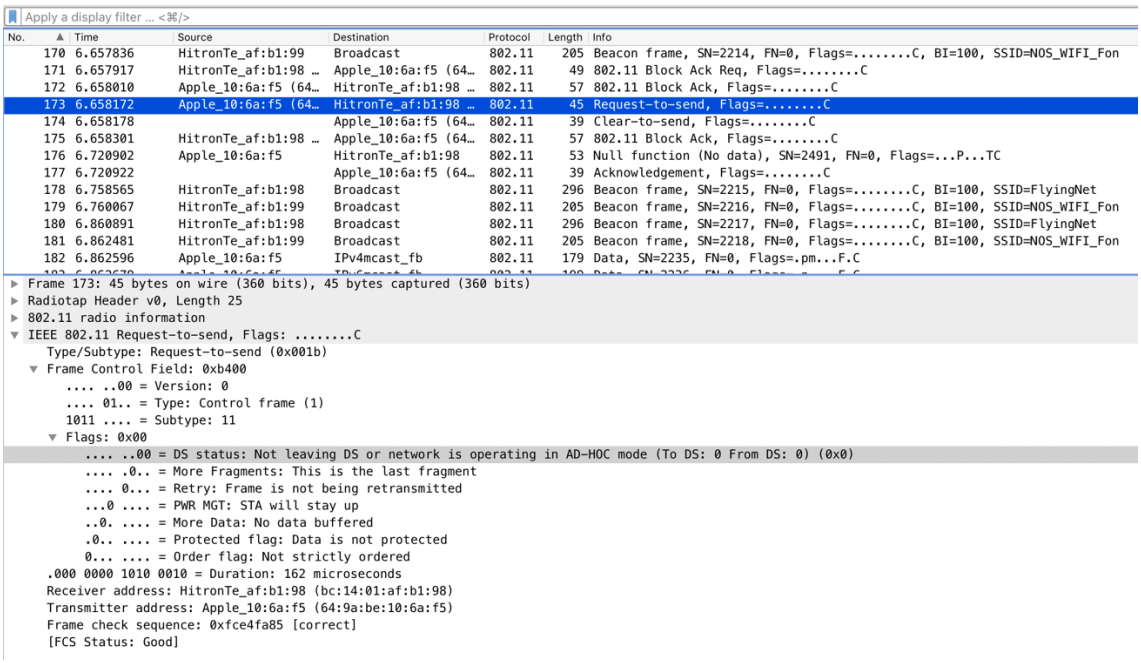
16. **Como interpreta a trama nº457 face à sua direccionalidade e endereço MAC?**
    Nesta trama a direccionalidade é To DS: 1 From DS: 0, indicando que a trama está a ser transmitida para fora da rede local. O sender/transmitter é a STA (d8:a2:5e:71:41:a1), o receiver é AP (bc:14:01:af:b1:98) e o destination é o Router (bc:14:01:af:b1:98). O pacote chega da STA ao sistema de distribuição pelo AP.

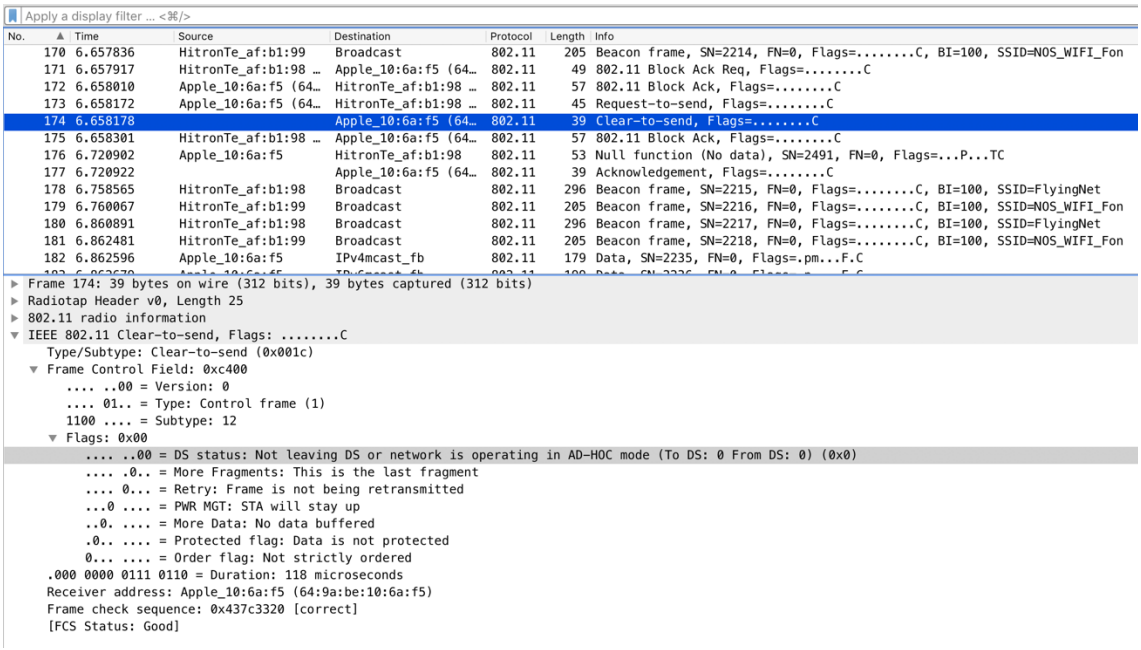


17. **Que subtipo de tramas de controlo são transmitidas ao longo da transferência de dados acima mencionada? Tente explicar porque razão têm de existir.**
    É transmitida uma trama de controlo de subtipo confirmação da receção sempre que não ocorre nenhum erro. Numa rede sem fios, a probabilidade de ocorrência de erros é muito grande relativamente a redes com fios, não existindo, contudo, nenhum método de deteção de erros no destino. Assim, o uso de tramas *acknowledgement* permite detetar a presença de erros na transmissão de dados. Após receber uma trama, a estação recetora envia ao transmissor uma trama deste tipo caso não tenham ocorrido erros. Se a estação transmissora não receber esta confirmação por parte do recetor durante um determinado intervalo de tempo após a transmissão, a trama é reenviada.

18. **Para o exemplo em cima, 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.**
    A opção RTS/CTS está a ser usada na troca de dados entre a STA e o AP/Router da WLAN, sendo estes os dois sistemas envolvidos nesta operação. Nas imagens apresentadas de seguida, podemos ver que as tramas 173 e 174 se tratam de um *request-to*-send (RTS) e um *clear-to-send (CTS)*, respetivamente. Através da análise das imagens é também percetível que a direccionalidade das tramas é *TO DS: 0 FROM DS: 0*, o que nos indica que estas estão a operar localmente à WLAN.

A STA envia uma trama RTS ao AP, informando-o que lhe pretende transmitir dados e este, posteriormente, informa o AP, com uma trama *CTS*, que os pode enviar. A trama CTS inclui um valor temporal que informa as outras estações na WLAN que está a ser processado um envio de dados, evitando assim possíveis colisões.





CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho prático, exploramos vários aspetos do protocolo IEEE 802.11, tais como o formato das tramas, o endereçamento dos componentes envolvidos na comunicação sem fios, bem como a operação do protocolo.

Vimos de perto o funcionamento do scanning ativo e do scanning passivo, e aprendemos que existem três tipos de tramas: as tramas de gestão, responsáveis por estabelecer e manter a comunicação entre as STAs; as tramas de controlo, que ajudam na troca de tramas de dados entre as STAs; e as tramas de dados, responsáveis pela transmissão e comunicação de dados.