

UNIVERSIDADE DO MINHO

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DE  
TELECOMUNICAÇÕES E INFORMÁTICA

REDES DE COMPUTADORES II

---

# Gestão de Ençaminhamento em Sistemas Autónomos Emulados

---

*Autores:*

Gilberto Morim

João Ferreira

*Docente:*

Professora Maria João

Nicolau

10 de Junho de 2017

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Conteúdos Abordados</b>	<b>4</b>
2.1	Sistemas Autônomos . . . . .	4
2.1.1	Sistema Autônomo Stub . . . . .	4
2.1.2	Sistema Autônomo Multihomed . . . . .	4
2.1.3	Sistema Autônomo de Trânsito . . . . .	4
2.2	Protocolos de Encaminhamento . . . . .	5
2.2.1	Encaminhamento Interno . . . . .	5
2.2.2	Encaminhamento Externo . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Implementação da Rede</b>	<b>7</b>
3.1	AS65000 . . . . .	7
3.1.1	Topologia . . . . .	8
3.1.2	Endereçamento da Rede . . . . .	8
3.1.3	Configurações RIP . . . . .	10
3.1.4	Configurações BGP . . . . .	10
3.2	AS65100 . . . . .	13
3.2.1	Topologia . . . . .	13
3.2.2	Endereçamento da Rede . . . . .	13
3.2.3	Configurações OSPF . . . . .	17
3.2.4	Configurações BGP . . . . .	18
3.3	AS65200 . . . . .	22
3.3.1	Topologia . . . . .	23
3.3.2	Endereçamento da Rede . . . . .	23
3.3.3	Configurações BGP . . . . .	23
3.4	AS65300 . . . . .	24
3.4.1	Topologia . . . . .	25
3.4.2	Endereçamento da Rede . . . . .	25
3.4.3	Configurações BGP . . . . .	27
3.5	AS65400 . . . . .	29
3.5.1	Topologia . . . . .	29

3.5.2	Endereçamento da Rede . . . . .	29
3.5.3	Configurações BGP . . . . .	30
<b>4</b>	<b>Conclusão</b>	<b>31</b>

# Introdução

O maior empreendimento tecnológico alguma vez realizado é, sem dúvida, a Internet. Utilizada mundialmente por milhões de utilizadores, através dos mais variados dispositivos, como computadores, telemóveis, tablets, para inúmeras funções como comunicação, trabalho ou lazer.

Apesar do seu uso estar profundamente implementado no nosso dia-a-dia, o seu funcionamento é bastante técnico e complexo, sendo desconhecido da maioria das pessoas. Este trabalho incide sobre um dos aspetos do funcionamento da Internet - a configuração e implementação de uma rede de computadores.

O objetivo é colocar um grupo de sistemas autónomos a comunicar entre si tanto internamente como externamente. Utilizando as guias do enunciado fornecido para este trabalho, o material leccionado nas UCs de Redes de Computadores I e II e a plataforma de software *CORE*, pretendemos simular uma topologia de rede, onde implementamos os vários protocolos de comunicação interna (*RIP*, *OSPF*...) e externa (*BGP*) entre sistemas, bem como as suas políticas de funcionamento. Neste documento estarão presentes as tabelas de encaminhamento utilizados, bem como todas as configurações e respetivas justificações de uso, indispensáveis para o funcionamento da rede.

# Conteúdos Abordados

## Sistemas Autónomos

Um sistema autónomo (ou AS, de *Autonomous System*) consiste num conjunto de *routers* que estão normalmente sob o mesmo controlo administrativo - por exemplo, operados pelo mesmo ISP ou que pertençam à mesma organização ou empresa. Cada um destes AS é identificado por um número, e pode ser dos tipos: *Stub*, *Multihomed* e de Trânsito.

Estes *routers* implementam protocolos de comunicação interna, chamados intra-domínio, para estabelecer a interação entre eles. Implementam também *routers* na fronteira do AS, com o objetivo de comunicar com as redes do exterior. Para esta comunicação ser efetuada, são utilizados protocolos de comunicação inter-domínio.

### Sistema Autónomo Stub

Um AS do tipo *stub* refere-se a um sistema que está ligado apenas a outro, apenas comunicando com ele.

### Sistema Autónomo Multihomed

Um AS caracterizado como *Multihomed* mantém conexões a mais do que um outro AS. Isto é vantajoso porque funciona como rota de *backup* caso alguma das conexões do AS falhe. AS do tipo *Multihomed* não permitem que tráfego externo passe por eles a caminho de outro AS.

### Sistema Autónomo de Trânsito

Quando um AS possui ligações a outras redes, pode receber tráfego externo e reencaminhá-lo para outras redes. Por este funcionamento é chamado AS de trânsito.

## Protocolos de Encaminhamento

### Encaminhamento Interno

O objetivo de um protocolo de encaminhamento interno é, dentro de um AS, encontrar o melhor caminho para enviar um pacote de informação desde a fonte até ao destino. Para tal, utilizam algoritmos e processos de descoberta automática e de troca de informação - todas as rotas e informação de encaminhamento podem ser difundidas livremente dentro da rede visto que a política de administração é a mesma para todos os *routers*.

Os protocolos de Encaminhamento Interno utilizados neste trabalho foram os seguintes:

**RIP** Um dos mais antigos protocolos de encaminhamento intra-domínio, o RIP é um protocolo de vetor de distância que utiliza o número de saltos como métrica de custo, ou seja, cada ligação entre dois *routers* tem o custo de 1. O número máximo de saltos permitido pelo RIP é de 15, limitando a sua utilização a sistemas com menos de 15 saltos em diâmetro. Este protocolo troca, com os seus vizinhos, mensagens de *update* das suas rotas de encaminhamento aproximadamente a cada 30 segundos.

**OSPF** Concebido como sucessor do RIP, o OSPF introduz vários melhoramentos. Após construir um mapa topológico da rede, o *router* corre o algoritmo de menor custo de Dijkstra para determinar o menor caminho para todas as subredes do AS, tendo como origem o próprio *router*. Sempre que há uma alteração em alguma rota, o *router* difunde a nova tabela para todos os *routers*. Para adicionar robustez ao protocolo, pelo menos uma vez a cada 30 minutos é difundido o estado da ligação para a rede, mesmo que não tenha havido nenhuma alteração. Um AS implementando OSPF pode ser configurado hierarquicamente em áreas, cada uma correndo internamente o algoritmo de estado de ligação, tendo cada área um ou mais *Area Border Routers*, responsáveis por encaminhar o tráfego. Por último, uma das áreas do router funciona como *backbone*, encaminhando os pacotes entre as áreas do AS.

**Encaminhamento Estático** Um sistema autónomo que implemente Encaminhamento Estático é um sistema que não implementa protocolos automáticos para descoberta do melhor caminho. Cada *router* é configurado e gerido manualmente pelo administrador da rede, sendo cada tabela de encaminhamento configurada diretamente. Este método é pouco usado devido a ser menos eficiente, mais difícil de administrar e com maior potencial para erros.

### **Encaminhamento Externo**

Nos protocolos de Encaminhamento Externo as comunicações não são efetuadas automaticamente por protocolos, como acontece no Encaminhamento Interno. Para haver comunicação entre sistemas autónomos, as ligações entre eles são configuradas manualmente, definidas por políticas e interesses que indicam quais rotas devem ser divulgadas e aceites ou qual o caminho que os pacotes devem seguir. O protocolo de encaminhamento utilizado neste trabalho foi o BGP.

