

## Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação

### Disciplina: Redes de Computadores II

### AD1 – 2º semestre de 2014 – 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 13 questões e soma 100 pontos, correspondentes à nota máxima (10).

---

**Questão 0** ..... 0 pontos

O objetivo deste exercício é entender melhor a relação entre faixas de endereços IP, endereços de rede, e endereços IPs. Repare que todo endereço de rede define uma faixa de endereços IP e que todo endereço IP pertence a uma ou mais redes. O entendimento destes conceitos é fundamental e será necessário para resolver outras questões desta avaliação.

(a) Determine se o endereços IP a seguir pertencem ou não às redes correspondentes.

- i. O endereço 171.87.22.154 **pertence** à rede 171.87.22.0/24
- ii. O endereço 51.126.84.135 **não pertence** à rede 51.126.160.0/19
- iii. O endereço 118.124.53.199 **não pertence** à rede 119.0.0.0/9
- iv. O endereço 57.219.44.141 **não pertence** à rede 57.219.128.0/17
- v. O endereço 179.167.196.117 **pertence** à rede 179.166.0.0/15
- vi. O endereço 209.20.220.99 **não pertence** à rede 209.24.0.0/14
- vii. O endereço 143.75.40.73 **pertence** à rede 140.0.0.0/6
- viii. O endereço 26.95.243.107 **não pertence** à rede 26.95.192.0/19
- ix. O endereço 139.46.92.251 **pertence** à rede 136.0.0.0/6
- x. O endereço 168.217.206.187 **não pertence** à rede 168.218.128.0/17

(b) Nos itens a seguir, serão apresentados dois endereços, correspondentes a duas redes distintas. Determine, em cada caso, se uma das redes é uma subrede da outra ou não. Em caso positivo, identifique a subrede maior e a subrede menor.

- i. 180.144.0.0/13 **é disjunta de** 181.192.0.0/10
- ii. 182.53.199.16/28 **é disjunta de** 182.53.206.0/23
- iii. 150.142.224.0/20 **contém** 150.142.226.0/23
- iv. 208.6.0.0/16 **é disjunta de** 208.1.192.0/18
- v. 170.91.146.16/29 **é disjunta de** 170.91.150.0/24

- vi. 63.168.156.128/25 **está contida em** 63.168.156.0/22
- vii. 236.126.20.0/22 **é disjunta de** 236.126.1.0/27
- viii. 158.47.0.0/17 **é disjunta de** 158.40.0.0/14
- ix. 227.152.192.0/18 **contém** 227.152.232.0/23
- x. 88.0.0.0/6 **contém** 90.96.0.0/11

**Questão 1** ..... 10 pontos

O problema de encaminhamento consiste em determinar por qual interface de rede um pacote IP que chega a um roteador será transmitido. O encaminhamento dos pacotes é realizado de acordo com a tabela de roteamento. O objetivo desta questão é compreender como funciona este mecanismo na Internet.

Suponha que um roteador da Internet deva encaminhar seus pacotes de acordo com a tabela abaixo, cujas faixas de endereços IP está representada em binário.

Faixa de endereço destino	Interface
11110011 01100100 00000000 00000000 a	0
11110011 01100111 11111111 11111111 a	1
11110011 01100110 11000000 00000000 a	0
11110011 01100100 00000000 00000000 a	1
11110011 01100100 11111111 11111111 a	0
11110011 01100100 11110000 00000000 a	1
caso contrário	2

- (a) Construa a tabela de roteamento com base nas informações da tabela acima, isto é, determine o prefixo (em notação binária) correspondente a cada linha da tabela acima. Sua tabela deve indicar a interface de rede correspondente a cada prefixo.

**Resposta:**

Prefixo	Interface
11110011 011001	0
11110011 01100111 00	1
11110011 01100110 11	0
11110011 01100100	1
11110011 01100100 11	0
11110011 01100100 11110	1
-	2

- (b) Reescreva a tabela de roteamento encontrada acima utilizando a notação a.b.c.d/x.

**Resposta:**

Prefixo	Interface
243.100.0.0/14	0
243.103.0.0/18	1
243.102.192.0/18	0
243.100.0.0/16	1
243.100.192.0/18	0
243.100.240.0/21	1
0.0.0.0/0	2

(c) Determine para qual interface de rede cada um dos pacotes abaixo, com os respectivos endereços de destino, será encaminhado.

- |  |   |
|--|---|
| i. 243.102.241.128 → <b>interface 0</b>  | vii. 243.101.42.42 → <b>interface 0</b>   |
| ii. 243.100.0.140 → <b>interface 1</b>   | viii. 243.100.192.79 → <b>interface 0</b> |
| iii. 243.103.20.144 → <b>interface 1</b> | ix. 243.100.85.130 → <b>interface 1</b>   |
| iv. 243.102.210.198 → <b>interface 0</b> | x. 243.103.23.151 → <b>interface 1</b>    |
| v. 243.102.211.54 → <b>interface 0</b>   | xi. 243.109.154.167 → <b>interface 2</b>  |
| vi. 243.103.6.211 → <b>interface 1</b>   | xii. 243.110.142.133 → <b>interface 2</b> |

(d) Determine quais regras (ou seja, linhas) da tabela de roteamento acima podem ser removidas sem afetar o encaminhamento dos pacotes. Indique se isto não for o caso.<sup>1</sup>

**Resposta:**

A regra do prefixo 243.102.192.0/18 é redundante.

**Questão 2** ..... 10 pontos

Um problema fundamental em gerência de redes consiste em dividir uma determinada rede em múltiplas subredes. Resolver este problema nos permite alocar endereços IP para as estações pertencentes a cada uma destas subredes, visto que uma interface de rede de uma estação ou roteador pertence a exatamente uma subrede.

Considere um roteador que interconecta diferentes subredes associadas às suas interfaces. Cada item a seguir ilustra diferentes configurações para o roteador, indicando o endereço de rede que deve ser dividido, o número de subredes a serem criadas (uma para cada interface do roteador), e o número de estações em cada subrede.

Para cada configuração, determine os endereços das subredes na forma a.b.c.d/x para atender aos requisitos, ou indique não ser possível atendê-los (explique sua resposta neste caso). Repare que não há uma solução única.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dica: procure por faixas mais específicas.

<sup>2</sup>Dica: aloque os endereços das subredes em ordem decrescente de seus tamanhos (i.e., maior primeiro).

- i.  $R_1$ : 137.27.128.0/17  
com 5 subredes:  
 $R_{11}$ : 7000 estações  
 $R_{12}$ : 5000 estações  
 $R_{13}$ : 8000 estações  
 $R_{14}$ : 5000 estações  
 $R_{15}$ : 7000 estações

**Alocação impossível**

- ii.  $R_2$ : 160.0.0.0/6  
com 5 subredes:  
 $R_{21}$ : 4000000 estações  
**162.0.0.0/10**  
 $R_{22}$ : 6000000 estações  
**161.0.0.0/9**  
 $R_{23}$ : 6000000 estações  
**161.128.0.0/9**  
 $R_{24}$ : 15000000 estações  
**160.0.0.0/8**  
 $R_{25}$ : 3000000 estações  
**162.64.0.0/10**

- iii.  $R_3$ : 76.169.176.0/25  
com 3 subredes:  
 $R_{31}$ : 22 estações  
**76.169.176.0/27**  
 $R_{32}$ : 21 estações  
**76.169.176.32/27**  
 $R_{33}$ : 3 estações  
**76.169.176.64/29**

**Questão 3** ..... 5 pontos

Considere o problema de encaminhamento de pacotes em uma rede baseada em circuitos virtuais. Neste tipo de rede os roteadores possuem tabelas de roteamento que mapeiam a interface de entrada e o número de circuito em uma interface de saída e outro número de circuito virtual. Os pacotes de uma determinada conexão carregam o número do circuito virtual do enlace sendo atravessado, que é atualizado pelo roteador ao encaminhá-lo. O objetivo desta questão é entender como funcionam circuitos virtuais.

