



endereçamento de sub-redes aparecem a “1” e os restantes, do grupo de interfaces em cada sub-rede, aparecem a “0”).

Representação na forma binária: **11111111.11111111.11111111.1110000**

Representação na forma decimal: 255.255.255.224

Atendendo à máscara de rede definida e ao endereço classe C disponível, podem atribuir-se os seguintes endereços de interfaces para toda a instituição (os endereços completos estão em formato CIDR):

#### Sub-rede A (endereço “001”)

Host/Router	Endereço de sub-rede	Endereço de interface	Endereço completo
e	001	00001	192.200.192.33/27
f	001	00010	192.200.192.34/27
g	001	00011	192.200.192.35/27
h	001	00100	192.200.192.36/27
R1	001	00101	192.200.192.37/27
R2	001	00110	192.200.192.38/27

#### Sub-rede B (endereço “010”)

Host/Router	Endereço de sub-rede	Endereço de interface	Endereço completo
R1	010	00101	192.200.192.69/27
R2	010	00110	192.200.192.70/27

#### Sub-rede C (endereço “011”)

Host/Router	Endereço de sub-rede	Endereço de interface	Endereço completo
a	011	00001	192.200.192.97/27
b	011	00010	192.200.192.98/27
c	011	00011	192.200.192.99/27
d	011	00100	192.200.192.100/27
R1	011	00101	192.200.192.101/27
R2	011	00110	192.200.192.102/27

**1.2** Se as *bridges* fossem substituídas por *routers* não havia vantagens relevantes uma vez que está apenas em causa a ligação de nível lógico entre dois segmentos de rede local. Mesmo se houvesse necessidade de separar os dois segmentos em duas redes/sub-redes IP distintas ainda se podia usar uma atribuição de endereços IP em sub-redes distintas num mesmo segmento físico (i.e., é possível ter várias redes ou sub-redes IP, que é uma organização lógica, em cima duma mesma rede de nível lógico/físico). A haver necessidade de o fazer, normalmente estaria associada à necessidade duma organização física e lógica com mais garantias de segurança com atribuição de endereços IP diferentes e separação total do tráfego das redes/sub-redes dos dois segmentos, que não é possível fazer completamente com *bridges*, *hubs* ou *switches*.

A troca duma *bridge* B1 por um *router* R3 obrigaria à divisão da sub-rede A em duas sub-redes interligadas por R3. Uma sub-rede incluiria os interfaces dos *hosts* “e” e “f” e dos *routers* R1 e R3. A outra sub-rede incluiria os interfaces dos *hosts* “g” e “h” e dos *routers* R2 e R3. Seria assim gasto mais um endereço de sub-rede mas não seria necessário modificar a máscara de rede.

**1.3** Sim, há vantagem em utilizar encaminhamento dinâmico uma vez que a partir das sub-redes A e C é possível ter conectividade externa através de vários caminhos alternativos. Também entre as duas sub-redes A e C é possível a interligação por vários caminhos alternativos. Fazer a gestão de caminhos alternativos é mais eficiente se for usado encaminhamento dinâmico (processo realizado automaticamente por protocolos de encaminhamento IP). Com encaminhamento estático (controlado manualmente por um operador/administrador humano) é menos eficiente e a resposta a mudanças de topologia ou de indisponibilidade de uma ou mais alternativas é muito lenta.

---

**2.1** O endereço disponibilizado é 200.1.1.0/26, que está em notação CIDR. Os primeiros bits são “110” pelo que se trata de um endereçamento numa classe C, ou seja, os primeiros 24 bits são alocados para endereços de rede. Sobram 8 bits para eventual *subnetting*. No entanto, já nos é indicado que, desses 8 bits, os dois primeiros 2 bits já estão reservados para atribuição reservada na instituição e que o *subnetting* da infra-estrutura deve apenas preocupar-se com a definição dos restantes 6 bits. Sendo que é necessário endereçar 12 sub-redes de interligação entre os *routers*, são necessários, no mínimo, mais 4 bits para endereçar as sub-redes de interligação (máximo de 14 ou 16 endereços de sub-rede, dependendo dos 2 primeiros bits do sub-endereço e que nesta altura são desconhecidos), restando 2 bits para o endereçamento de interfaces dos routers (máximo de 2 endereços de interfaces por sub-rede, o que é suficiente). Assim, facilmente se conclui que não existe outra forma de organização dos endereços que cumpra estes requisitos.

