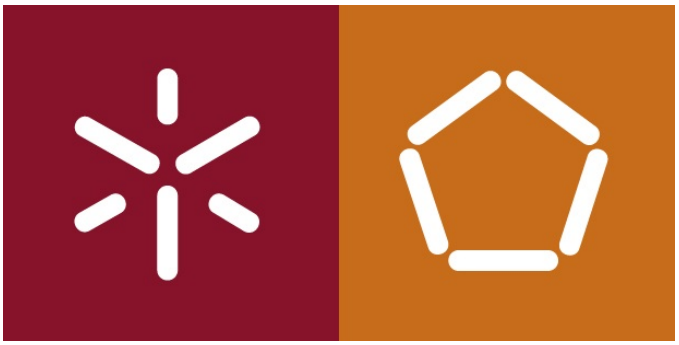
Universidade do Minho

Mestrado Integrado em Engenharia Informática



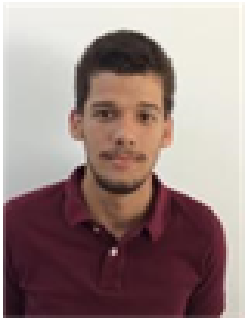
# Redes de Computadores

## Relatório do Trabalho Prático 2

## Protocolo IP

Grupo 1

Adriana Meireles
A82582



Nuno Silva
A78156

Shahzod Yusupov
A82617

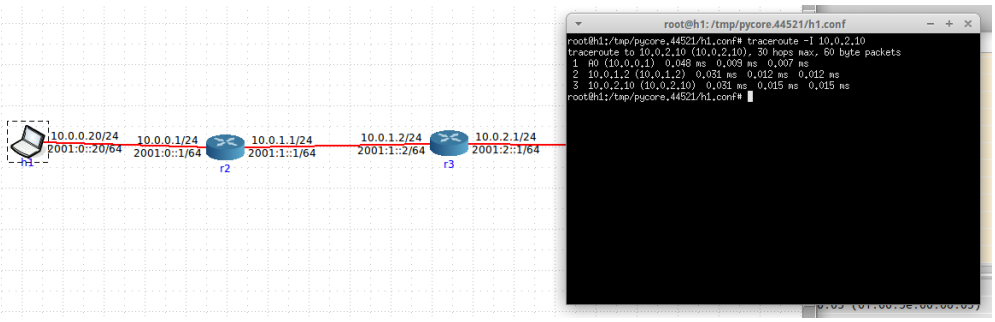
March 22, 2020

# Parte I

## Captura de Tráfego IP

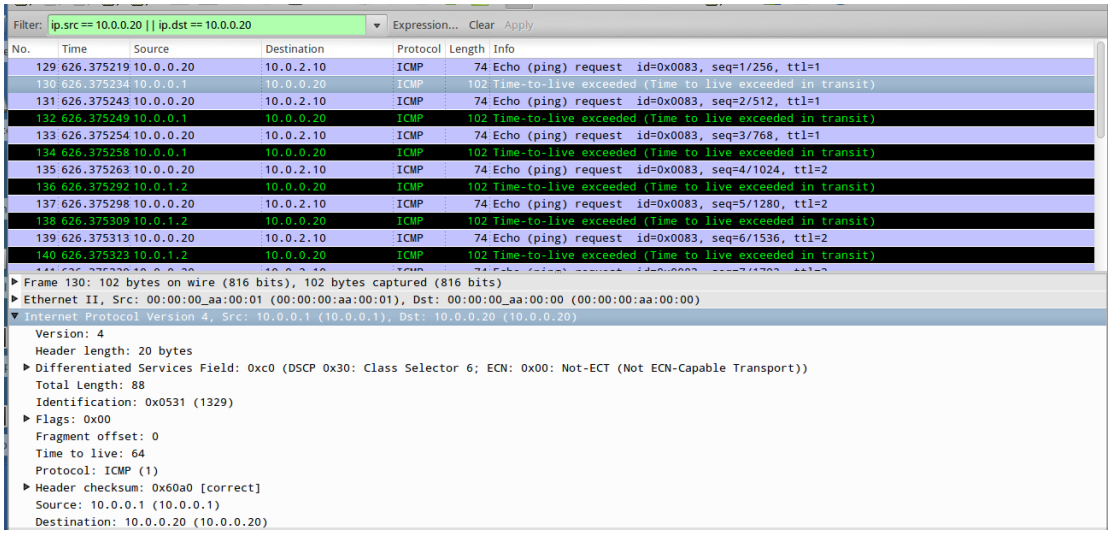
**1) Prepare uma topologia CORE para verificar o comportamento do traceroute. Ligue um host (pc) h1 a um router r2; o router r2 a um router r3, que por sua vez, se liga a um host (servidor) s4. (Note que pode não existir conectividade IP imediata entre h1 e s4 até que o routing estabilize). Ajuste o nome dos equipamentos atribuídos por defeito para a topologia do enunciado.**

**a.Active o wireshark ou o tcpdump no pc h1. Numa shell de h1, execute o comando traceroute -I para o endereço IP do host s4.**




**b. Registe e analise o tráfego ICMP enviado por h1 e o tráfego ICMP recebido como resposta. Comente os resultados face ao comportamento esperado**

Após fazer o comando "traceroute –I 10.0.2.10" a partir do host h1, são-nos dados 3 tempos (cada um correspondente a um pacote que tem TTL igual aos outros dois) de cada vez que são enviados 3 novos pacotes para o host h4. No início de cada linha temos o endereço de cada router sendo que o último endereço que aparece corresponde ao host h4. O host h1 tenta comunicar com o host servidor(h4) enviando pacotes com TTL=1, TTL=2 e TTL=3, sequencialmente. Os pactotes com TTL=1 e TTL=2 não chegam até ao h4 sendo descartados no router r2 e r3, respetivamente. O ICMP envia uma mesagem de erro(102 Time-To-Live Exceeded(Time to Live Exceeded in Transit)).




**c. Qual deve ser o valor inicial mínimo do campo TTL para alcançar o destino s4? Verifique na prática que a sua resposta está correta.**

Cada router no percurso até ao destino deve decrementar de 1 o TTL de cada datagrama recebido. Se o TTL atinge o valor 0, o router descarta o datagrama e devolve uma mensagem de controlo ICMP (Internet Control Message Protocol) ao host de origem, indicando que o TTL foi excedido (Time to Live Exceeded(Time to Live Exceeded in Transit)). Assim, como nesta topologia são necessários 3 saltos até ao host servidor (s4), passando por 2 routers(r2 e r3), o TTL mínimo deverá ser 3.

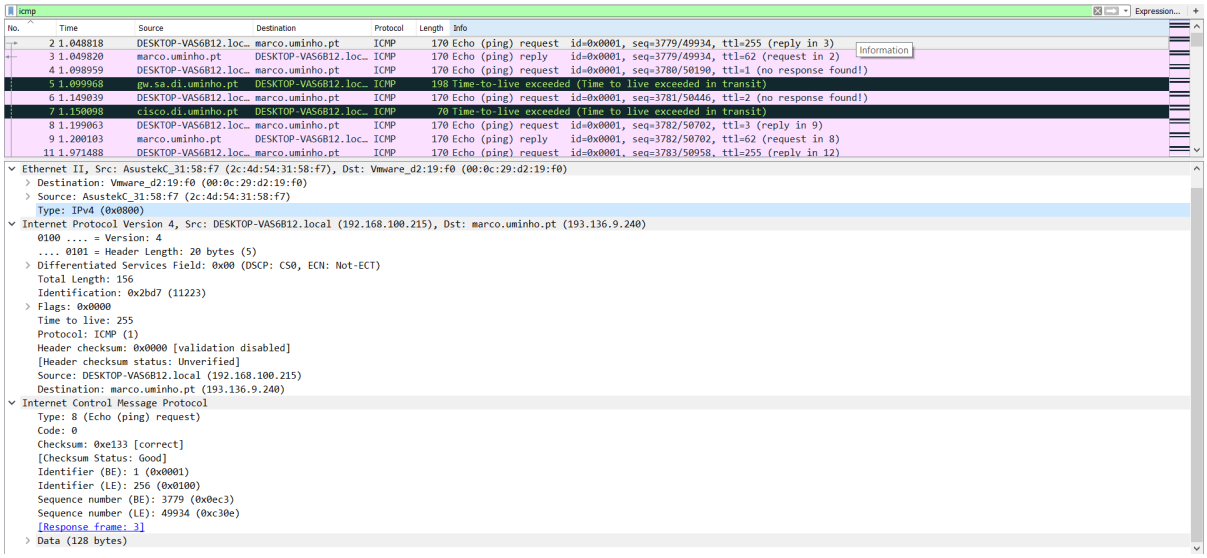
**d.Qual o valor médio do tempo de ida-e-volta (Round-Trip Time) obtido?**

Atentando o primeiro screenshot e fazendo a média dos últimos 3 tempos obtidos, o valor médio do tempo de ida-e-volta é de ((0.031+0.015+0.015)/3)=0.0203 ms.

