

## Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação

### Disciplina: Redes de Computadores II

### AD2 – 2º semestre de 2018 – GABARITO

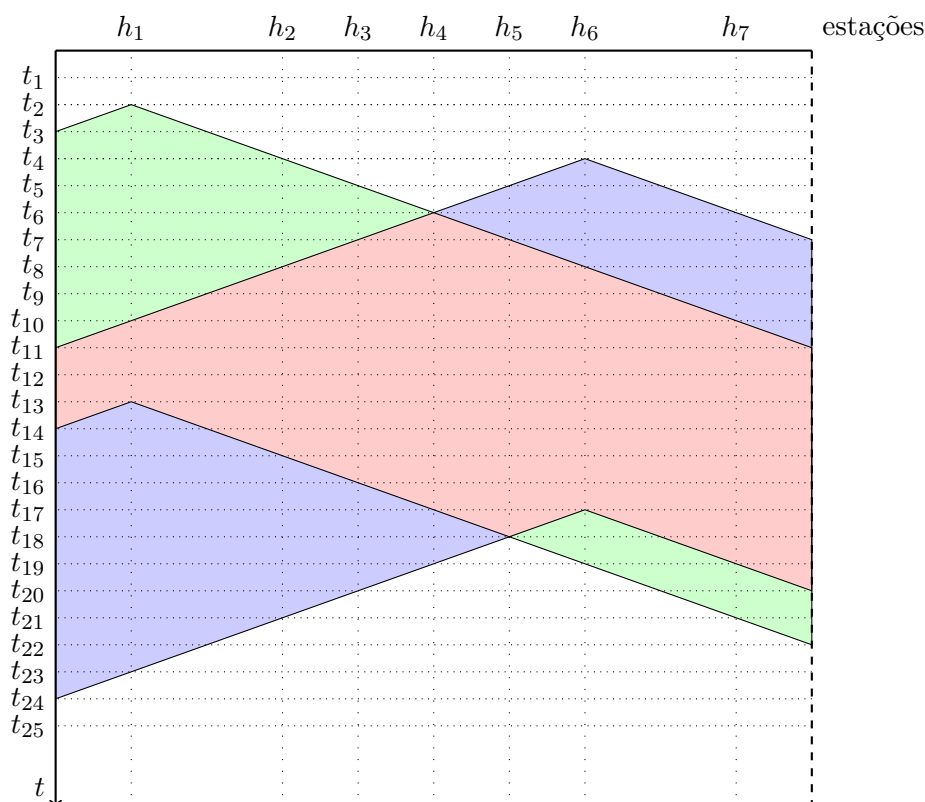
**IMPORTANTE:** O objetivo desta avaliação é consolidar seus conhecimentos em temas que são fundamentais para o entendimento desta disciplina. A avaliação é formada por diversos exercícios objetivos que irão contribuir para o melhor entendimento de conceitos fundamentais. O entendimento destes conceitos será medido nas APs. Desta forma, é importante você realizar e compreender todos os exercícios desta avaliação, mesmo aqueles que possuem pontuação zerada.

Esta avaliação possui 8 questões e soma 100 pontos.

**Questão 1** ..... 10 pontos

O CSMA é um dos mecanismos mais utilizados para acessar o meio compartilhado, fazendo parte do padrão Ethernet. Uma de suas principais características é que, antes de iniciarem suas transmissões, as estações escutam o meio para detectar transmissões que estejam em andamento, minimizando (mas não evitando) as colisões. O objetivo desta questão é compreender melhor o funcionamento deste mecanismo.

Considere o cenário de transmissão ilustrado na figura a seguir, onde o posicionamento das estações é apresentado no eixo horizontal, e o tempo no eixo vertical. Responda às perguntas utilizando a figura.



- (a) Quais estações transmitiram? Em que instantes de tempo cada uma destas estações iniciou e terminou sua transmissão?

**Resposta:**

Duas estações transmitiram: a estação  $h_1$  iniciou sua transmissão primeiro, utilizando o meio entre os instantes de tempo  $t_2$  e  $t_{13}$ . Depois disto, a estação  $h_6$  transmite dados entre  $t_4$  e  $t_{17}$ .

- (b) Considere todas as estações que não transmitiram. Determine o instante de tempo que cada uma delas começa e termina de receber cada uma das transmissões.

**Resposta:**

Estação	Transmissão de $h_1$	Transmissão de $h_6$
$h_2$	$t_4 - t_{15}$	$t_8 - t_{21}$
$h_3$	$t_5 - t_{16}$	$t_7 - t_{20}$
$h_4$	$t_6 - t_{17}$	$t_6 - t_{19}$
$h_5$	$t_7 - t_{18}$	$t_5 - t_{18}$
$h_7$	$t_{10} - t_{21}$	$t_6 - t_{19}$

- (c) Para cada estação, determine o instante de tempo em que ela detecta a colisão.  
 (d) Para cada estação, determine o período de tempo em que ela percebe o meio como ocupado.

