

Trabalho TP3: Encaminhamento de Tráfego [Protocolo OSPF]

Beatriz Almeida^[53693], Miguel Gomes^[54153], and Rui Armada^[50737]

Universidade do Minho, Braga 4710 - 057, Portugal
Rua da universidade, Braga, Portugal
<https://www.uminho.pt/PT>

Abstract. Este relatório apresenta uma investigação sobre o desenvolvimento de habilidades fundamentais em configuração de protocolos de encaminhamento, com foco principal no OSPF (*Open Shortest Path First*). A pesquisa inclui a exploração prática de sistemas de programação e configuração de equipamentos de redes, bem como a utilização de ferramentas de emulação de redes, notavelmente o *CORE (Common Open Research Emulator)*. Este relatório destaca o desenvolvimento de capacidades de pesquisa e aprendizagem autodidata para a configuração de protocolos de encaminhamento de tráfego em redes IP.

Keywords: CORE · OSPF · Routing

1 Introdução

Semelhante à fase anterior (TP2: Encaminhamento de Tráfego [Protocolo RIP]), este trabalho teve como principal objetivo ajudar-nos a desenvolver as experiências iniciais/básicas em processos de configuração dos protocolos de encaminhamento **OSPF**, forçando-nos a ter contacto com sistemas de programação/configuração de equipamentos de redes.

Para tal, tivemos de aprimorar os nossos conhecimentos relativos às diferentes etapas do trabalho (maioritariamente em relação ao próprio protocolo **OSPF**), requerendo expansão de conceitos aprendidos anteriormente, assim como pesquisa por conta própria, de modo a melhorarmos as nossas respostas às diferentes etapas que nos foram propostas.

Para emular uma rede com os dispositivos necessários para resolver as tarefas que se seguem foi utilizada a ferramenta de emulação de redes CORE (Common Open Research Emulator).

2 Tarefas

2.1 Definição da Topologia e configuração de alguns dos links com uma *bandwidth* de 10 Mbps e outros com 100 Mbps

Foi proposta uma topologia com quatro secções, uma rede *core* e três redes clientes. A rede *core* é composta por 7 *routers* que compõem 10 sub-redes, cada uma das redes clientes é composta por dois *Hosts* e representam mais uma sub-rede, levando o total de sub-redes para 13.

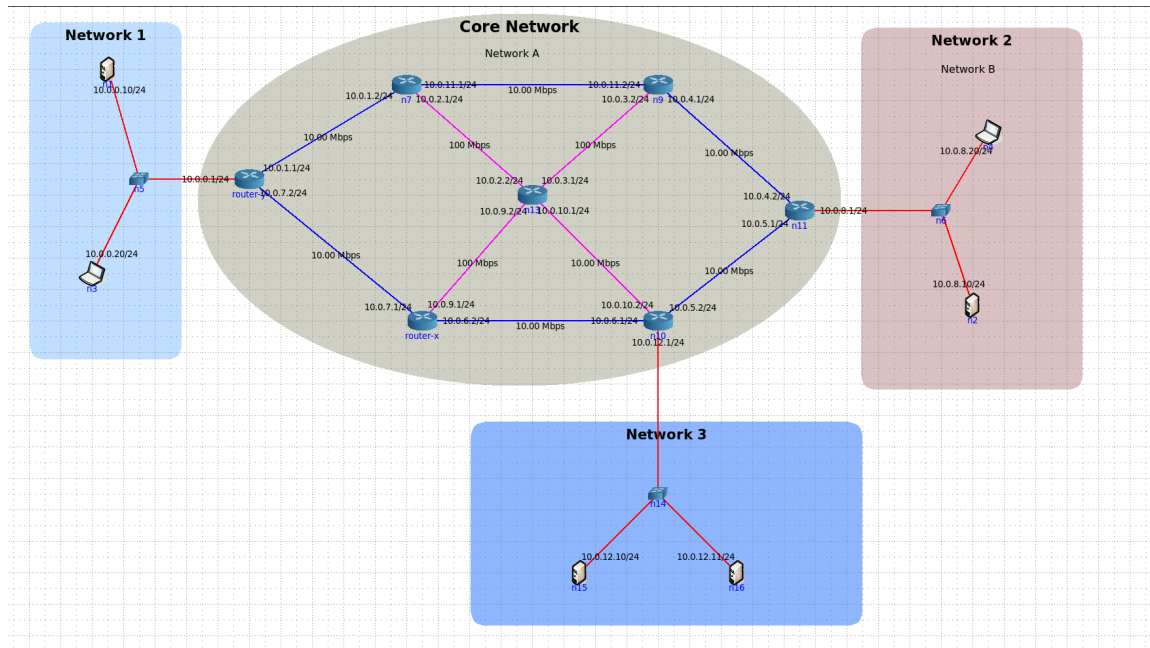


Fig. 1: Topologia proposta para a realização deste projeto.

Foi também pedido para configurar as ligações da rede *core* com dois valores de *bandwidth* distintos: 100Mbps(links *magenta*) e 10Mbps(links *azuis*). Os links *vermelhos* são links de *bandwidth* arbitrária.

2.2 Configure, na ‘interface’ gráfica, todos os *routers* da topologia para usarem o protocolo OSPF para difusão de todas as redes de interligação e redes clientes. Deverá ser definida uma única área OSPF 0 (e.g. área 0) para todos os equipamentos.

Foram configurados os serviços de cada *router* para utilizar *OSPFv2* com uma única área (*área 0*).