Máscara de rede na forma binária: **11111111.11111111.11111111.11111100**

Máscara de rede na forma decimal: 255.255.255.252

Todos os endereços de interfaces dos *routers* em cada sub-rede são “10” ou “01”, um para cada lado da ligação (“00” e “11” não podem usados por serem reservados). As sub-redes de interligação podiam ser endereçadas desde “XX0001” até “XX1100”, garantindo assim que, independentemente do valor dos 2 primeiros bits do endereço de sub-rede, nunca teríamos uma combinação reservada de tudo “0” ou tudo “1”.

Como exemplo, fica uma possível atribuição dos endereços para os interfaces de R1:

#### Interfaces de R1

Ligação	Endereço de sub-rede	Endereço de interface	Endereço completo
a R2	XX0001	01	200.1.1.XX000101/30
a R5	XX0010	01	200.1.1.XX001001/30

**2.2** Uma tabela de encaminhamento deve incluir entradas que “ensinem” o *host/router* a chegar a todas as redes a que está conetado diretamente (estas entradas também nos informam quais os endereços completos do *host/router* nessas redes/sub-redes) e entradas que o “ensinem” a chegar a outras redes a que não está diretamente ligado. Um caso especial deste último tipo de entrada é a chamada “rota por defeito” (identificada por 0.0.0.0 ou “*default*”), que, a existir, indica qual o próximo *router* a utilizar para se chegar a todas as redes que não constam em nenhuma das restantes entradas da tabela. De notar que as entradas podem ser do tipo explícito (em que o endereço de destino representa uma única rede ou sub-rede) ou do tipo implícito (em que o endereço representa um grupo de redes ou sub-redes em notação CIDR, normalmente designado por *supernetting*). Um elemento importante que deve constar em todas as entradas é por qual dos interfaces o pacote IP deve sair.

No caso de R1, a sua tabela terá que incluir informação de como “chegar” às próprias sub-redes de interligação a R2 e R5, a informação de como chegar a **X** e, finalmente, como chegar a todas as outras redes. Parte-se do princípio que os interfaces de R1 são identificados por “int1” e “int2”. Note-se que 200.1.1.XX000110/30 é o endereço de R2 na sub-rede de interligação R1-R2 e que 200.1.1.XX001010/30 é o endereço de R5 na sub-rede de interligação R1-R5.

**Tabela de encaminhamento de R1**

Destino	Próximo <i>hop</i>	Interface de saída
200.1.1.XX000100/30	200.1.1.XX000101/30	int1
200.1.1.XX001000/30	200.1.1.XX001001/30	int2
<b>X</b>	200.1.1.XX000110/30	int1
0.0.0.0	200.1.1.XX001010/30	int2

**2.3** Atendendo à complexidade do encaminhamento das redes de infra-estrutura, com muitos caminhos alternativos e com muitas ligações entre os routers, o melhor método é o encaminhamento dinâmico, em que qualquer mudança na topologia de rede ou na disponibilidade de algum dos caminhos é plasmada nas tabelas de encaminhamento mais rapidamente e sem o risco de falha humana.

**3.1** O único *router* existente com certeza é a máquina A uma vez que faz a interligação entre a rede da UM e a Internet. Esta ligação só pode ser feita no nível de rede IP pelo que a máquina A terá de ser um *router*. A máquina E também poderá ser um *router* uma vez que faz a interligação entre duas redes locais de dois departamentos diferentes. No entanto, esta interligação também podia ser feita no nível de ligação através dum *switch* ou duma *bridge*. Por fim, a máquina B também poderá ser um *router* que permita ligar o *host* F à rede local do departamento 2. Ainda que menos provável, a máquina B também podia ser apenas um *host* que tivesse uma ligação direta ao *host* F e à rede local do departamento 2 mas sem fazer encaminhamento do tráfego IP do *host* F, que, assim, não teria ligação com outros *hosts* da UM nem com a Internet.

**3.2/3.3** O endereço disponível 192.88.251.0/24 é um endereço classe C (24 bits para endereços de rede e 8 bits para endereços de interfaces de *hosts*) pois começa com os bits “110”. Partindo do princípio que A, B e E são *routers*, terá que ser possível endereçar 3 sub-redes (uma para o departamento 1 e duas para o departamento 2). Isto obriga a que se usem, no mínimo, 3 bits para endereçar sub-redes (com um máximo de 6 endereços utilizáveis). Sobram 5 bits para endereçamento de interfaces dos *hosts* e dos *routers* (máximo de 30 interfaces por cada sub-rede).