**BGP** A função principal do BGP é trocar informações de acesso e listas de rotas com outros sistemas BGP. Um router BGP recebe e filtra avisos de rotas de encaminhadores vizinhos, para posteriormente escolher o melhor caminho e inserir na tabela de encaminhamento do *router*.

# Implementação da Rede

## AS65000

O Sistema Autónomo 65000 é um sistema autónomo *stub*. Como tal, mantém relações de *peering* BGP exterior com um único sistema autónomo vizinho que lhe garante acesso externo: o AS 65200. No entanto, para comunicar com o Sistema Autónomo 65100, o AS 65000 utiliza preferencialmente uma ligação (parceria) que mantém com este sistema autónomo. Esta ligação pode ser usada (como *backup*) para atingir também o AS 65200. Pretende-se implementar neste sistema, de forma coerente e bem justificada, a seguinte política de encaminhamento interno e externo:

- O sistema autónomo 65000 usa internamente endereços IPv4 da gama 10.0.0.0/16
- O sistema autónomo 65000 usa internamente o protocolo RIP
- As redes dos outros sistemas autónomos são distribuídas internamente no sistema autónomo AS65000 (via BGP/RIP)
- A estratégia de encaminhamento interna deve estar imune a falsos anúncios de falsos encaminhadores
- Pretende garantir-se conectividade global às redes da gama 10.0.0.0/16
- O sistema autónomo 65000 tem um único *border router* através do qual mantém uma ligação ao sistema autónomo vizinho AS 65200, o seu ISP, e uma ligação ao sistema autónomo vizinho AS65100, seu parceiro
- Apesar da conectividade exterior ser mantida através do AS 65200, o AS 65000 tem um contrato de parceria com o AS 65100 que lhe permite encaminhar diretamente o tráfego interno para ele. Esta ligação deverá ser a preferida.
- Para atingir o AS 65200, o AS 65000 deverá utilizar a ligação direta preferencialmente. No entanto, se esta ligação falhar poderá encaminhar o tráfego para o AS 65200 através do AS 65100.



## Topologia

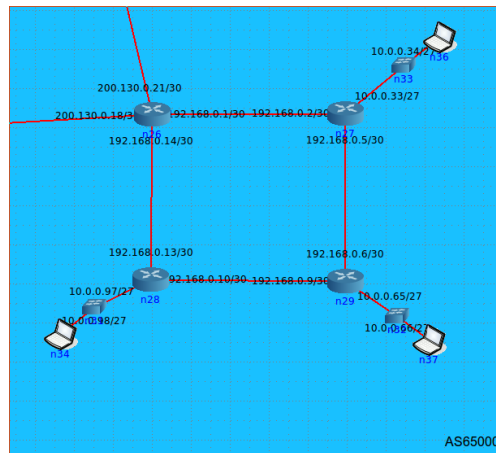


Figura 1: Topologia do AS65000

A imagem abaixo representa a tabela de encaminhamento do router n26:

```
n26# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, P - PIM, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

R>* 10.0.0.32/27 [120/2] via 192.168.0.2, eth0, 00:05:13
R>* 10.0.0.64/27 [120/3] via 192.168.0.13, eth1, 00:05:13
R>* 10.0.0.96/27 [120/2] via 192.168.0.13, eth1, 00:05:13
B>* 10.1.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.17, eth3, 00:05:08
B>* 10.2.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.22, eth2, 00:05:07
B>* 10.3.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.22, eth2, 00:04:37
B>* 10.4.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.22, eth2, 00:05:07
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
C>* 192.168.0.0/30 is directly connected, eth0
R>* 192.168.0.4/30 [120/2] via 192.168.0.2, eth0, 00:05:13
R>* 192.168.0.8/30 [120/2] via 192.168.0.13, eth1, 00:05:13
C>* 192.168.0.12/30 is directly connected, eth1
C>* 200.130.0.16/30 is directly connected, eth3
C>* 200.130.0.20/30 is directly connected, eth2
```

Figura 2: Tabela de encaminhamento do router n26

## Endereçamento da Rede

De modo a cumprir o requisito do enunciado, todas as sub-redes usam endereços da gama 10.0.0.0/16. Segue-se abaixo a tabela de endereçamento

Router	End. de rede	Máscara	End. de Difusão	Gama
n27	10.0.0.32	/27	10.0.0.63	10.0.0.33 até 10.0.0.62
n29	10.0.0.64	/27	10.0.0.95	10.0.0.65 até 10.0.0.94
n28	10.0.0.96	/27	10.0.0.127	10.0.0.97 até 10.0.0.126

Para a ligação dos routers foi utilizada a gama de endereços 192.168.1.0/24, de acordo com o seguinte esquema de endereçamento:

End. de rede	Máscara	End. de Difusão	Gama
192.168.1.0	/30	192.168.1.3	192.168.1.1 até 192.168.1.2
192.168.1.4	/30	192.168.1.7	192.168.1.5 até 192.168.1.6
192.168.1.8	/30	192.168.1.11	192.168.1.9 até 192.168.1.10
192.168.1.12	/30	192.168.1.15	192.168.1.13 até 192.168.1.14

## Configurações RIP

As configurações RIP foram implementadas de maneira muito simples, utilizando o comando *network* em cada um dos vizinhos, e ainda utilizando o comando *redistribute*, para partilhar pela rede as rotas recebidas via BGP. De seguida, a título de demonstração, estão apresentadas as configurações das interfaces de um *router*, n27.

```
interface eth0
ip address 192.168.0.2/30
ip rip authentication mode md5 auth-length old-ripd
ip rip authentication string MIETI17
ipv6 nd suppress-ra
no link-detect
!
interface eth1
ip address 192.168.0.5/30
ip rip authentication mode md5 auth-length old-ripd
ip rip authentication string MIETI17
ipv6 nd suppress-ra
no link-detect
!
interface eth2
ip address 10.0.0.33/27
ipv6 nd suppress-ra
no link-detect
```

Figura 3: Configuração das interfaces do router n27

Na imagem podemos verificar a presença das configurações que asseguram a imunidade do router a falsos anúncios de falsos encaminhadores. Cada interface ligada à rede interna possui um tipo de autenticação, através da *string* "MIETI17" encriptada com MD5. Como apenas os *routers* da rede tem acesso à chave de descriptação, rotas de falsos anúncios não são consideradas.

## Configurações BGP

O AS65000 possui apenas um *border router*, o qual é responsável por filtrar e divulgar as rotas necessárias ao exterior, e receber as rotas que outros AS divulgam.

```

router bgp 65000
  bgp router-id 200.130.0.21
  network 10.0.0.0/16
  neighbor 200.130.0.17 remote-as 65100
  neighbor 200.130.0.17 route-map mapa out
  neighbor 200.130.0.22 remote-as 65200
  neighbor 200.130.0.22 route-map mapa out
!
ip as-path access-list 1 permit ^$
!
route-map mapa permit 10
  match as-path 1
!