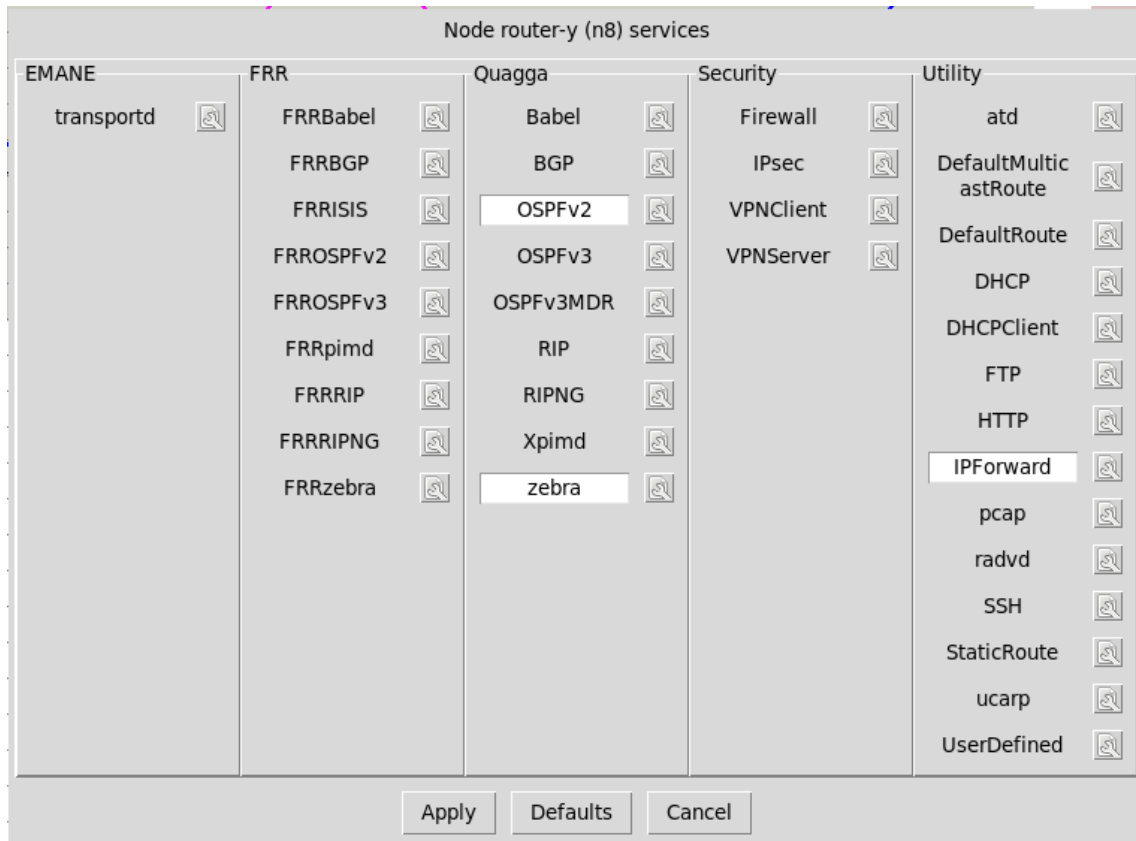


Fig. 2: Serviços ativos em cada *router*

Foi depois alterada a configuração do *OSPF* para todos os *routers* estarem definidos na mesma área.

```

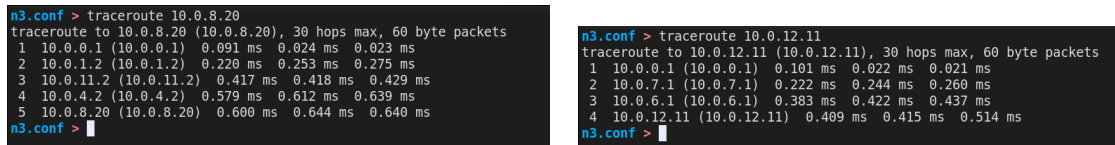
1 router ospf
2   router-id 10.0.0.1
3   network 10.0.0.1/24 area 0
4   network 10.0.1.1/24 area 0
5   network 10.0.7.2/24 area 0

```

Listing 1.1: Configuração OSPF do router y da rede *Core*

2.3 Ative a topologia e proceda a testes de conectividade (e.g. *ping*, etc.) entre os diversos equipamentos. Verifique também as rotas utilizadas pelo tráfego que circula na rede.

Fizeram-se diversos testes de conectividade entre diversos equipamentos tais como *ping* e *traceroute*.



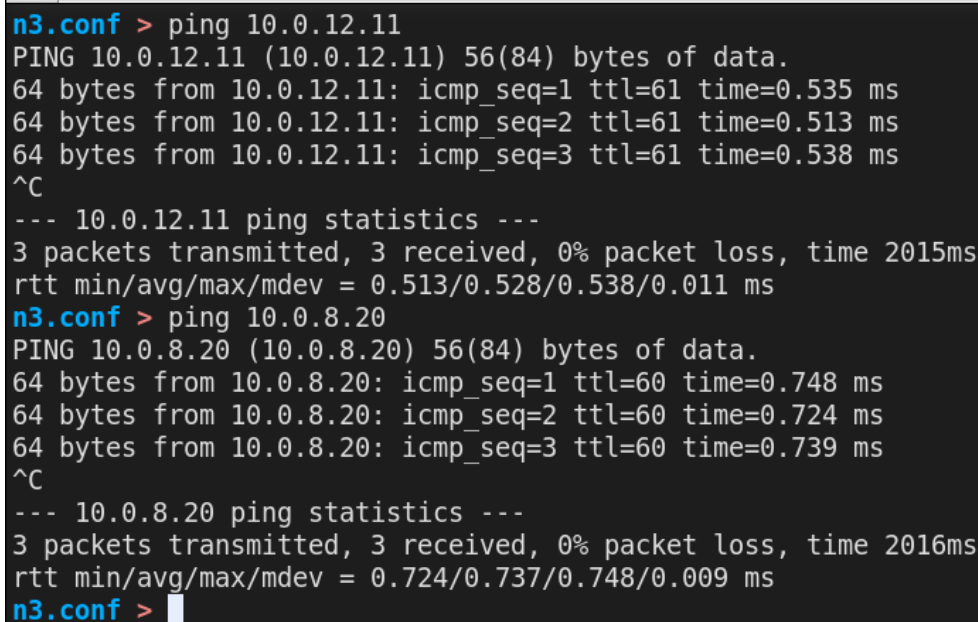
```
n3.conf > traceroute 10.0.8.20
traceroute to 10.0.8.20 (10.0.8.20), 30 hops max, 60 byte packets
 1 10.0.0.1 (10.0.0.1)  0.091 ms  0.024 ms  0.023 ms
 2 10.0.1.2 (10.0.1.2)  0.220 ms  0.253 ms  0.275 ms
 3 10.0.11.2 (10.0.11.2) 0.417 ms  0.418 ms  0.429 ms
 4 10.0.4.2 (10.0.4.2)  0.579 ms  0.612 ms  0.639 ms
 5 10.0.8.20 (10.0.8.20) 0.600 ms  0.644 ms  0.640 ms
n3.conf >

n3.conf > traceroute 10.0.12.11
traceroute to 10.0.12.11 (10.0.12.11), 30 hops max, 60 byte packets
 1 10.0.0.1 (10.0.0.1)  0.101 ms  0.022 ms  0.021 ms
 2 10.0.7.1 (10.0.7.1)  0.222 ms  0.244 ms  0.260 ms
 3 10.0.6.1 (10.0.6.1)  0.383 ms  0.422 ms  0.437 ms
 4 10.0.12.11 (10.0.12.11) 0.409 ms  0.415 ms  0.514 ms
n3.conf >
```