**2) Pretende-se agora usar o traceroute na sua máquina nativa, e gerar de datagramas IP de diferentes tamanhos.**

**a. Qual é o endereço IP da interface ativa do seu computador?**

O endereço IP da interface ativa do computador usado é 192.168.100.215 e é indicado pelo campo *source*.



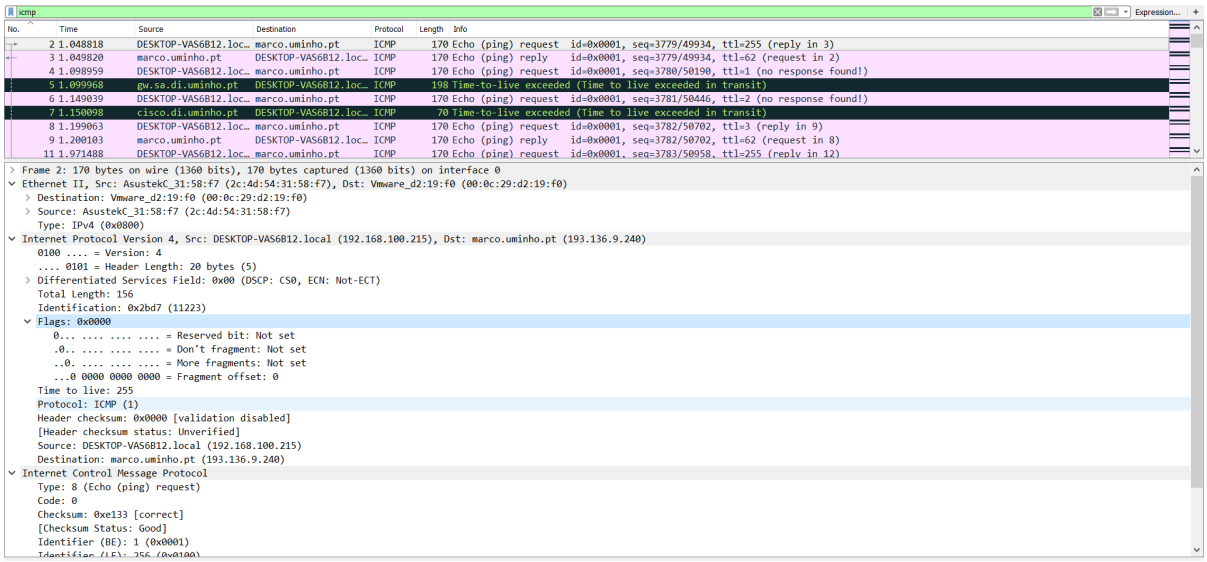

**b. Qual é o valor do campo protocolo? O que identifica?**

O valor do protocolo é 1, que identifica o protocolo ICMP.

**c. Quantos bytes tem o cabeçalho IP(v4)? Quantos bytes tem o campo de dados (payload) do datagrama? Como se calcula o tamanho do payload?**

O cabeçalho IP(v4) tem 20 bytes reservados para o cabeçalho. O campo de dados terá tantos bytes quantos forem a diferença entre o número total de bytes do datagrama e o cabeçalho do datagrama. Portanto, para o payload estão reservados (156-20=) 136 bytes.

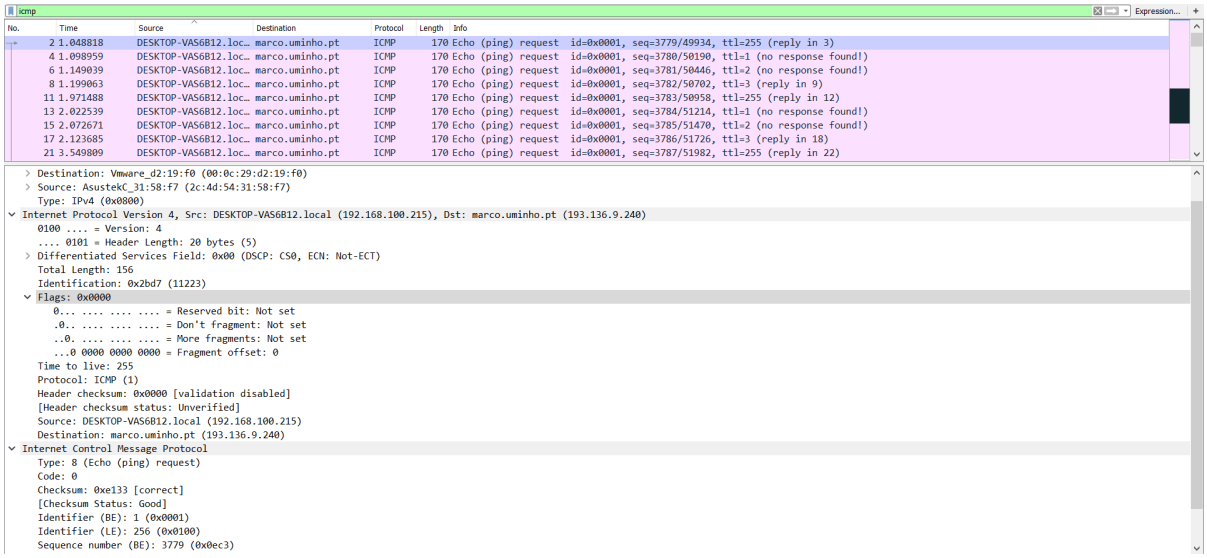
**d.O datagrama IP foi fragmentado? Justifique.**




O datagrama não foi fragmentado. Esta conclusão deve-se ao facto de no cabeçalho da primeira mensagem ICMP no indicador "flags" existir a flag "Fragment offset" que nos indica a posição de um fragmento relativamente aos outros que devidamente agrupados constituem um datagrama.

Neste caso o "Fragment offset" está a 0, pelo que se conclui que se existirem mais fragmentos, este é o primeiro. Para além disso, temos a flag "More Fragments" que nos indica se há ou não mais fragmentos para além do atual. Tendo a flag valor 1, existem mais fragmentos, tendo-a 0, não existem. Neste caso o valor é 0(não existem), e sendo o primeiro fragmento e não havendo mais, o fragmento é, na verdade, o datagrama original.

**e. Ordene os pacotes capturados de acordo com o endereço IP fonte (e.g.,selecionando o cabeçalho da coluna Source), e analise a sequência de tráfego ICMP gerado a partir do endereço IP atribuído à interface da sua máquina. Para a sequência de mensagens ICMP enviadas pelo seu computador, indique que campos do cabeçalho IP variam de pacote para pacote.**




Os campos que variam de pacote para pacote são o campo de identificação do datagrama e o TTL.

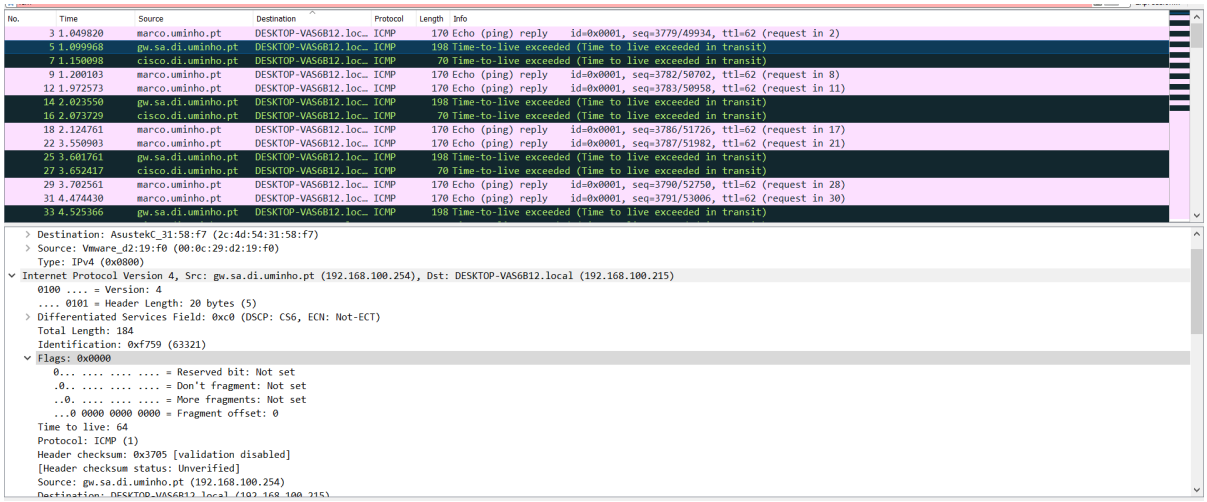
**f. Observa algum padrão nos valores do campo de Identificação do datagrama IP e TTL?**