**Resposta:**

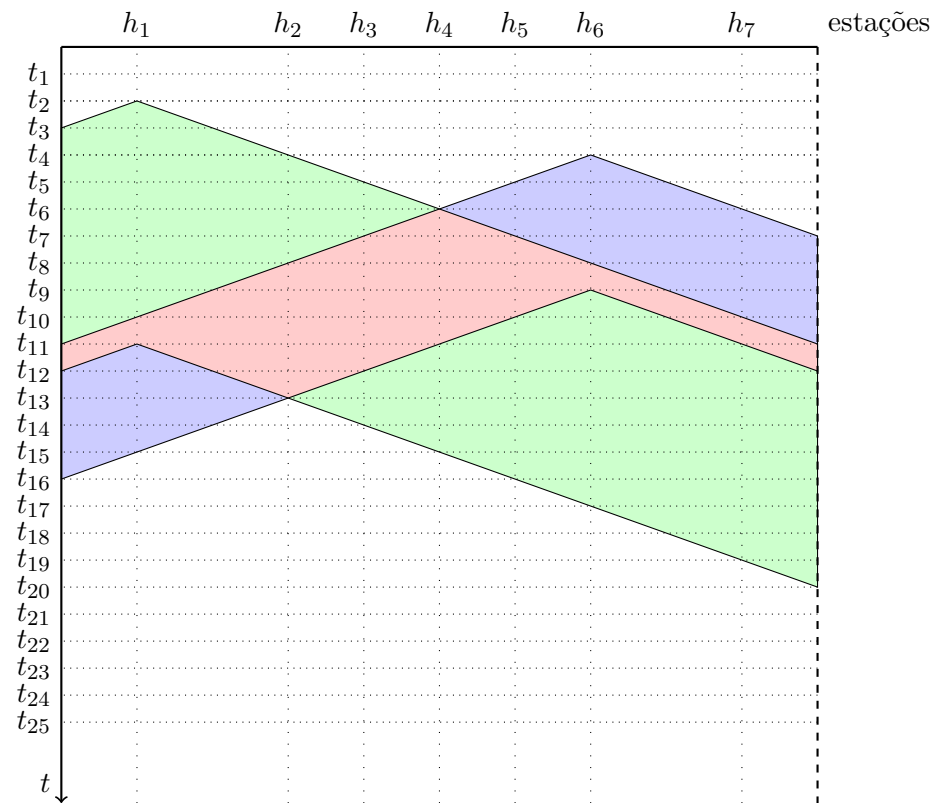
Estação	Vê meio ocupado entre:	Detecta colisão em:
$h_1$	$t_2 - t_{23}$	$t_{10}$
$h_2$	$t_4 - t_{21}$	$t_8$
$h_3$	$t_5 - t_{20}$	$t_7$
$h_4$	$t_6 - t_{19}$	$t_6$
$h_5$	$t_5 - t_{18}$	$t_7$
$h_6$	$t_4 - t_{19}$	$t_8$
$h_7$	$t_6 - t_{21}$	$t_{10}$

- (e) Considere os instantes de tempo  $t_3$ ,  $t_8$  e  $t_{20}$ . Quais estações podem iniciar uma transmissão nestes instantes de tempo?

**Resposta:**

	Estações:
$t_3$	$h_2, h_3, h_4, h_5, h_6, h_7$
$t_8$	—
$t_{20}$	$h_4, h_5, h_6$

- (f) Considere agora o mesmo cenário de transmissão acima, mas com o uso do protocolo CSMA/CD, conforme ilustrado na figura a seguir. Repita os itens (a) a (e) para este cenário.



**Resposta:**

Novamente, as estações  $h_1$  e  $h_6$  transmitiram. Desta vez, a estação  $h_1$  transmitiu entre os instantes de tempo  $t_2$  e  $t_{11}$ , e a estação  $h_6$  transmitiu entre os instantes de tempo  $t_4$  e  $t_9$ . As demais estações recebem estas transmissões conforme a tabela a seguir:

Estação	Transmissão de $h_1$	Transmissão de $h_6$
$h_2$	$t_4 - t_{13}$	$t_8 - t_{13}$
$h_3$	$t_5 - t_{14}$	$t_7 - t_{12}$
$h_4$	$t_6 - t_{15}$	$t_6 - t_{11}$
$h_5$	$t_7 - t_{16}$	$t_5 - t_{10}$
$h_7$	$t_{10} - t_{19}$	$t_6 - t_{11}$

As estações irão receber transmissões e detectar a colisão das mesmas nestes instantes de tempo:

Estação	Vê meio ocupado entre:	Detecta colisão em:
$h_1$	$t_2 - t_{15}$	$t_{10}$
$h_2$	$t_4 - t_{13}$	$t_8$
$h_3$	$t_5 - t_{14}$	$t_7$
$h_4$	$t_6 - t_{15}$	$t_6$
$h_5$	$t_5 - t_{16}$	$t_7$
$h_6$	$t_4 - t_{17}$	$t_8$
$h_7$	$t_6 - t_{19}$	$t_{10}$

Por fim, nos instantes de tempo assinalados, as estações que enxergam o meio como livre (e, portanto, podem transmitir) são as seguintes:

	Estações:
$t_3$	$h_2, h_3, h_4, h_5, h_6, h_7$
$t_8$	—
$t_{20}$	$h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6, h_7$

- (g) Compare os períodos de tempo em que as estações percebem o meio como ocupado nos dois casos. Qual foi o ganho de tempo trazido pelo CSMA/CD para cada estação?

**Resposta:**

O ganho de tempo, para cada estação, é dado pelo período em que a estação veria o meio como ocupado com o protocolo CSMA, mas como livre com o protocolo CSMA/CD. Este período de tempo é indicado nesta tabela:

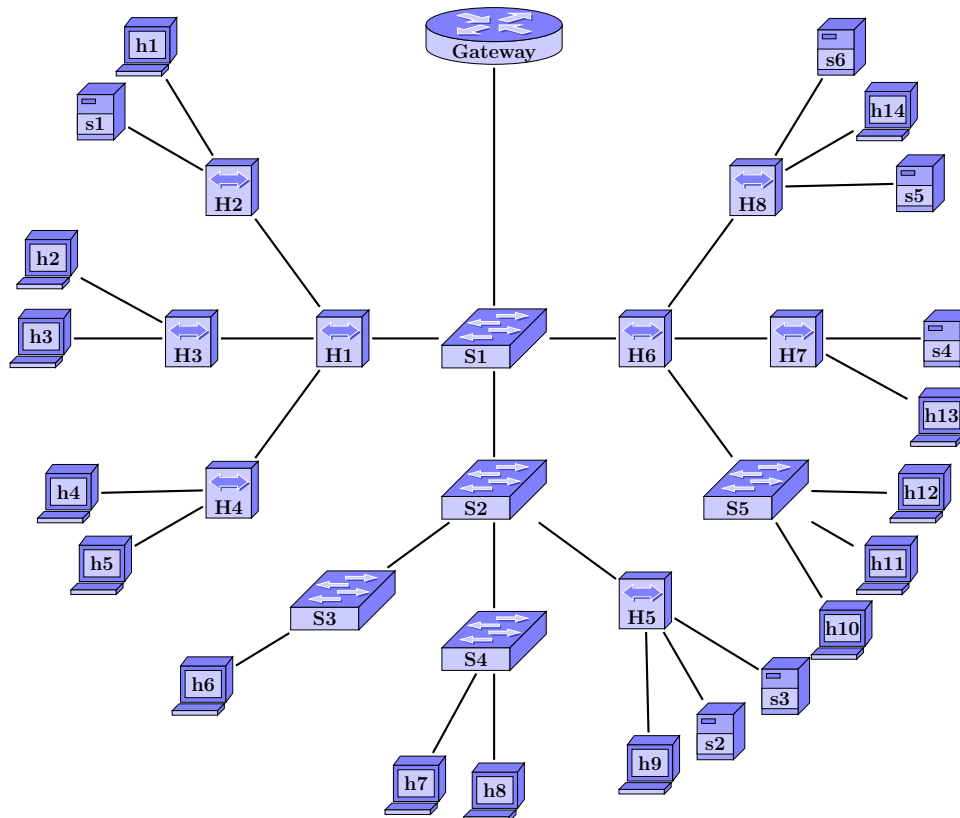
Estação	Ganho de tempo
$h_1$	$t_{15} - t_{23}$
$h_2$	$t_{13} - t_{21}$
$h_3$	$t_{14} - t_{20}$
$h_4$	$t_{15} - t_{19}$
$h_5$	$t_{16} - t_{18}$
$h_6$	$t_{17} - t_{19}$
$h_7$	$t_{19} - t_{21}$

**Questão 2** ..... 15 pontos

Apesar de ambos serem equipamentos que atuam na camada de enlace, uma das principais

diferenças entre *hubs* e *switches* está na ocorrência de colisões. Neste exercício, iremos compreender melhor o que isto significa.

Considere a seguinte rede local, composta por equipamentos de quatro tipos: estações (*h*), servidores (*s*), hubs (*H*) e switches (*S*). A única saída desta rede local para a Internet é através do gateway apresentado na ilustração.



- (a) Para cada par de estações a seguir, determine se irá ocorrer uma colisão caso elas transmitam dados para a Internet simultaneamente, ou se as transmissões terão sucesso.

- |                                    |                                  |                                    |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| i. h5 <b>não colide</b> com h14    | iv. h10 <b>não colide</b> com h7 | vii. h11 <b>não colide</b> com h4  |
| ii. h8 <b>não colide</b> com h3    | v. h4 <b>não colide</b> com h12  | viii. h2 <b>não colide</b> com h14 |
| iii. h10 <b>não colide</b> com h12 | vi. h13 <b>não colide</b> com h9 | ix. h14 <b>não colide</b> com h4   |

- (b) Um domínio de colisão é definido como sendo um segmento de rede (conjunto de enlaces) em que sempre ocorrerá colisão se houver duas transmissões simultâneas, mas que não causa colisão com nenhuma transmissão que ocorra fora do segmento. Equipamentos com apenas um enlace (como estações e servidores) fazem parte de apenas um domínio de colisão, enquanto equipamentos com mais de um enlace (como hubs e switches) podem fazer parte de mais de um domínio de colisão.

Identifique os domínios de colisão desta rede.

**Resposta:**

Domínio 1: h1 / h2 / h3 / h4 / h5 / H1 / H2 / H3 / H4 / s1 / S1

Domínio 2: S1 / S2

Domínio 3: h13 / h14 / H6 / H7 / H8 / s4 / s5 / s6 / S1 / S5

Domínio 4: S2 / S3

Domínio 5: S2 / S4

Domínio 6: h9 / H5 / s2 / s3 / S2

Domínio 7: h6 / S3

Domínio 8: h7 / S4

Domínio 9: h8 / S4

Domínio 10: h10 / S5

Domínio 11: h11 / S5

Domínio 12: h12 / S5

**Questão 3** ..... 15 pontos

O objetivo desta questão é compreender como funcionam dois algoritmos de funcionamento dos *switches*: o algoritmo de encaminhamento de pacotes e o algoritmo de aprendizado.

Considere a seguinte rede local, onde cada enlace é identificado por um número. Abaixo também são apresentadas as tabelas de encaminhamento de cada switch nesta rede.

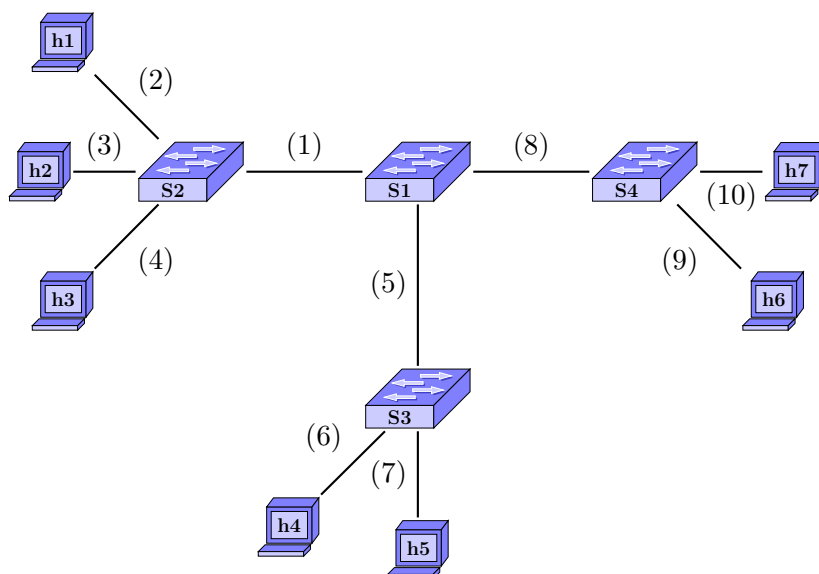


Tabela de S1	
Destino	Interface
h2	1
h1	1
h4	5
h6	8

Tabela de S2	
Destino	Interface
h2	3
h1	2
h3	4
h4	1
h6	1

Tabela de S3	
Destino	Interface
h2	5
h1	5
h4	6
h6	5

Tabela de S4	
Destino	Interface
h2	8
h1	8
h4	8
h6	9

Em cada um dos itens a seguir, apresentamos as estações origem e destino de um quadro enviado nesta rede. Para cada um destes quadros, determine:

- por quais enlaces o quadro será transmitido;
- quais entradas serão criadas na tabela de encaminhamento dos switches.