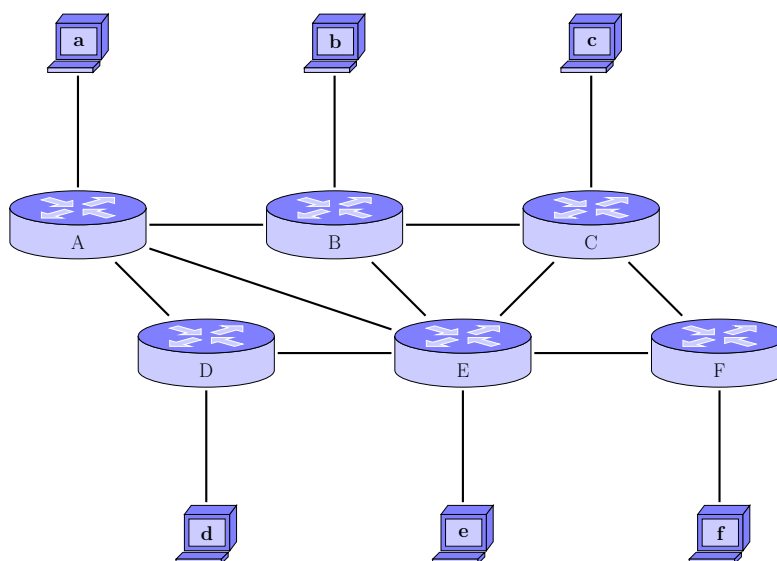


Tabela de A	
Entrada	Saída
B, 2	a, 5
B, 3	D, 1
B, 1	a, 3
B, 8	a, 9
E, 3	a, 7
B, 4	E, 7

Tabela de B	
Entrada	Saída
C, 7	A, 4
E, 9	A, 8
C, 9	A, 2
C, 8	b, 9
C, 5	A, 1
C, 4	A, 3

Tabela de C	
Entrada	Saída
c, 6	B, 7
F, 6	c, 6
E, 4	c, 4
c, 1	B, 4
F, 5	B, 5
E, 2	B, 9
c, 4	E, 2
F, 2	c, 2
F, 9	B, 8

Tabela de D	
Entrada	Saída
A, 1	E, 4

Tabela de E	
Entrada	Saída
D, 4	e, 4
e, 6	C, 4
e, 5	A, 3
F, 6	B, 9
A, 7	e, 1
C, 2	e, 3
e, 2	C, 2

Tabela de F	
Entrada	Saída
f, 1	C, 2
f, 6	C, 9
f, 5	E, 6
f, 2	C, 6
f, 9	C, 5

Considere a rede anterior, composta por estações e roteadores, e as tabelas de roteamento destes roteadores. Note que todo enlace de saída na tabela de roteamento corresponde a um enlace de entrada na tabela do roteador do outro lado do enlace. Por exemplo, a saída E,3 na tabela do roteador A corresponde à entrada A,3 na tabela do roteador E.

- (a) Em cada item a seguir, será apresentado um pacote, identificado por sua estação e circuito virtual de origem. Determine o caminho que estes pacotes irão percorrer pela rede. Em particular, determine a sequência de enlaces que cada pacote irá atravessar e, para cada enlace, o número do circuito virtual que o pacote irá conter ao atravessá-lo.

- i. (f, 5) :  $f \xrightarrow{5} F \xrightarrow{6} E \xrightarrow{9} B \xrightarrow{8} A \xrightarrow{9} a$
- ii. (f, 2) :  $f \xrightarrow{2} F \xrightarrow{6} C \xrightarrow{6} c$
- iii. (c, 6) :  $c \xrightarrow{6} C \xrightarrow{7} B \xrightarrow{4} A \xrightarrow{7} E \xrightarrow{1} e$
- iv. (e, 2) :  $e \xrightarrow{2} E \xrightarrow{2} C \xrightarrow{9} B \xrightarrow{2} A \xrightarrow{5} a$
- v. (f, 6) :  $f \xrightarrow{6} F \xrightarrow{9} C \xrightarrow{8} B \xrightarrow{9} b$
- vi. (c, 4) :  $c \xrightarrow{4} C \xrightarrow{2} E \xrightarrow{3} e$

- (b) Quantos circuitos virtuais existem nesta rede?

**Resposta:**

Existem 11 circuitos virtuais nesta rede.

- (c) Considere agora que desejamos criar novos circuitos virtuais, indicados nos itens a seguir. Determine o número de CV que será utilizado em cada enlace destes novos circuitos. Considere que as numerações utilizadas nos dois sentidos de cada enlace são independentes, e que os circuitos criados em cada item continuam existindo nos itens seguintes. Note que há mais de uma resposta correta.

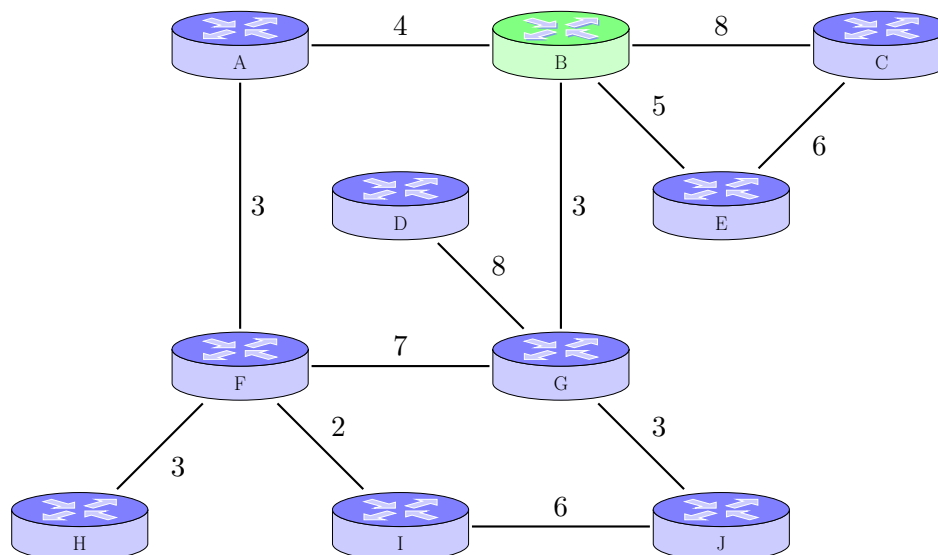
- i.  $e \xrightarrow{1} E \xrightarrow{1} B \xrightarrow{5} A \xrightarrow{1} a$
- ii.  $b \xrightarrow{1} B \xrightarrow{6} A \xrightarrow{2} a$
- iii.  $e \xrightarrow{3} E \xrightarrow{1} C \xrightarrow{1} c$
- iv.  $c \xrightarrow{2} C \xrightarrow{1} B \xrightarrow{1} E \xrightarrow{2} e$

**Questão 4.** ..... 10 pontos

O algoritmo de Dijkstra — que leva o nome do professor holandês Edsger W. Dijkstra, que o desenvolveu em 1956 — é um dos algoritmos mais utilizados para encontrar os caminhos mais curtos em uma rede onde as arestas (enlaces) possuem pesos não negativos. Este algoritmo é utilizado, por exemplo, na Internet, para que roteadores, conhecendo a topologia

da rede em questão, possam calcular rotas ótimas e encaminhar pacotes segundo estas rotas. Algoritmos de roteamento que seguem esta ideia são ditos algoritmos do tipo estado de enlace (*link state*). O objetivo desta questão é entender como funciona o algoritmo de Dijkstra.

Considere a rede ilustrada abaixo, onde os enlaces estão anotados com seus respectivos custos.



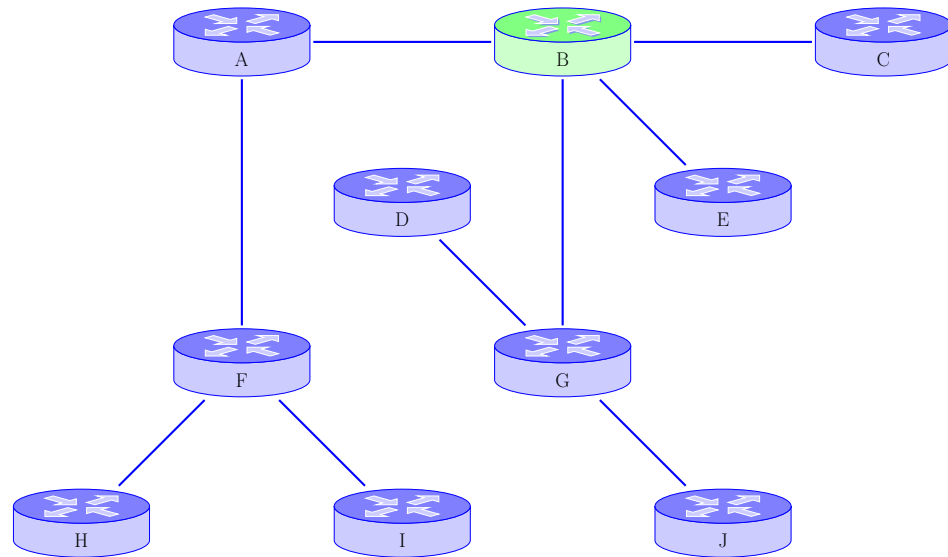
- (a) Utilizando o algoritmo de Dijkstra, calcule os caminhos mais curtos a partir do nó B, destacado em verde, para todos os outros nós da rede. Construa uma tabela igual à mostrada em aula que mostra o funcionamento do algoritmo de forma iterativa.