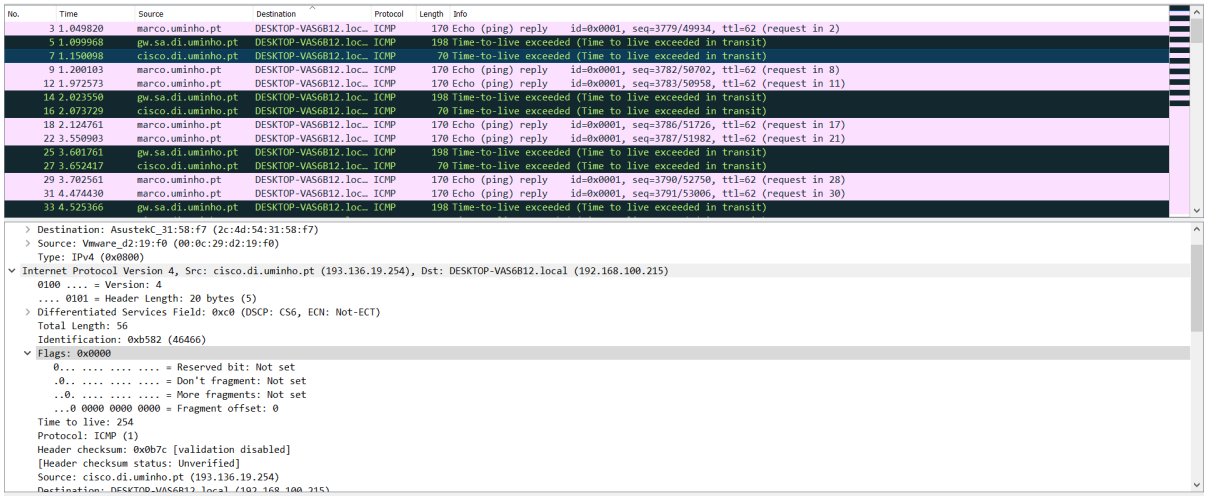
Relativamente ao campo de identificação é incrementado 1, o TTL tem o seguinte padrão: 1, 2, 3, 255.

**g. Ordene o tráfego capturado por endereço destino e encontre a série de respostas ICMP TTL exceeded enviadas ao seu computador. Qual é o valor do campo TTL? Esse valor permanece constante para todas as mensagens de resposta ICMP TTL exceeded enviados ao seu host? Porquê?**

O valor do campo TTL é constante dependendo da source:

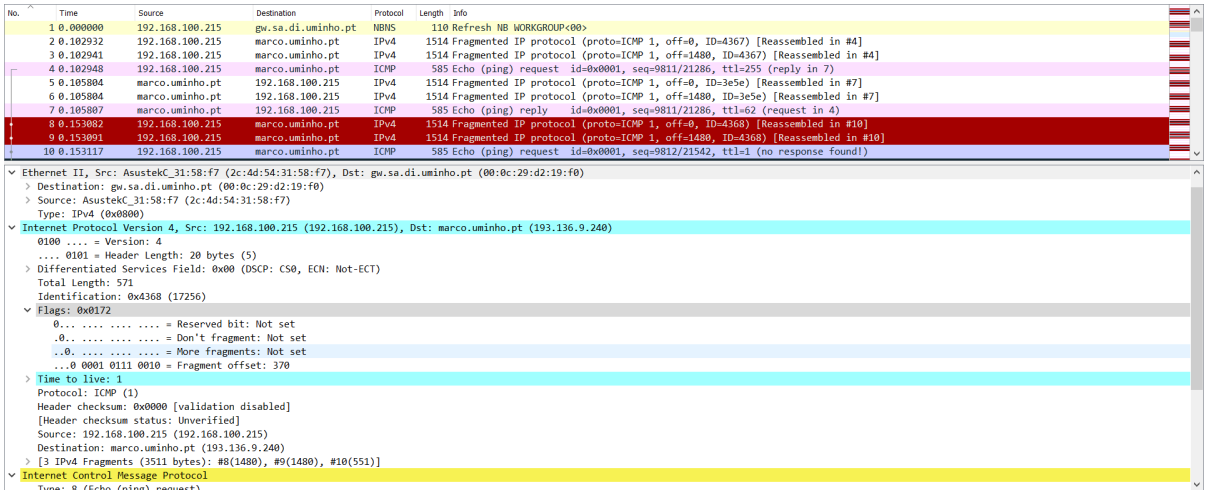
- Se a source for *gw.sa.di.uminho.pt*, o valor do TTL é 64;
- Se a source for *cisco.di.uminho.pt*, o valor do TTL é 254;



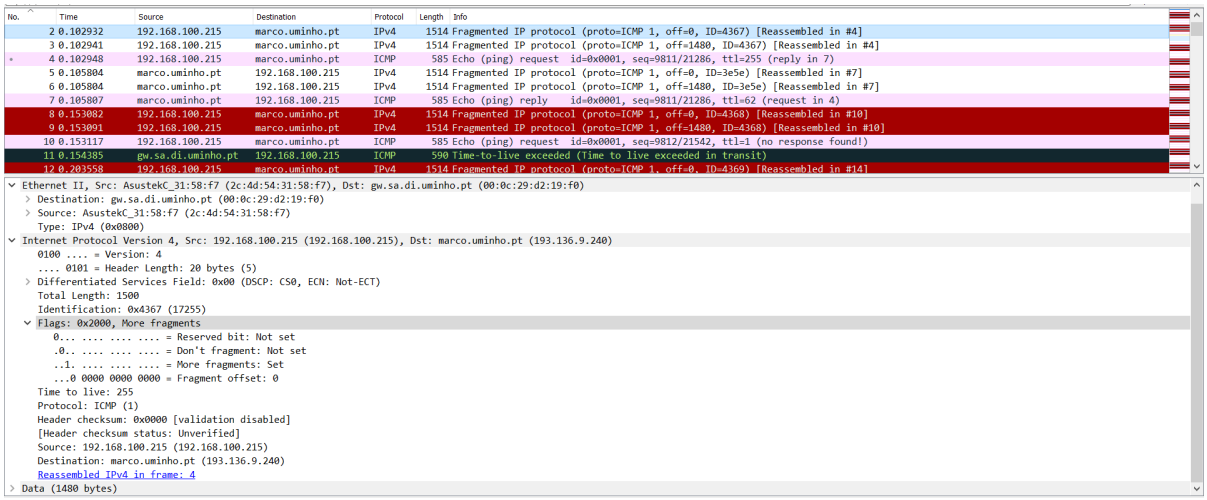

**3) Pretende-se agora analisar a fragmentação de pacotes IP. Reponha a ordem do tráfego capturado usando a coluna do tempo de captura. Observe o tráfego depois do tamanho de pacote ter sido definido para 3531 bytes.**

**a. Localize a primeira mensagem ICMP. Porque é que houve necessidade de fragmentar o pacote inicial?**



Houve uma necessidade de fragmentação do pacote porque era demasiado grande para circular na rede em questão(o tamanho do pacote foi alterado para 3531 bytes). O tamanho máximo do pacote permitido nesta rede é de 1500 bytes.

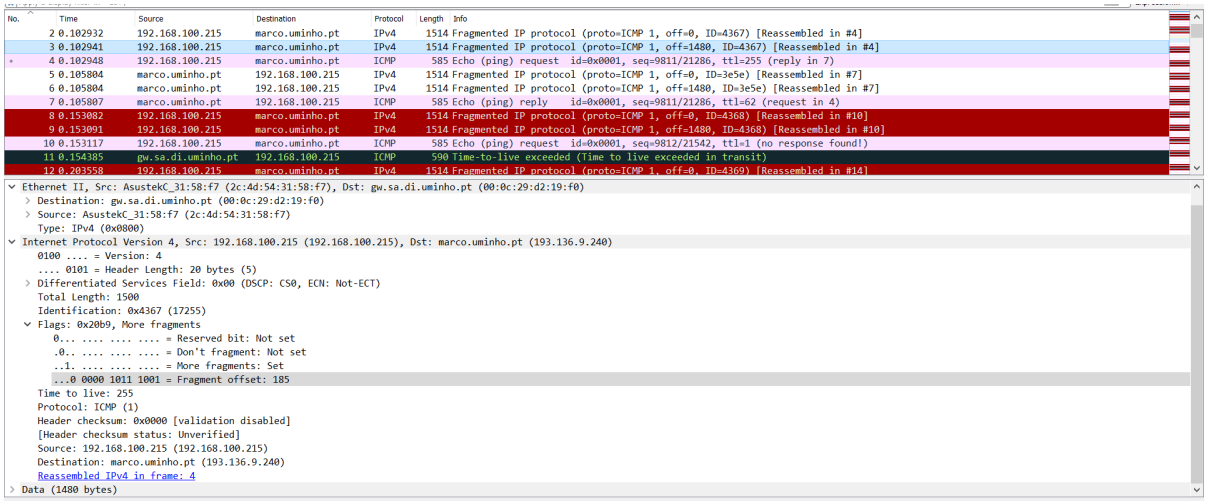
**b. Imprima o primeiro fragmento do datagrama IP segmentado. Que informação no cabeçalho indica que o datagrama foi fragmentado? Que informação no cabeçalho IP indica que se trata do primeiro fragmento? Qual é o tamanho deste datagrama IP?**



