

**Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação**  
**Disciplina: Redes de Computadores II**  
**AD1 – 1º semestre de 2017 – GABARITO**

**Questão 1** ..... 20 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
01000011 10111110 00000000 00000000 a	0
01000011 10111110 01111111 11111111 a	1
01000011 10111110 01000110 00000000 a	0
01000011 10111110 01001111 11111111 a	1
01000011 10111110 01000101 11111111 a	2
01000011 10111110 01001010 00000000 a	1
01000011 10111110 01001010 11111111 a	2
10000100 01100100 01100000 00000000 a	1
10000100 01100100 01111111 11111111 a	2
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
01000011 10111110 0	0
01000011 10111110 0100	1
01000011 10111110 01000110	0
01000011 10111110 0100010	1
01000011 10111110 01001010	2
10000100 01100100 011	1
-	2

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

**Resposta:**

Prefixo	Interface
67.190.0.0/17	0
67.190.64.0/20	1
67.190.70.0/24	0
67.190.68.0/23	1
67.190.74.0/24	2
132.100.96.0/19	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. 67.190.119.35 → **interface 0**                      iii. 132.100.4.102 → **interface 2**  
 ii. 67.190.124.23 → **interface 0**

- (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 67.190.68.0/23 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>

- i.  $R_1$ : 60.110.0.0/15  
 com 4 subredes:  
 $R_{11}$ : 11000 estações  
**60.110.192.0/18**  
 $R_{12}$ : 32000 estações  
**60.110.0.0/17**  
 $R_{13}$ : 13000 estações  
**60.110.128.0/18**  
 $R_{14}$ : 10000 estações  
**60.111.0.0/18**

- ii.  $R_2$ : 206.64.0.0/10  
 com 4 subredes:  
 $R_{21}$ : 900000 estações  
**206.64.0.0/12**  
 $R_{22}$ : 200000 estações  
**206.104.0.0/14**  
 $R_{23}$ : 500000 estações  
**206.96.0.0/13**  
 $R_{24}$ : 700000 estações  
**206.80.0.0/12**

- iii.  $R_3$ : 35.44.160.0/19  
 com 5 subredes:  
 $R_{31}$ : 1300 estações  
 $R_{32}$ : 1800 estações  
 $R_{33}$ : 700 estações  
 $R_{34}$ : 1800 estações  
 $R_{35}$ : 1600 estações

**Alocação impossível**

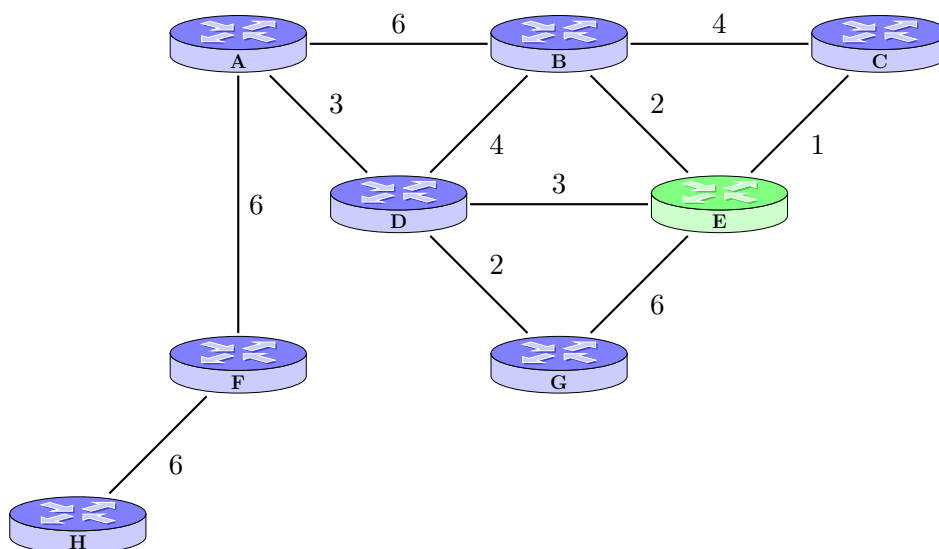
<sup>1</sup>Dica: procure por faixas mais específicas.

