

Interligação de Redes IP

Luís Magalhães¹², Luís Sousa¹³, and Hugo Marques¹⁴

¹ University of Minho, Braga, Portugal

² pg47415@alunos.uminho.pt

³ a89597@alunos.uminho.pt

⁴ pg47848@alunos.uminho.pt

Abstract. Keywords: router · host · RIP · OSPF · vtysh

1 Protocolo OSPF (Open Shortest Path First)

1. Defina uma topologia de uma rede de interligação envolvendo vários routers, os respectivos links, e redes cliente, com os mesmos requisitos da topologia do trabalho TP2.

Para a resolução deste trabalho utilizamos a mesma topologia criada no trabalho anterior, a qual pode ser visível na figura 1.

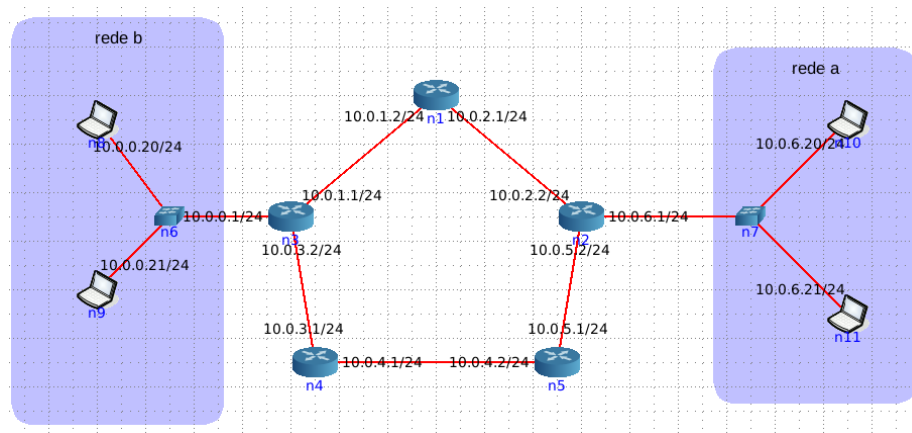


Fig. 1. Topologia base a ser utilizada.

2. Na topologia que definiu configure alguns dos links com uma bandwidth de 10 Mbps e outros com 100 Mbps.

Como podemos verificar na figura 2, restringimos os nós da parte superior da rede de interligação com 10 Mbps e da parte inferior com 100 Mbps.

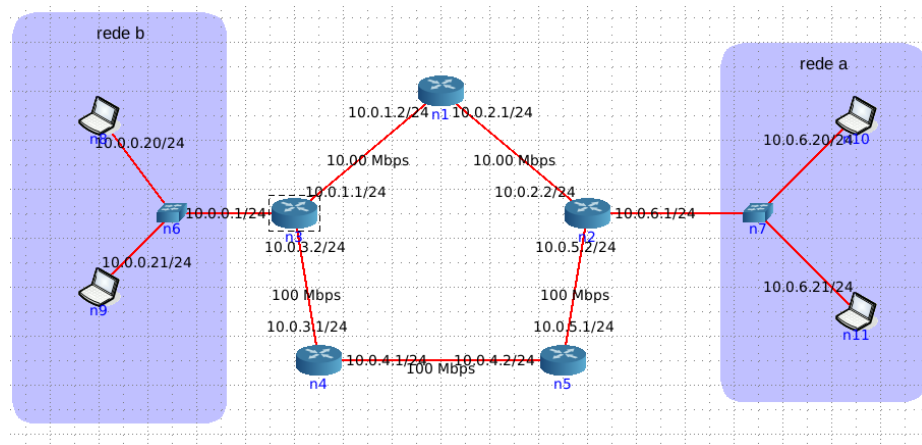


Fig. 2. Topologia com restrições de bandwidth.

3. 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 (e.g. área 0) para todos os equipamentos.

Por defeito, os protocolos ativados quando construímos uma topologia no CORE são o OSPFv2 e OSPFv3, pelo que apenas desativamos o OSPFv3 para facilitar a visualização das tabelas de encaminhamento.