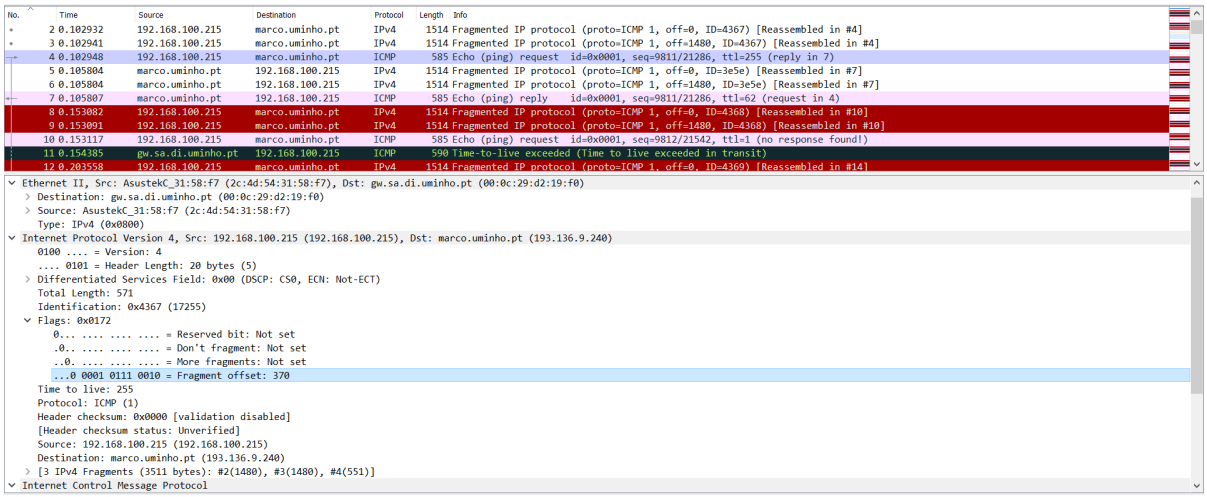

A flag *"More Fragments"* indica-nos se existem mais fragmentos ou não. Esta flag tem o valor de 1, logo existem mais fragmentos. Para além disso temos a flag *"Fragment Offset"* que nos indica a que parte do pacote corresponde este fragmento, isto é, quando o pacote for reagrupado, a disposição dos fragmentos irá ficar ordenada pela ordem crescente da flag *"Fragment offset"*. A mesma está a 0, logo é o primeiro pacote. O indicador *"Total Lenght"* mostra-nos o tamanho total do pacote, sendo que temos que lhe tirar o comprimento do *"Header"* que é de 20 bytes. Logo, o tamanho deste datagrama é de 1480 bytes.

**c. Imprima o segundo fragmento do datagrama IP original. Que informação do cabeçalho IP indica que não se trata do 1º fragmento? Há mais fragmentos? O que nos permite afirmar isso?**

Como foi mencionado anteriormente, é possível observar que um fragmento é o primeiro quando o offset tem o valor 0 e o more fragments a 1.Neste caso, o valor da flag *"Fragment Offset"* é 185(e,portanto,diferente de 0) quer dizer que este fragmento não é o primeiro. Podemos afirmar também que existem mais fragmentos devido ao *"More Fragments"* encontrar-se a 1.




**d. Quantos fragmentos foram criados a partir do datagrama original? Como se detecta o último fragmento correspondente ao datagrama original?**




Foram criados 3 fragmentos, contando os anteriormente analisados, mais o fragmento que se deteta em forma de mensagem ICMP. Note-se que todos estes fragmentos têm um número de identificação igual(0x4367) que nos mostra que pertencem todos ao mesmo datagrama. É de esperar que a flag *"Fragment Offset"* deste fragmento seja(185+185=) 370,como se pode verificar na imagem que se encontra em cima.Resta-nos olhar para a flag *"More Fragments"* que está a zero. Daqui se conclui que não existem mais fragmentos do datagrama original.

**e. Indique, resumindo, os campos que mudam no cabeçalho IP entre os diferentes fragmentos, e explique a forma como essa informação permite reconstruir o datagrama original.**

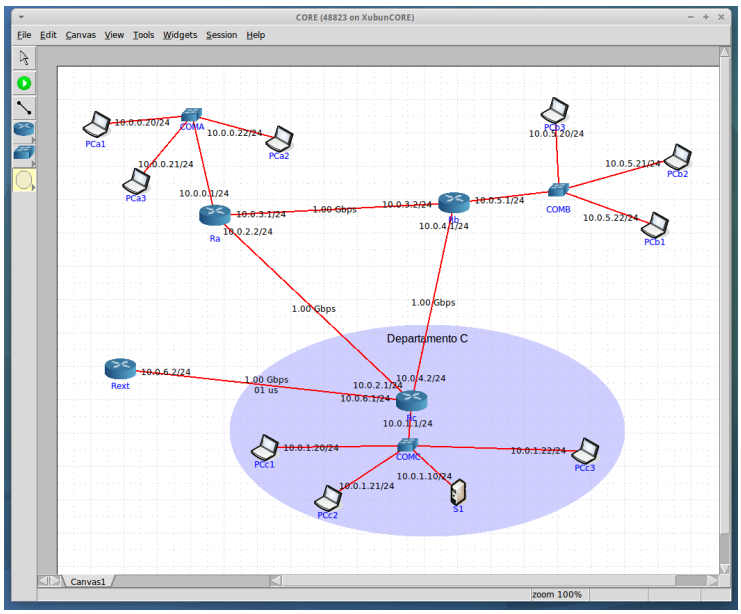
Os únicos campos que se alteram no cabeçalho IP, entre os diferentes fragmentos são as flags *"Fragment Offset"* e *"More Fragments"*. A *"Fragment Offset"* permite-nos identificar a posição do fragmento no datagrama original e a *"More Fragments"* permite-nos concluir se há ou não mais fragmentos a veicular na rede. Desta forma, os equipamentos conseguem reconstituir o pacote original. Neste caso, irá agrupar os pacotes pela ordem crescente do valor da flag *"Fragment Offset"*, isto é, 0 -> 185 -> 370.

# Parte II

## Endereçamento e Encaminhamento IP

**1) Atenda aos endereços IP atribuídos automaticamente pelo CORE aos diversos equipamentos da topologia.**

**a. Indique que endereços IP e máscaras de rede foram atribuídos pelo CORE a cada equipamento. Para simplificar, pode incluir uma imagem que ilustre de forma clara a topologia definida e o endereçamento usado**




A foto acima mostra os vários endereços IP e a respetiva máscara(255.255.255.0, em notação CIDR,/24) atribuídos pelo CORE a cada equipamento.

**b. Tratam-se de endereços públicos ou privados? Porquê?**

Tratam- se de endereços privados porque não são vistos pela rede global e também porque pertencem à classe A que está definida entre os endereços 10.0.0.0 e 10.255.255.255

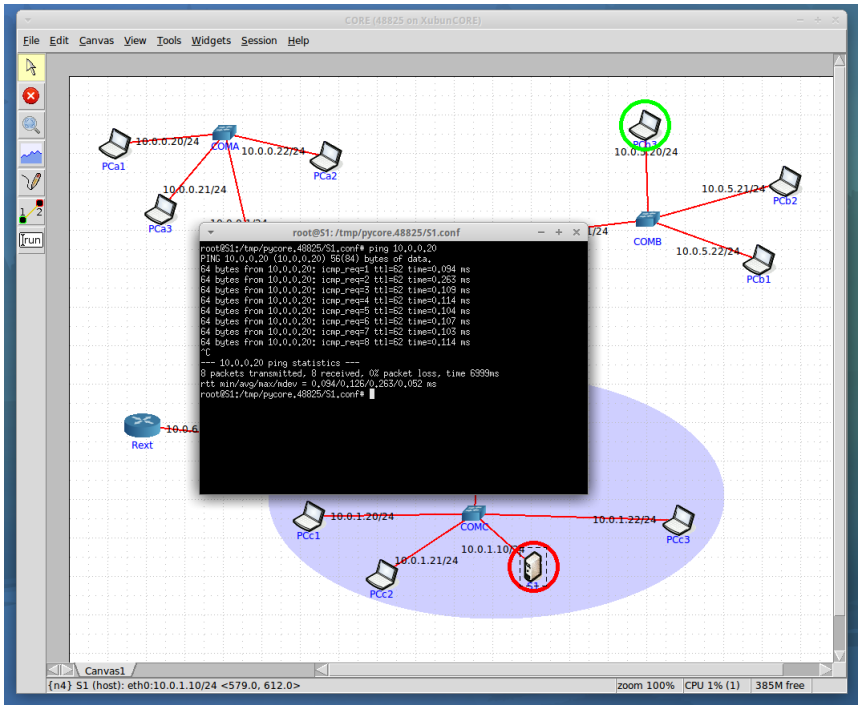
**c. Porque razão não é atribuído um endereço IP aos switches?**

Um switch (ou comutador) é um equipamento activo que funciona normalmente na camada 2 do modelo OSI e tem como principal funcionalidade a interligação de equipamentos de uma rede.

