



# **Lista 1**

## Redes Sem Fio

<b>Autoria</b>	<b>Matrícula</b>
Pedro Duarte Alvim	18/0108042
Pedro Henrique Dornelas Almeida	18/0108140

Engenharia de Redes de Comunicação  
Universidade de Brasília

16 de março de 2022

## Questão 1

a)

Note que temos uma largura de banda para cada cluster de  $B = 40MHz$ , a largura de banda para uma conexão duplex é de  $B_c = 60kHz$ , e considerando N como o fator de reuso, então podemos fazer o seguinte:

$$\frac{B}{N} = \frac{40MHz}{N}$$
$$\frac{40MHz}{N \cdot 60kHz}$$

Note que pela conta acima, temos a quantidade de conexões simultâneas que uma determinada célula do sistema pode suportar, então, multiplicando por 16, e também por N, para obter todas as células do sistema, podemos fazer:

$$\frac{40MHz}{N \cdot 60kHz} \cdot 16 \cdot N = \frac{40MHz \cdot 16}{60kHz} = 10666$$

b)

Para encontrar o número de conexões simultâneas que cada célula suporta, basta utilizamos a relação:

$$\frac{40MHz}{N \cdot 60kHz}$$

E para cada um dos sistemas substituir o fator de reuso em N:

- N=4 : 166 conexões
- N=7 : 95 conexões
- N=12 : 55 conexões
- N=19 : 35 conexões

c)

Pra descobrir a quantidade de células por área de cobertura, basta multiplicarmos por 16 o número de células para cada sistema:

- N=4 : 64 células
- N=7 : 112 células
- N=12 : 192 células
- N=19 : 304 células

d)

Usando a letra b como base, temos o número de conexões simultâneas por célula em cada um dos sistemas, basta multiplicarmos por 100 células para obter o número de conexões simultâneas que desejamos:

- N=4 : 16600 conexões
- N=7 : 9500 conexões
- N=12 : 5500 conexões
- N=19 : 3500 conexões

## Questão 6

Utilizando a tabela 10.3 é possível fazer as interpolações para os valores solicitados em cada item.

a) Given  $N = 20$ ,  $A = 10,5$ , find  $P$ .

$$\frac{P - 0,002}{0,005 - 0,002} = \frac{10,5 - 10,07}{11,10 - 10,07} \rightarrow P = 0,00325$$

b) Given  $N = 20$ ,  $P = 0.015$ , find  $A$ .

$$\frac{A - 12,03}{13,19 - 12,03} = \frac{0,015 - 0,01}{0,02 - 0,01} \rightarrow A = 12,61$$

c) Given  $P = 0.005$ ,  $A = 6$ , find  $N$ .

$$\frac{N - 10}{20 - 10} = \frac{6 - 3,96}{11,10 - 3,96} \rightarrow N = 12,85$$

## Questão 7

a)

Nesta questão temos que a largura de banda total é de  $B = 33MHz$  e que a largura de banda utilizada em cada conexão é de  $B_c = 50kHz$ , logo, podemos encontrar o número de canais disponíveis por célula pela seguinte relação:

$$C_N = \frac{B}{B_c \cdot N} = \frac{33MHz}{50kHz \cdot N} = \frac{660}{N}$$

Em que  $C_N$  é o número de canais disponíveis para cada N, em que este N representa o fator de reuso do sistema, assim:

- N=4 : 165 canais
- N=7 : 94 canais
- N=12 : 55 canais

**b)**

Neste item, deve-se separar 1MHz para controle de canais, sendo que cada célula deve ter somente 1 canal de controle. Assim, devemos ter uma distribuição para os diferentes fatores de reuso. Logo, a nova banda disponível para os sistemas de voz será de  $32MHz$ , e utilizando a relação do item a) para a nova banda chegamos no seguinte:

- N=4 : 160 canais de voz e 1 canal de controle por célula
- N=7 : 91 canais de voz e 1 canal de controle por célula
- N=12 : 53 canais de voz e 1 canal de controle por célula