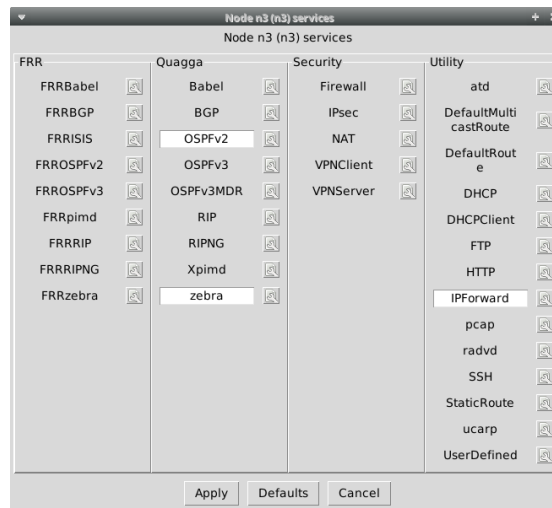


Fig. 3. Protocolo OSPFv2 ativado no router n3.

Também por defeito, todas as interfaces estão definidas na área 0, pelo que não é necessária qualquer alteração à configuração do zebra.

```
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. 4. Configuração do zebra com todos as interfaces na area 0.

4. 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.

```
root@n8:/tmp/pycore.34847/n8.conf# 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=62 time=0.042 ms
64 bytes from 10.0.4.2: icmp_seq=2 ttl=62 time=0.142 ms
64 bytes from 10.0.4.2: icmp_seq=3 ttl=62 time=0.117 ms
64 bytes from 10.0.4.2: icmp_seq=4 ttl=62 time=0.071 ms
^C
--- 10.0.4.2 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3066ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.042/0.093/0.142/0.038 ms
```

Fig. 5. Ping entre o pc n8 e o router n5.

```
root@n8:/tmp/pycore.34847/n8.conf# traceroute 10.0.6.21
traceroute to 10.0.6.21 (10.0.6.21), 30 hops max, 60 byte packets
 1  10.0.0.1 (10.0.0.1)  0.026 ms  0.005 ms  0.005 ms
 2  10.0.1.2 (10.0.1.2)  0.019 ms  0.008 ms  0.007 ms
 3  10.0.2.2 (10.0.2.2)  0.033 ms  0.009 ms  0.009 ms
 4  10.0.6.21 (10.0.6.21)  0.059 ms  0.014 ms  0.012 ms
```

Fig. 6. Traceroute entre o pc n8 e o pc n11.

Como podemos verificar pelas figuras 5 e 6 existe conectividade em toda a rede e o tráfego que transita entre as redes a e b utiliza o caminho com menos saltos.

5. Explique as configurações OSPF que foram introduzidas nos routers da rede de interligação.

A configuração do OSPF é bastante semelhante entre todos os routers, pelo que apenas mostramos, como exemplo, a configuração do router n2, demonstrado na figura 2.

```
router ospf
  router-id 10.0.2.2
  network 10.0.2.2/24 area 0
  network 10.0.5.2/24 area 0
  network 10.0.6.1/24 area 0
!
```

Fig. 7. Configuração do zebra no router n2.

A primeira linha indica o identificador deste router dentro do protocolo OSPF, o qual se refere ao menor endereço IP de todas as interfaces deste router. Este identificador é utilizado pelo OSPF para o cálculo das rotas. As três restantes linhas atribuem as interfaces do router na área 0.

6. Visualize e analise as tabelas de routing que foram estabelecidas pelos equipamentos. [nota: deverá ser seleccionada e explicada em detalhe uma tabela de routing específica que se considere relevante para esse efeito]