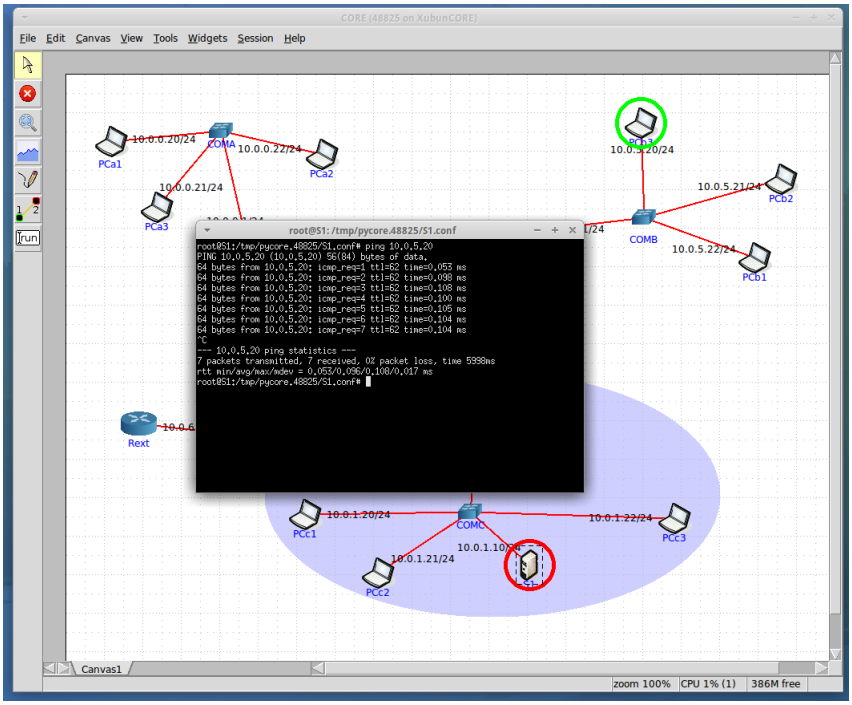
Numa primeira fase (antes do switch saber quem tem ligado a ele), quando um switch recebe informação numa determinada porta, transmite esse mesma informação por todas as outras portas, exceto por aquela que recebeu essa informação. Os switches registam o endereço MAC dos dispositivos que estão ligados a cada porta do equipamento. Sempre que um equipamento envia uma frame (trama), o switch analisa o endereço MAC de destino e comuta a frame para a porta onde se encontra a máquina de destino. Desta forma, não existe necessidade de atribuir um endereço IP ao switch, pois este apenas decide para onde vão os pacotes após ter sido realizada a análise ao endereço MAC de cada equipamento ligado a si.

**d. Usando o comando ping certifique-se que existe conectividade IP entre os laptops dos vários departamentos e o servidor do departamento C (basta certificar-se da conectividade de um laptop por departamento).**

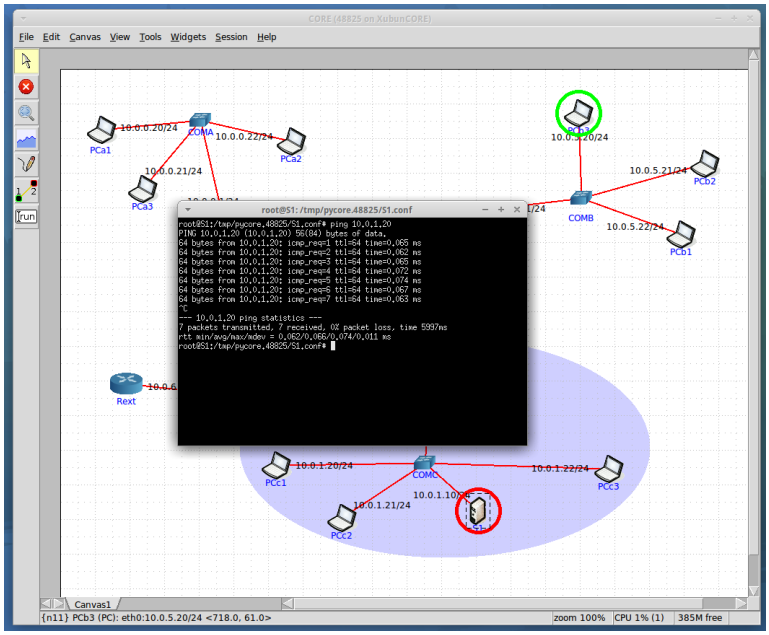
Do servidor S1 para o PCa1(Departamento A)



Do servidor S1 para o PCb3(Departamento B)



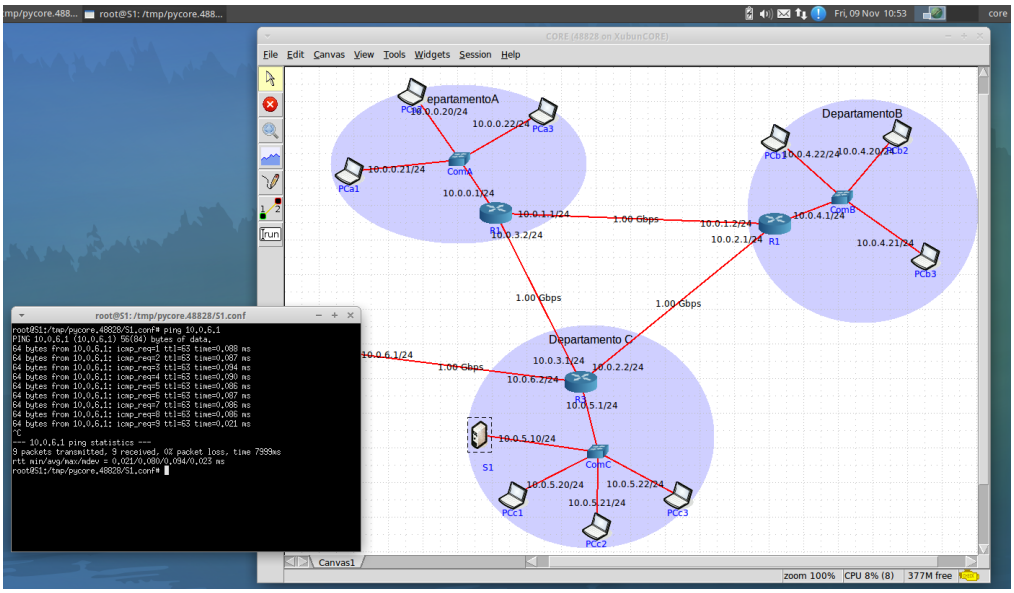

Do servidor S1 para o PCc1(Departamento C)




Como podemos observar, existe sempre conetividade entre os PC's de cada departamento e o Servidor S1. Verificámos isso com o envio de pacotes por cada ping feito para o servidor que os recebe e envia uma mensagem de volta para o respetivo PC, por exemplo, do número do pacote recebido, do tempo de ida e volta, do TTL..Se não houvesse conetividade IP entre os equipamentos ser-nos-ia devolvida uma mensagem do género "Reply from <endereço do servidor>:Destination host unreachable." por cada pacote.

**e. Verifique se existe conectividade IP do router de acesso Rext para o servidor S1**

(Por equívoco apagámos a primeira topologia CORE da rede local da empresa, por isso, tivemos de reconstruir.Portanto, alguns dados são diferentes)




Como podemos observar, também existe conetividade entre o router de acesso, Rext, e o servidor S1 do departamento C, pelas razões que foram mencionadas na alíena anterior.