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

**Questão 3** ..... 20 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.



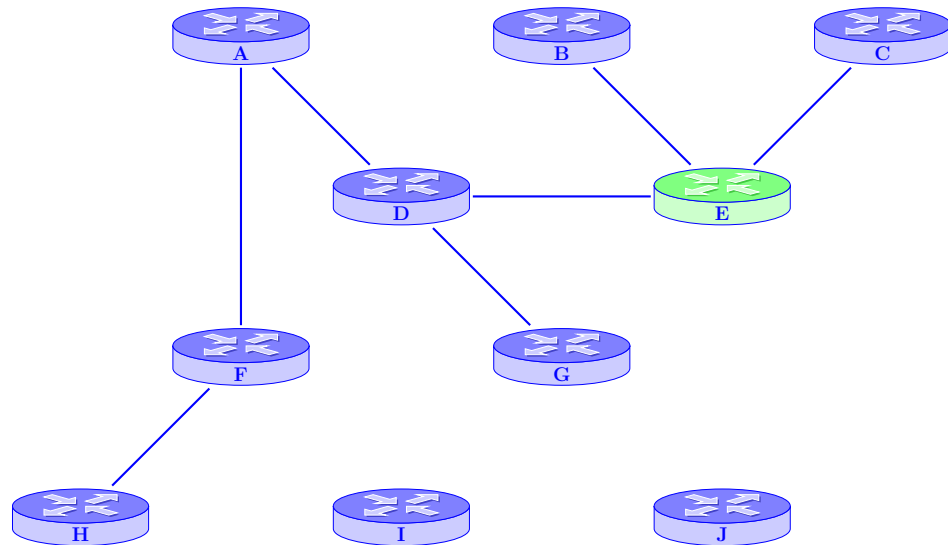
- (a) Utilizando o algoritmo de Dijkstra, calcule os caminhos mais curtos a partir do nó E, destacado em verde, para todos os outros nós da rede. Construa uma tabela igual à mostrada em aula que mostra o funcionamento do algoritmo de forma iterativa.

**Resposta:**

	N'	$d_A p_A$	$d_B p_B$	$d_C p_C$	$d_D p_D$	$d_F p_F$	$d_G p_G$	$d_H p_H$
0	E	$\infty$ -	2 E	1 E	3 E	$\infty$ -	6 E	$\infty$ -
1	EC	$\infty$ -	2 E		3 E	$\infty$ -	6 E	$\infty$ -
2	ECB	8 B			3 E	$\infty$ -	6 E	$\infty$ -
3	ECBD	6 D				$\infty$ -	5 D	$\infty$ -
4	ECBDG	6 D				$\infty$ -		$\infty$ -
5	ECBDGA					12 A		$\infty$ -
6	ECBDGAF							18 F
7	ECBDGAFH							

- (b) A partir do resultado do item anterior, construa a árvore de caminhos mínimos a partir de E calculada pelo algoritmo. Construa também a tabela de roteamento de E.

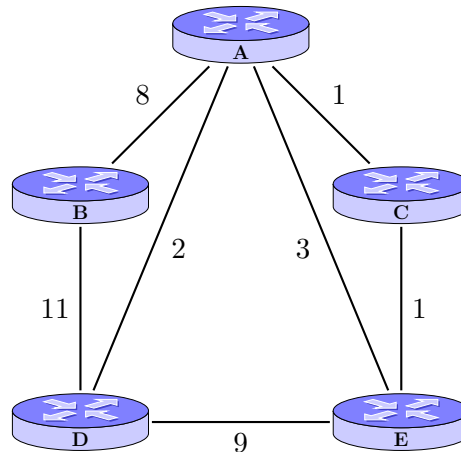
**Resposta:**



**FALTA A TABELA DE ROTEAMENTO!!**

**Questão 4**..... 20 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 continuamente cooperar uns com os outros, através da troca de informações, para que todos descubram seus 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. Vamos assumir que os nós da rede executam uma versão síncrona do algoritmo *distance vector*, de forma que cada passo do algoritmo é executado por todos os nós simultaneamente, antes de todos avançarem para o passo seguinte.

Antes da execução do algoritmo, todos os nós sabem apenas o custo dos enlaces que os liga a seus vizinhos. Determine as tabelas de distância iniciais de cada nó. A partir destas tabelas de distância, determine também os vetores de distância iniciais de cada nó. Este é o “passo 0” do algoritmo.