```
n3# 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, 00:06:55
C>* 10.0.0.0/24 is directly connected, eth0
O  10.0.1.0/24 [110/10] is directly connected, eth1, 00:06:55
C>* 10.0.1.0/24 is directly connected, eth1
O>* 10.0.2.0/24 [110/20] via 10.0.1.2, eth1, 00:06:43
O  10.0.3.0/24 [110/10] is directly connected, eth2, 00:06:55
C>* 10.0.3.0/24 is directly connected, eth2
O>* 10.0.4.0/24 [110/20] via 10.0.3.1, eth2, 00:06:48
O>* 10.0.5.0/24 [110/30] via 10.0.1.2, eth1, 00:06:38
                        via 10.0.3.1, eth2, 00:06:38
O>* 10.0.6.0/24 [110/30] via 10.0.1.2, eth1, 00:06:43
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
```

Fig. 8. Tabela de encaminhamento do router n3.

Analisando a tabela de encaminhamento presente na figura 8 podemos observar que, como já tínhamos concluído no exercício 4, os pacotes direccionados à rede 10.0.6.0 utilizam a interface eth1. Podemos também concluir que este protocolo não está a contabilizar a largura de banda dos links para contabilizar o seu custo.

7. Que comando permite verificar quais os custos OSPF associados às diversas interfaces de um router? Analise e comente os custos que foram atribuídos aos links da sua topologia.

Através do commando "show ip ospf interface" podemos verificar o custo dos saltos.



```
Router ID 10.0.0.1, Network Type POINTOPOINT, Cost: 10
```

Fig. 9. Custo de uma das interfaces do router n3.

Podemos observar que todos os links possuem um custo de 10, independentemente da largura de banda atribuída ao link.

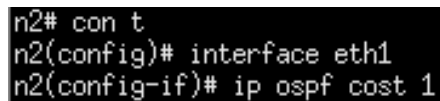
8. Altere os custos dos vários links da rede de interligação por forma que os links de 10 Mbps tenham custo "10" e os links de 100 Mbps tenham custo "1".

Sendo que o custo padrão dos saltos é de 10, como constatamos no exercício 7, apenas necessitamos de alterar o custo dos links de 100 Mbps.

Observando a topologia 2, necessitamos apenas de configurar os routers n2, n3, n4 e n5.

Nos routers n4 e n5 temos de alterar os custos de todas as interfaces. Já nos routers n2 e n3, necessitamos de descobrir quais interfaces conectam com os links de 100 Mbps, o que é trivialmente descoberto através do comando "show interface".

Para alterar o custo apenas necessitamos de entrar em modo configuração, escolher a interface a configurar e alterá-lo, como podemos constatar na figura 10.



```
n2# con t
n2(config)# interface eth1
n2(config-if)# ip ospf cost 1
```

Fig. 10. Alteração do custo da interface eth1 no router n2

9. Face à alteração introduzida na alínea 8 observe e explique as alterações que foram efetuadas nas tabelas de encaminhamento dos routers. [nota: deverá ser selecionada e explicada em detalhe uma tabela de routing específica que se considere relevante para esse efeito]

Após as alterações realizadas no exercício anterior podemos estipular que qualquer pacote que pretenda transitar entre a rede a e a rede b passará a utilizar o caminho de baixo da rede de interligação, sendo que anteriormente era utilizada a parte superior.

Analisando a tabela de encaminhamento na figura 11 é possível verificar que os pacotes direcionados à rede 10.0.6.0 utilizam agora interface eth2, visto que, após as alterações dos custos dos links, esta passou a ser a interface com menor custo.

```
n3# 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, 3d20h14m
C>* 10.0.0.0/24 is directly connected, eth0
O  10.0.1.0/24 [110/10] is directly connected, eth1, 3d20h14m
C>* 10.0.1.0/24 is directly connected, eth1
O>* 10.0.2.0/24 [110/13] via 10.0.3.1, eth2, 00:40:34
O  10.0.3.0/24 [110/1] is directly connected, eth2, 12:16:38
C>* 10.0.3.0/24 is directly connected, eth2
O>* 10.0.4.0/24 [110/2] via 10.0.3.1, eth2, 00:40:34
O>* 10.0.5.0/24 [110/3] via 10.0.3.1, eth2, 00:40:34
O>* 10.0.6.0/24 [110/13] via 10.0.3.1, eth2, 00:40:34
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
```

Fig. 11. Tabela de encaminhamento do router n3

10. Tendo em conta as experiências anteriores comente, na sua opinião, sobre como devem ser configurados os custos OSPF dos diversos links de uma topologia de rede.

De uma maneira geral, o custo OSPF de um link é inversamente proporcional à sua largura de banda. Desta forma, na tabela seguinte são apresentados exemplos de custos associados a vários valores de largura de banda. Estes valores são calculados dividindo o valor de referência de 100 Mbps pela largura de banda do link. [4]

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. 12. Custo de links utilizados pela Cisco para OSPF.

11. Nas experiências efetuadas poderá ter observado que, por vezes, para um mesmo destino existem várias rotas de igual custo. (nota: caso não tenha observado nenhum destes casos proceda a alterações nas configurações que originem rotas de igual custo para um determinado destino).

i) Apresente e descreva uma tabela de routing da sua topologia que ilustre um cenário desse tipo.