```

Figura 4: Configuração BGP do router n26

A política de divulgação de rotas adotada foi a seguinte: divulgar as rotas geradas internamente pelo AS65000 ao seu ISP (para que este possa divulgar ao exterior), e ao seu parceiro AS65100, para que estes possam trocar tráfego diretamente entre eles (e apenas entre eles). A implementação desta política consistiu na criação de um *route-map*, associado a uma *access-list* que filtra as rotas geradas internamente, e aplicando-o a cada um dos seus parceiros BGP. As imagens seguintes exemplificam alguns percursos utilizados pelo tráfego do AS65000 para atingir diferentes AS.

Na imagem abaixo verificamos que está a ser a utilizada a ligação direta entre os AS65000 e AS65100, nomeadamente a ligação com endereço 200.130.0.16.

```

root@n34:/tmp/pycore.43102/n34.conf# traceroute 10.1.2.2
traceroute to 10.1.2.2 (10.1.2.2), 30 hops max, 60 byte packets
 1  10.0.0.97 (10.0.0.97)  1.460 ms  1.271 ms  1.233 ms
 2  192.168.0.14 (192.168.0.14)  1.204 ms  1.107 ms  1.065 ms
 3  200.130.0.17 (200.130.0.17)  1.027 ms  0.964 ms  0.916 ms
 4  192.168.3.17 (192.168.3.17)  0.867 ms  0.794 ms  0.736 ms
 5  192.168.3.2 (192.168.3.2)  0.682 ms  0.599 ms  0.531 ms
 6  10.1.2.2 (10.1.2.2)  0.467 ms  0.118 ms  0.071 ms

```

Figura 5: Traceroute do envio de tráfego entre o AS65000 e AS65100

Na imagem abaixo verificamos que está a ser utilizada a ligação através do ISP entre os AS65000 e AS65400, nomeadamente as ligações com endereços 200.130.0.20 e 200.130.0.24.

```
root@n34:/tmp/pycore.43102/n34.conf# traceroute 10.4.0.66
traceroute to 10.4.0.66 (10.4.0.66), 30 hops max, 60 byte packets
 1  10.0.0.97 (10.0.0.97)  0.120 ms  0.030 ms  0.021 ms
 2  192.168.0.14 (192.168.0.14)  0.049 ms  0.031 ms  0.031 ms
 3  200.130.0.22 (200.130.0.22)  0.056 ms  0.048 ms  0.045 ms
 4  200.130.0.26 (200.130.0.26)  0.069 ms  0.052 ms  0.053 ms
 5  10.4.0.66 (10.4.0.66)  0.137 ms  0.063 ms  0.061 ms
```

Figura 6: Traceroute do envio de tráfego entre o AS65000 e AS65400

Na imagem abaixo verificamos que, após ser introduzida uma falha na ligação direta entre o AS65000 e AS65200 (endereço 200.130.0.20), o AS65100 encaminha o tráfego do AS65000 para o AS65200 (verificamos isso nos saltos pelas ligações 200.130.0.16 e 200.130.0.12).

```
root@n34:/tmp/pycore.43102/n34.conf# traceroute 10.2.0.66
traceroute to 10.2.0.66 (10.2.0.66), 30 hops max, 60 byte packets
 1  10.0.0.97 (10.0.0.97)  1.136 ms  1.007 ms  0.974 ms
 2  192.168.0.14 (192.168.0.14)  0.949 ms  0.878 ms  0.835 ms
 3  200.130.0.17 (200.130.0.17)  0.795 ms  0.730 ms  0.680 ms
 4  200.130.0.14 (200.130.0.14)  0.629 ms  0.547 ms  0.484 ms
 5  10.2.0.66 (10.2.0.66)  0.421 ms  0.335 ms  0.260 ms
```

Figura 7: Traceroute do envio de tráfego entre o AS65000 e AS65200 após falha

## AS65100

O AS65100 é o Sistema Autónomo que implementa uma configuração interna OSPF. Existem três áreas OSPF, sendo a área 0 a *backbone* das outras duas, área 1 e área 2, ou seja, a comunicação inter-áreas ou para o exterior passa sempre pela área de *backbone*.

### Topologia

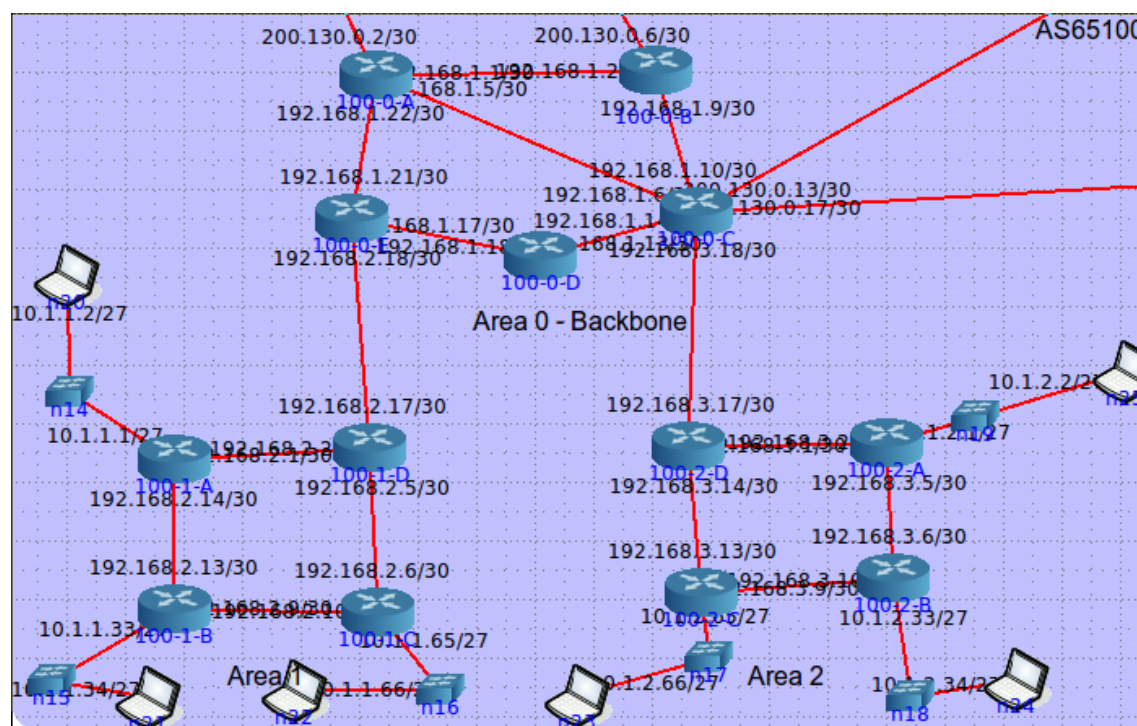


Figura 8: Configuração das interfaces do router n27

### Endereçamento da Rede

De modo a cumprir o requisito do enunciado, todas as sub-redes usam endereços da gama 10.1.0.0/16. A área 1 - representada abaixo - é constituída por quatro *routers*, três deles (A,B e C) conectados a sub-redes contendo *hosts*, de acordo com a seguinte tabela de endereçamento.