(a) Resultado *traceroute* N1 para N2

(b) Resultado *traceroute* N1 para N16

Fig. 3: Resultado dos *traceroutes*



```
n3.conf > ping 10.0.12.11
PING 10.0.12.11 (10.0.12.11) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.12.11: icmp_seq=1 ttl=61 time=0.535 ms
64 bytes from 10.0.12.11: icmp_seq=2 ttl=61 time=0.513 ms
64 bytes from 10.0.12.11: icmp_seq=3 ttl=61 time=0.538 ms
^C
--- 10.0.12.11 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2015ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.513/0.528/0.538/0.011 ms
n3.conf > ping 10.0.8.20
PING 10.0.8.20 (10.0.8.20) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.8.20: icmp_seq=1 ttl=60 time=0.748 ms
64 bytes from 10.0.8.20: icmp_seq=2 ttl=60 time=0.724 ms
64 bytes from 10.0.8.20: icmp_seq=3 ttl=60 time=0.739 ms
^C
--- 10.0.8.20 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2016ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.724/0.737/0.748/0.009 ms
n3.conf >
```

Fig. 4: Resultado de *ping* entre N1 com N2 e N1 com N16 respetivamente.

2.4 Explique as configurações OSPF que foram introduzidas nos *routers* da rede de interligação

Como é possível observar nas configurações 1.1 e 1.2, o formato destas é relativamente semelhante, sendo só alterados os valores dos *IPs* e a quantidade de ‘interfaces’.

```
1 router ospf
2   router-id 10.0.2.2
3   network 10.0.2.2/24 area 0
4   network 10.0.3.1/24 area 0
5   network 10.0.9.2/24 area 0
6   network 10.0.10.1/24 area 0
```

Listing 1.2: Configuração OSPF do router no centro da rede *Core*

A primeira linha **router-id x.x.x.x** da configuração define o identificador desse *router* e representa o menor endereço *IP* das diferentes ‘interfaces’ disponíveis que, no caso acima representado do *router* N13 é 10.0.2.2. Para cada ‘interface’ foi depois definida a área *OSPF*.

2.5 Visualize e analise as tabelas de *routing* que foram estabelecidas pelos equipamentos da rede de interligação

As tabelas de *routing* são usadas para determinar o próximo salto (*next-hop*) dos pacotes na rede. Nas seguintes figuras 5 e 6 é nos possível verificar como o *OSPF* define os próximos saltos.

Em cada uma das entradas da tabela estão explícitos a rede a atingir, a métrica de custo para atingir essa rede e qual o próximo salto a seguir, por exemplo, um pacote no *router x* a tentar alcançar a sub-rede 10.0.11.0/24, proveniente do *router y*, o seu próximo salto será pela ‘interface’ **eth1** ou **eth2** e terá uma métrica de custo de 30.

```

router-x# sh ip osp rou
===== OSPF network routing table =====
N   10.0.0.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.7.2, eth1
N   10.0.1.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.7.2, eth1
N   10.0.2.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.9.2, eth2
N   10.0.3.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.9.2, eth2
N   10.0.4.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.6.1, eth0
                        via 10.0.9.2, eth2
N   10.0.5.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.6.1, eth0
N   10.0.6.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth0
N   10.0.7.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth1
N   10.0.8.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.6.1, eth0
N   10.0.9.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth2
N   10.0.10.0/24     [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.6.1, eth0
                        via 10.0.9.2, eth2
N   10.0.11.0/24     [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.7.2, eth1
                        via 10.0.9.2, eth2
N   10.0.12.0/24     [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.6.1, eth0

===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====
router-x#

```

(a) Tabela de *routing* do router *x*.

```

router-y# sh ip os rou
===== OSPF network routing table =====
N   10.0.0.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth0
N   10.0.1.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth1
N   10.0.2.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.1.2, eth1
N   10.0.3.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.1.2, eth1
                        via 10.0.7.1, eth2
N   10.0.4.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.1.2, eth1
N   10.0.5.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.7.1, eth2
N   10.0.6.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.7.1, eth2
N   10.0.7.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth2
N   10.0.8.0/24      [40] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.1.2, eth1
                        via 10.0.7.1, eth2
N   10.0.9.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.7.1, eth2
N   10.0.10.0/24     [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.1.2, eth1
                        via 10.0.7.1, eth2
N   10.0.11.0/24     [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.1.2, eth1
N   10.0.12.0/24     [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.7.1, eth2

===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====
router-y#

```

(b) Tabela de *routing* do router *y*.Fig. 5: Tabelas de *routing*.

```

n10# sh ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N   10.0.0.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.6.2, eth1
N   10.0.1.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.6.2, eth1
                        via 10.0.10.1, eth2
N   10.0.2.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.10.1, eth2
N   10.0.3.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.10.1, eth2
N   10.0.4.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.5.1, eth0
N   10.0.5.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth0
N   10.0.6.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth1
N   10.0.7.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.6.2, eth1
N   10.0.8.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.5.1, eth0
N   10.0.9.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.6.2, eth1
                        via 10.0.10.1, eth2
N   10.0.10.0/24     [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth2
N   10.0.11.0/24     [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.5.1, eth0
                        via 10.0.10.1, eth2
N   10.0.12.0/24     [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth3

===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====
n10#

```

(a) Tabela de *routing* do router *N10*.

```

n13# sh ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N   10.0.0.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.2.1, eth0
                        via 10.0.9.1, eth2
N   10.0.1.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.2.1, eth0
N   10.0.2.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth0
N   10.0.3.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth1
N   10.0.4.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.3.2, eth1
N   10.0.5.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.10.2, eth3
N   10.0.6.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.10.2, eth3
                        via 10.0.9.1, eth2
N   10.0.7.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.9.1, eth2
N   10.0.8.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.3.2, eth1
                        via 10.0.10.2, eth3
N   10.0.9.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth2
N   10.0.10.0/24     [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth3
N   10.0.11.0/24     [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.2.1, eth0
                        via 10.0.3.2, eth1
N   10.0.12.0/24     [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.10.2, eth3

===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====
n13#

```

(b) Tabela de *routing* do router *N13*.Fig. 6: Tabelas de *routing*.