```
n4# 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 [110/20] via 10.0.3.2, eth0, 00:00:40
O>* 10.0.1.0/24 [110/20] via 10.0.3.2, eth0, 00:00:40
O>* 10.0.2.0/24 [110/30] via 10.0.3.2, eth0, 00:00:35
                        via 10.0.4.2, eth1, 00:00:35
O   10.0.3.0/24 [110/10] is directly connected, eth0, 00:00:47
C>* 10.0.3.0/24 is directly connected, eth0
O   10.0.4.0/24 [110/10] is directly connected, eth1, 00:00:47
C>* 10.0.4.0/24 is directly connected, eth1
O>* 10.0.5.0/24 [110/20] via 10.0.4.2, eth1, 00:00:35
O>* 10.0.6.0/24 [110/30] via 10.0.4.2, eth1, 00:00:35
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
```

Fig. 13. Tabela de encaminhamento do router n4.

Conforme observado na figura 13, os pacotes direcionados à rede 10.0.2.0 a partir do router n4, utilizam tanto a interface eth1 como a interface eth2.

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.

Tipicamente, os pacotes são encaminhados ao longo do caminho mais curto usando o algoritmo SPF (shortest-path-first).

Se existirem vários caminhos de custo igual entre um endereço de origem e de destino, o OSPF encaminha os pacotes ao longo de cada caminho alternadamente, no modo round-robin load balancing, permitindo distribuir a carga de tráfego e não sobrecarregar rotas. [2] [3]

A maior vantagem de load balancing round robin é ser simples de compreender e implementar. No entanto, a simplicidade do algoritmo do round robin é também a sua maior desvantagem, razão pela qual muitos load balancers utilizam round robin ponderado ou algoritmos mais complexos. [5]

12. 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. (nota: caso existam, elimine todos os comandos de redistribuição de rotas entre RIP/OSPF das configurações dos routers antes de analisar a informação de routing).

Por defeito, as rotas do OSPF são escolhidas preferencialmente às RIP, pois o OSPF tem admin distance de 110 enquanto RIP tem de 120. [1]