### Resposta:

	N'	$d_A p_A$	$d_C p_C$	$d_D p_D$	$d_E p_E$	$d_F p_F$	$d_G p_G$	$d_H p_H$	$d_I p_I$	$d_J p_J$
0	B	4 B	8 B	$\infty$ -	5 B	$\infty$ -	3 B	$\infty$ -	$\infty$ -	$\infty$ -
1	BG	4 B	8 B	11 G	5 B	10 G		$\infty$ -	$\infty$ -	6 G
2	BGA		8 B	11 G	5 B	7 A		$\infty$ -	$\infty$ -	6 G
3	BGAE		8 B	11 G		7 A		$\infty$ -	$\infty$ -	6 G
4	BGAEJ		8 B	11 G		7 A		$\infty$ -	12 J	
5	BGAEJF		8 B	11 G				10 F	9 F	
6	BGAEJFC			11 G				10 F	9 F	
7	BGAEJFCI			11 G				10 F		
8	BGAEJFCIH			11 G						
9	BGAEJFCIHD									

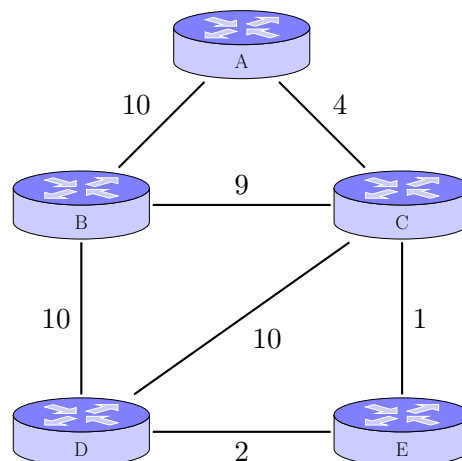
- (b) A partir do resultado do item anterior, construa a árvore de caminhos mínimos a partir de B calculada pelo algoritmo.

**Resposta:**



**Questão 5** ..... 10 pontos

Algoritmos de roteamento do tipo *distance vector* são algoritmos distribuídos para calcular os caminhos mais curtos em uma rede com custos. Nestes algoritmos, os nós da rede não possuem conhecimento da topologia da rede e atualizam seus caminhos mínimos em função de mensagens trocadas com seus vizinhos — isto é, os nós devem cooperar para descobrir os caminhos mínimos. O objetivo desta questão é compreender como funcionam estes algoritmos.



- (a) Considere a rede ilustrada acima, onde os enlaces estão anotados com seus respectivos custos. Utilize o algoritmo *distance vector* para calcular as tabelas de distância de cada um dos nós da rede. Assuma uma versão síncrona do algoritmo, e mostre a evolução das tabelas em cada nó, conforme visto em aula.

**Resposta:**

Passo 0																			
A	custo até				B	custo até				C	custo até				D	custo até			
	B	C	D	E		A	C	D	E		A	B	D	E		A	B	C	E
via B	10	∞	∞	∞	via A	10	∞	∞	∞	via A	4	∞	∞	∞	via B	∞	10	∞	∞
via C	∞	4	∞	∞	via C	∞	9	∞	∞	via B	∞	9	∞	∞	via C	∞	∞	10	∞
					via D	∞	∞	10	∞	via D	∞	∞	10	∞	via E	∞	∞	∞	2
										via E	∞	∞	∞	1					

Passo 1																			
A	custo até				B	custo até				C	custo até				D	custo até			
	B	C	D	E		A	C	D	E		A	B	D	E		A	B	C	E
via B	10	19	20	∞	via A	10	14	∞	∞	via A	4	14	∞	∞	via B	20	10	19	∞
via C	13	4	14	5	via C	13	9	19	10	via B	19	9	19	∞	via C	14	19	10	11
					via D	∞	20	10	12	via D	∞	20	10	12	via E	∞	∞	3	2
										via E	∞	∞	3	1					

Passo 2																			
A	custo até				B	custo até				C	custo até				D	custo até			
	B	C	D	E		A	C	D	E		A	B	D	E		A	B	C	E
via B	10	19	20	20	via A	10	14	24	15	via A	4	14	18	9	via B	20	10	19	20
via C	13	4	7	5	via C	13	9	12	10	via B	19	9	19	19	via C	14	19	10	11
					via D	24	13	10	12	via D	24	20	10	12	via E	7	12	3	2
										via E	6	11	3	1					

Passo 3																			
A	custo até				B	custo até				C	custo até				D	custo até			
	B	C	D	E		A	C	D	E		A	B	D	E		A	B	C	E
via B	10	19	20	20	via A	10	14	17	15	via A	4	14	11	9	via B	20	10	19	20
via C	13	4	7	5	via C	13	9	12	10	via B	19	9	19	19	via C	14	19	10	11
					via D	17	13	10	12	via D	17	20	10	12	via E	7	12	3	2
										via E	6	11	3	1					

- (b) Utilizando a evolução das tabelas de distância calculadas acima, determine a evolução dos vetores de distância de cada um dos nós da rede em cada passo do algoritmo. Repare que são estes vetores que são utilizados para compôr a tabela de roteamento.

**Resposta:**

Passo 0																			
vetor de A					vetor de B					vetor de C					vetor de D				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	10	4	∞	∞	10	0	9	10	∞	4	9	0	10	1	∞	10	10	0	2

Passo 1																			
vetor de A					vetor de B					vetor de C					vetor de D				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	10	4	14	5	10	0	9	10	10	4	9	0	3	1	14	10	3	0	2

Passo 2																			
vetor de A					vetor de B					vetor de C					vetor de D				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	10	4	7	5	10	0	9	10	10	4	9	0	3	1	7	10	3	0	2

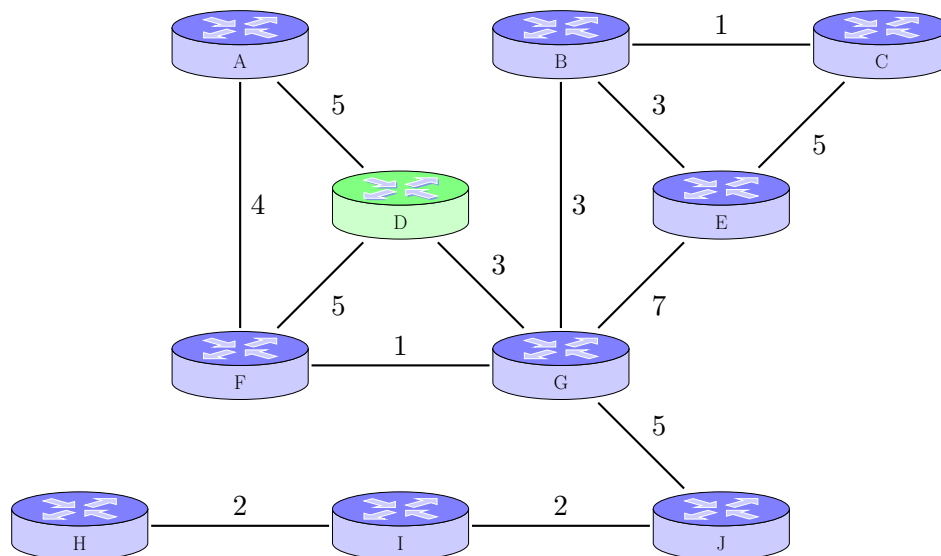
Passo 3																			
vetor de A					vetor de B					vetor de C					vetor de D				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	10	4	7	5	10	0	9	10	10	4	9	0	3	1	7	10	3	0	2

**Questão 6** ..... 5 pontos

Nesta questão iremos entender como uma mensagem é transmitida para uma rede inteira através dos algoritmos de *flooding* e RPF (*reverse path forwarding*).



Considere a rede abaixo onde os enlaces estão anotados com seus custos. Este custo representa o tempo necessário para cada pacote atravessar o enlace. Considere que o nó D, destacado em verde, deseja enviar uma mensagem a todos os nós da rede no instante de tempo  $t = 0$ .



- (a) Desconsidere por enquanto os custos dos enlaces, ou seja, considere que todo enlace possui custo unitário. Utilizando o algoritmo de *flooding*, construa uma tabela que mostre os pacotes transmitidos por cada nó da rede, indicando o instante de transmissão e recepção de cada um deles, e se o pacote será retransmitido quando chegar ao final do enlace.