Nota:Para responder às questões a partir daqui foi utilizado o Modelo Core da alínea anterior 1E

**2) Para o router e um laptop do departamento A:**

**a. Execute o comando "*netstat –rn*" por forma a poder consultar a tabela de encaminhamento unicast (IPv4). Inclua no seu relatório as tabelas de encaminhamento obtidas; interprete as várias entradas de cada tabela. Se necessário, consulte o manual respetivo "*man netstat*".**

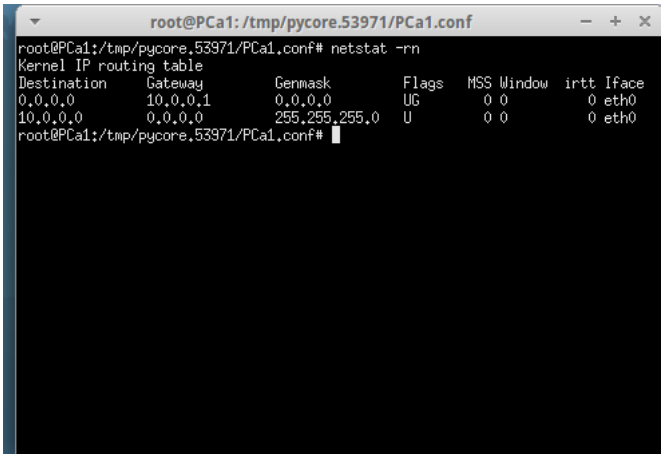



Figure 1: Tabela de encaminhamento laptop A

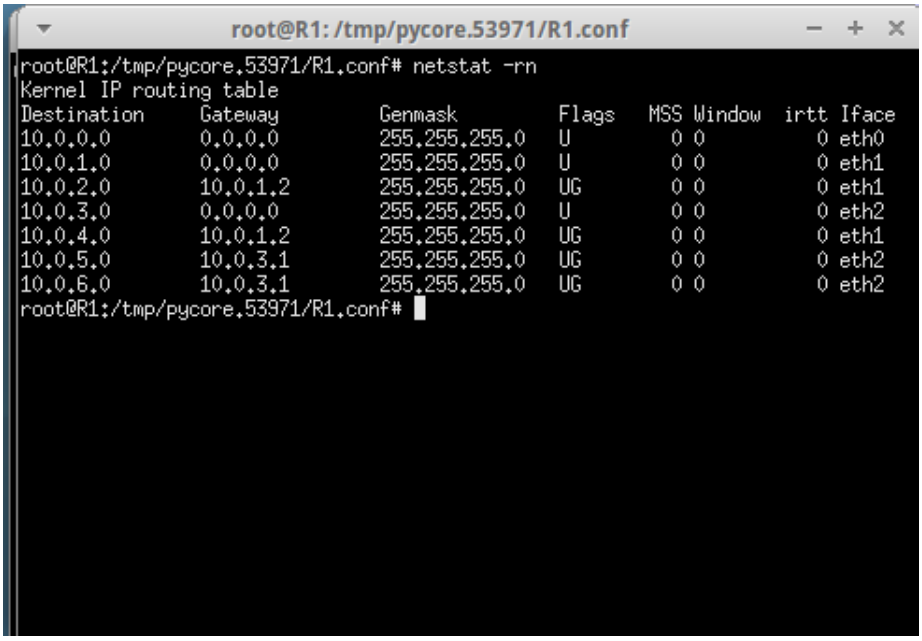



Figure 2: Tabela de encaminhamento router A

Nas tabelas unicast (IPv4) obtidas, retiramos alguma informação relativa à rota que o pacote terá de fazer. A coluna "*Destination*" indica a sub-rede de destino, a "*Gateway*" indica por que equipamento terá de passar o pacote e a "*Genmask*" o tipo de máscara usada.

Como se pode observar na tabela do laptop, vemos que tem duas entradas. A linha 0.0.0.0 é o endereço default que se usa quando não é conhecido o destino de um pacote. A outra linha que tem a destination 10.0.0.0 é usado quando o laptop pretende mandar um pacote para a própria rede.

Relativamente à tabela de endereçamento do router possui as redes que são possíveis atingir e os respetivos gateways. No caso da gateway ser 0.0.0.0, se o endereço destino estiver incluido na rede 10.0.0.0 e se não existissem mais indicações de destinos, então o pacote iria seguir um caminho aleatório.

**b. Diga, justificando, se está a ser usado encaminhamento estático ou dinâmico (sugestão: analise que processos estão a correr em cada sistema).**

No router, o encaminhamento que está a ser usado é dinâmico pois permite ao pacote seguir caminhos diferentes quando não é lhe é possível fazer a rota prevista. Podemos fundamentar isto na coluna "*CMD*" que nos diz que o router inclui o protocolo *ospfd*. Para o caso do laptop, concluímos que o encaminhamento é estático pois não é utilizado nenhum protocolo.

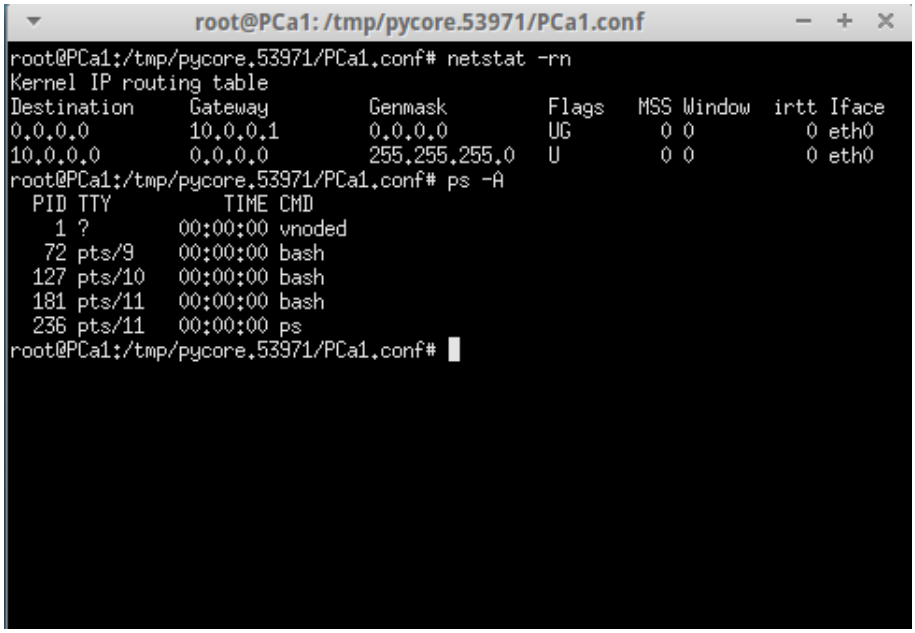



Figure 3: Processos do laptop

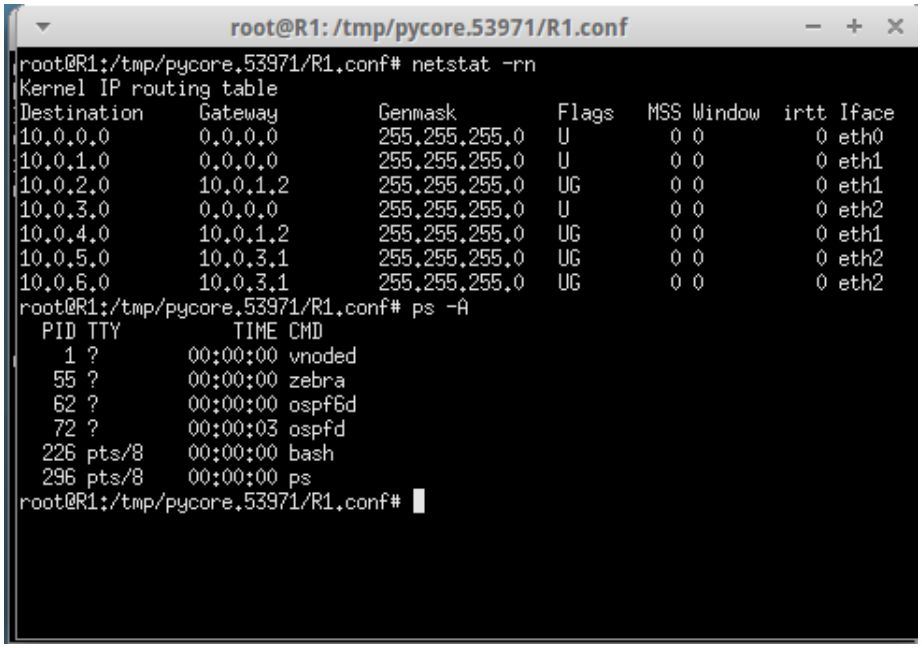



Figure 4: Processos do router

**c. Admita que, por questões administrativas, a rota por defeito (0.0.0.0 ou *default*) deve ser retirada definitivamente da tabela de encaminhamento do servidor S1 localizado no departamento C. Use o comando "*route delete*" para o efeito. Que implicações tem esta medida para os utilizadores da empresa que acedem ao servidor. Justifique.**

Ao eliminarmos o endereço de destino 0.0.0.0, o default, estamos a cortar a possibilidade do servidor S1 se conectar com outros equipamentos fora da rede do departamento C, podendo apenas conectar-se aos laptops do departamento em questão. Neste cenário, os utilizadores ao usarem o comando ping para ver se existe conexão,por exemplo,com PCb2, a mensagem que aparece é *Network unreachable*,isto é, *"Impossível atingir a rede"*.