Máscara de rede na forma binária: **11111111.11111111.11111111.11100000**

Máscara de rede na forma decimal: 255.255.255.224

Atendendo à máscara de rede definida e ao endereço classe C disponível, podem atribuir-se os seguintes endereços de interfaces para toda a instituição (os endereços completos estão em formato CIDR,  $0 < n < 28$ ):

**Sub-rede Dept.1 (endereço “001”)**

Host/Router	Endereço de sub-rede	Endereço de interface	Endereço completo
Router A	001	00001	192.88.251.33/27
Router E	001	00010	192.88.251.34/27
X1	001	00011	192.88.251.35/27
...			
Xn	001	(n+2)	192.88.251.n+34/27

**Sub-rede SLIP do Dept.2 (endereço “010”)**

Host/Router	Endereço de sub-rede	Endereço de interface	Endereço completo
Router B	010	00101	192.88.251.69/27
F	010	00110	192.88.251.70/27

**Sub-rede Dept.2 (endereço “011”)**

Host/Router	Endereço de sub-rede	Endereço de interface	Endereço completo
Router B	011	00001	192.88.251.97/27
Router E	011	00010	192.88.251.98/27
C	011	00011	192.88.251.99/27
D	011	00100	192.88.251.100/27

No entanto, podia fazer-se uma definição de endereçamento em que cada sub-rede tenha a sua própria máscara com um número de bits dedicados a endereços de interfaces que fosse adequado a cada caso, sobretudo ao mais exigente, neste caso à sub-rede do departamento 1. Devemos começar a atribuição para as sub-redes de maior dimensão e depois para as de menor dimensão.

Sendo assim, uma atribuição mais eficiente seria começar por atribuir para a sub-rede do departamento 1, que é maior e que se espera venha a aumentar, uma máscara de rede com apenas 2 bits para endereços de sub-rede, sobrando 6 bits para endereços de interfaces de *hosts/routers*.

Com 2 bits para endereços de sub-redes podemos usar apenas dois endereços, “01” e “10”. Um ficará para a sub-rede maior e o outro para endereçar as outras sub-redes mais pequenas. Como ainda temos duas sub-redes adicionais, precisamos depois de mais um bit para as distinguir.

Máscara de rede na forma binária (Dept.1): **11111111.11111111.11111111.11000000**

Máscara de rede na forma decimal (Dept.1): 255.255.255.192

Máscara de rede na forma binária (Dept.2): **11111111.11111111.11111111.11100000**

Máscara de rede na forma decimal (Dept.2): 255.255.255.224

Esta organização, embora mais eficiente, obriga a uma definição mais cuidada dos endereços de sub-rede para que não haja nunca a hipótese de se usarem combinações reservadas nem que os endereços de sub-rede com mais bits entrem em colisão com endereços de sub-rede com menos bits. Assim, começa-se por atribuir os endereços de sub-rede nas sub-redes maiores (os endereços completos estão em formato CIDR,  $0 < n < 60$ ):

#### Sub-rede Dept.1 (endereço “10”)

Host/Router	Endereço de sub-rede	Endereço de interface	Endereço completo
Router A	10	000001	192.88.251.129/26
Router E	10	000010	192.88.251.130/26
X1	10	000011	192.88.251.131/26
...			
Xn	10	(n+2)	192.88.251.n+130/26

Os endereços das outras sub-redes podem manter-se iguais à atribuição feita anteriormente uma vez que os endereços de sub-rede são distintos mas começam ambos por “01”.

**3.4** Para que D tenha conectividade externa e interna completa, é necessário que utilize o *router* B (para chegar à sub-rede SLIP do departamento 2), o *router* E (para chegar à sub-rede do departamento 1) e *router* A para chegar à Internet. Assim, é necessário apresentar as tabelas de encaminhamento do host D e dos *routers* A, B e E.

#### Tabela de encaminhamento de D

Destino	Próximo <i>hop</i>	Interface de saída
192.88.251.96/27	192.88.251.100/27	ethernet 2
192.88.251.64/27	192.88.251.97/27	ethernet 2
0.0.0.0	192.88.251.98/27	ethernet 2

#### Tabela de encaminhamento de A

Destino	Próximo <i>hop</i>	Interface de saída
192.88.251.128/26	192.88.251.129/26	ethernet 1
192.88.251.64/27	192.88.251.130/26	ethernet 1
192.88.251.96/27	192.88.251.130/26	ethernet 1
0.0.0.0	(endereço de A no exterior)	?

**Tabela de encaminhamento de B**

Destino	Próximo <i>hop</i>	Interface de saída
192.88.251.96/27	192.88.251.97/27	ethernet 2
192.88.251.64/27	192.88.251.69/27	serial
0.0.0.0	192.88.251.98/27	ethernet 2

**Tabela de encaminhamento de E**

Destino	Próximo <i>hop</i>	Interface de saída
192.88.251.128/26	192.88.251.130/26	ethernet 1
192.88.251.96/27	192.88.251.98/27	ethernet 2
192.88.251.64/27	192.88.251.97/27	ethernet 2
0.0.0.0	192.88.251.129/26	ethernet 1