**Resposta:**

Passo 0:

A		custo até				B	custo até				C	custo até				D	custo até				E	custo até							
		B	C	D	E		A	C	D	E		A	B	D	E		A	B	C	E		A	B	C	D				
via	B	8	∞	∞	∞	via	A	8	∞	∞	∞	via	A	1	∞	∞	∞	via	A	2	∞	∞	∞	via	A	3	∞	∞	∞
	C	∞	1	∞	∞		D	∞	∞	11	∞		E	∞	∞	∞	1		B	∞	11	∞	∞		C	∞	∞	1	∞
	D	∞	∞	2	∞														C	∞	∞	∞	9		D	∞	∞	∞	9
	E	∞	∞	∞	3														D	∞	∞	∞	9						

vetor de A					vetor de B					vetor de C					vetor de D					vetor de E				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	8	1	2	3	8	0	∞	11	∞	1	∞	0	∞	1	2	11	∞	0	9	3	∞	1	9	0

- (b) Na primeira iteração do algoritmo, todos os nós enviam aos seus vizinhos os vetores de distância calculados no passo 0. Cada nó utiliza os vetores recebidos para compor uma nova tabela de distâncias, e utiliza esta nova tabela para atualizar o seu próprio vetor de distâncias. Determine as novas tabelas de distância de cada nó e, a partir delas, calcule os novos vetores de distância de cada nó. Isto conclui o passo 1 do algoritmo.

**Resposta:**

Passo 1:

A		custo até				B	custo até				C	custo até				D	custo até				E	custo até							
		B	C	D	E		A	C	D	E		A	B	D	E		A	B	C	E		A	B	C	D				
via	B	8	∞	19	∞	via	A	8	9	10	11	via	A	1	9	3	4	via	A	2	10	3	5	via	A	3	11	4	5
	C	∞	1	∞	2		D	13	∞	11	20		E	4	∞	10	1		B	19	11	∞	∞		C	2	∞	1	∞
	D	13	∞	2	11														E	12	∞	10	9		D	11	20	∞	9
	E	∞	4	12	3																								

vetor de A					vetor de B					vetor de C					vetor de D					vetor de E				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	8	1	2	2	8	0	9	10	11	1	9	0	3	1	2	10	3	0	5	2	11	1	5	0

- (c) As iterações seguintes do algoritmo procedem da mesma forma que a primeira, mas utilizando os vetores de distância calculados no passo anterior. Esta dinâmica irá continuar até a *convergência* do algoritmo, isto é, até que chegue um passo em que o vetor de distâncias de todos os nós não se modifique. Repita o item anterior — isto é, determine as novas tabelas de distância e recalcule os vetores de distância de todos os nós — até que ocorra a convergência do algoritmo. Em quantos passos ocorreu esta convergência?

**Resposta:**

O algoritmo irá convergir em apenas 3 passos.

Passo 2:

A		custo até				B	custo até				C	custo até				D	custo até				E	custo até							
B	C	D	E	A	C		D	E	A	B		D	E	A	B		C	E	A	B		C	D						
via	B	8	17	18	19	via	A	8	9	10	10	via	A	1	9	3	3	via	A	2	10	3	4	via	A	3	11	4	5
	C	10	1	4	2		D	13	14	11	16		E	3	12	6	1		B	19	11	20	22		C	2	10	1	4
	D	12	5	2	7												E	11	20	10	9	D	11	19	12	9			
	E	14	4	8	3																								

vetor de A					vetor de B					vetor de C					vetor de D					vetor de E				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	8	1	2	2	8	0	9	10	10	1	9	0	3	1	2	10	3	0	4	2	10	1	4	0

Passo 3:

A		custo até				B	custo até				C	custo até				D	custo até				E	custo até							
B	C	D	E	A	C		D	E	A	B		D	E	A	B		C	E	A	B		C	D						
via	B	8	17	18	18	via	A	8	9	10	10	via	A	1	9	3	3	via	A	2	10	3	4	via	A	3	11	4	5
	C	10	1	4	2		D	13	14	11	15		E	3	11	5	1		B	19	11	20	21		C	2	10	1	4
	D	12	5	2	6												E	11	19	10	9	D	11	19	12	9			
	E	13	4	7	3																								

vetor de A					vetor de B					vetor de C					vetor de D					vetor de E				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	8	1	2	2	8	0	9	10	10	1	9	0	3	1	2	10	3	0	4	2	10	1	4	0

**Questão 5** ..... 20 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 120.218.22.228 e que gerencia as conexões da rede privada, que ocupa a faixa 192.168.0.0/16. 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)	192.168.0.1, 19003	208.153.201.62, 18572	31055
(2)	192.168.0.2, 3608	231.118.105.30, 24809	31659
(3)	192.168.0.2, 4277	100.174.122.188, 30901	20515
(4)	192.168.0.1, 31109	218.119.143.224, 27564	18088
(5)	192.168.0.2, 19161	20.186.36.159, 16002	25267
(6)	192.168.0.1, 27093	197.155.230.189, 14909	18562
(7)	192.168.0.1, 23082	131.173.234.83, 23743	9441
(8)	192.168.0.3, 31508	236.186.74.218, 11933	1025
(9)	192.168.0.4, 1226	153.132.83.204, 21621	23220
(10)	192.168.0.3, 27944	72.225.123.37, 31902	31524