Rede	End. de rede	Máscara	End. de Difusão	Gama
A	10.1.1.0	/27	10.1.1.31	10.1.1.1 até 10.1.1.30
B	10.1.1.32	/27	10.1.1.63	10.1.1.33 até 10.1.1.62
C	10.1.1.64	/27	10.1.1.95	10.1.1.65 até 10.1.1.94

Para a ligação dos routers foi utilizada a gama de endereços 192.168.2.0/30, de acordo com o seguinte esquema de endereçamento:

Rede	End. de rede	Máscara	End. de Difusão	Gama
AB	192.168.2.0	/30	192.168.2.3	192.168.2.1 até 192.168.2.2
BC	192.168.2.4	/30	192.168.2.7	192.168.2.5 até 192.168.2.6
CD	192.168.2.8	/30	192.168.2.11	192.168.2.9 até 192.168.2.10
DA	192.168.2.12	/30	192.168.2.15	192.168.2.13 até 192.168.2.14

A imagem abaixo representa a tabela de encaminhamento do router 100-0-A:

```
O>* 10.0.0.0/16 [110/20] via 192.168.1.6, eth1, 00:10:27
B 10.0.0.0/16 [200/0] via 192.168.1.6, eth1, 00:11:03
O>* 10.1.1.0/27 [110/40] via 192.168.1.21, eth0, 00:10:20
O>* 10.1.1.32/27 [110/50] via 192.168.1.21, eth0, 00:10:20
O>* 10.1.1.64/27 [110/40] via 192.168.1.21, eth0, 00:10:20
O>* 10.1.2.0/27 [110/40] via 192.168.1.6, eth1, 00:10:20
O>* 10.1.2.32/27 [110/50] via 192.168.1.6, eth1, 00:10:20
O>* 10.1.2.64/27 [110/40] via 192.168.1.6, eth1, 00:10:20
O>* 10.2.0.0/16 [110/20] via 192.168.1.6, eth1, 00:10:27
B 10.2.0.0/16 [200/0] via 192.168.1.6, eth1, 00:11:03
B>* 10.3.0.0/16 [200/0] via 200.130.0.1, eth3, 00:11:08
O>* 10.4.0.0/16 [110/20] via 192.168.1.2, eth2, 00:10:27
B 10.4.0.0/16 [200/0] via 192.168.1.2, eth2, 00:10:37
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
O 192.168.1.0/30 [110/10] is directly connected, eth2, 00:11:15
C>* 192.168.1.0/30 is directly connected, eth2
O 192.168.1.4/30 [110/10] is directly connected, eth1, 00:11:15
C>* 192.168.1.4/30 is directly connected, eth1
O>* 192.168.1.8/30 [110/20] via 192.168.1.6, eth1, 00:10:28
* via 192.168.1.2, eth2, 00:10:28
O>* 192.168.1.12/30 [110/20] via 192.168.1.6, eth1, 00:10:28
O>* 192.168.1.16/30 [110/20] via 192.168.1.21, eth0, 00:10:20
O 192.168.1.20/30 [110/10] is directly connected, eth0, 00:11:15
C>* 192.168.1.20/30 is directly connected, eth0
O>* 192.168.2.0/30 [110/30] via 192.168.1.21, eth0, 00:10:20
O>* 192.168.2.4/30 [110/30] via 192.168.1.21, eth0, 00:10:20
O>* 192.168.2.8/30 [110/40] via 192.168.1.21, eth0, 00:10:20
O>* 192.168.2.12/30 [110/40] via 192.168.1.21, eth0, 00:10:20
O>* 192.168.2.16/30 [110/20] via 192.168.1.21, eth0, 00:10:20
O>* 192.168.3.0/30 [110/30] via 192.168.1.6, eth1, 00:10:20
O>* 192.168.3.4/30 [110/40] via 192.168.1.6, eth1, 00:10:20
O>* 192.168.3.8/30 [110/40] via 192.168.1.6, eth1, 00:10:20
O>* 192.168.3.12/30 [110/30] via 192.168.1.6, eth1, 00:10:20
O>* 192.168.3.16/30 [110/20] via 192.168.1.6, eth1, 00:10:28
C>* 200.130.0.0/30 is directly connected, eth3
```

Figura 9: Tabela de encaminhamento do router 100-0-A



A imagem abaixo representa a tabela de encaminhamento do router 100-0-B:

```
O>* 10.0.0.0/16 [110/20] via 192.168.1.10, eth0, 00:09:41
B 10.0.0.0/16 [200/0] via 192.168.1.10, eth0, 00:10:19
O>* 10.1.1.0/27 [110/50] via 192.168.1.1, eth1, 00:09:32
O>* 10.1.1.32/27 [110/60] via 192.168.1.1, eth1, 00:09:32
O>* 10.1.1.64/27 [110/50] via 192.168.1.1, eth1, 00:09:32
O>* 10.1.2.0/27 [110/40] via 192.168.1.10, eth0, 00:09:32
O>* 10.1.2.32/27 [110/50] via 192.168.1.10, eth0, 00:09:32
O>* 10.1.2.64/27 [110/40] via 192.168.1.10, eth0, 00:09:32
O>* 10.2.0.0/16 [110/20] via 192.168.1.10, eth0, 00:09:41
B 10.2.0.0/16 [200/0] via 192.168.1.10, eth0, 00:10:19
O>* 10.3.0.0/16 [110/20] via 192.168.1.1, eth1, 00:09:31
B 10.3.0.0/16 [200/0] via 192.168.1.1, eth1, 00:10:19
B>* 10.4.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.5, eth2, 00:09:50
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
O 192.168.1.0/30 [110/10] is directly connected, eth1, 00:09:40
C>* 192.168.1.0/30 is directly connected, eth1
O>* 192.168.1.4/30 [110/20] via 192.168.1.10, eth0, 00:09:32
* via 192.168.1.1, eth1, 00:09:32
O 192.168.1.8/30 [110/10] is directly connected, eth0, 00:10:27
C>* 192.168.1.8/30 is directly connected, eth0
O>* 192.168.1.12/30 [110/20] via 192.168.1.10, eth0, 00:09:42
O>* 192.168.1.16/30 [110/30] via 192.168.1.1, eth1, 00:09:32
* via 192.168.1.10, eth0, 00:09:32
O>* 192.168.1.20/30 [110/20] via 192.168.1.1, eth1, 00:09:32
O>* 192.168.2.0/30 [110/40] via 192.168.1.1, eth1, 00:09:32
O>* 192.168.2.4/30 [110/40] via 192.168.1.1, eth1, 00:09:32
O>* 192.168.2.8/30 [110/50] via 192.168.1.1, eth1, 00:09:32
O>* 192.168.2.12/30 [110/50] via 192.168.1.1, eth1, 00:09:32
O>* 192.168.2.16/30 [110/30] via 192.168.1.1, eth1, 00:09:32
O>* 192.168.3.0/30 [110/30] via 192.168.1.10, eth0, 00:09:32
O>* 192.168.3.4/30 [110/40] via 192.168.1.10, eth0, 00:09:32
O>* 192.168.3.8/30 [110/40] via 192.168.1.10, eth0, 00:09:32
O>* 192.168.3.12/30 [110/30] via 192.168.1.10, eth0, 00:09:32
O>* 192.168.3.16/30 [110/20] via 192.168.1.10, eth0, 00:09:42
C>* 200.130.0.4/30 is directly connected, eth2
```