```
n3# 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, 00:00:38
C>* 10.0.0.0/24 is directly connected, eth0
O  10.0.1.0/24 [110/10] is directly connected, eth1, 00:00:38
C>* 10.0.1.0/24 is directly connected, eth1
O>* 10.0.2.0/24 [110/20] via 10.0.1.2, eth1, 00:00:26
R  10.0.2.0/24 [120/2] via 10.0.1.2, eth1, 00:00:38
O  10.0.3.0/24 [110/10] is directly connected, eth2, 00:00:38
C>* 10.0.3.0/24 is directly connected, eth2
O>* 10.0.4.0/24 [110/20] via 10.0.3.1, eth2, 00:00:31
R  10.0.4.0/24 [120/2] via 10.0.3.1, eth2, 00:00:36
O>* 10.0.5.0/24 [110/30] via 10.0.1.2, eth1, 00:00:21
                        via 10.0.3.1, eth2, 00:00:21
R  10.0.5.0/24 [120/3] via 10.0.1.2, eth1, 00:00:37
O>* 10.0.6.0/24 [110/30] via 10.0.1.2, eth1, 00:00:26
R  10.0.6.0/24 [120/3] via 10.0.1.2, eth1, 00:00:37
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
```

Fig. 14. Tabela de encaminhamento do router n3 com OSPF e RIP.

13. 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:

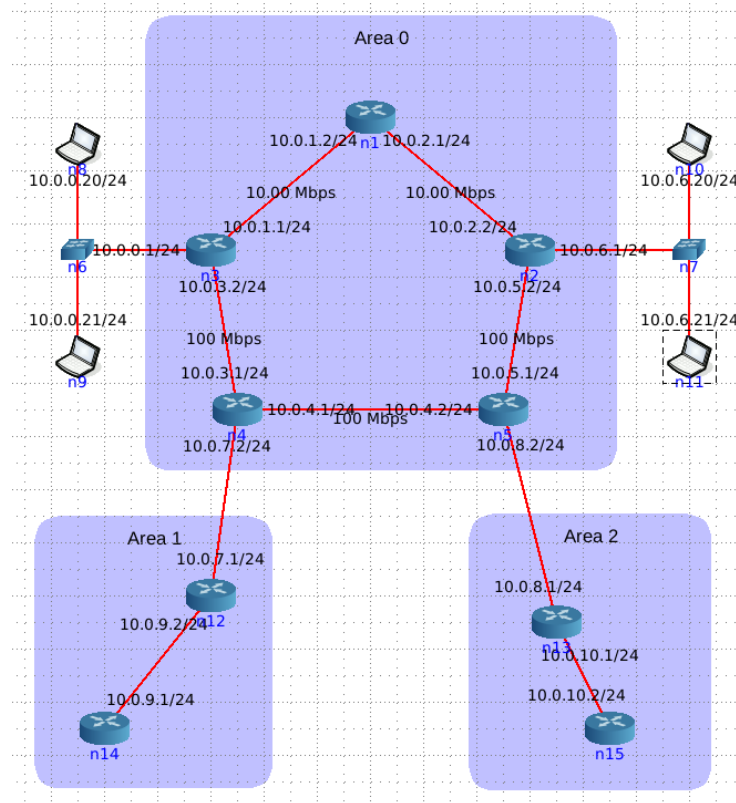


Fig. 15. Topologia com 3 áreas distintas.

i) as configurações OSPF que considere mais relevantes (e.g. dos routers internos e dos routers de interligação entre diferentes áreas).

O identificador de cada router é utilizado para o cálculo das rotas e as restantes linhas atribuem as interfaces do router na respetiva área. Por exemplo, o router n4 possui redes de ligação de interface tanto para a área 0 como para área 2.

```

router ospf
  router-id 10.0.3.1
  network 10.0.3.1/24 area 0
  network 10.0.4.1/24 area 0
  network 10.0.7.2/24 area 2
  !

```

Fig. 16. Configuração do zebra no router n4.

```

router ospf
  router-id 10.0.7.1
  network 10.0.7.1/24 area 2
  network 10.0.9.2/24 area 2
  !

```

Fig. 17. Configuração do zebra no router n12.

ii) As tabelas de encaminhamento e respectivas rotas que considere mais relevantes, devidamente e detalhadamente explicadas.

Analisando a tabela de encaminhamento na figura 18, verifica-se que os pacotes direcionados a qualquer destino são enviados através da rede superior de interligação, visto esta ser agora a rede com menos saltos como verificamos nas figuras 19 e 20 e consequentemente de menor custo.

```

n1# 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 [110/20] via 10.0.1.1, eth0, 00:13:06
O  10.0.1.0/24 [110/10] is directly connected, eth0, 00:13:08
C>* 10.0.1.0/24 is directly connected, eth0
O  10.0.2.0/24 [110/10] is directly connected, eth1, 00:13:08
C>* 10.0.2.0/24 is directly connected, eth1
O>* 10.0.3.0/24 [110/20] via 10.0.1.1, eth0, 00:13:06
O>* 10.0.4.0/24 [110/30] via 10.0.1.1, eth0, 00:12:51
                        via 10.0.2.2, eth1, 00:12:51
O>* 10.0.5.0/24 [110/20] via 10.0.2.2, eth1, 00:13:02
O>* 10.0.6.0/24 [110/20] via 10.0.2.2, eth1, 00:13:02
O>* 10.0.7.0/24 [110/30] via 10.0.1.1, eth0, 00:12:51
O>* 10.0.8.0/24 [110/30] via 10.0.2.2, eth1, 00:13:01
O>* 10.0.9.0/24 [110/40] via 10.0.1.1, eth0, 00:12:51
O>* 10.0.10.0/24 [110/40] via 10.0.2.2, eth1, 00:12:55
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo

```

Fig. 18. Tabela de encaminhamento do router n1.

iii) Apresente testes de conectividade entre os vários equipamentos de rede comprovando que a topologia definida se encontra em perfeito funcionamento.

Como se pode observar nas figuras 19 e 20 existe conectividade em toda a rede e o tráfego que transita entre as redes a e b utiliza o caminho com menos saltos.