Considere que os quadros são enviados em sequência e, portanto, toda entrada criada em alguma tabela de encaminhamento na transmissão de um quadro será utilizada pelos switches na transmissão dos quadros seguintes.

i.  $h7 \rightarrow h3$

**Transmitido pelos enlaces: 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10**

**Entradas criadas:**

- Tabela do switch S1: 

Destino: h7	Interface: 8
-------------	--------------
- Tabela do switch S2: 

Destino: h7	Interface: 1
-------------	--------------
- Tabela do switch S3: 

Destino: h7	Interface: 5
-------------	--------------
- Tabela do switch S4: 

Destino: h7	Interface: 10
-------------	---------------

ii.  $h5 \rightarrow h3$

**Transmitido pelos enlaces: 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10**

**Entradas criadas:**

- Tabela do switch S1: 

Destino: h5	Interface: 5
-------------	--------------
- Tabela do switch S2: 

Destino: h5	Interface: 1
-------------	--------------
- Tabela do switch S3: 

Destino: h5	Interface: 7
-------------	--------------
- Tabela do switch S4: 

Destino: h5	Interface: 8
-------------	--------------

iii.  $h5 \rightarrow h2$

**Transmitido pelos enlaces: 1, 3, 5, 7**

**Nenhuma entrada é criada.**

iv.  $h1 \rightarrow h3$

**Transmitido pelos enlaces: 2, 4**

**Nenhuma entrada é criada.**

v.  $h3 \rightarrow h7$

**Transmitido pelos enlaces: 1, 4, 8, 10**

**Entradas criadas:**

- Tabela do switch S1: 

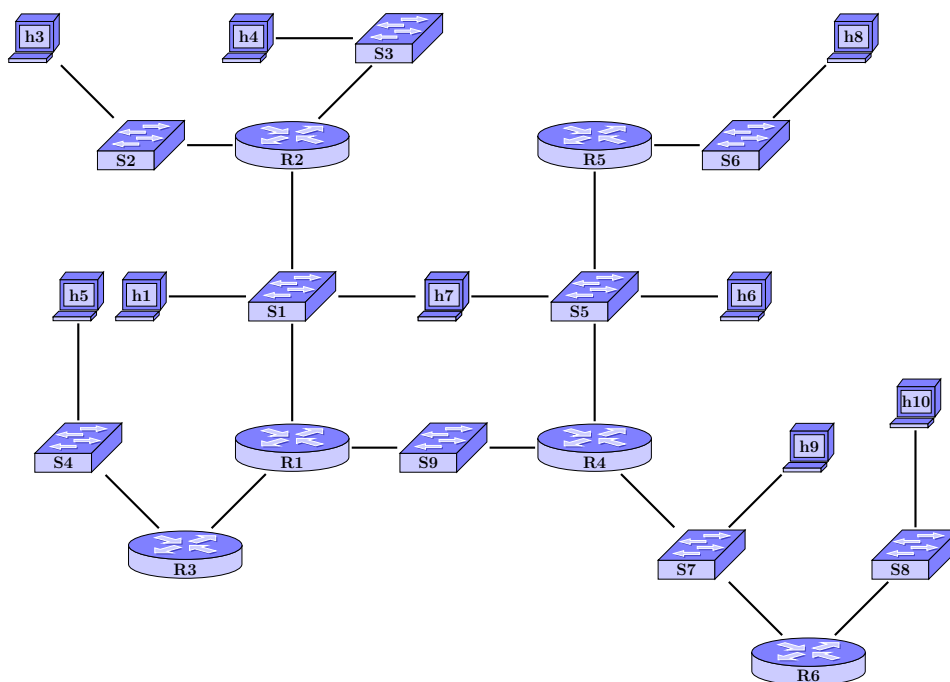
Destino: h3	Interface: 1
-------------	--------------
- Tabela do switch S4: 

Destino: h3	Interface: 8
-------------	--------------

**Questão 4** ..... 15 pontos

O objetivo deste exercício é compreender melhor o que significam as camadas de rede e de enlace na Internet.

Considere a seguinte rede, composta de estações ( $h$ ), switches ( $S$ ) e roteadores ( $R$ ).



Em cada um dos itens abaixo, são apresentadas duas estações entre as quais existe um fluxo de dados UDP na camada de rede. Os datagramas deste fluxo devem ser encapsulados em quadros na camada de enlace para que a transmissão seja realizada. Para cada um destes fluxos:

- determine o caminho que os datagramas irão percorrer na camada de rede;
- determine quantos quadros diferentes serão utilizados para encapsular cada datagrama em seu percurso;
- determine o caminho que estes quadros irão percorrer na camada de enlace;

i.  $h9 \rightarrow h10$

**Caminho na camada de rede:**  $h9 \rightarrow R6 \rightarrow h10$ ;

**Encapsulado em 2 quadros;**

**Caminho (total) na camada de enlace:**  $h9 \rightarrow S7 \rightarrow R6 \rightarrow S8 \rightarrow h10$ .

ii.  $h10 \rightarrow h2$

**Caminho na camada de rede:**  $h10 \rightarrow R6 \rightarrow R4 \rightarrow R1 \rightarrow h2$ ;

**Encapsulado em 4 quadros;**

**Caminho (total) na camada de enlace:**  $h10 \rightarrow S8 \rightarrow R6 \rightarrow S7 \rightarrow R4 \rightarrow S9 \rightarrow R1 \rightarrow S1 \rightarrow h2$ .