**Resposta:**

Mensagem	Transmissão	Recebimento	Retransmitida?
$D \rightarrow A$	$t = 0$	$t = 1$	Sim
$D \rightarrow F$	$t = 0$	$t = 1$	Sim
$D \rightarrow G$	$t = 0$	$t = 1$	Sim
$A \rightarrow F$	$t = 1$	$t = 2$	Não
$F \rightarrow A$	$t = 1$	$t = 2$	Não
$F \rightarrow G$	$t = 1$	$t = 2$	Não
$G \rightarrow B$	$t = 1$	$t = 2$	Sim
$G \rightarrow E$	$t = 1$	$t = 2$	Sim
$G \rightarrow F$	$t = 1$	$t = 2$	Não
$G \rightarrow J$	$t = 1$	$t = 2$	Sim
$B \rightarrow C$	$t = 2$	$t = 3$	Não
$B \rightarrow E$	$t = 2$	$t = 3$	Não
$E \rightarrow B$	$t = 2$	$t = 3$	Não
$E \rightarrow C$	$t = 2$	$t = 3$	Sim
$J \rightarrow I$	$t = 2$	$t = 3$	Sim
$C \rightarrow B$	$t = 3$	$t = 4$	Não
$I \rightarrow H$	$t = 3$	$t = 4$	Sim

- (b) Repita o item anterior utilizando o algoritmo RPF.

**Resposta:**

Mensagem	Transmissão	Recebimento	Retransmitida?
$D \rightarrow A$	$t = 0$	$t = 1$	Sim
$D \rightarrow F$	$t = 0$	$t = 1$	Não
$D \rightarrow G$	$t = 0$	$t = 1$	Sim
$A \rightarrow F$	$t = 1$	$t = 2$	Não
$G \rightarrow B$	$t = 1$	$t = 2$	Sim
$G \rightarrow E$	$t = 1$	$t = 2$	Não
$G \rightarrow F$	$t = 1$	$t = 2$	Sim
$G \rightarrow J$	$t = 1$	$t = 2$	Sim
$B \rightarrow C$	$t = 2$	$t = 3$	Sim
$B \rightarrow E$	$t = 2$	$t = 3$	Sim
$F \rightarrow A$	$t = 2$	$t = 3$	Não
$F \rightarrow D$	$t = 2$	$t = 3$	Não
$J \rightarrow I$	$t = 2$	$t = 3$	Sim
$C \rightarrow E$	$t = 3$	$t = 4$	Não
$E \rightarrow C$	$t = 3$	$t = 4$	Não
$E \rightarrow G$	$t = 3$	$t = 4$	Não
$I \rightarrow H$	$t = 3$	$t = 4$	Sim

- (c) Compare o desempenho dos dois protocolos. Para isto, para cada protocolo:
- determine quantos pacotes foram transmitidos ao todo;
  - determine quanto tempo foi necessário para que todos os nós da rede recebessem o pacote enviado.

Qual dos dois protocolos foi mais eficiente?

**Resposta:**

Em ambos os protocolos foram transmitidos 17 pacotes, sendo que o último nó da rede recebeu o pacote no tempo  $t = 4$ , no algoritmo de *flooding*, e no tempo  $t = 4$ , no algoritmo RPF. Logo, os dois protocolos foram igualmente eficientes.

- (d) Considerando agora os custos dos enlaces conforme ilustrados na figura acima, repita os itens (a) e (b), isto é, construa uma tabela mostrando a execução dos algoritmos de *flooding* e RPF.
- (e) Considerando os custos dos enlaces, compare o desempenho dos dois protocolos repetindo a análise feita no item (c). Qual dos dois protocolos foi mais eficiente neste caso?

**Resposta:**

Considerando os custos dos enlaces, os dois protocolos possuem exatamente o mesmo desempenho, transmitindo os mesmos 17 pacotes do caso anterior e levando um tempo  $t = 12$  para que todos os nós recebam o pacote em questão. As mensagens enviadas são apresentadas na tabela a seguir.

Mensagem	Transmissão	Recebimento	Retransmitida?
$D \rightarrow G$	$t = 0$	$t = 3$	Sim
$D \rightarrow A$	$t = 0$	$t = 5$	Sim
$D \rightarrow F$	$t = 0$	$t = 5$	Não
$G \rightarrow F$	$t = 3$	$t = 4$	Sim
$G \rightarrow B$	$t = 3$	$t = 6$	Sim
$G \rightarrow J$	$t = 3$	$t = 8$	Sim
$G \rightarrow E$	$t = 3$	$t = 10$	Não
$F \rightarrow A$	$t = 4$	$t = 8$	Não
$F \rightarrow D$	$t = 4$	$t = 9$	Não
$A \rightarrow F$	$t = 5$	$t = 9$	Não
$B \rightarrow C$	$t = 6$	$t = 7$	Sim
$B \rightarrow E$	$t = 6$	$t = 9$	Sim
$C \rightarrow E$	$t = 7$	$t = 12$	Não
$J \rightarrow I$	$t = 8$	$t = 10$	Sim
$E \rightarrow C$	$t = 9$	$t = 14$	Não
$E \rightarrow G$	$t = 9$	$t = 16$	Não
$I \rightarrow H$	$t = 10$	$t = 12$	Sim

**Questão 7** ..... 10 pontos

Considere o problema de tradução de endereços entre a rede privada e a rede pública que um NAT precisa resolver. Este problema é resolvido utilizando uma tabela de tradução de endereços que é atualizada quando uma nova conexão é estabelecida entre uma estação na rede privada e outra na rede pública. O objetivo desta questão é compreender exatamente como funciona este mecanismo.

Considere um NAT cujo endereço IP na rede pública é 73.177.58.69 e que gerencia as conexões da rede privada, que ocupa a faixa 172.16.0.0/12. Inicialmente o NAT em questão possui a seguinte tabela de tradução, onde cada regra é identificada por um número:

	(IP, porta) da estação local	(IP, porta) da estação remota	Porta pública no NAT
(1)	172.16.0.1, 10426	213.157.34.35, 6726	17543
(2)	172.16.0.1, 24905	232.8.210.71, 22026	25465
(3)	172.16.0.2, 9225	10.142.40.152, 5860	12663
(4)	172.16.0.2, 30935	131.88.21.219, 25137	1024
(5)	172.16.0.3, 8972	207.111.118.195, 26522	9066
(6)	172.16.0.4, 1449	224.122.33.112, 6993	1027
(7)	172.16.0.1, 17926	107.134.160.146, 10436	17150
(8)	172.16.0.3, 1327	133.220.168.9, 29434	30970
(9)	172.16.0.4, 14629	98.105.168.70, 14125	1029
(10)	172.16.0.1, 29888	59.248.2.164, 24793	27177

Suponha que todos os fluxos nesta questão são fluxos TCP, identificados unicamente pelos endereços e portas das duas estações envolvidas na conexão.

- (a) Considere que o NAT irá receber uma sequência de pacotes provenientes da rede pública (cuja estação de destino está na rede privada). Em cada item a seguir, identificamos os endereços e portas, de origem e destino, de um destes pacotes ao ser enviado pela estação que o gerou. Para cada pacote, determine os endereços e portas, de origem e de destino, que serão colocados no pacote quando o NAT realizar a tradução de endereços

e encaminhá-lo à rede privada. Se o NAT descartar o pacote em vez de encaminhá-lo, indique isto em sua resposta.

- i. Origem: 98.105.168.70, 14125; Destino: 73.177.58.69, 17150  
**descartado**
- ii. Origem: 131.88.21.219, 25137; Destino: 73.177.58.69, 25465  
**descartado**
- iii. Origem: 224.122.33.112, 6993; Destino: 73.177.58.69, 1027  
→ **Origem: 224.122.33.112, 6993; Destino: 172.16.0.4, 1449**
- iv. Origem: 131.88.21.219, 25137; Destino: 73.177.58.69, 1024  
→ **Origem: 131.88.21.219, 25137; Destino: 172.16.0.2, 30935**
- v. Origem: 98.105.168.70, 14125; Destino: 73.177.58.69, 1029  
→ **Origem: 98.105.168.70, 14125; Destino: 172.16.0.4, 14629**
- vi. Origem: 207.111.118.195, 26522; Destino: 73.177.58.69, 9066  
→ **Origem: 207.111.118.195, 26522; Destino: 172.16.0.3, 8972**
- vii. Origem: 30.6.115.96, 13795; Destino: 73.177.58.69, 27177  
**descartado**
- viii. Origem: 213.157.34.35, 6726; Destino: 73.177.58.69, 17543  
→ **Origem: 213.157.34.35, 6726; Destino: 172.16.0.1, 10426**
- ix. Origem: 107.134.160.146, 10436; Destino: 73.177.58.69, 17150  
→ **Origem: 107.134.160.146, 10436; Destino: 172.16.0.1, 17926**
- x. Origem: 109.0.83.19, 29221; Destino: 73.177.58.69, 1027  
**descartado**

- (b) Considere agora, que o NAT irá receber uma sequência de pacotes provenientes da rede privada (cuja estação de destino está na rede pública). Os endereços e portas, de origem e destino, destes pacotes são identificados nos itens a seguir.