Figura 10: Tabela de encaminhamento do router 100-0-B

A imagem abaixo representa a tabela de encaminhamento do router 100-0-C:

```
O>* 10.1.1.0/27 [110/50] via 192.168.1.13, eth0, 00:07:05
*
* via 192.168.1.5, eth1, 00:07:05
O>* 10.1.1.32/27 [110/60] via 192.168.1.13, eth0, 00:07:05
*
* via 192.168.1.5, eth1, 00:07:05
O>* 10.1.1.64/27 [110/50] via 192.168.1.13, eth0, 00:07:05
*
* via 192.168.1.5, eth1, 00:07:05
O>* 10.1.2.0/27 [110/30] via 192.168.3.17, eth3, 00:07:05
O>* 10.1.2.32/27 [110/40] via 192.168.3.17, eth3, 00:07:05
O>* 10.1.2.64/27 [110/30] via 192.168.3.17, eth3, 00:07:05
B>* 10.2.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.14, eth4, 00:07:53
O>* 10.3.0.0/16 [110/20] via 192.168.1.5, eth1, 00:07:12
B 10.3.0.0/16 [200/0] via 192.168.1.5, eth1, 00:07:48
O>* 10.4.0.0/16 [110/20] via 192.168.1.9, eth2, 00:07:14
B 10.4.0.0/16 [200/0] via 192.168.1.9, eth2, 00:07:22
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
O>* 192.168.1.0/30 [110/20] via 192.168.1.9, eth2, 00:07:13
*
* via 192.168.1.5, eth1, 00:07:13
O 192.168.1.4/30 [110/10] is directly connected, eth1, 00:07:13
C>* 192.168.1.4/30 is directly connected, eth1
O 192.168.1.8/30 [110/10] is directly connected, eth2, 00:08:00
C>* 192.168.1.8/30 is directly connected, eth2
O 192.168.1.12/30 [110/10] is directly connected, eth0, 00:08:00
C>* 192.168.1.12/30 is directly connected, eth0
O>* 192.168.1.16/30 [110/20] via 192.168.1.13, eth0, 00:07:05
O>* 192.168.1.20/30 [110/20] via 192.168.1.5, eth1, 00:07:13
O>* 192.168.2.0/30 [110/40] via 192.168.1.13, eth0, 00:07:05
*
* via 192.168.1.5, eth1, 00:07:05
O>* 192.168.2.4/30 [110/40] via 192.168.1.13, eth0, 00:07:05
*
* via 192.168.1.5, eth1, 00:07:05
O>* 192.168.2.8/30 [110/50] via 192.168.1.13, eth0, 00:07:05
*
* via 192.168.1.5, eth1, 00:07:05
O>* 192.168.2.12/30 [110/50] via 192.168.1.13, eth0, 00:07:05
*
* via 192.168.1.5, eth1, 00:07:05
O>* 192.168.2.16/30 [110/30] via 192.168.1.13, eth0, 00:07:05
*
* via 192.168.1.5, eth1, 00:07:05
O>* 192.168.3.0/30 [110/20] via 192.168.3.17, eth3, 00:07:05
O>* 192.168.3.4/30 [110/30] via 192.168.3.17, eth3, 00:07:05
O>* 192.168.3.8/30 [110/30] via 192.168.3.17, eth3, 00:07:05
O>* 192.168.3.12/30 [110/20] via 192.168.3.17, eth3, 00:07:05
O 192.168.3.16/30 [110/10] is directly connected, eth3, 00:08:00
C>* 192.168.3.16/30 is directly connected, eth3
C>* 200.130.0.12/30 is directly connected, eth4
C>* 200.130.0.16/30 is directly connected, eth5
```

Figura 11: Tabela de encaminhamento do router 100-0-C

## Configurações OSPF

A seguinte imagem exemplifica a configuração dos *routers* intra-área do AS65100 (neste caso, do router 100-1-A; todos os outros seguem uma configuração similar):

Foram utilizados os comandos *network* em cada um dos vizinhos, especificando também a área a que pertencem. Na configuração observamos também as medidas tomadas de modo a garantir a segurança e autenticação do AS, protegendo-o de falsos anúncios de falsos encaminhadores. A cada interface ligada ao interior do AS, está associada a palavra "REDES2", encriptada por MD5, de maneira parecida com a do AS65000.

```

interface eth0
ip address 192.168.2.14/30
ip ospf authentication message-digest
ip ospf message-digest-key 1 md5 REDES2
ipv6 nd suppress-ra
no link-detect
!
interface eth1
ip address 192.168.2.1/30
ip ospf authentication message-digest
ip ospf message-digest-key 1 md5 REDES2
ipv6 nd suppress-ra
no link-detect
!
interface eth2
ip address 10.1.1.1/27
ipv6 nd suppress-ra
no link-detect
!
interface lo
no link-detect
!
router ospf
ospf router-id 192.168.2.14
network 10.1.1.0/27 area 0.0.0.1
network 192.168.2.0/30 area 0.0.0.1
network 192.168.2.12/30 area 0.0.0.1
area 0.0.0.1 authentication message-digest

```

Figura 12: Configuração das interfaces e OSPF do Router 100-1-A

Existem também os *Area Border Routers* (ABR), que têm certas especificidades na sua configuração, devido a serem os *routers* que fazem a ponte entre as áreas OSPF do AS.

```

router ospf
ospf router-id 192.168.3.17
network 192.168.3.0/30 area 0.0.0.2
network 192.168.3.12/30 area 0.0.0.2
network 192.168.3.16/30 area 0.0.0.0
area 0.0.0.0 authentication message-digest
area 0.0.0.2 authentication message-digest

```

Figura 13: Configuração OSPF do ABR 100-0-C

Estes *routers* têm certas interfaces atribuídas a diferentes áreas, e têm que fazer a autenticação de ambas as áreas.

## Configurações BGP

O AS65100 possui três border routers, responsáveis por anunciar e receber rotas do exterior. Vamos começar por analisar o router 100-0-C, responsável pela ligação do AS65100 com os AS65000 e 65200, mais especificamente a configuração BGP e os filtros utilizados.

Ao observar os filtros utilizados, existem duas *access-lists*: a lista 1, que

```

router bgp 65100
  bgp router-id 192.168.1.10
  network 10.1.0.0/16
  neighbor 192.168.1.5 remote-as 65100
  neighbor 192.168.1.5 next-hop-self
  neighbor 192.168.1.9 remote-as 65100
  neighbor 192.168.1.9 next-hop-self
  neighbor 200.130.0.14 remote-as 65200
  neighbor 200.130.0.14 route-map adv001 out
  neighbor 200.130.0.18 remote-as 65000
  neighbor 200.130.0.18 route-map adv000 out

```

Figura 14: Configuração BGP do router 100-0-C

```

ip as-path access-list 1 permit ^$
ip as-path access-list 1 permit ^65200_
ip as-path access-list 2 permit ^$
ip as-path access-list 2 permit ^65000_
!
route-map adv000 permit 10
  match as-path 1
!
route-map adv001 permit 20
  match as-path 2

```

Figura 15: Route-maps e access-lists do router 100-0-C

filtra as rotas geradas localmente e as rotas aprendidas através do AS65200; e a lista 2 que filtra as rotas geradas localmente e as rotas aprendidas através do AS65000. O *route-map* que contém a lista 1, é enviado ao AS65000, e o *route-map* que contém a lista 2 é enviado ao AS65200. Esta política permite que os AS65200 e AS65000 conheçam a rota através do AS65100, utilizada como *backup*.