iii.  $h8 \rightarrow h1$

**Caminho na camada de rede:**  $h8 \rightarrow R5 \rightarrow R4 \rightarrow R1 \rightarrow h1$ ;

**Encapsulado em 4 quadros;**

**Caminho (total) na camada de enlace:**  $h8 \rightarrow S6 \rightarrow R5 \rightarrow S5 \rightarrow R4 \rightarrow S9 \rightarrow R1 \rightarrow S1 \rightarrow h1$ .

iv.  $h10 \rightarrow h8$

**Caminho na camada de rede:**  $h10 \rightarrow R6 \rightarrow R4 \rightarrow R5 \rightarrow h8$ ;

**Encapsulado em 4 quadros;**



**Caminho (total) na camada de enlace:** h10 → S8 → R6 → S7 → R4 → S5 → R5 → S6 → h8.

v. h3 → h5

**Caminho na camada de rede:** h3 → R2 → R1 → R3 → h5;

**Encapsulado em 4 quadros;**

**Caminho (total) na camada de enlace:** h3 → S2 → R2 → S1 → R1 → R3 → S4 → h5.

**Questão 5** ..... 10 pontos

O objetivo deste exercício é compreender melhor a ocorrência de colisões entre estações compartilhando acesso sem fio ao meio.

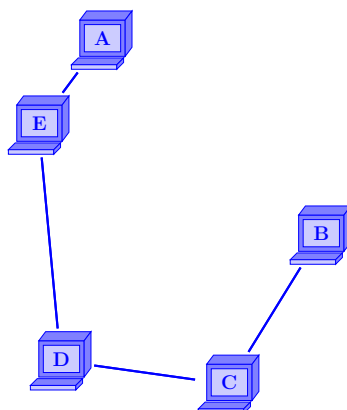
Considere uma rede sem fio não estruturada (*ad hoc*), na qual diversas estações tentam transmitir dados umas para as outras. As distâncias entre elas são dadas na tabela abaixo:

	A	B	C	D	E
A		7.8 m	9.7 m	8.6 m	2.8 m
B	7.8 m		4.6 m	7.6 m	8.0 m
C	9.7 m	4.6 m		4.5 m	8.5 m
D	8.6 m	7.6 m	4.5 m		6.3 m
E	2.8 m	8.0 m	8.5 m	6.3 m	

Suponha que uma estação consegue ouvir a transmissão de outra se elas se encontram a uma distância de 7.1 m ou menos. Caso contrário, devido ao desvanecimento do sinal, uma estação estará oculta para a outra.

- (a) Construa o grafo de conectividade desta rede. Neste grafo, vértices são estações, e uma aresta entre duas estações indica que elas ouvem a transmissão uma da outra.

**Resposta:**



- (b) Suponha que duas transmissões ocorrem simultaneamente. Diremos que ocorre colisão sempre que alguma estação desta rede escutar ambas as transmissões.

Para cada par de transmissões a seguir, determine se irá ocorrer uma colisão ou não.

- |                                            |                                          |
|--------------------------------------------|------------------------------------------|
| i. E → D / C → B — <b>Há colisão</b>       | iv. E → D / C → B — <b>Há colisão</b>    |
| ii. C → B / E → D — <b>Há colisão</b>      | v. E → D / B → C — <b>Não há colisão</b> |
| iii. B → C / E → A — <b>Não há colisão</b> | vi. D → E / B → C — <b>Há colisão</b>    |

**Questão 6** ..... 15 pontos

Uma das técnicas de acesso a meio compartilhado mais utilizadas em redes sem fio é a técnica CDMA. Nesta técnica, códigos ortogonais são utilizados pelas estações para transmitir seus dados, de forma que o receptor possa dissociar as transmissões. O objetivo desta questão é entender o funcionamento desta técnica e a importância de escolher códigos ortogonais.

Considere uma rede sem fio estruturada, em que estações enviam dados simultaneamente para um ponto de acesso. A tabela a seguir apresenta os códigos utilizados pelas estações e os bits que elas desejam transmitir. Note que os códigos são ortogonais uns aos outros.

Estação	Código	Bits a transmitir
Estação 1	(1, -1, 1, -1)	0 1 1 0
Estação 2	(1, 1, -1, -1)	1 1 0 1
Estação 3	(-1, 1, 1, -1)	1 0 0 1

- (a) Determine a sequência codificada que cada estação irá enviar para o ponto de acesso.

**Resposta:**

Estação 1 envia:

- (0, 0, 0, 0)
- (1, -1, 1, -1)
- (1, -1, 1, -1)
- (0, 0, 0, 0)

Estação 2 envia:

- (1, 1, -1, -1)
- (1, 1, -1, -1)
- (0, 0, 0, 0)
- (1, 1, -1, -1)

Estação 3 envia:

- (-1, 1, 1, -1)
- (0, 0, 0, 0)
- (0, 0, 0, 0)
- (-1, 1, 1, -1)

- (b) Suponha que todas as estações comecem a transmitir suas sequências simultaneamente. Determine a sequência de dados que será recebida pelo ponto de acesso.

**Resposta:**

As sequências transmitidas serão somadas bit a bit no meio, logo o ponto de acesso irá receber a sequência (0, 2, 0, -2, 2, 0, 0, -2, 1, -1, 1, -1, 0, 2, 0, -2).

- (c) Apresente os cálculos realizados pelo ponto de acesso para obter os bits transmitidos por cada estação. O ponto de acesso recebe estes bits com sucesso?