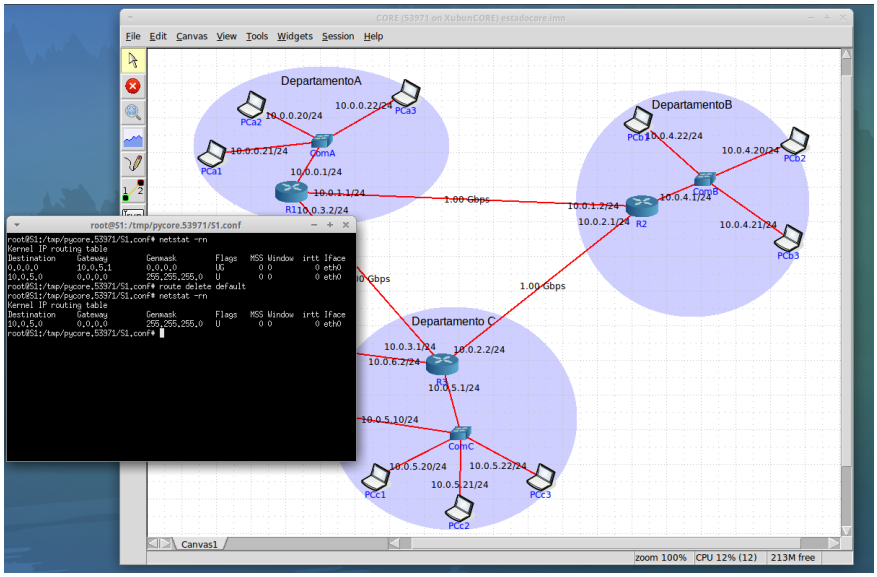



Figure 5: Tabela de Encaminhamento do Servidor S1

**d. Adicione as rotas estáticas necessárias para restaurar a conectividade para o servidor S1, por forma a contornar a restrição imposta na alínea c). Utilize para o efeito o comando "*route add*" e registe os comandos que usou.**

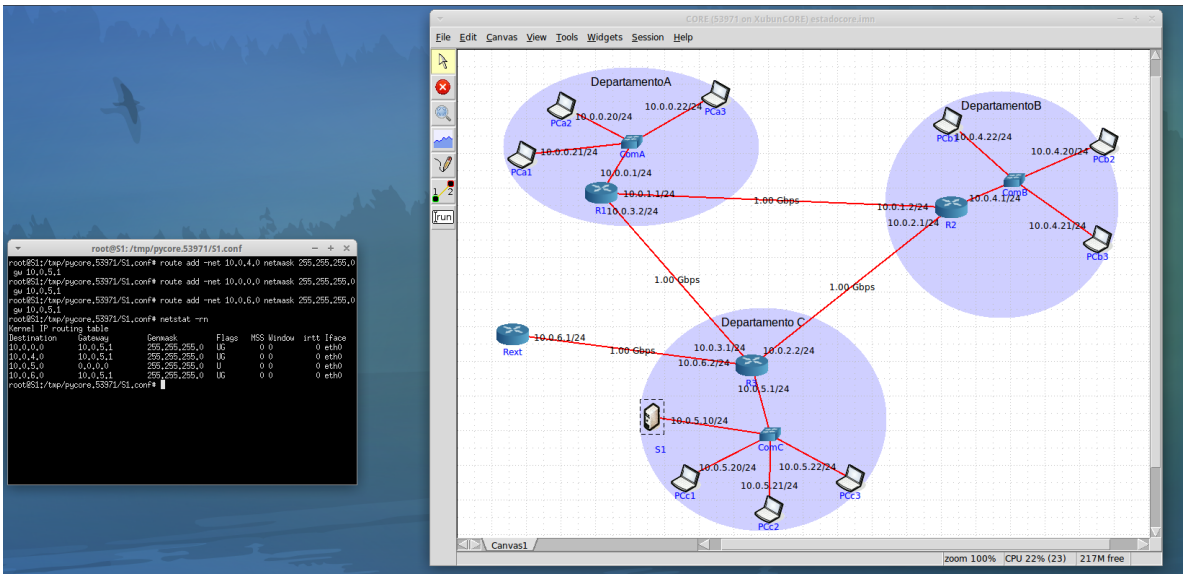



Figure 6: Adicionar Rota - Departamentos B,A e Router de Acesso(por esta ordem)

O comando usado para retomar a conexão foi: route add -net 10.0.X.o netmask 255.255.255.0 gw 10.0.5.1 . Devido a este comando são criadas rotas entre o servidor e os diversos departamentos e o servidor e router de acesso.

**e. Teste a nova política de encaminhamento garantindo que o servidor está novamente acessível, utilizando para o efeito o comando "*ping*". Registe a nova tabela de encaminhamento do servidor.**

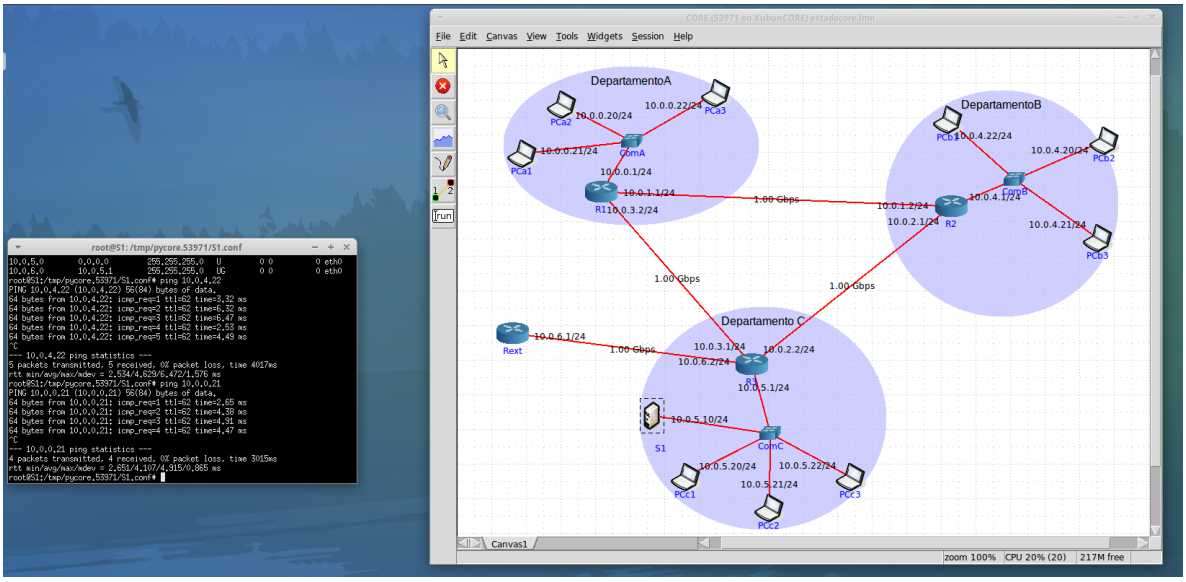



Figure 7: Departamento A e B

Como podemos observar na figura 7, a conectividade foi reestabelecida, pois aplicando o comando ping do servidor S1 para laptops do departamento A e B, verificamos que existe envio de packets do S1.