2.6 Que comando permite verificar quais os custos OSPF associados às diversas ‘interfaces’ de um *router*? Analise e comente os custos atribuídos aos *links* da sua topologia.

O comando que permite verificar os custo associados a cada ‘interface’ de um *router* é `show ip ospf interface`, que mostra as informações relativas a cada ‘interface’, incluindo a métrica de custo.

```
router-x# sh ip ospf interface
eth0 is up
  ifindex 40, MTU 1500 bytes, BW 0 Kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.6.2/24, Area 0.0.0.0
  MTU mismatch detection:enabled
  Router ID 10.0.6.2, Network Type POINTOPOINT, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State Point-To-Point, Priority 1
  No designated router on this network
  No backup designated router on this network
  Multicast group memberships: OSPFAllRouters
  Timer intervals configured, Hello 2s, Dead 6s, Wait 6s, Retransmit 5
    Hello due in 1.148s
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
eth1 is up
  ifindex 43, MTU 1500 bytes, BW 0 Kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.7.1/24, Area 0.0.0.0
  MTU mismatch detection:enabled
  Router ID 10.0.6.2, Network Type POINTOPOINT, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State Point-To-Point, Priority 1
  No designated router on this network
  No backup designated router on this network
  Multicast group memberships: OSPFAllRouters
  Timer intervals configured, Hello 2s, Dead 6s, Wait 6s, Retransmit 5
    Hello due in 1.148s
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
eth2 is up
  ifindex 54, MTU 1500 bytes, BW 0 Kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.9.1/24, Area 0.0.0.0
  MTU mismatch detection:enabled
  Router ID 10.0.6.2, Network Type POINTOPOINT, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State Point-To-Point, Priority 1
  No designated router on this network
  No backup designated router on this network
  Multicast group memberships: OSPFAllRouters
  Timer intervals configured, Hello 2s, Dead 6s, Wait 6s, Retransmit 5
    Hello due in 1.148s
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
lo is up
  ifindex 1, MTU 65536 bytes, BW 0 Kbit <UP,LOOPBACK,RUNNING>
  OSPF not enabled on this interface
router-x#
```

Fig. 7: Descrição das ‘interfaces’ do *router x*.

O valor atribuído a cada uma das ‘interfaces’ corresponde ao valor *default* do *OSPF* para portas Ethernet [2].

OSPF Default Interface Cost Values

Here are the default Cost values for each interface type:

| | |
|-------------------------------------|-----|
| Gigabit Ethernet Interface (1 Gbps) | 1 |
| Fast Ethernet Interface (100 Mbps) | 1 |
| Ethernet Interface (10 Mbps) | 10 |
| DS1 (1.544 Mbps) | 64 |
| DSL (768 Kbps) | 133 |

Fig. 8: Tabela de valores default para cada tipo de ‘interface’ definida com *OSPF*.

2.7 Altere os custos dos vários *links* da rede de interligação por forma que os *links* de 10 Mbps tenham custo “10” e os *links* de 100 Mbps tenham custo “1”

Para alterar os custos das interfaces de cada *router* foi utilizado o comando `ip ospf cost [x]`, alterando o `[x]` conforme o definido para a *bandwidth* de cada ligação.

```
router-x(config)# int eth2
router-x(config-if)# ip ospf cost 1
```

Fig. 9: Execução do comando para alteração da métrica de custo.

```
eth2 is up
  ifindex 125, MTU 1500 bytes, BW 0 Kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Internet Address 10.0.9.1/24, Area 0.0.0.0
  MTU mismatch detection:enabled
  Router ID 10.0.6.2, Network Type POINTOPOINT, Cost: 1
  Transmit Delay is 1 sec, State Point-To-Point, Priority 1
```

Fig. 10: Custo da ‘interface’ **ETH2** após alteração da métrica de custo da ligação de 100Mbps

2.8 Face à alteração introduzida na alínea 8 observe e explique as alterações que foram efetuadas nas tabelas de encaminhamento dos *routers*

A alteração das métricas de custo das ligações com maior *bandwidth* provocou uma reorganização dos próximos saltos, levando os routers a preferirem as ligações com maior *bandwidth*. Por exemplo, olhando para o cenário apresentado na secção 2.5, um pacote no *router x*, proveniente do *router y* e com a sub-rede 10.0.11.0/24 como destino, irá utilizar apenas a ‘interface’ *eth2* como saída e terá uma métrica de custo de 12 invés de 30.

```
router-x# sh ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N 10.0.0.0/24 [20] area: 0.0.0.0
via 10.0.7.2, eth1
N 10.0.1.0/24 [12] area: 0.0.0.0
via 10.0.9.2, eth2
N 10.0.2.0/24 [2] area: 0.0.0.0
via 10.0.9.2, eth2
N 10.0.3.0/24 [2] area: 0.0.0.0
via 10.0.9.2, eth2
N 10.0.4.0/24 [12] area: 0.0.0.0
via 10.0.9.2, eth2
N 10.0.5.0/24 [20] area: 0.0.0.0
via 10.0.6.1, eth0
N 10.0.6.0/24 [10] area: 0.0.0.0
directly attached to eth0
N 10.0.7.0/24 [10] area: 0.0.0.0
directly attached to eth1
N 10.0.8.0/24 [22] area: 0.0.0.0
via 10.0.9.2, eth2
N 10.0.9.0/24 [1] area: 0.0.0.0
directly attached to eth2
N 10.0.10.0/24 [11] area: 0.0.0.0
via 10.0.9.2, eth2
via 10.0.6.1, eth0
N 10.0.11.0/24 [12] area: 0.0.0.0
via 10.0.9.2, eth2
N 10.0.12.0/24 [20] area: 0.0.0.0
via 10.0.6.1, eth0
===== OSPF router routing table =====
```

(a) Nova tabela de *routing* do *router x*

```
n10# sh ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N 10.0.0.0/24 [22] area: 0.0.0.0
via 10.0.10.1, eth2
N 10.0.1.0/24 [12] area: 0.0.0.0
via 10.0.10.1, eth2
N 10.0.2.0/24 [2] area: 0.0.0.0
via 10.0.10.1, eth2
N 10.0.3.0/24 [2] area: 0.0.0.0
via 10.0.10.1, eth2
N 10.0.4.0/24 [12] area: 0.0.0.0
via 10.0.10.1, eth2
N 10.0.5.0/24 [10] area: 0.0.0.0
directly attached to eth0
N 10.0.6.0/24 [10] area: 0.0.0.0
directly attached to eth1
N 10.0.7.0/24 [12] area: 0.0.0.0
via 10.0.10.1, eth2
N 10.0.8.0/24 [20] area: 0.0.0.0
via 10.0.5.1, eth0
N 10.0.9.0/24 [2] area: 0.0.0.0
via 10.0.10.1, eth2
N 10.0.10.0/24 [1] area: 0.0.0.0
directly attached to eth2
N 10.0.11.0/24 [12] area: 0.0.0.0
via 10.0.10.1, eth2
N 10.0.12.0/24 [10] area: 0.0.0.0
directly attached to eth3
===== OSPF router routing table =====
```

(b) Nova tabela de *routing* do *router N10*

Fig. 11: Novas Tabelas de *routing*.