Iremos agora verificar o *router* 100-0-B, com as suas configurações descritas abaixo.

```

router bgp 65100
  bgp router-id 192.168.1.2
  network 10.1.0.0/16
  neighbor 192.168.1.1 remote-as 65100
  neighbor 192.168.1.1 next-hop-self
  neighbor 192.168.1.1 route-map interno out
  neighbor 192.168.1.10 remote-as 65100
  neighbor 192.168.1.10 next-hop-self
  neighbor 192.168.1.10 route-map interno out
  neighbor 200.130.0.5 remote-as 65300
  neighbor 200.130.0.5 route-map teste out

```

Figura 16: Configuração BGP do router 100-0-B

Esta configuração possui três listas: 1) Permite as rotas geradas internamente; 2) Permite as rotas cujo destino é o AS65400 3) Nega todas as rotas. A lista 1 é associada a um *route-map* aplicado às rotas que são anunciadas ao AS65300, anunciando-lhe apenas as rotas geradas localmente. As duas outras listas são associadas ao mesmo *route-map*, que é aplicado aos parceiros iBGP - o objetivo é fazer

```

ip as-path access-list 1 permit ^$
ip as-path access-list 2 permit _65400$
ip as-path access-list 3 deny _*
!
route-map teste permit 10
match as-path 1
!
route-map interno permit 10
match as-path 2
set local-preference 300
!
route-map interno permit 20
match as-path 3

```

Figura 17: Route-maps e access-lists do router 100-0-B

com que o próprio *router* anuncie apenas rotas com destino ao AS65400. Esta configuração, conjuntamente com a do *router* 100-0-A, irá fazer com que o tráfego destinado ao AS65400 será enviado pelo *router* 100-0-B, enquanto que o tráfego destinado ao AS65300 seguirá pelo *router* 100-0-A. Podemos ver pelo *traceroute* abaixo que está a ser escolhido o *router* 100-0-B como *router* de saída do AS65100.

```

traceroute to 10.4.0.66 (10.4.0.66), 30 hops max, 60 byte packets
 1  10.1.1.1 (10.1.1.1)  1.725 ms
 2  192.168.2.2 (192.168.2.2)  1.600 ms
 3  192.168.2.18 (192.168.2.18)  1.536 ms
 4  192.168.1.22 (192.168.1.22)  1.466 ms
 5  192.168.1.2 (192.168.1.2)  1.388 ms
 6  192.168.3.5 (192.168.3.5)  1.302 ms
 7  200.130.0.10 (200.130.0.10)  1.193 ms
 8  10.4.0.66 (10.4.0.66)  1.084 ms

```

Figura 18: Traceroute do AS65100 para o AS65400

Observemos agora a configuração BGP do router 100-0-A, e os seus filtros.

```

router bgp 65100
bgp router-id 200.130.0.2
network 10.1.0.0/16
neighbor 192.168.1.2 remote-as 65100
neighbor 192.168.1.2 next-hop-self
neighbor 192.168.1.2 route-map interno out
neighbor 192.168.1.6 remote-as 65100
neighbor 192.168.1.6 next-hop-self
neighbor 200.130.0.1 remote-as 65300

```

Figura 19: Configuração BGP do router 100-0-A

Esta configuração, à semelhança do anterior, também possui duas listas:

1) Permite as rotas com destino ao AS65300; 2) Nega todas as outras.

Podemos ver que, em conjunto com a configuração anterior, este *router* filtra as rotas com destino ao AS65300, apenas encaminhando tráfego diretamente

```

ip as-path access-list 1 permit _65300$
ip as-path access-list 2 deny _*

route-map interno permit 10
match as-path 1
set local-preference 300

route-map interno permit 20
match as-path 2

```

Figura 20: Route-maps e access-lists do router 100-0-A

para ele. O *traceroute* abaixo permite ver que um *ping* com destino o AS65300 prefere utilizar a ligação de rede 200.130.0.0.

```

traceroute to 10.3.0.1 (10.3.0.1), 30 hops max, 60 byte packets
 1  10.1.2.1 (10.1.2.1)  1.465 ms
 2  192.168.3.1 (192.168.3.1)  1.357 ms
 3  192.168.3.18 (192.168.3.18)  1.298 ms
 4  192.168.1.5 (192.168.1.5)  1.237 ms
 5  200.130.0.1 (200.130.0.1)  1.167 ms
 6  10.3.0.1 (10.3.0.1)  1.088 ms

```

Figura 21: Traceroute do AS65100 para o AS65300

## AS65200

O sistema autónomo 65200 é um sistema autónomos de trânsito. Como tal não é necessário configurar um protocolo de encaminhamento interno. No entanto deve garantir que existam sistemas terminais na rede 10.2.0.0/16 para poderem fazer testes de conectividade. Pretende-se implementar neste sistema, de forma coerente e bem justificada, as seguintes políticas de encaminhamento externas:

- O sistema autónomo usa internamente endereços IPv4 da gama 10.2.0.0/16. Deverá ser garantida para estas redes conectividade global;
- O sistema autónomo é o ISP dos sistemas autónomos 65000 e 65100. Como tal deverá aceitar as rotas por eles anunciadas e divulgá-las. Como já foi referido acima, o AS 65100 aceita servir de trânsito entre os AS 65200 e o AS 65000. Assim, se a ligação direta para o AS 65000 não estiver disponível, o AS 65200 pode usar o AS 65100 como *backup* para chegar ao AS 65000. Se estiverem as duas ligações disponíveis, a ligação direta deverá ser a preferida.

## Topologia

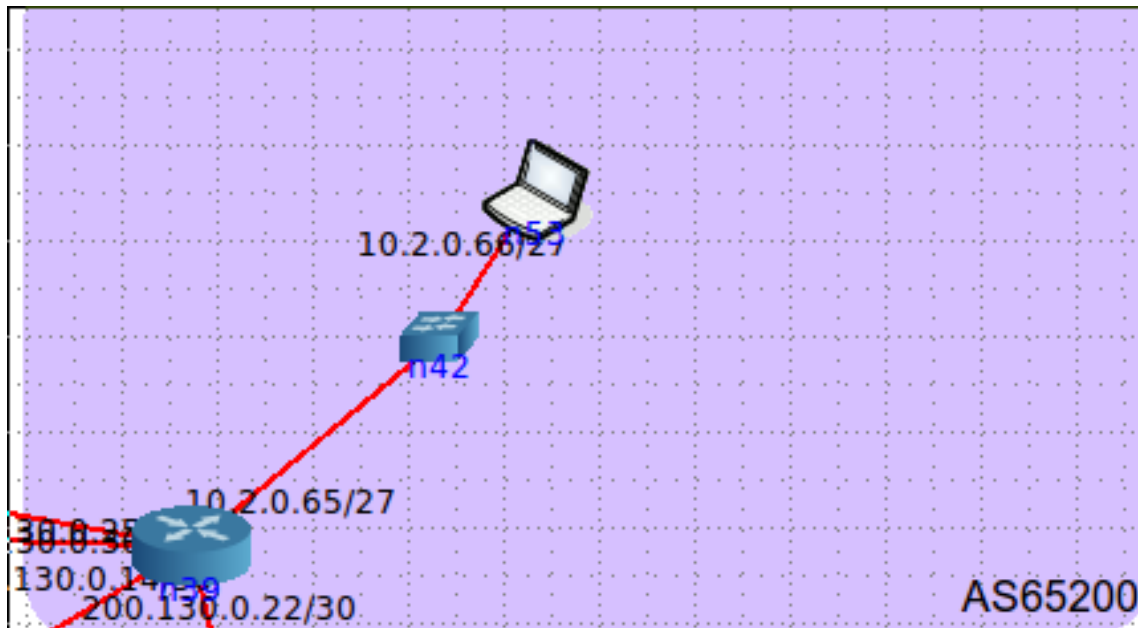


Figura 22: Topologia do AS65200

## Endereçamento da Rede

De modo a cumprir o requisito do enunciado, todas as sub-redes usam endereços da gama 10.2.0.0/16. Segue-se abaixo a tabela de endereçamento