Para cada pacote, determine se o NAT precisará ou não criar uma nova entrada em sua tabela de tradução ao encaminhá-lo para a rede pública. Se a nova entrada for necessária, determine o seu conteúdo; se não, identifique a entrada já existente que o NAT irá utilizar para encaminhar o pacote. Considere que somente portas a partir da 1024 estão disponíveis para o NAT. Note que há mais de uma solução correta.<sup>3</sup>

- i. Origem: 172.16.0.1, 29888; Destino: 59.248.2.164, 24793  
**Encaminhado segundo a entrada (10)**

- ii. Origem: 172.16.0.3, 1327; Destino: 216.231.255.74, 4703  
**Nova entrada:**

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(11)	172.16.0.3, 1327	216.231.255.74, 4703	1025

- iii. Origem: 172.16.0.4, 14629; Destino: 98.105.168.70, 5174  
**Nova entrada:**

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(12)	172.16.0.4, 14629	98.105.168.70, 5174	1026

<sup>3</sup>Dica 1: cuidado com as portas já utilizadas. Dica 2: a entrada que um pacote criar pode ser utilizada pelos que forem enviados depois.

- iv. Origem: 172.16.0.4, 1449; Destino: 224.122.33.112, 6993  
**Encaminhado segundo a entrada (6)**
- v. Origem: 172.16.0.1, 10426; Destino: 213.157.34.35, 6726  
**Encaminhado segundo a entrada (1)**
- vi. Origem: 172.16.0.3, 1327; Destino: 216.231.255.74, 4703  
**Encaminhado segundo a entrada (11)**
- vii. Origem: 172.16.0.4, 14629; Destino: 98.105.168.70, 14125  
**Encaminhado segundo a entrada (9)**
- viii. Origem: 172.16.0.3, 1327; Destino: 216.231.255.74, 4703  
**Encaminhado segundo a entrada (11)**
- ix. Origem: 172.16.0.2, 30935; Destino: 131.88.21.219, 20737  
**Nova entrada:**

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(13)	172.16.0.2, 30935	131.88.21.219, 20737	1028

- x. Origem: 172.16.0.1, 24905; Destino: 232.8.210.71, 22897  
**Nova entrada:**

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(14)	172.16.0.1, 24905	232.8.210.71, 22897	1030

- (c) Utilizando sua resposta para o item (b), determine os endereços e portas, de origem e destino, que o NAT irá colocar em cada um dos pacotes anteriores quando for encaminhá-lo à rede pública.

- i. Origem: 172.16.0.1, 29888; Destino: 59.248.2.164, 24793  
→ **Origem: 73.177.58.69, 27177; Destino: 59.248.2.164, 24793**
- ii. Origem: 172.16.0.3, 1327; Destino: 216.231.255.74, 4703  
→ **Origem: 73.177.58.69, 1025; Destino: 216.231.255.74, 4703**
- iii. Origem: 172.16.0.4, 14629; Destino: 98.105.168.70, 5174  
→ **Origem: 73.177.58.69, 1026; Destino: 98.105.168.70, 5174**
- iv. Origem: 172.16.0.4, 1449; Destino: 224.122.33.112, 6993  
→ **Origem: 73.177.58.69, 1027; Destino: 224.122.33.112, 6993**
- v. Origem: 172.16.0.1, 10426; Destino: 213.157.34.35, 6726  
→ **Origem: 73.177.58.69, 17543; Destino: 213.157.34.35, 6726**
- vi. Origem: 172.16.0.3, 1327; Destino: 216.231.255.74, 4703  
→ **Origem: 73.177.58.69, 1025; Destino: 216.231.255.74, 4703**
- vii. Origem: 172.16.0.4, 14629; Destino: 98.105.168.70, 14125  
→ **Origem: 73.177.58.69, 1029; Destino: 98.105.168.70, 14125**
- viii. Origem: 172.16.0.3, 1327; Destino: 216.231.255.74, 4703  
→ **Origem: 73.177.58.69, 1025; Destino: 216.231.255.74, 4703**
- ix. Origem: 172.16.0.2, 30935; Destino: 131.88.21.219, 20737  
→ **Origem: 73.177.58.69, 1028; Destino: 131.88.21.219, 20737**
- x. Origem: 172.16.0.1, 24905; Destino: 232.8.210.71, 22897  
→ **Origem: 73.177.58.69, 1030; Destino: 232.8.210.71, 22897**

**Questão 8** ..... 5 pontos

A técnica de bit de paridade é frequentemente usada para detectar erros em transmissões de sequências de bits. O objetivo desta questão é entender como calcular o bit de paridade e como a técnica é empregada para detecção de erros.

- (a) Considere o mecanismo de paridade par. Calcule o bit de paridade para cada um dos pacotes de 10 bits abaixo.

- |                                      |                                       |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| i. 0011000111 — <b>paridade 1</b>    | xi. 1110001101 — <b>paridade 0</b>    |
| ii. 1010110000 — <b>paridade 0</b>   | xii. 1001110001 — <b>paridade 1</b>   |
| iii. 0000010000 — <b>paridade 1</b>  | xiii. 0000110101 — <b>paridade 0</b>  |
| iv. 0110111001 — <b>paridade 0</b>   | xiv. 1001000010 — <b>paridade 1</b>   |
| v. 0101101011 — <b>paridade 0</b>    | xv. 0110111011 — <b>paridade 1</b>    |
| vi. 1111010001 — <b>paridade 0</b>   | xvi. 1100101001 — <b>paridade 1</b>   |
| vii. 1010010110 — <b>paridade 1</b>  | xvii. 0010000110 — <b>paridade 1</b>  |
| viii. 0111001110 — <b>paridade 0</b> | xviii. 1010111101 — <b>paridade 1</b> |
| ix. 1000011000 — <b>paridade 1</b>   | xix. 0001000010 — <b>paridade 0</b>   |
| x. 1011010110 — <b>paridade 0</b>    | xx. 1011101110 — <b>paridade 1</b>    |

- (b) Suponha que cada pacote acima foi transmitido juntamente com seu bit de paridade por um canal de comunicação ruidoso. Este canal pode introduzir erros invertendo os bits que são transmitidos, como um canal de rádio. Considere que a estação do outro lado do canal recebeu os bits indicados nos itens abaixo (onde o último bit da sequência é o bit de paridade recebido). Repare que o bit de paridade também está sujeito aos erros introduzidos pelo canal!

Para cada pacote, determine a paridade da sequência recebida, e determine também se o pacote será aceito ou rejeitado em função das paridades. Baseado neste resultado, decida, para cada pacote, se a técnica de detecção de erro funcionou adequadamente, ou seja, se os erros de bit apresentados pelo pacote foram detectados.

- |  |  |
|--|--|
| i. Pacote: 0011000111<br>Recebido: 00010001110<br><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br><b>Resultado: Erro não-detectado</b> | iv. Pacote: 0110111001<br>Recebido: 01101110010<br><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br><b>Resultado: Sem erro</b>          |
| ii. Pacote: 1010110000<br>Recebido: 10101100000<br><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br><b>Resultado: Sem erro</b>          | v. Pacote: 0101101011<br>Recebido: 01011010110<br><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br><b>Resultado: Sem erro</b>           |
| iii. Pacote: 0000010000<br>Recebido: 00000100001<br><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br><b>Resultado: Sem erro</b>         | vi. Pacote: 1111010001<br>Recebido: 11111001010<br><b>Paridade: 1 — Pacote rejeitado</b><br><b>Resultado: Erro detectado</b> |