**Resposta:**

Todas as decodificações ocorreram com sucesso. Para a estação 1:

- $(0, 2, 0, -2) \cdot (1, -1, 1, -1)/4 = 0/4 = 0$
- $(2, 0, 0, -2) \cdot (1, -1, 1, -1)/4 = 4/4 = 1$
- $(1, -1, 1, -1) \cdot (1, -1, 1, -1)/4 = 4/4 = 1$
- $(0, 2, 0, -2) \cdot (1, -1, 1, -1)/4 = 0/4 = 0$

Para a estação 2:

- $(0, 2, 0, -2) \cdot (1, 1, -1, -1)/4 = 4/4 = 1$
- $(2, 0, 0, -2) \cdot (1, 1, -1, -1)/4 = 4/4 = 1$
- $(1, -1, 1, -1) \cdot (1, 1, -1, -1)/4 = 0/4 = 0$
- $(0, 2, 0, -2) \cdot (1, 1, -1, -1)/4 = 4/4 = 1$

Para a estação 3:

- $(0, 2, 0, -2) \cdot (-1, 1, 1, -1)/4 = 4/4 = 1$
- $(2, 0, 0, -2) \cdot (-1, 1, 1, -1)/4 = 0/4 = 0$
- $(1, -1, 1, -1) \cdot (-1, 1, 1, -1)/4 = 0/4 = 0$
- $(0, 2, 0, -2) \cdot (-1, 1, 1, -1)/4 = 4/4 = 1$

- (d) Considere agora um novo cenário, em que estas mesmas estações transmitem os mesmos bits, mas utilizando os seguintes códigos:

Estação	Código
Estação 1	$(-1, -1, 1, 1)$
Estação 2	$(-1, -1, -1, -1)$
Estação 3	$(-1, 1, -1, 1)$

Note que, desta vez, os códigos não são ortogonais dois a dois. Repita os itens anteriores e determine se as transmissões ocorrem com sucesso.

**Resposta:**

Estação 1 envia:

- (0 , 0 , 0 , 0)
- (-1 , -1 , 1 , 1)
- (-1 , -1 , 1 , 1)
- (0 , 0 , 0 , 0)

Estação 2 envia:

- (-1 , -1 , -1 , -1)
- (-1 , -1 , -1 , -1)
- (0 , 0 , 0 , 0)
- (-1 , -1 , -1 , -1)

Estação 3 envia:

- (-1 , 1 , -1 , 1)
- (0 , 0 , 0 , 0)
- (0 , 0 , 0 , 0)
- (-1 , 1 , -1 , 1)

Novamente as sequências transmitidas serão somadas no meio e o ponto de acesso irá receber a sequência (-2 , 0 , -2 , 0 , -2 , -2 , 0 , 0 , -1 , -1 , 1 , 1 , -2 , 0 , -2 , 0) para decodificação.

Decodificação dos bits da estação 1:

- $(-2 , 0 , -2 , 0) \cdot (-1 , -1 , 1 , 1)/4 = 0/4 = 0$
- $(-2 , -2 , 0 , 0) \cdot (-1 , -1 , 1 , 1)/4 = 4/4 = 1$
- $(-1 , -1 , 1 , 1) \cdot (-1 , -1 , 1 , 1)/4 = 4/4 = 1$
- $(-2 , 0 , -2 , 0) \cdot (-1 , -1 , 1 , 1)/4 = 0/4 = 0$

Decodificação dos bits da estação 2:

- $(-2 , 0 , -2 , 0) \cdot (-1 , -1 , -1 , -1)/4 = 4/4 = 1$
- $(-2 , -2 , 0 , 0) \cdot (-1 , -1 , -1 , -1)/4 = 4/4 = 1$
- $(-1 , -1 , 1 , 1) \cdot (-1 , -1 , -1 , -1)/4 = 0/4 = 0$
- $(-2 , 0 , -2 , 0) \cdot (-1 , -1 , -1 , -1)/4 = 4/4 = 1$

Decodificação dos bits da estação 3:

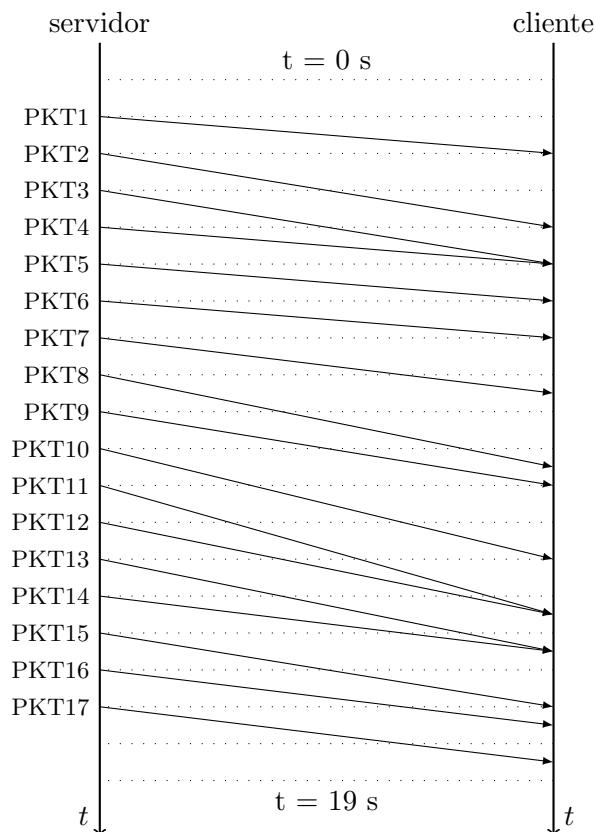
- $(-2 , 0 , -2 , 0) \cdot (-1 , 1 , -1 , 1)/4 = 4/4 = 1$
- $(-2 , -2 , 0 , 0) \cdot (-1 , 1 , -1 , 1)/4 = 0/4 = 0$
- $(-1 , -1 , 1 , 1) \cdot (-1 , 1 , -1 , 1)/4 = 0/4 = 0$
- $(-2 , 0 , -2 , 0) \cdot (-1 , 1 , -1 , 1)/4 = 4/4 = 1$

Desta vez, os bits enviados pelas estações não são recuperados pelo ponto de acesso, logo a transmissão não ocorreu com sucesso.