Router	End. de rede	Máscara	End. de Difusão	Gama
n39	10.2.0.64	/27	10.2.0.95	10.2.0.65 até 10.2.0.94

A imagem abaixo representa a tabela de encaminhamento do router n39:

## Configurações BGP

O AS65200 é o ISP dos AS65000 e 65200, sendo por isso responsável pela divulgação ao exterior das rotas que estes lhe anunciam. É também responsável por lhes enviar as rotas que outros AS lhe enviam. A sua configuração reflete precisamente isto:



```

B>* 10.0.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.21, eth4, 00:05:22
B>* 10.1.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.13, eth2, 00:05:21
C>* 10.2.0.64/27 is directly connected, eth6
B>* 10.3.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.29, eth5, 00:05:18
B>* 10.4.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.26, eth3, 00:05:18
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
C>* 200.130.0.12/30 is directly connected, eth2
C>* 200.130.0.20/30 is directly connected, eth4
C>* 200.130.0.24/30 is directly connected, eth3
C>* 200.130.0.28/30 is directly connected, eth5

```

Figura 23: Tabela de encaminhamento do router n39

```

router bgp 65200
  bgp router-id 200.130.0.30
  network 10.2.0.0/16
  neighbor 200.130.0.13 remote-as 65100
  neighbor 200.130.0.13 route-map mapan out
  neighbor 200.130.0.21 remote-as 65000
  neighbor 200.130.0.21 route-map mapan out
  neighbor 200.130.0.26 remote-as 65400
  neighbor 200.130.0.26 route-map mapap out
  neighbor 200.130.0.29 remote-as 65300
  neighbor 200.130.0.29 route-map mapan out

```

Figura 24: Configuração BGP do router n30

A configuração das *access-lists* e *route-maps* indica duas situações distintas: uma situação em que o *router* anuncia todas as rotas conhecidas - estes anúncios são dirigidos aos seus clientes, os AS65000 e AS65100; e outra situação em que o *router* apenas anuncia as suas próprias rotas e as rotas que recebe dos seus clientes - é o que anuncia ao AS de trânsito AS65400. O AS65200 também deve ser capaz de encaminhar tráfego através do AS65100 caso a ligação direta entre ele próprio e o AS65000 seja quebrada. O *traceroute* abaixo indica precisamente essa situação, e podemos verificar o caminho tomado

## AS65300

O sistema autónomo 65300 é essencialmente um sistema autónomo de trânsito. Como tal não é necessário configurar um protocolo de encaminhamento interno. No entanto deve garantir que neste sistema autónomo, existam sistemas terminais nas redes 10.3.0.0/16, para poderem fazer testes de conectividade. Para isso deverão recorrer a encaminhamento estático, utilizando rotas por defeito para atingir os outros sistemas autónomos.

```

ip as-path access-list 1 permit .*
ip as-path access-list 2 permit ^$
ip as-path access-list 2 permit ^65000_
ip as-path access-list 2 permit ^65100_
!
route-map mapan permit 10
match as-path 1
!
route-map mapap permit 20
match as-path 2

```

Figura 25: Route-maps e access-lists do router n30

```

traceroute to 10.0.0.98 (10.0.0.98), 30 hops max, 60 byte packets
 1  10.2.0.65 (10.2.0.65)  1.259 ms
 2  200.130.0.13 (200.130.0.13)  1.070 ms
 3  200.130.0.18 (200.130.0.18)  1.008 ms
 4  192.168.0.13 (192.168.0.13)  0.924 ms
 5  10.0.0.98 (10.0.0.98)  0.743 ms

```

Figura 26: Traceroute entre os AS65200 e AS65000

## Topologia

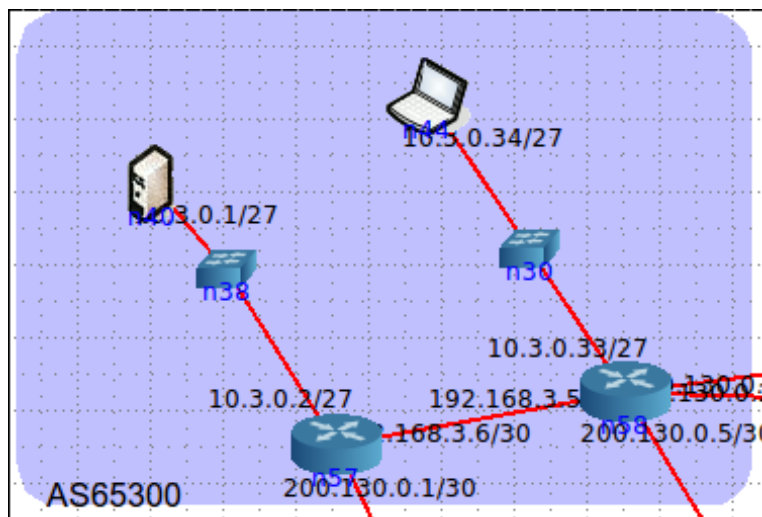


Figura 27: Topologia do AS65300

## Endereçamento da Rede

De modo a cumprir o requisito do enunciado, todas as sub-redes usam endereços da gama 10.3.0.0/16. Segue-se abaixo a tabela de endereçamento

Router	End. de rede	Máscara	End. de Difusão	Gama
n57	10.3.0.0	/27	10.3.0.31	10.3.0.1 até 10.3.0.30
n58	10.3.0.32	/27	10.3.0.63	10.3.0.33 até 10.3.0.62

A imagem abaixo representa a tabela de encaminhamento do router n57:

```

B>* 10.0.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.2, eth2, 00:03:15
B>* 10.1.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.2, eth2, 00:03:45
B>* 10.2.0.0/16 [200/0] via 192.168.3.5, eth1, 00:03:41
S 10.3.0.0/27 [1/0] via 192.168.3.10 inactive
C>* 10.3.0.0/27 is directly connected, eth0
S>* 10.3.0.32/27 [1/0] via 192.168.3.5, eth1
C>* 10.3.0.64/27 is directly connected, eth2
B>* 10.4.0.0/16 [200/0] via 192.168.3.5, eth1, 00:03:41
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
C>* 192.168.3.4/30 is directly connected, eth1
C>* 200.130.0.0/30 is directly connected, eth2