- |  |  |
|--|--|
| <p>vii. Pacote: 1010010110<br/>Recebido: 10000101101<br/><b>Paridade: 1 — Pacote rejeitado</b><br/><b>Resultado: Erro detectado</b></p>  | <p>xiv. Pacote: 1001000010<br/>Recebido: 10010000101<br/><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br/><b>Resultado: Sem erro</b></p>             |
| <p>viii. Pacote: 0111001110<br/>Recebido: 01110011110<br/><b>Paridade: 1 — Pacote rejeitado</b><br/><b>Resultado: Erro detectado</b></p> | <p>xv. Pacote: 0110111011<br/>Recebido: 11101010111<br/><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br/><b>Resultado: Erro não-detectado</b></p>    |
| <p>ix. Pacote: 1000011000<br/>Recebido: 10001110011<br/><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br/><b>Resultado: Erro não-detectado</b></p>  | <p>xvi. Pacote: 1100101001<br/>Recebido: 11101010011<br/><b>Paridade: 1 — Pacote rejeitado</b><br/><b>Resultado: Erro detectado</b></p>    |
| <p>x. Pacote: 1011010110<br/>Recebido: 10110101100<br/><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br/><b>Resultado: Sem erro</b></p>             | <p>xvii. Pacote: 0010000110<br/>Recebido: 00101000101<br/><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br/><b>Resultado: Erro não-detectado</b></p>  |
| <p>xi. Pacote: 1110001101<br/>Recebido: 11100010110<br/><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br/><b>Resultado: Erro não-detectado</b></p>  | <p>xviii. Pacote: 1010111101<br/>Recebido: 10101111000<br/><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br/><b>Resultado: Erro não-detectado</b></p> |
| <p>xii. Pacote: 1001110001<br/>Recebido: 10011000111<br/><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br/><b>Resultado: Erro não-detectado</b></p> | <p>xix. Pacote: 0001000010<br/>Recebido: 00010000100<br/><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br/><b>Resultado: Sem erro</b></p>             |
| <p>xiii. Pacote: 0000110101<br/>Recebido: 01001101010<br/><b>Paridade: 1 — Pacote rejeitado</b><br/><b>Resultado: Erro detectado</b></p> | <p>xx. Pacote: 1011101110<br/>Recebido: 10111011101<br/><b>Paridade: 0 — Pacote aceito</b><br/><b>Resultado: Sem erro</b></p>              |

**Questão 9** ..... 10 pontos

O protocolo TDMA é um protocolo de acesso a um meio de transmissão compartilhado. Ele funciona alocando fatias de tempo (*slots*) às estações de forma sucessiva. Somente a estação a quem o slot pertencer pode transmitir em um dado momento e, se ela não possuir dados, o meio fica ocioso. Nesta questão você deve compreender como funciona este mecanismo.

Considere um meio compartilhado por 5 estações por TDMA, em slots de 100 ms. Suponha que as estações transmitam dados a uma taxa de 10 Mbps, em quadros de 6250 bytes.

- (a) Qual é a quantidade máxima de dados que uma estação pode transmitir em um slot?

**Resposta:**

Em um único slot, cada estação pode transmitir até 125000 bytes de dados.

- (b) Qual é o maior número de quadros que uma estação pode transmitir em um slot?

**Resposta:**

Cada estação transmite no máximo 20 quadros por slot.

- (c) Considere agora que as estações estejam prontas para transmitir seus dados conforme a tabela a seguir. Repare que cada estação irá transmitir uma quantidade diferente de dados, e que estes dados estarão disponíveis em instantes de tempo diferentes.

	Dados	Pronta para transmitir em
Estação 1	0.4 Mbits	0.0 ms
Estação 2	2.7 Mbits	464.0 ms
Estação 3	1.5 Mbits	1137.0 ms
Estação 4	3.0 Mbits	1113.0 ms
Estação 5	1.2 Mbits	1045.0 ms

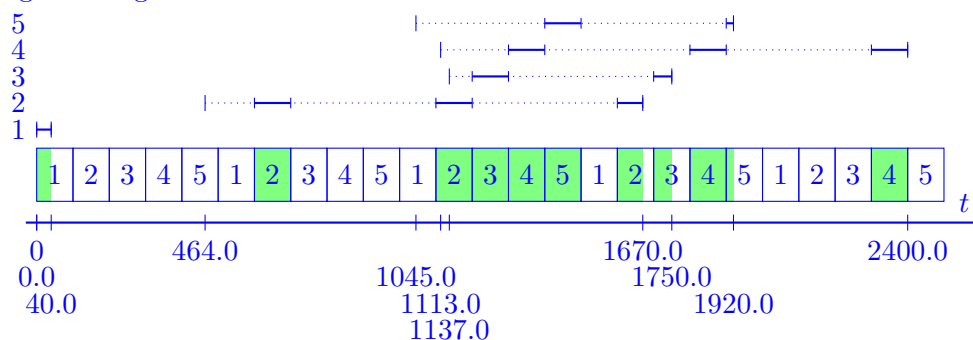
Suponha que o primeiro slot pertence à estação 1 e segue em ordem crescente. Para cada estação, determine:

- Quantos quadros são necessários para transmitir seus dados;
- O instante de tempo em que seu primeiro quadro começa a ser transmitido;
- O instante de tempo em que a estação termina de transmitir seu último quadro;
- O retardo inicial da transmissão;<sup>4</sup>
- A vazão média (*throughput*) obtida pela estação.<sup>5</sup>

**Resposta:**

	(i) Quadros	(ii) — (iii) Período de transmissão	(iv) Retardo inicial	(v) Vazão média
Estação 1	8 quadros	0.0 ms — 40.0 ms	0.0 ms	10.0 Mbps
Estação 2	54 quadros	600.0 ms — 1670.0 ms	136.0 ms	2.2 Mbps
Estação 3	30 quadros	1200.0 ms — 1750.0 ms	63.0 ms	2.4 Mbps
Estação 4	60 quadros	1300.0 ms — 2400.0 ms	187.0 ms	2.3 Mbps
Estação 5	24 quadros	1400.0 ms — 1920.0 ms	355.0 ms	1.4 Mbps

A figura a seguir ilustra o cenário de transmissões observado:



- (d) No cenário anterior, determine a vazão (*throughput*) média e a utilização média (fração de tempo em uso) do meio de transmissão. Para ambos, considere o tempo desde a primeira disponibilidade dos dados (entre todas as estações) até o final de todas as transmissões.

<sup>4</sup>Tempo decorrido entre a estação ter dados para transmitir e a transmissão efetivamente iniciar.

<sup>5</sup>Razão entre a quantidade de dados transmitidos e o tempo necessário para transmitir estes dados, medido entre a disponibilidade dos dados e o final da transmissão.



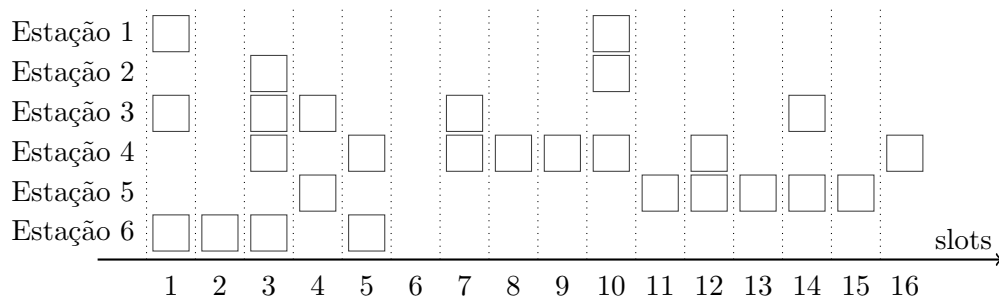
**Resposta:**

Durante o período de tempo considerado, foi obtida uma vazão média de 3.67 Mbps. Isto corresponde a uma utilização do meio de 36.7% neste período.

**Questão 10..... 10 pontos**

Em contraste com o protocolo TDMA, o protocolo Slotted ALOHA (S-ALOHA) é um protocolo de acesso a meio de transmissão compartilhado com uma abordagem distribuída, porém sincronizada e que ainda permite a ocorrência de colisões. Nesta questão você deve compreender como funciona este protocolo.

Considere o seguinte perfil de transmissões realizadas por estações executando o protocolo Slotted ALOHA.



- (a) Para cada slot de tempo mostrado na figura acima, determine se ocorreu uma transmissão com sucesso (S), uma colisão (C), ou se o slot permaneceu ocioso (O).

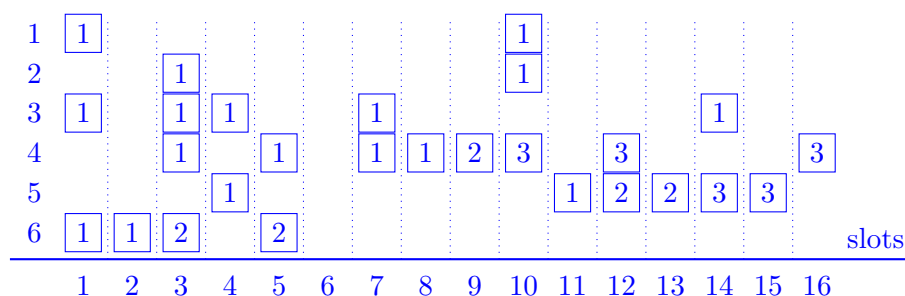
**Resposta:**

slot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
estado	C	S	C	C	C	O	C	S	S	C	S	C	S	C	S	S

- (b) Considere que cada estação deseja transmitir o seguinte número de quadros a partir do instante de tempo zero:

Estação	Quadros para transmitir
Estação 1	2 quadros
Estação 2	4 quadros
Estação 3	4 quadros
Estação 4	4 quadros
Estação 5	3 quadros
Estação 6	2 quadros

Utilizando o perfil de transmissões ilustrado na figura acima, determine qual quadro está sendo transmitido por cada estação em cada uma das transmissões realizadas. Identifique cada quadro com o seu número de ordem na sequência transmitida por aquela estação.