## Questão 8

Parâmetros:

Área da célula:  $8km^2$

Área total de cobertura:  $4000km^2$

Fator de frequência de reuso: 7

Número de chamadas médio por usuário durante o horário de pico: 1,2

Tempo de espera médio para uma chamada: 100s

Probabilidade de bloqueio de chamada: 2%

**a)**

Para encontrar a quantidade de canais de voz que existem por célula devemos encontrar primeiro quantos canais no total há no sistema:

$$\frac{12,5MHz}{30kHz} = 416$$

Depois, deve-se diminuir do número de canais de controle:  $416 - 21 = 395$ . Por último, basta dividirmos esse número pelo número de células do sistema e encontraremos a quantidade de canais de voz por célula:

$$\frac{395}{7} = 56$$

**b)**

Para fazermos a interpolação, temos neste caso  $N=56$ ,  $P=0,02$  e devemos encontrar o  $A[\text{Erlands/Cell}]$ , fazendo a interpolação:

$$\frac{56 - 40}{70 - 40} = \frac{A - 31}{59,13 - 31}$$

$$A = 28,13 \cdot \frac{16}{30} + 31 = 46 [\text{Erlands/cell}]$$

Para transformar para  $[\text{Erlands}/km^2]$ , basta dividir por 8, então temos:

$$A = 5,75 [\text{Erlands}/km^2]$$

**c)**

O número de chamadas por hora/célula pode ser encontrado utilizando o  $A$  encontrado na questão anterior, e então, é possível também ver o quantas chamadas são realizadas por hora por  $3600/100 = 36$ , como nos informa a questão, logo:

$$46 \cdot 36 = 1656 \text{ calls/hour/cell}$$

Para encontrarmos a relação para  $\text{calls/hour}/km^2$ , basta dividirmos o resultado anterior por 8:

$$\frac{1656 \text{ calls/hour/cell}}{8} = 207 \text{ calls/hour}/km^2$$

**d)**

Para calcularmos o número de usuário por hora/célula, vamos usar o item anterior, aqui porém, usaremos que cada usuário realiza 1,2 chamadas por hora, e então usando o resultado anterior, podemos encontrar:

$$\frac{1656}{1,2} = 1380 \text{ users/hour/cell}$$

Para encontrar a relação do número de usuário, porém agora, por canal, podemos utilizar o item a que nos diz que cada célula contém 56 canais de voz, e fazer:

$$\frac{1380 \text{ users/hour/cell}}{56} = 24 \text{ users/hour/channel}$$

**e)**

Para determinar a eficiência de modulação, em  $\text{Erlands/MHz}/km^2$ , pode se fazer:

$$\eta_m = \frac{\text{Tráfego total carregado pelo sistema}}{(\text{Largura de banda}) \cdot (\text{Área total de cobertura})}$$

Sabemos a largura de banda total do sistema ( $B = 12,5 \text{ MHz}$ ), pelo item b sabemos o tráfego por célula, então, pode-se encontrar o tráfego total primeiro descobrindo quantas

células temos ao todo no sistema( $4000/8 = 500$ ). Após isso, multiplicar pelo resultado encontrado no item b para Erlands/cell:

$$\text{Tráfego total} = 500 [\text{cell}] \cdot 46 [\text{Erlands/cell}] = 23000 \text{ Erlands}$$

Por fim, podemos encontrar a eficiência nos termos que desejamos:

$$\eta_m = \frac{23000 \text{ Erlands}}{12,5 \text{ MHz} \cdot 4000 \text{ km}^2} = 0,46 [\text{Erlands/MHz/km}^2]$$

## Questão 15

Podemos organizar em tabelas

a)

O número de usuários em cada célula pode ser encontrado dividindo o tráfego da célula pelo número médio de uso por usuário(0,03), então podemos encontrar:

Número da célula	1	2	3	4	5	6	7
Usuários	1026	2223	1620	1106	1273	1260	1086

Tabela 1: Usuários por célula

- Célula 1:  $30,8/0,03 = 1026$
- Célula 2:  $66,7/0,03 = 2223$
- Célula 3:  $48,6/0,03 = 1620$
- Célula 4:  $33,2/0,03 = 1106$
- Célula 5:  $38,2/0,03 = 1273$
- Célula 6:  $37,8/0,03 = 1260$
- Célula 7:  $32,6/0,03 = 1086$

b)

Para determinar o número de chamadas por hora por um usuário, podemos usar a relação de que o tempo médio para uma ligação é de 120s, logo a quantidade de chamadas por hora é de  $3600/120 = 30$ , porém, cada usuário usa 0,03 Erlands de tráfego por hora, então a quantidade de chamadas por usuário é de  $0,03 \cdot 30 = 0,9$ .

c)

Para determinar o número de chamadas por hora em cada célula, podemos utilizar o resultado anterior, em que cada inscrito na célula realiza 0,9 chamadas por hora, associando ao item a, de forma que devemos multiplicar o número de usuários pelo número de chamadas médio que cada um realiza, assim teremos:

Número da célula	1	2	3	4	5	6	7
Nº Chamadas	923,4	2000,7	1458	995,4	1145,7	1134	977,4

Tabela 2: Chamadas por célula

d)

Aqui devemos determinar o número de canais necessários que cada célula deve conter. Para isso devemos usar a tabela 10.3 do livro para conseguir obter o N(número de canais) que suporte o tráfego de cada célula, fazendo as devidas interpolações pela tabela disponibilizada pela questão, que contém o A[Erlands], podemos encontrar:

Número da célula	1	2	3	4	5	6	7
Canais	40	78	59	43	48	48	42

Tabela 3: Canais necessários por célula

- Célula 1:  $\frac{N-24}{40-24} = \frac{30,8-16,64}{31-16,64} \rightarrow N = 39,7$
- Célula 2:  $\frac{N-70}{100-70} = \frac{66,7-59,13}{87,97-59,13} \rightarrow N = 77,8$
- Célula 3:  $\frac{N-40}{70-40} = \frac{48,6-31}{59,13-31} \rightarrow N = 58,7$
- Célula 4:  $\frac{N-40}{70-40} = \frac{33,2-31}{59,13-31} \rightarrow N = 42,3$
- Célula 5:  $\frac{N-40}{70-40} = \frac{38,2-31}{59,13-31} \rightarrow N = 47,6$
- Célula 6:  $\frac{N-40}{70-40} = \frac{37,8-31}{59,13-31} \rightarrow N = 47,2$
- Célula 7:  $\frac{N-40}{70-40} = \frac{32,6-31}{59,13-31} \rightarrow N = 41,7$

e)

O total de usuários basta somar o número de usuários da tabela do item a: 9594 .

f)

Para determinar o número médio de usuários por canal, devemos primeiro obter o número de canais necessários pelo item d: 358. Então:

$$\frac{9594}{358} = 26,79 \text{ usuários médios por canal}$$

g)

Para determinar a densidade de usuários por  $km^2$ , devemos fazer:

$$\frac{9594}{3100} = 3,094 \text{ inscrições}/km^2$$

h)

Para determinar o tráfego total basta somar os dados contidos que a tabela da questão disponibilizou, totalizando:

$$287,9 \text{ Erlands}$$

i)

Para encontrar o número de Erlands por  $km^2$  basta dividirmos:

$$\frac{287,9}{3100} = 0,0928 \text{ Erlands}/km^2$$

f)

O raio de uma célula pode ser encontrada utilizando a área de um hexágono(A) de raio R:

$$A = \frac{3}{2}R^2\sqrt{3}$$

Porém, queremos encontrar R, então:

$$R = \sqrt{A \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}}$$

Sabendo que  $A = 3100/7$ :

$$R = \sqrt{\frac{3100}{7} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}}$$
$$R = 13,05km$$