2.9 Tendo em conta as experiências anteriores e o que foi lecionado/discutido nas aulas teóricas comente, na sua opinião, sobre como devem ser configurados os custos OSPF dos diversos *links* de uma topologia de rede

Estudos anteriores indicam que o custo associado ao protocolo OSPF está diretamente relacionado com a largura de banda. Deste modo, uma largura de banda elevada é preconizada para diminuir os custos associados e prevenir o congestionamento da rede. Esta relação entre largura de banda e custo OSPF sublinha a importância de uma infraestrutura de rede bem dimensionada, não só para garantir a eficiência no encaminhamento de dados, mas também para assegurar a qualidade do serviço em cenários de elevado tráfego.

2.10 Nas experiências efetuadas poderá ter observado que, por vezes, para um mesmo destino existem várias rotas de igual custo:

i) **Apresente e descreva uma tabela de *routing* da sua topologia que ilustre um cenário desse tipo:** Como pode ser observado na Figura 12, na situação em que se pretende deslocar para a rede 10.0.9.0/24 existem dois caminhos possíveis, *eth1* e *eth2*. Isto acontece, pois o custo para ambas as saídas é o mesmo.

```
n10# sh ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N   10.0.0.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.6.2, eth1
N   10.0.1.0/24      [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.6.2, eth1
                        via 10.0.10.1, eth2
N   10.0.2.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.10.1, eth2
N   10.0.3.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.10.1, eth2
N   10.0.4.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.5.1, eth0
N   10.0.5.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth0
N   10.0.6.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth1
N   10.0.7.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.6.2, eth1
N   10.0.8.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.5.1, eth0
N   10.0.9.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.6.2, eth1
                        via 10.0.10.1, eth2
N   10.0.10.0/24     [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth2
N   10.0.11.0/24     [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.0.5.1, eth0
                        via 10.0.10.1, eth2
N   10.0.12.0/24     [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to eth3

===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====
n10#
```

Fig. 12: Tabela de *routing* do *router N10*

ii) **Investigue e explique diferentes tipos de abordagens que os *routers* podem ter para lidar com estas situações (rotas de igual custo para um mesmo destino). Apresente e explique quais são as vantagens/desvantagens inerentes a cada uma delas:** Quando se aborda o tema do encaminhamento, é sempre fundamental prestar especial atenção à gestão do tráfego, evitando atrasos e perda de dados. Contudo, em situações onde existam várias rotas com igual custo para o mesmo destino, o router tem a possibilidade de utilizar esses caminhos alternativos para distribuir o tráfego de forma eficiente até ao seu destino final. Utilizando a estratégia de encaminhamento **ECMP**¹, é viável maximizar a utilização de todos os percursos disponíveis. No entanto, para que esta metodologia seja implementada com sucesso, é de extrema importância ter um conhecimento aprofundado e realizar uma configuração ótima dos caminhos.

¹ Equal-Cost Multi-Path

- 2.11 Suponha que os *routers* da rede que definiu tinham simultaneamente ativados os protocolos RIP e OSPF. Neste caso, que rotas seriam escolhidas preferencialmente? Replique este cenário na sua topologia de rede (RIP e OSPF ativados nos *routers*) e analise a informação de *routing* resultante, apresentando e analisando uma tabela de *routing* exemplo.

Para esta tarefa, primeiro, tivemos de ativar o Protocolo **RIP**, nos serviços disponíveis para os *routers*. Ficando com os seguintes serviços:

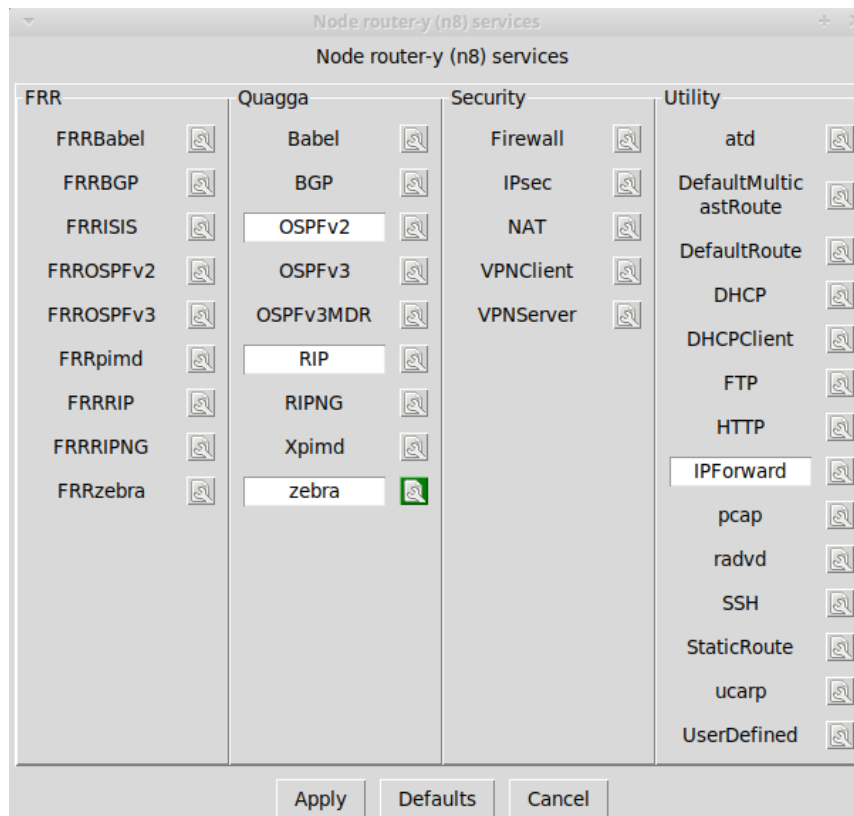


Fig. 13: Ativação do Protocolo RIP nos *routers* da topologia

No entanto, o **CORE** não aplicou as configurações base do **RIP** automaticamente aquando da inicialização da topologia, pelo que tivemos de acrescentar a configuração que se segue manualmente à configuração do **zebra** de cada *router*:

```

1 router rip
2   network 0.0.0.0/0
3 !