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: 208.153.201.62, 18572; Destino: 120.218.22.228, 31055  
 → **Origem: 208.153.201.62, 18572; Destino: 192.168.0.1, 19003**
  - ii. Origem: 72.225.123.37, 31902; Destino: 120.218.22.228, 1025  
**descartado**
  - iii. Origem: 246.24.122.62, 2298; Destino: 120.218.22.228, 18088  
**descartado**
  - iv. Origem: 131.173.234.83, 23743; Destino: 120.218.22.228, 9441  
 → **Origem: 131.173.234.83, 23743; Destino: 192.168.0.1, 23082**
- (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: 192.168.0.2, 4277; Destino: 100.174.122.188, 30901  
**Encaminhado segundo a entrada (3)**

- ii. Origem: 192.168.0.2, 4277; Destino: 100.174.122.188, 15756  
**Nova entrada:**

	(IP, porta) local	(IP, porta) destino	Porta pública no NAT
(11)	192.168.0.2, 4277	100.174.122.188, 15756	1024

- iii. Origem: 192.168.0.2, 19161; Destino: 20.186.36.159, 16002  
**Encaminhado segundo a entrada (5)**

- (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.

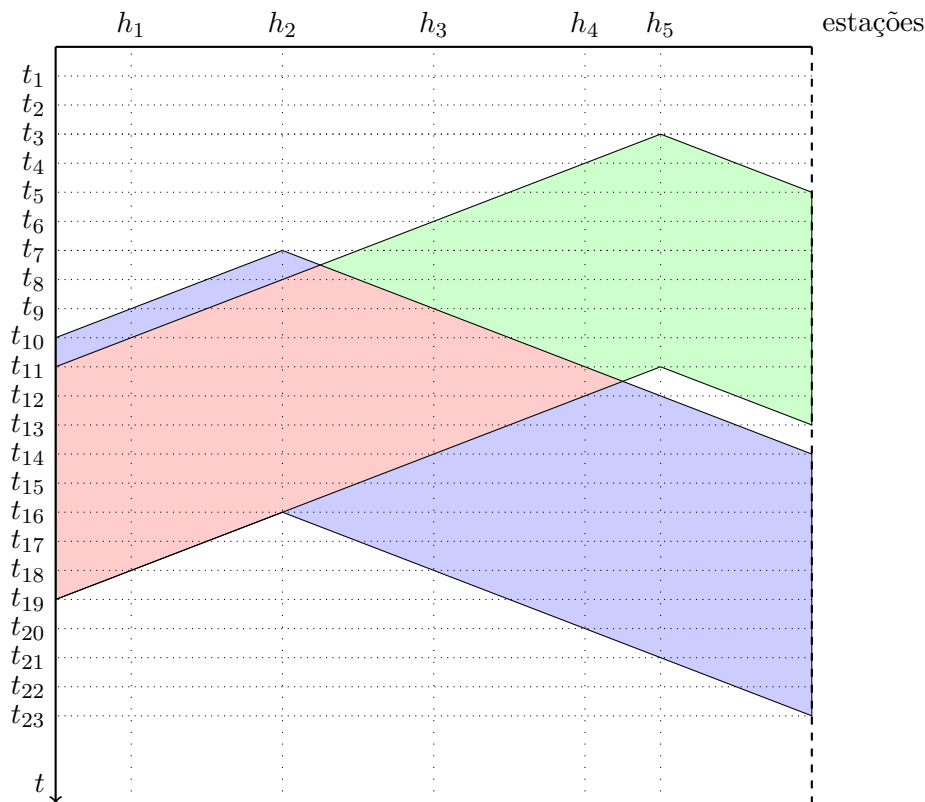
- i. Origem: 192.168.0.2, 4277; Destino: 100.174.122.188, 30901  
 → **Origem: 120.218.22.228, 20515; Destino: 100.174.122.188, 30901**
- ii. Origem: 192.168.0.2, 4277; Destino: 100.174.122.188, 15756  
 → **Origem: 120.218.22.228, 1024; Destino: 100.174.122.188, 15756**
- iii. Origem: 192.168.0.2, 19161; Destino: 20.186.36.159, 16002  
 → **Origem: 120.218.22.228, 25267; Destino: 20.186.36.159, 16002**

**Questão 6** ..... 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.

<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.