**Questão 7** ..... 10 pontos

Para compensar pelo *jitter* observado na Internet como consequência do seu modelo “*best effort*” de serviço, aplicações de transmissão de vídeo por *streaming* utilizam técnicas de bufferização no cliente. Nestas técnicas, o cliente irá armazenar os dados da mídia a ser reproduzida em um *buffer* antes da reprodução, com o objetivo de atrasá-la e, com isso, melhor a qualidade da reprodução. O objetivo desta questão é compreender o funcionamento destes mecanismos de bufferização de cliente.

Considere o seguinte cenário, em que um servidor transmite pacotes por *streaming* uma sequência de pacotes de um vídeo para um cliente. O diagrama a seguir ilustra esta transmissão. Note que o pacote PKT1 foi transmitido no instante de tempo  $t = 1$  s, o pacote PKT2, no instante  $t = 2$  s, e assim por diante.



- (a) Determine o instante de recepção de cada pacote e calcule seu atraso de propagação.

**Resposta:**

**PKT1** Transmissão em  $t = 1.0$  s, recepção em  $t = 2.0$  s: atraso de 1.0 s  
**PKT2** Transmissão em  $t = 2.0$  s, recepção em  $t = 4.0$  s: atraso de 2.0 s  
**PKT3** Transmissão em  $t = 3.0$  s, recepção em  $t = 5.0$  s: atraso de 2.0 s  
**PKT4** Transmissão em  $t = 4.0$  s, recepção em  $t = 5.0$  s: atraso de 1.0 s  
**PKT5** Transmissão em  $t = 5.0$  s, recepção em  $t = 6.0$  s: atraso de 1.0 s  
**PKT6** Transmissão em  $t = 6.0$  s, recepção em  $t = 7.0$  s: atraso de 1.0 s  
**PKT7** Transmissão em  $t = 7.0$  s, recepção em  $t = 8.5$  s: atraso de 1.5 s  
**PKT8** Transmissão em  $t = 8.0$  s, recepção em  $t = 10.5$  s: atraso de 2.5 s  
**PKT9** Transmissão em  $t = 9.0$  s, recepção em  $t = 11.0$  s: atraso de 2.0 s  
**PKT10** Transmissão em  $t = 10.0$  s, recepção em  $t = 13.0$  s: atraso de 3.0 s  
**PKT11** Transmissão em  $t = 11.0$  s, recepção em  $t = 14.5$  s: atraso de 3.5 s  
**PKT12** Transmissão em  $t = 12.0$  s, recepção em  $t = 14.5$  s: atraso de 2.5 s  
**PKT13** Transmissão em  $t = 13.0$  s, recepção em  $t = 15.5$  s: atraso de 2.5 s  
**PKT14** Transmissão em  $t = 14.0$  s, recepção em  $t = 15.5$  s: atraso de 1.5 s  
**PKT15** Transmissão em  $t = 15.0$  s, recepção em  $t = 17.0$  s: atraso de 2.0 s  
**PKT16** Transmissão em  $t = 16.0$  s, recepção em  $t = 17.5$  s: atraso de 1.5 s  
**PKT17** Transmissão em  $t = 17.0$  s, recepção em  $t = 18.5$  s: atraso de 1.5 s

- (b) Considere o seguinte mecanismo de bufferização no cliente: o cliente possui um buffer de capacidade infinita, no qual armazena todos os pacotes assim que chegam, e o vídeo começará a ser reproduzido somente após um atraso pré-determinado (a ser escolhido), que conta a partir da chegada do primeiro pacote. Qualquer pacote que chegue após o instante em que deveria ser reproduzido é considerado perdido.

Suponha que você pode escolher entre as opções de atraso de reprodução a seguir. Qual será a porcentagem de pacotes perdidos nesta transmissão, para cada opção?

i. 2.5 s : **0.0%**

ii. 3.5 s : **0.0%**

iii. 4.0 s : **0.0%**

- (c) Para este mecanismo, qual deve ser o atraso de reprodução mínimo para que nenhum pacote desta transmissão seja perdido?

**Resposta:**

Todos os pacotes serão reproduzidos se o atraso for de 2.5 s ou maior.

- (d) Considere agora este segundo mecanismo de bufferização: novamente o cliente possui um buffer infinito, mas agora ele começará a reproduzir o vídeo após um certo número de pacotes (a ser definido) ter chegado. Pacotes que chegarem após o instante em que deveriam ser reproduzidos são considerados perdidos.

Em cada item a seguir, será apresentada uma opção de atraso de reprodução. Qual será a porcentagem de pacotes perdidos para cada opção, para a transmissão apresentada?

i. 1 pacotes : **76.5%**

ii. 3 pacotes : **0.0%**

iii. 4 pacotes : **0.0%**

- (e) Para este segundo mecanismo, quantos pacotes, no mínimo, o cliente deve esperar chegar para começar a reprodução, se não quiser perdas nesta transmissão?

**Resposta:**

Basta aguardar a chegada de 3 pacotes, para que todos sejam reproduzidos.

**Questão 8** ..... 10 pontos

O objetivo desta questão é compreender como funciona o mecanismo de *forward error correction*, ou FEC, e como ele auxilia a recuperação de pacotes de vídeo sem retransmissão.

Considere um servidor realizando *streaming* de vídeo para um cliente. Serão transmitidos 25 pacotes, numerados de 1 a 25, em slots de tempo pré-determinados (um pacote por slot).

Além disso, o servidor irá implementar o seguinte esquema de redundância FEC: para cada  $k$  pacotes, o servidor irá criar um pacote adicional FEC contendo o XOR destes pacotes e o transmitirá ao cliente. Caso o último grupo tenha menos que  $k$  pacotes, o último FEC será aplicado nos pacotes restantes.

Suponha que o servidor pode optar por implementar um esquema FEC com  $k = 2, 5$  ou  $6$ . Para cada um destes esquemas, responda as seguintes perguntas:

- (a) No total, quantos pacotes (de vídeo ou FEC) ele irá transmitir para o cliente?