```

Figura 28: Tabela de encaminhamento do router n57

A imagem abaixo representa a tabela de encaminhamento do router n58:

```

B>* 10.0.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.30, eth4, 00:04:22
B>* 10.1.0.0/16 [200/0] via 192.168.3.6, eth0, 00:04:21
B>* 10.2.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.30, eth4, 00:04:22
S>* 10.3.0.0/27 [1/0] via 192.168.3.6, eth0
C>* 10.3.0.32/27 is directly connected, eth5
S>* 10.3.0.64/27 [1/0] via 192.168.3.5, eth0
B>* 10.4.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.10, eth3, 00:04:25
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
C>* 192.168.3.4/30 is directly connected, eth0
C>* 200.130.0.4/30 is directly connected, eth2
C>* 200.130.0.8/30 is directly connected, eth3
C>* 200.130.0.28/30 is directly connected, eth4

```

Figura 29: Tabela de encaminhamento do router n58

## Configurações BGP

Este AS possui dois border *routers* que são *peers* iBGP. O primeiro router, n57 tem a seguinte configuração:

```
router bgp 65300
  bgp router-id 200.130.0.1
  network 10.3.0.0/16
  neighbor 192.168.3.5 remote-as 65300
  neighbor 192.168.3.5 next-hop-self
  neighbor 192.168.3.5 route-map interno out
  neighbor 200.130.0.2 remote-as 65100
```

Figura 30: Configuração BGP do router n57

```
ip route 10.3.0.0/27 192.168.3.10
ip route 10.3.0.32/27 192.168.3.5
!
ip as-path access-list 1 deny _65100 65000$
ip as-path access-list 1 permit _*
ip as-path access-list 1 permit _65100$
ip as-path access-list 2 deny _*
!
route-map interno permit 10
  match as-path 1
  set local-preference 300
!
route-map interno permit 20
  match as-path 2
```

Figura 31: Route-maps e access-lists do router n57

Este *router* possui as políticas de aceitar apenas tráfego vindo do AS65100, e de negar anunciar a rota para o AS65000 via AS65100.

```
router bgp 65300
  bgp router-id 200.130.0.29
  network 10.3.0.0/16
  neighbor 192.168.3.6 remote-as 65300
  neighbor 192.168.3.6 next-hop-self
  neighbor 192.168.3.6 route-map interno out
  neighbor 200.130.0.6 remote-as 65100
  neighbor 200.130.0.6 route-map lista out
  neighbor 200.130.0.10 remote-as 65400
  neighbor 200.130.0.10 route-map lista out
  neighbor 200.130.0.30 remote-as 65200
  neighbor 200.130.0.30 route-map lista out
```

Figura 32: Configuração BGP do router n58

```
ip as-path access-list 1 deny _65100 65000$
ip as-path access-list 1 permit _*
ip as-path access-list 2 deny _65100$
ip as-path access-list 3 permit _*
!
route-map lista permit 10
match as-path 1
!
route-map interno permit 20
match as-path 2
set local-preference 300
!
route-map interno permit 30
match as-path 3
```

Figura 33: Route-maps e access-lists do router n58

Este *router* possui as políticas de aceitar tráfego para o AS65300 e AS65200 e também de negar anunciar a rota para o AS65000 via AS65100, para além de anunciar as rotas que aprende do AS65100.

# Topologia

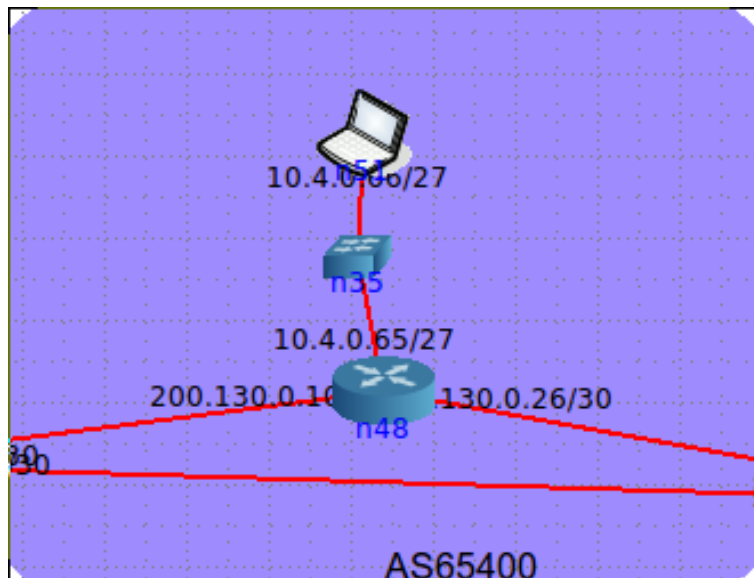


Figura 34: Topologia do AS65400

## Endereçamento da Rede

Router	End. de rede	Máscara	End. de Difusão	Gama
n48	10.4.0.64	/27	10.4.0.95	10.4.0.65 até 10.4.0.94

A imagem abaixo representa a tabela de encaminhamento do router n48:

```
B>* 10.0.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.25, eth3, 00:12:31
B>* 10.1.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.9, eth2, 00:13:00
B>* 10.2.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.25, eth3, 00:13:01
B>* 10.3.0.0/16 [20/0] via 200.130.0.9, eth2, 00:13:00
S 10.4.0.0/27 [1/0] via 192.168.4.10 inactive
S 10.4.0.32/27 [1/0] via 192.168.4.5 inactive
C>* 10.4.0.64/27 is directly connected, eth4
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo
C>* 200.130.0.8/30 is directly connected, eth2
C>* 200.130.0.24/30 is directly connected, eth3
```

Figura 35: Tabela de encaminhamento do router n48

## Configurações BGP

```
router bgp 65400
  bgp router-id 200.130.0.26
  network 10.4.0.0/16
  neighbor 200.130.0.9 remote-as 65300
  neighbor 200.130.0.9 route-map interno in
  neighbor 200.130.0.25 remote-as 65200
```

Figura 36: Configuração BGP do router n48

```
ip as-path access-list 1 permit ^65300 65100$
ip as-path access-list 2 permit _*
!
route-map interno permit 10
  match as-path 1
  set local-preference 300
!
route-map interno permit 20
  match as-path 2
  set local-preference 100
```

Figura 37: Route-maps e access-lists do router n48

O *router* do AS65400, basicamente permite todo o trânsito, mas anuncia o trânsito via AS65300 com preferência, ou seja, caso tente enviar tráfego para o AS65100, ele irá assumir a rota via AS65300 ao invés da rota via AS65200.

## Conclusão

Este trabalho significou a continuação do desenvolvimento das capacidades mais técnicas da área das redes de computadores, que foi iniciado na UC de Redes I. Este trabalho foi bastante positivo pois as dificuldades encontradas foram oportunidades para observar os conhecimentos que necessitam de ser melhorados, e reforçar os conhecimentos já adquiridos.

A nível do trabalho em si, a parte de endereçamento e encaminhamento interno foi efetuada com bastante facilidade, e concluímos que estamos bastante à vontade na execução desta tarefa. Já o encaminhamento a nível externo apresentou mais desafios, mas também conseguimos efetuar com sucesso, apesar de ainda ser necessário limar algumas arestas. As maiores dificuldades nesta área foram interpretar os comandos a partir da documentação do *Quagga*, e transpôr essas informações para a prática. O facto de termos de implementar estas configurações com reduzida prática orientada prévia fez desta fase um desafio grande.

Em geral, pode-se concluir que este trabalho foi uma experiência positiva e enriquecedora, e uma boa extensão e preparação para desafios futuros.