**Resposta:**

- (c) Determine o instante de tempo em que cada uma das estações consegue realizar sua primeira transmissão de quadro com sucesso.

**Resposta:**

Estação	Primeira transmissão
Estação 1	Nenhum sucesso
Estação 2	Nenhum sucesso
Estação 3	Nenhum sucesso
Estação 4	Slot 8
Estação 5	Slot 11
Estação 6	Slot 2

- (d) Determine quantos quadros restam a ser transmitidos por cada uma das estações ao final do tempo mostrado acima.

**Resposta:**

Estação	Quadros restantes
Estação 1	2 quadros
Estação 2	4 quadros
Estação 3	4 quadros
Estação 4	1 quadros
Estação 5	0 quadros
Estação 6	1 quadros

- (e) Determine a utilização e a eficiência de uso do canal — lembrando que a utilização é dada pela fração de tempo que o canal foi utilizado, e a eficiência é dada pela fração de tempo que o canal foi utilizado com sucesso.

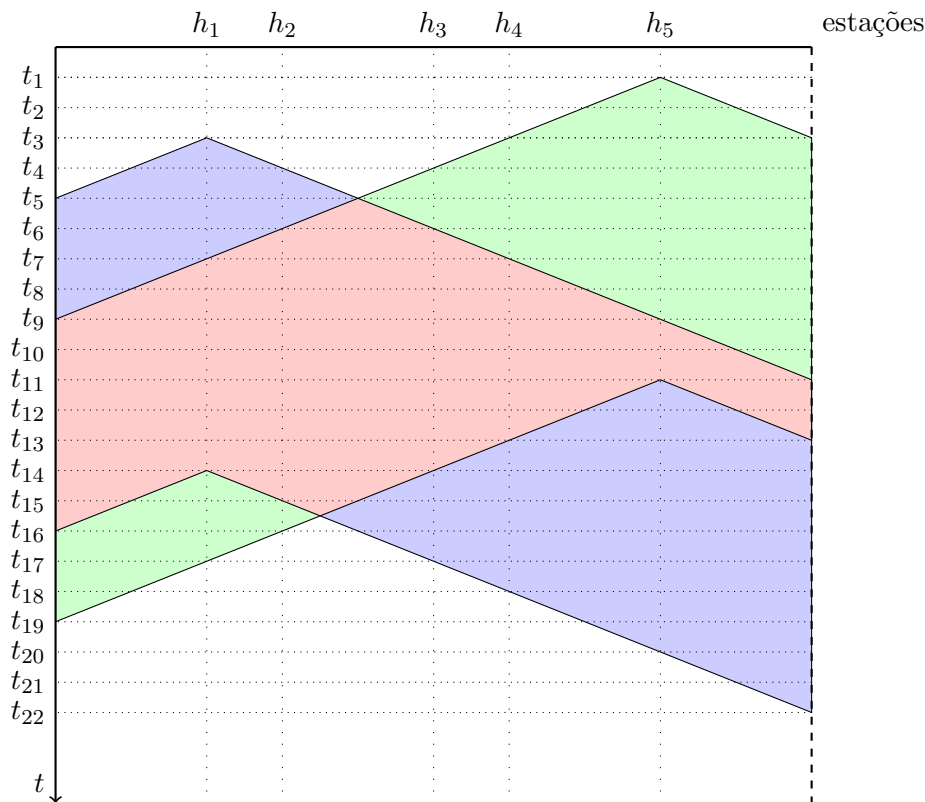
**Resposta:**

A utilização do canal nesse período foi de 93.8%. Já a eficiência de uso do canal foi bem inferior, 43.8%.

**Questão 11** ..... 5 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  $h_5$  iniciou sua transmissão primeiro, utilizando o meio entre os instantes de tempo  $t_1$  e  $t_{11}$ . Depois disto, a estação  $h_1$  transmite dados entre  $t_3$  e  $t_{14}$ .

- (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 $h_5$	Transmissão de $h_1$
$h_2$	$t_6 - t_{16}$	$t_4 - t_{15}$
$h_3$	$t_4 - t_{14}$	$t_6 - t_{17}$
$h_4$	$t_3 - t_{13}$	$t_7 - t_{18}$

- (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:**

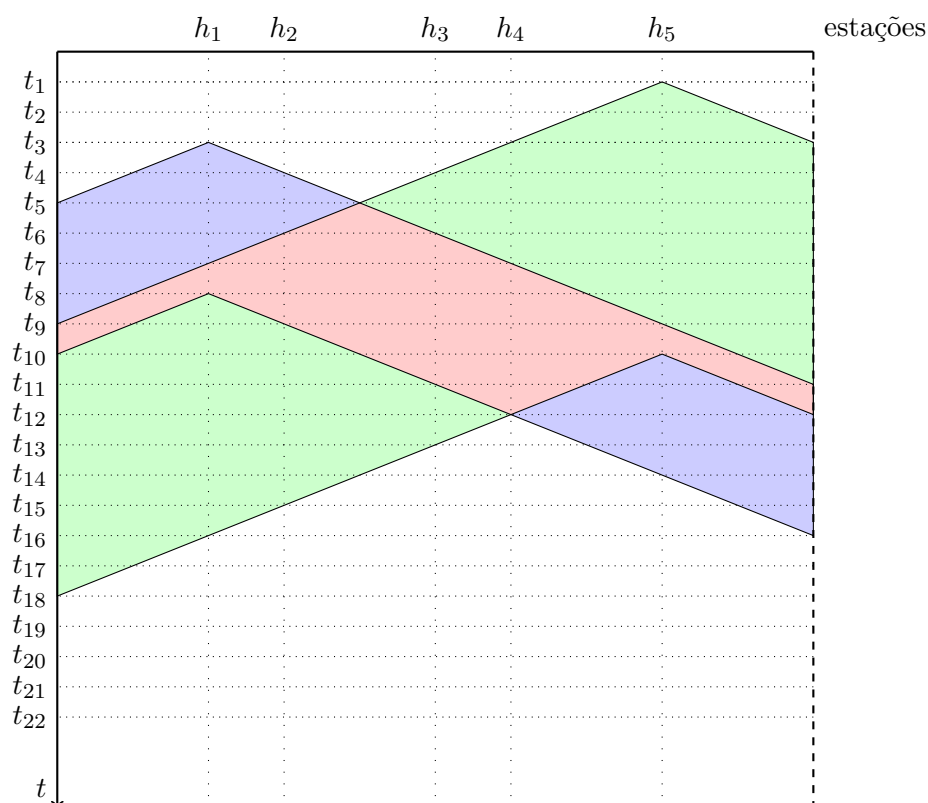
Estação	Vê meio ocupado entre:	Detecta colisão em:
$h_1$	$t_3 - t_{17}$	$t_7$
$h_2$	$t_4 - t_{16}$	$t_6$
$h_3$	$t_4 - t_{17}$	$t_6$
$h_4$	$t_3 - t_{18}$	$t_7$
$h_5$	$t_1 - t_{20}$	$t_9$

- (e) Considere os instantes de tempo  $t_2$ ,  $t_5$  e  $t_{19}$ . Quais estações podem iniciar uma transmissão nestes instantes de tempo?