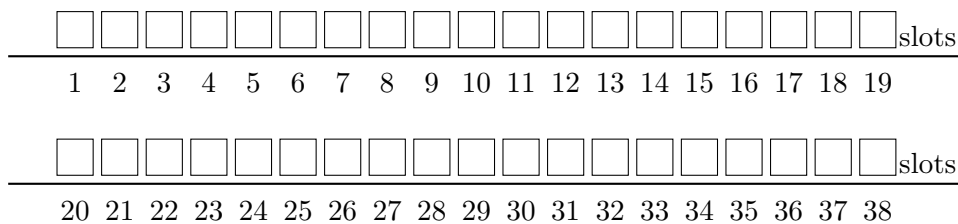
**Resposta:**

Para  $k = 2$ , serão transmitidos 38 pacotes.

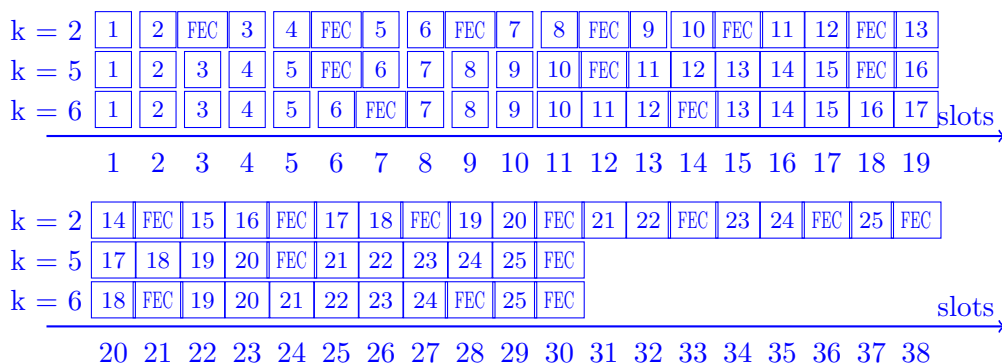
Para  $k = 5$ , serão transmitidos 30 pacotes.

Para  $k = 6$ , serão transmitidos 30 pacotes.

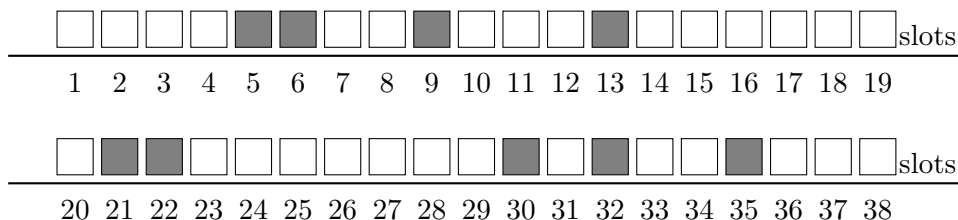
- (b) Considere o diagrama a seguir:



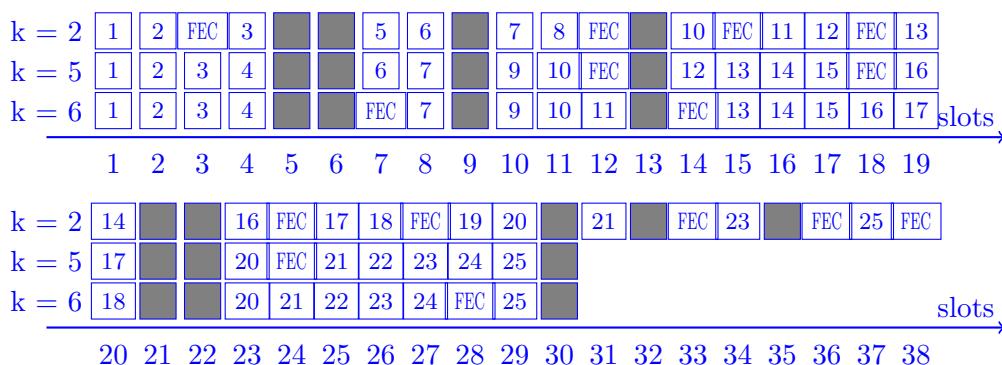
Cada quadrado neste diagrama representa um slot de transmissão. Preencha esse diagrama indicando, em cada slot, se foi transmitido um pacote de vídeo, um pacote FEC, ou se não houve transmissão. Para os pacotes de vídeo, indique também o número do pacote transmitido.

**Resposta:**

(c) Suponha agora que seja observado o padrão de perdas ilustrado a seguir:



Nesta ilustração, quadrados brancos indicam transmissões com sucesso e quadrados cinzas indicam pacotes perdidos. Preencha novamente o diagrama anterior, agora pelo ponto de vista do cliente; isto é, indique se foi recebido um pacote de vídeo (e qual o seu número), um pacote FEC, se o pacote enviado foi perdido ou se não houve transmissão.

**Resposta:**

- (d) Utilizando o diagrama construído no item anterior, determine quais pacotes de vídeo o cliente não irá receber. Determine também quais destes pacotes o cliente será capaz de recuperar com o uso do pacote FEC.

**Resposta:**

**k = 2** Os pacotes 4, 9, 15, 22 e 24 serão perdidos na transmissão. Destes, o cliente poderá, com o uso dos pacotes FEC, recuperar os pacotes 9, 15, 22 e 24.

**k = 5** Os pacotes 5, 8, 11, 18 e 19 serão perdidos na transmissão. Destes, o cliente poderá, com o uso dos pacotes FEC, recuperar os pacotes 8 e 11.

**k = 6** Os pacotes 5, 6, 8, 12 e 19 serão perdidos na transmissão. O esquema FEC somente irá ajudar a recuperar o pacote 19.

- (e) Qual a porcentagem de pacotes reproduzidos com sucesso pelo cliente?

**Resposta:**

A fração de pacotes reproduzidos será igual a 96.0% (com  $k = 2$ ), 88.0% (com  $k = 5$ ) ou 84.0% (com  $k = 6$ ).