```

root@n14:/tmp/pycore.34847/n14.conf# traceroute 10.0.1.2
traceroute to 10.0.1.2 (10.0.1.2), 30 hops max, 60 byte packets
 1 10.0.9.2 (10.0.9.2) 0.029 ms 0.006 ms 0.005 ms
 2 10.0.7.2 (10.0.7.2) 0.016 ms 0.008 ms 0.007 ms
 3 10.0.3.2 (10.0.3.2) 0.147 ms 0.120 ms 0.068 ms
 4 10.0.1.2 (10.0.1.2) 1.142 ms 1.076 ms 1.124 ms
root@n14:/tmp/pycore.34847/n14.conf# ping 10.0.1.2
PING 10.0.1.2 (10.0.1.2) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_seq=1 ttl=61 time=1.06 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_seq=2 ttl=61 time=0.746 ms
64 bytes from 10.0.1.2: icmp_seq=3 ttl=61 time=0.687 ms
^C
--- 10.0.1.2 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2023ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.687/0.832/1.064/0.165 ms
root@n14:/tmp/pycore.34847/n14.conf#

```

Fig. 19. Testes de conectividade entre os routers n14 e n1.

```

root@n14:/tmp/pycore.34847/n14.conf# traceroute 10.0.10.2
traceroute to 10.0.10.2 (10.0.10.2), 30 hops max, 60 byte packets
 1 10.0.9.2 (10.0.9.2) 0.049 ms 0.006 ms 0.006 ms
 2 10.0.7.2 (10.0.7.2) 0.027 ms 0.008 ms 0.008 ms
 3 10.0.4.2 (10.0.4.2) 0.150 ms 0.123 ms 0.076 ms
 4 10.0.8.1 (10.0.8.1) 0.141 ms 0.065 ms 0.141 ms
 5 10.0.10.2 (10.0.10.2) 0.083 ms 0.152 ms 0.068 ms
root@n14:/tmp/pycore.34847/n14.conf# ping 10.0.10.2
PING 10.0.10.2 (10.0.10.2) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 10.0.10.2: icmp_seq=1 ttl=60 time=0.705 ms
64 bytes from 10.0.10.2: icmp_seq=2 ttl=60 time=0.449 ms
64 bytes from 10.0.10.2: icmp_seq=3 ttl=60 time=0.452 ms
^C
--- 10.0.10.2 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2042ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.449/0.535/0.705/0.119 ms
root@n14:/tmp/pycore.34847/n14.conf#

```

Fig. 20. Testes de conectividade entre os routers n14 e n15.

References

1. What Is Administrative Distance?, <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/border-gateway-protocol-bgp/15986-admin-distance.html>. Last accessed 13 Apr 2022
2. OSPF: Perguntas mais frequentes, https://www.cisco.com/c/pt_br/support/docs/ip/open-shortest-path-first-ospf/9237-9.html. Last accessed 13 Apr 2022
3. Configuring OSPF Traffic Control, https://www.juniper.net/documentation/en_US/junos/topics/topic-map/ospf-traffic-control.html. Last accessed 14 Apr 2022
4. OSPF Cost – OSPF Routing Protocol Metric Explained, <https://study-ccna.com/ospf-cost-metric/>. Last accessed 14 Apr 2022
5. Round Robin Load Balancing, <https://avinetworks.com/glossary/round-robin-load-balancing/>. Last accessed 14 Apr 2022