```

Listing 1.3: Configuração RIP da rede *Core*

De seguida, iniciámos a topologia e fizemos um *ping* de uma extremidade da rede (router-y) para a outra (n11), de forma a confirmar que estava tudo a funcionar corretamente e para forçar a atualização das rotas:

```
router-y# ping 10.0.5.1
PING 10.0.5.1 (10.0.5.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.5.1: icmp_seq=1 ttl=61 time=1.68 ms
64 bytes from 10.0.5.1: icmp_seq=2 ttl=61 time=2.77 ms
64 bytes from 10.0.5.1: icmp_seq=3 ttl=61 time=1.22 ms
64 bytes from 10.0.5.1: icmp_seq=4 ttl=61 time=2.58 ms
64 bytes from 10.0.5.1: icmp_seq=5 ttl=61 time=2.56 ms
64 bytes from 10.0.5.1: icmp_seq=6 ttl=61 time=4.05 ms
64 bytes from 10.0.5.1: icmp_seq=7 ttl=61 time=2.54 ms

64 bytes from 10.0.5.1: icmp_seq=8 ttl=61 time=2.48 ms
64 bytes from 10.0.5.1: icmp_seq=9 ttl=61 time=3.19 ms
^C
--- 10.0.5.1 ping statistics ---
9 packets transmitted, 9 received, 0% packet loss, time 8058ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.216/2.562/4.050/0.763 ms
```

Fig. 14: *Ping* entre os *routers* router-y e n11.

Por fim usámos o comando *show ip route* para verificar as alterações feitas às tabelas de routing.

Como podemos verificar na figura abaixo, o protocolo usado para o *routing* foi o OSPF, uma vez que está marcado com **"***", indicando que foi a última rota utilizada (referente ao *ping* anterior). Concluímos, também, que isto se deve à menor distância administrativa entre a fonte de informação (primeiro valor entre '[]') proporcionada pelo OSPF, em relação ao RIP.

```

router-y# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, o - OSPF6, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

O 10.0.0.0/24 [110/10] is directly connected, eth0, 00:19:49
C>* 10.0.0.0/24 is directly connected, eth0
O 10.0.1.0/24 [110/10] is directly connected, eth1, 00:19:49
C>* 10.0.1.0/24 is directly connected, eth1
O>* 10.0.2.0/24 [110/11] via 10.0.1.2, eth1, 00:19:43
R 10.0.2.0/24 [120/2] via 10.0.1.2, eth1, 00:19:47
O>* 10.0.3.0/24 [110/12] via 10.0.1.2, eth1, 00:19:32
       via 10.0.7.1, eth2, 00:19:32
R 10.0.3.0/24 [120/3] via 10.0.1.2, eth1, 00:19:47
O>* 10.0.4.0/24 [110/22] via 10.0.1.2, eth1, 00:19:32
       via 10.0.7.1, eth2, 00:19:32
R 10.0.4.0/24 [120/4] via 10.0.7.1, eth2, 00:19:47
O>* 10.0.5.0/24 [110/30] via 10.0.7.1, eth2, 00:19:42
R 10.0.5.0/24 [120/3] via 10.0.7.1, eth2, 00:19:47
O>* 10.0.6.0/24 [110/20] via 10.0.7.1, eth2, 00:19:42
R 10.0.6.0/24 [120/2] via 10.0.7.1, eth2, 00:19:47
O 10.0.7.0/24 [110/10] is directly connected, eth2, 00:19:49
C>* 10.0.7.0/24 is directly connected, eth2
O>* 10.0.8.0/24 [110/32] via 10.0.1.2, eth1, 00:19:32
       via 10.0.7.1, eth2, 00:19:32
R 10.0.8.0/24 [120/4] via 10.0.7.1, eth2, 00:19:47
O>* 10.0.9.0/24 [110/11] via 10.0.7.1, eth2, 00:19:42
R 10.0.9.0/24 [120/2] via 10.0.7.1, eth2, 00:19:47
O>* 10.0.10.0/24 [110/21] via 10.0.1.2, eth1, 00:19:32
       via 10.0.7.1, eth2, 00:19:32
R 10.0.10.0/24 [120/3] via 10.0.7.1, eth2, 00:19:47
O>* 10.0.11.0/24 [110/20] via 10.0.1.2, eth1, 00:19:43
R 10.0.11.0/24 [120/2] via 10.0.1.2, eth1, 00:19:47
O>* 10.0.12.0/24 [110/30] via 10.0.7.1, eth2, 00:19:42
R 10.0.12.0/24 [120/3] via 10.0.7.1, eth2, 00:19:47
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo

```

Fig. 15: Tabela de Routing router-y

- 2.12** Como indicado na questão 3, todos os equipamentos de rede que definiu na sua topologia pertencem à mesma área 0. Defina e apresente uma nova topologia de rede envolvendo, no mínimo, duas áreas OSPF distintas. Para essa nova topologia apresente e explique:

A nova topologia criada para este exercício foi a seguinte:

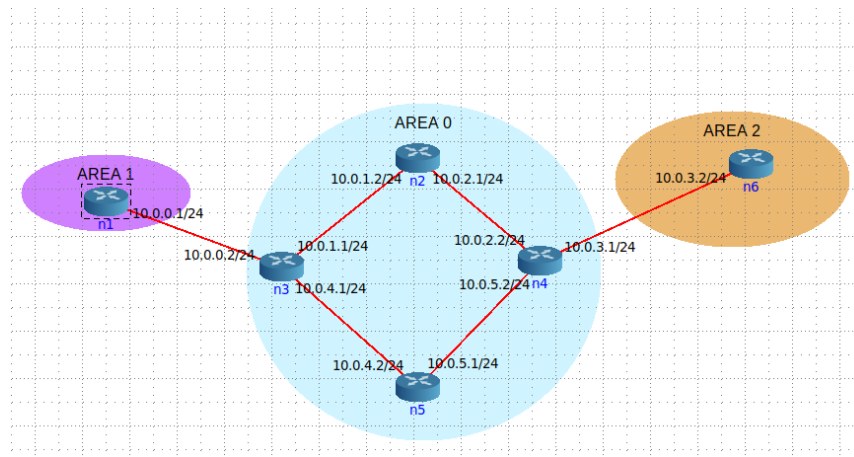


Fig. 16: Topologia 2.12

Esta inclui 3 áreas distintas: AREA 0, AREA 1 e AREA 2.

```
router ospf
  router-id 10.0.0.1
  network 10.0.0.1/24 area 1
  !
```