**Resposta:**

	Estações:
$t_2$	$h_1, h_2, h_3, h_4$
$t_5$	—
$t_{19}$	$h_1, h_2, h_3, h_4$

- (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  $h_5$  e  $h_1$  transmitiram. Desta vez, a estação  $h_5$  transmitiu entre os instantes de tempo  $t_1$  e  $t_{10}$ , e a estação  $h_1$  transmitiu entre os instantes de tempo  $t_3$  e  $t_8$ . As demais estações recebem estas transmissões conforme a tabela a seguir:

Estação	Transmissão de $h_5$	Transmissão de $h_1$
$h_2$	$t_6 - t_{15}$	$t_4 - t_9$
$h_3$	$t_4 - t_{13}$	$t_6 - t_{11}$
$h_4$	$t_3 - t_{12}$	$t_7 - t_{12}$

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

Estação	Vê meio ocupado entre:	Detecta colisão em:
$h_1$	$t_3 - t_{16}$	$t_7$
$h_2$	$t_4 - t_{15}$	$t_6$
$h_3$	$t_4 - t_{13}$	$t_6$
$h_4$	$t_3 - t_{12}$	$t_7$
$h_5$	$t_1 - t_{14}$	$t_9$

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

	Estações:
$t_2$	$h_1, h_2, h_3, h_4$
$t_5$	—
$t_{19}$	$h_1, h_2, h_3, h_4, h_5$

- (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:**

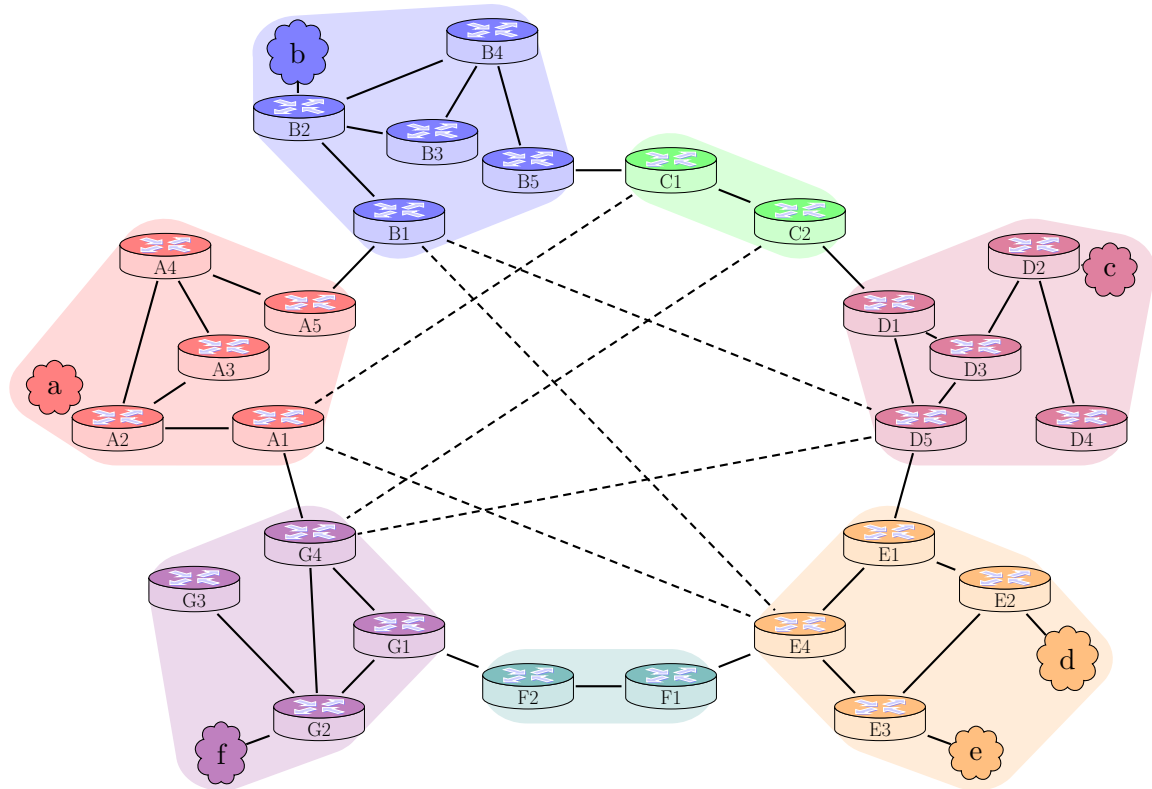
O ganho de tempo, para cada estação, é dado pelo período em que a estação veria o meio como ocupado com o protocolo CSMA, mas como livre com o protocolo CSMA/CD. Este período de tempo é indicado nesta tabela:

Estação	Ganho de tempo
$h_1$	$t_{16} - t_{17}$
$h_2$	$t_{15} - t_{16}$
$h_3$	$t_{13} - t_{17}$
$h_4$	$t_{12} - t_{18}$
$h_5$	$t_{14} - t_{20}$

**Questão 12.**..... 10 pontos

Ao contrário de roteamento dentro de um sistema autônomo (intra-AS), que é orientado a desempenho (encontrar caminhos mínimos pelos quais os pacotes irão transitar), o roteamento entre sistemas autônomos (inter-AS) na Internet é orientado a política de uso. Os sistemas autônomos negociam enlaces entre eles e políticas de utilização para estes enlaces. O objetivo desta questão é compreender o funcionamento do protocolo de roteamento inter-AS utilizado na Internet, o BGP.

Considere a rede a seguir, onde as cores distintas identificam diferentes sistemas autônomos (AS). Nesta rede, há dois tipos de enlaces entre ASs: os enlaces denotados por linhas contínuas, que formam um ciclo entre todos os ASs, compõem o *backbone* da rede, e podem ser utilizados por todo tipo de tráfego. Além disso, alguns ASs negociam *peering links*, “atalhos” diretos entre eles, denotados por linhas tracejadas. Cada um destes enlaces somente pode ser utilizado para comunicações entre estações destes ASs, não sendo permitido tráfego de terceiros. As nuvens, identificadas por letras minúsculas, representam subredes.



(a) Determine se, entre cada um dos seguintes pares de roteadores, existe comunicação iBGP ou eBGP (ou indique se não houver comunicação BGP entre eles).

- |                            |                            |                           |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| i. G4 e D1 : —             | v. A3 e A1 : <b>iBGP</b>   | ix. B5 e B4 : <b>iBGP</b> |
| ii. B2 e B3 : <b>iBGP</b>  | vi. G1 e G3 : <b>iBGP</b>  | x. C1 e C2 : <b>iBGP</b>  |
| iii. A2 e A1 : <b>iBGP</b> | vii. G4 e A1 : <b>eBGP</b> | xi. C1 e C2 : <b>iBGP</b> |
| iv. A5 e D4 : —            | viii. B3 e D2 : —          | xii. B1 e D1 : —          |

(b) Considere, agora, que diversos pacotes serão enviados entre estas redes. Em cada item abaixo, são apresentados as subredes de origem e destino de um destes pacotes. Determine quais ASs estes pacotes irão atravessar e, a partir desta informação, determine os roteadores que ele irá atravessar até o seu destino.

- d → e  
**ASs: E**  
**Caminho: E2 - E3**
- f → a  
**ASs: G - A**  
**Caminho: G2 - G4 - A1 - A2**

- iii.  $b \rightarrow c$   
**ASs: B - D**  
**Caminho: B2 - B1 - D5 - D3 - D2**
  - iv.  $f \rightarrow e$   
**ASs: G - F - E**  
**Caminho: G2 - G1 - F2 - F1 - E4 - E3**
  - v.  $e \rightarrow b$   
**ASs: E - B**  
**Caminho: E3 - E4 - B1 - B2**
  - vi.  $e \rightarrow c$   
**ASs: E - D**  
**Caminho: E3 - E2 - E1 - D5 - D3 - D2**
  - vii.  $b \rightarrow f$   
**ASs: B - A - G**  
**Caminho: B2 - B1 - A5 - A4 - A2 - A1 - G4 - G2**
  - viii.  $d \rightarrow c$   
**ASs: E - D**  
**Caminho: E2 - E1 - D5 - D3 - D2**
  - ix.  $a \rightarrow c$   
**ASs: A - B - C - D**  
**Caminho: A2 - A4 - A5 - B1 - B2 - B4 - B5 - C1 - C2 - D1 - D3 - D2**
  - x.  $e \rightarrow a$   
**ASs: E - A**  
**Caminho: E3 - E4 - A1 - A2**
- (c) Em cada item a seguir, os ASs apresentados devem tomar a decisão de anunciar ou não uma rota até uma determinada subrede para um AS vizinho. Com base nas políticas de utilização descritas anteriormente, determine se os ASs realizarão tais anúncios. Considere que a rota em questão é a rota que o AS anunciante utiliza para enviar seus pacotes para a subrede destino.
- i. AS B **não anuncia** rota até f para AS D
  - ii. AS A **não anuncia** rota até b para AS E
  - iii. AS D **não anuncia** rota até f para AS B
  - iv. AS B **anuncia** rota até f para AS C
  - v. AS G **não anuncia** rota até b para AS C
  - vi. AS A **anuncia** rota até a para AS G
  - vii. AS G **anuncia** rota até f para AS D
  - viii. AS G **anuncia** rota até a para AS F