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  $t_3$  e  $t_{11}$ . Depois disto, a estação  $h_2$  transmite dados entre  $t_7$  e  $t_{16}$ .

- (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 $h_2$
$h_1$	$t_{10} - t_{18}$	$t_9 - t_{18}$
$h_3$	$t_6 - t_{14}$	$t_9 - t_{18}$
$h_4$	$t_4 - t_{12}$	$t_{11} - t_{20}$

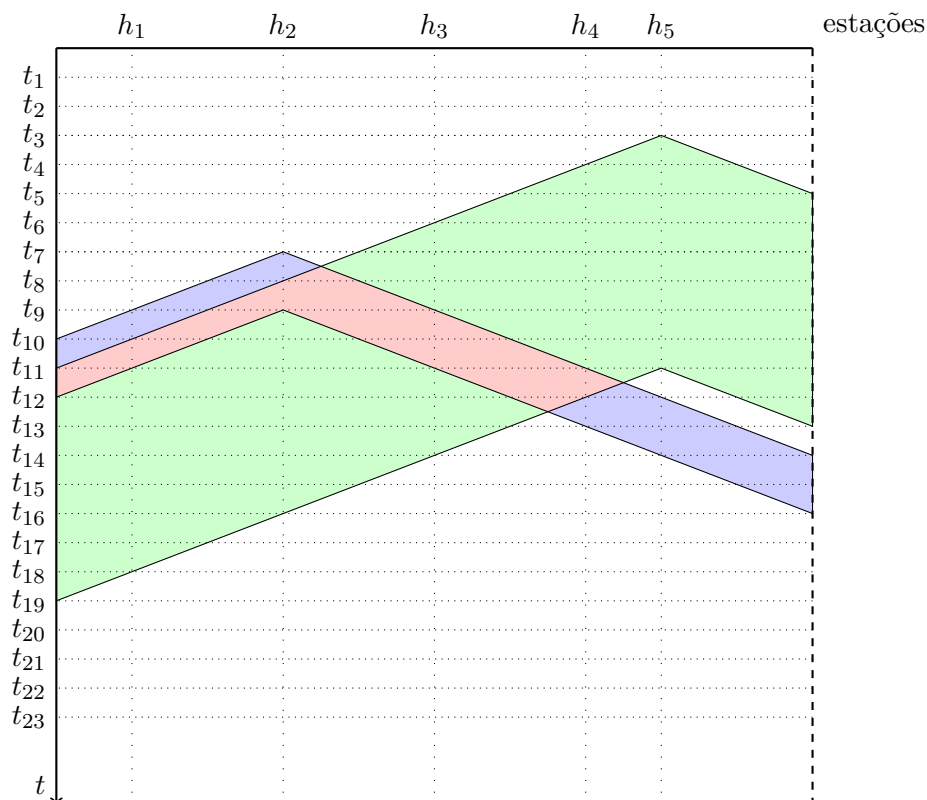
- (c) Considere os instantes de tempo  $t_6$ ,  $t_{10}$  e  $t_{20}$ . Quais estações podem iniciar uma transmissão nestes instantes de tempo?



**Resposta:**

	Estações:
$t_6$	$h_1, h_2$
$t_{10}$	—
$t_{20}$	$h_1, h_2, h_3$

- (d) 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 (c) para este cenário.

**Resposta:**

Novamente, as estações  $h_5$  e  $h_2$  transmitiram. Desta vez, a estação  $h_5$  transmitiu entre os instantes de tempo  $t_3$  e  $t_{11}$ , e a estação  $h_2$  transmitiu entre os instantes de tempo  $t_7$  e  $t_9$ . As demais estações recebem estas transmissões conforme a tabela a seguir:

Estação	Transmissão de $h_5$	Transmissão de $h_2$
$h_1$	$t_{10} - t_{18}$	$t_9 - t_{11}$
$h_3$	$t_6 - t_{14}$	$t_9 - t_{11}$
$h_4$	$t_4 - t_{12}$	$t_{11} - t_{13}$

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

	Estações:
$t_6$	$h_1, h_2$
$t_{10}$	—
$t_{20}$	$h_1, h_2, h_3, h_4, h_5$

- (e) 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
$h_1$	$t_{18} - t_{18}$
$h_2$	$t_{16} - t_{16}$
$h_3$	$t_{14} - t_{18}$
$h_4$	$t_{13} - t_{20}$
$h_5$	$t_{14} - t_{21}$