Fig. 17: Configuração OSPF para n1 (Area 1)

```
router ospf
  router-id 10.0.1.2
  network 10.0.1.2/24 area 0
  network 10.0.2.1/24 area 0
  !
```

Fig. 18: Configuração OSPF para n2 (Area 0)

```
router ospf
  router-id 10.0.4.2
  network 10.0.4.2/24 area 0
  network 10.0.5.1/24 area 0
  !
```

Fig. 19: Configuração OSPF para n5 (Area 0)

```
router ospf
  router-id 10.0.3.2
  network 10.0.3.2/24 area 2
  !
```

Fig. 20: Configuração OSPF para n6 (Area 2)

Fig. 21: Configuração OSPF para os *routers* de área única

i) as configurações OSPF que considere mais relevantes (e.g. dos *routers* internos e dos *routers* de interligação entre diferentes áreas): As configurações para estes primeiros routers são bastante simples, uma vez que estes não fazem ligação com outras áreas, além da própria. Pelo que apenas temos de ter o cuidado de alterar o número da área para ser igual ao estipulado na topologia.

Para os *routers* que fazem a ligação entre 2 áreas distintas, como é o caso dos *routers* n3 e n4, temos de alterar as linhas relativas às ligações com as áreas externas para corresponderem ao desejado.

```
router ospf
router-id 10.0.0.2
network 10.0.0.2/24 area 1
network 10.0.1.1/24 area 0
network 10.0.4.1/24 area 0
!
```

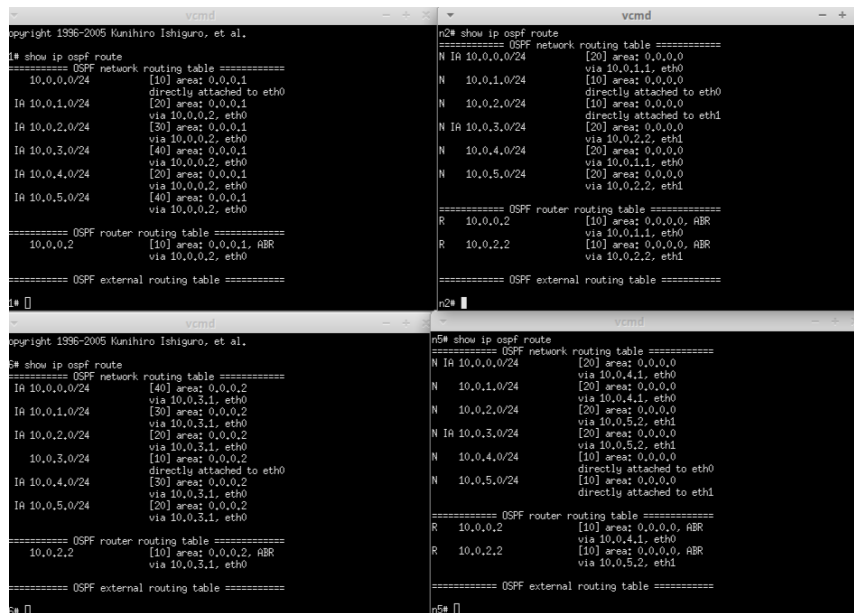
Fig. 22: Configuração OSPF para n3 (Area 0)

```
router ospf
router-id 10.0.2.2
network 10.0.2.2/24 area 0
network 10.0.3.1/24 area 2
network 10.0.5.2/24 area 0
!
```

Fig. 23: Configuração OSPF para n4 (Area 0)

Fig. 24: Configuração OSPF para *routers* que fazem a ligação entre 2 áreas

ii) **As tabelas de encaminhamento e respetivas rotas que considere mais relevantes, devidamente e detalhadamente explicadas:** Para as tabelas de encaminhamento decidimos focar-nos apenas nas configurações OSPF, de forma a ver como a configuração de várias áreas poderia afetar as tabelas de encaminhamento a que estamos habituados, pelo que usámos o comando *show ip ospf route* para obtermos apenas as linhas relativas ao protocolo OSPF.



```

n1# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
10.0.0.0/24      [10] area: 0.0.0.1
                directly attached to eth0
1a 10.0.1.0/24   [20] area: 0.0.0.1
                via 10.0.0.2, eth0
1a 10.0.2.0/24   [30] area: 0.0.0.1
                via 10.0.0.2, eth0
1a 10.0.3.0/24   [40] area: 0.0.0.1
                via 10.0.0.2, eth0
1a 10.0.4.0/24   [20] area: 0.0.0.1
                via 10.0.0.2, eth0
1a 10.0.5.0/24   [40] area: 0.0.0.1
                via 10.0.0.2, eth0

===== OSPF router routing table =====
10.0.0.2         [10] area: 0.0.0.1, ABR
                via 10.0.0.2, eth0

===== OSPF external routing table =====
n1#

n2# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N 1a 10.0.0.0/24 [20] area: 0.0.0.0
                via 10.0.1.1, eth0
N 10.0.1.0/24    [10] area: 0.0.0.0
                directly attached to eth0
N 10.0.2.0/24    [10] area: 0.0.0.0
                directly attached to eth1
N 1a 10.0.3.0/24 [20] area: 0.0.0.0
                via 10.0.2.2, eth1
N 10.0.4.0/24    [20] area: 0.0.0.0
                via 10.0.1.1, eth0
N 10.0.5.0/24    [20] area: 0.0.0.0
                via 10.0.2.2, eth1

===== OSPF router routing table =====
R 10.0.0.2       [10] area: 0.0.0.0, ABR
                via 10.0.1.1, eth0
R 10.0.2.2       [10] area: 0.0.0.0, ABR
                via 10.0.2.2, eth1

===== OSPF external routing table =====
n2#

n3# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
1a 10.0.0.0/24   [40] area: 0.0.0.2
                via 10.0.3.1, eth0
1a 10.0.1.0/24   [30] area: 0.0.0.2
                via 10.0.3.1, eth0
1a 10.0.2.0/24   [20] area: 0.0.0.2
                via 10.0.3.1, eth0
1a 10.0.3.0/24   [10] area: 0.0.0.2
                directly attached to eth0
1a 10.0.4.0/24   [30] area: 0.0.0.2
                via 10.0.3.1, eth0
1a 10.0.5.0/24   [20] area: 0.0.0.2
                via 10.0.3.1, eth0

===== OSPF router routing table =====
10.0.2.2         [10] area: 0.0.0.2, ABR
                via 10.0.3.1, eth0

===== OSPF external routing table =====
n3#

n5# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N 1a 10.0.0.0/24 [20] area: 0.0.0.0
                via 10.0.4.1, eth0
N 10.0.1.0/24    [20] area: 0.0.0.0
                via 10.0.4.1, eth0
N 10.0.2.0/24    [20] area: 0.0.0.0
                via 10.0.5.2, eth1
N 1a 10.0.3.0/24 [20] area: 0.0.0.0
                via 10.0.5.2, eth1
N 10.0.4.0/24    [10] area: 0.0.0.0
                directly attached to eth0
N 10.0.5.0/24    [10] area: 0.0.0.0
                directly attached to eth1

===== OSPF router routing table =====
R 10.0.0.2       [10] area: 0.0.0.0, ABR
                via 10.0.4.1, eth0
R 10.0.2.2       [10] area: 0.0.0.0, ABR
                via 10.0.5.2, eth1

===== OSPF external routing table =====
n5#

```

Fig. 25: Tabelas de Routing para os *routers* pertencentes a apenas 1 área.

Neste caso o mais importante é realçar que todas as entradas na tabela destes *routers* são relativas à mesma área, apenas alterando o número desta, baseado no router em questão.

Por exemplo, podemos ver que todas as entradas relativas ao *router* n1, pertencente à área 1 contêm '**area: 0.0.0.1**'.

Este não é o caso para os routers que fazem ligação entre áreas, como é o caso do *router* n3, que mostra '**area: 0.0.0.1**' (AREA 1) para a ligação com o *router* n1; e **area: 0.0.0.0** (AREA 0) para as restantes ligações.

```
n3# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N 10.0.0.0/24      [10] area: 0.0.0.1
                    directly attached to eth0
N 10.0.1.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                    directly attached to eth1
N 10.0.2.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                    via 10.0.1.2, eth1
N IA 10.0.3.0/24    [30] area: 0.0.0.0
                    via 10.0.1.2, eth1
                    via 10.0.4.2, eth2
N 10.0.4.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                    directly attached to eth2
N 10.0.5.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                    via 10.0.4.2, eth2

===== OSPF router routing table =====
R 10.0.2.2         [20] area: 0.0.0.0, ABR
                    via 10.0.1.2, eth1
                    via 10.0.4.2, eth2

===== OSPF external routing table =====
n3#
```

Fig. 26: Tabela de routing para o *router* n3

```
n4# show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N IA 10.0.0.0/24    [30] area: 0.0.0.0
                    via 10.0.2.1, eth0
                    via 10.0.5.1, eth2
N 10.0.1.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                    via 10.0.2.1, eth0
N 10.0.2.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                    directly attached to eth0
N 10.0.3.0/24      [10] area: 0.0.0.2
                    directly attached to eth1
N 10.0.4.0/24      [20] area: 0.0.0.0
                    via 10.0.5.1, eth2
N 10.0.5.0/24      [10] area: 0.0.0.0
                    directly attached to eth2

===== OSPF router routing table =====
R 10.0.0.2         [20] area: 0.0.0.0, ABR
                    via 10.0.2.1, eth0
                    via 10.0.5.1, eth2

===== OSPF external routing table =====
n4#
```

Fig. 27: Tabela de routing para o *router* n4

Fig. 28: Tabela de routing para os *routers* que fazem a ligação entre 2 áreas.

iii) **Apresente testes de conectividade entre os vários equipamentos de rede comprovando que a topologia definida se encontra em perfeito funcionamento:** Para testar a conectividade entre os diferentes equipamentos, decidimos fazer um *traceroute* entre as duas áreas

que se situam nas extremidades da topologia (Area 1 e Area 2). Foi escolhido um *traceroute* ao invés de um *ping* para podermos distinguir qual o caminho que foi escolhido pelo protocolo OSPF e, conseqüentemente, para que dispositivos é que acabámos de confirmar a conectividade. Sendo que apenas nos restaria confirmar a conectividade do dispositivo restante (neste caso foi o *router* n5) com um simples *ping*.

```
n1# traceroute 10.0.3.2
traceroute to 10.0.3.2 (10.0.3.2), 30 hops max, 60 byte packets
 1 10.0.0.2 (10.0.0.2)  0.059 ms  0.005 ms  0.004 ms
 2 10.0.1.2 (10.0.1.2)  0.024 ms  0.005 ms  0.005 ms
 3 10.0.2.2 (10.0.2.2)  0.028 ms  0.007 ms  0.006 ms
 4 10.0.3.2 (10.0.3.2)  0.027 ms  0.008 ms  0.008 ms
n1# ping 10.0.4.2 -c 5
% Unknown command.
n1# ping 10.0.4.2
PING 10.0.4.2 (10.0.4.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.4.2: icmp_seq=1 ttl=63 time=0.043 ms
64 bytes from 10.0.4.2: icmp_seq=2 ttl=63 time=0.051 ms
64 bytes from 10.0.4.2: icmp_seq=3 ttl=63 time=0.085 ms
64 bytes from 10.0.4.2: icmp_seq=4 ttl=63 time=0.089 ms
64 bytes from 10.0.4.2: icmp_seq=5 ttl=63 time=0.086 ms
^C
--- 10.0.4.2 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 4075ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.043/0.070/0.089/0.019 ms
n1#
```

Fig. 29: Teste de conectividade da topologia

References

1. Configure RIP Route Metric (n.d.) Retrieved March 19, 2024, from <https://www.geeksforgeeks.org/configuring-rip-route-metric-offset-lists-in-cisco/>
2. Daniel (2022) OSPF COST - OSPF routing protocol metric explained, Study CCNA. Available at: <https://study-ccna.com/ospf-cost-metric/> (Accessed: 07 April 2024).