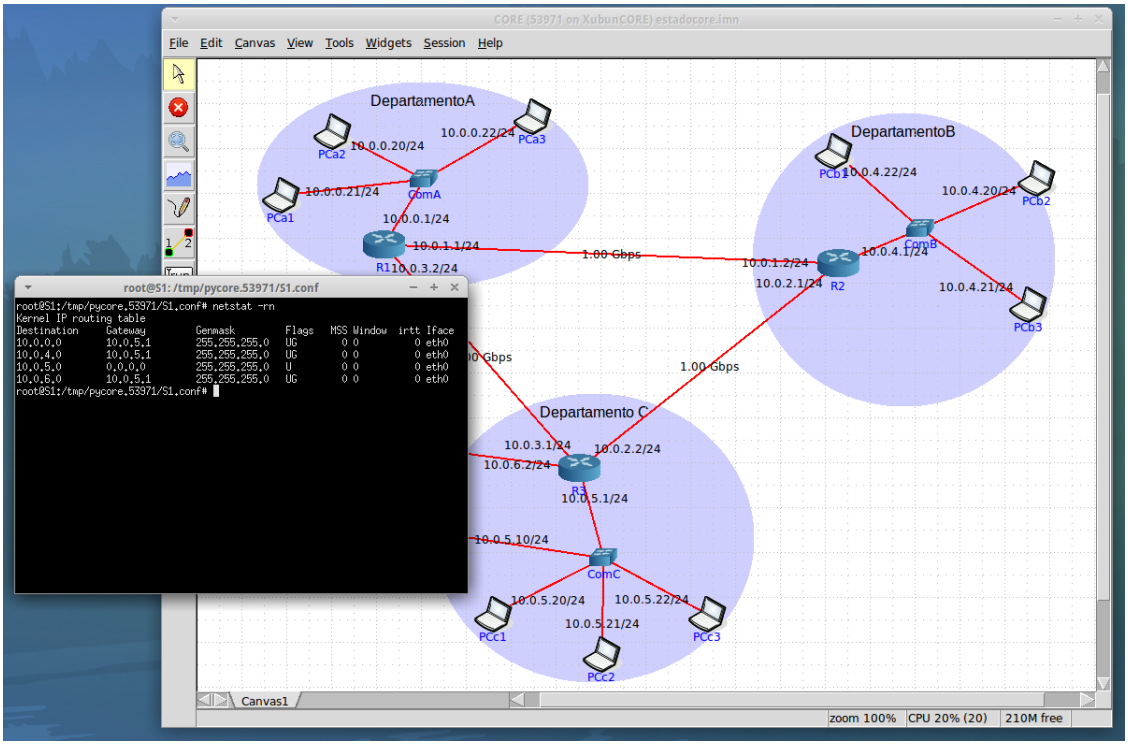



Figure 8: Tabela de Encaminhamento

# Parte III

## Definição de Sub-redes

**1) Considere que dispõe apenas do endereço de rede IP 172.XX.48.0/20, em que XX é o decimal correspondendo ao seu número de grupo (PLXX). Defina um novo esquema de endereçamento para as redes dos departamentos (mantendo a rede de acesso e core inalteradas) e atribua endereços às interfaces dos vários sistemas envolvidos. Deve justificar as opções usadas.**

O nosso IP da rede é 172.31.48.0/20 e dado que a máscara é 20 quer dizer que os endereços possíveis estão entre 172.31.48.0 e 172.31.63.255. Como existem 3 departamentos, para representar as 3 redes são necessários 3 bits, $2^3 - 2 = 6 > 3$, (é subtraído 2, devido a 000 e 111 estarem reservados). Pela razão referida anteriormente, usar 2 bits foi excluído pois $2^2 - 2 = 2 < 3$.

**172.31.0011|XXX|0.0**

| | | |
|---|---|---|
| 000 | Reservada | |
| 001 | Livre | |
| 010 | Livre | Departamento A |
| 011 | Livre | |
| 100 | Livre | |
| 101 | Livre | Departamento B |
| 110 | Livre | Departamento C |
| 111 | Reservada | |

Como se pode observar na tabela em cima, como são usados 3 bits, existem 8 opções possíveis para endereços para as sub-redes. No entanto, como as possibilidades 000 e 111 ficam reservadas, ficamos cingidos a 6 endereços possíveis. Deste modo foi atríbuida, de forma aleatória, uma das possibilidades a cada departamento.

| IP host por departamento | | | |
|---|---|---|---|
| Departamento | IP | IP-Inicio | IP-Fim |
| A | 172.31.52.0/23 | 172.31.52.1 | 172.31.53.254 |
| B | 172.31.56.0/23 | 172.31.56.1 | 172.31.57.254 |
| C | 172.31.58.0/23 | 172.31.58.1 | 172.31.58.254 |

Com o auxílio da tabela dos IP's de host para cada departamento, foram atribuídos IP's(sem ser com tudo zeros ou tudo uns) que estão dentro dos intervalos possíveis de cada departamento.

| Endereços atribuídos a cada dispositivo | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Dep. A | IP atribuido | Dep. B | IP atribuido | Dep. C | IP atribuido |
| Pca1 | 172.31.52.2/23 | Pcb1 | 172.31.56.20/23 | Pcc1 | 172.31.58.25/23 |
| Pca2 | 172.31.52.3/23 | Pcb2 | 172.31.56.31/23 | Pcc2 | 172.31.58.40/23 |
| Pca3 | 172.31.52.4/23 | Pcb3 | 172.31.56.47/23 | Pcc3 | 172.31.58.111/23 |
| R1 | 172.31.52.1/23 | R2 | 172.31.56.1/23 | R3 | 172.31.58.1/23 |
| | | | | S1 | 172.31.58.5/23 |

**2) Qual a máscara de rede que usou (em formato decimal)? Quantos *hosts* IP pode interligar em cada departamento? Justifique.**

Como reservamos 3 bits para fazer sub-netting, a nossa máscara passa de /20 para /23 ficando o seu valor decimal 255.255.254.0, sobrando 9 bits para podermos alterar. O nuúmero de host é dado por $2^9 - 2$ (1 reservado para broadcasting e outro para comunicar com todos os dispositivos), ficando com 510 hosts IP .

**3) Garanta e verifique que conectividade IP entre as várias redes locais da organização MIEI-RC é mantida. Explique como procedeu.**

Na tabela está representado os novos endereços endereços atribuidos a cada interface. Para garantir a conectividade usamos o comando ping de um laptop do departamento A para um laptop dos departamentos B e C. De seguida, usamos o mesmo comando para um laptop do departamento B para um laptop do departamento C e por fim usamos o comando ping do router exterior para o servidor S1.Tudo o que foi mencionado, pode ser comprovado nas imagens que se encontram em baixo.

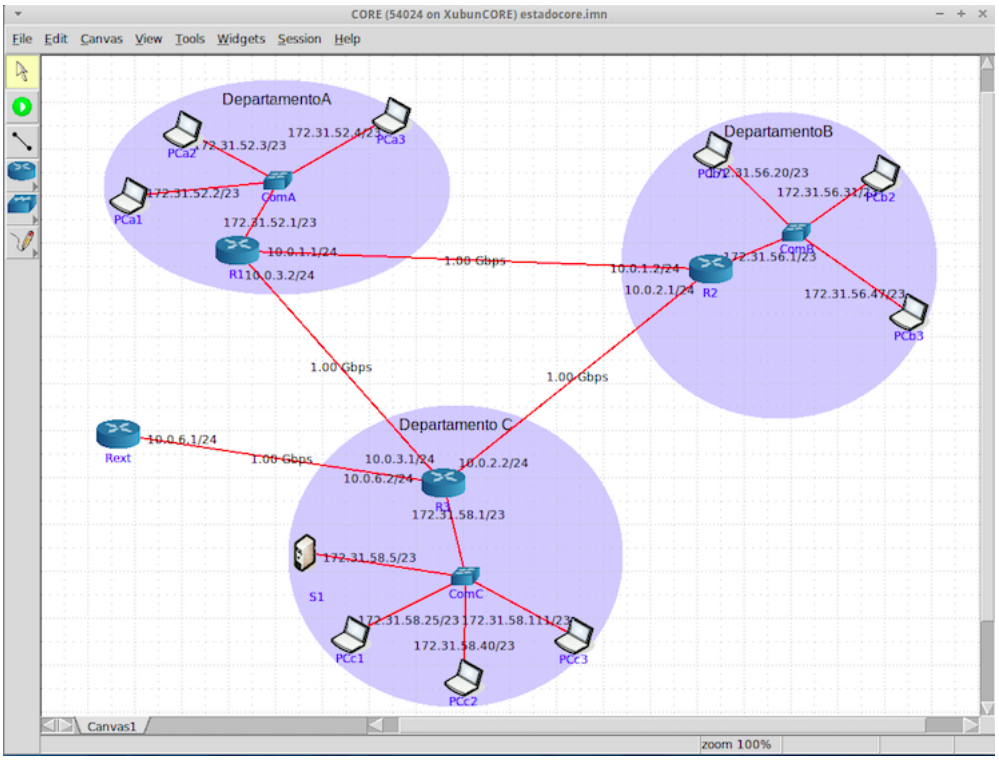



Figure 9: Equipamentos e Departamentos com novos IP's

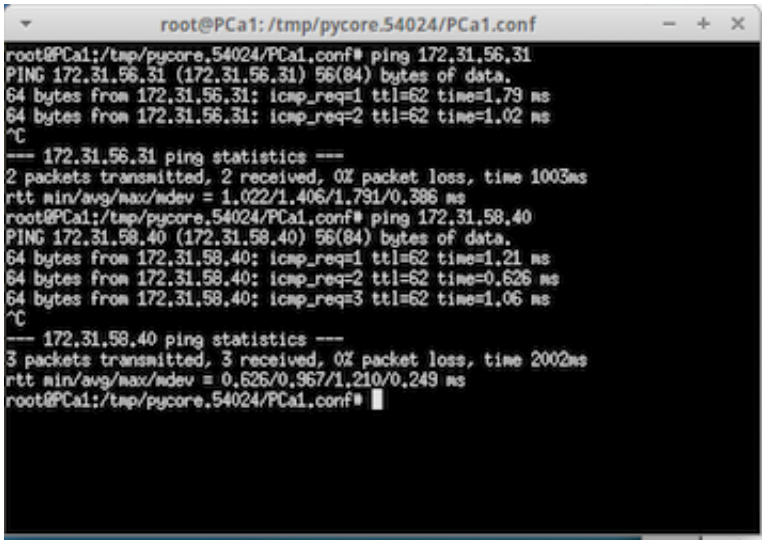



Figure 10: Ping de um laptop do DepA para um laptop do Depb e DepC

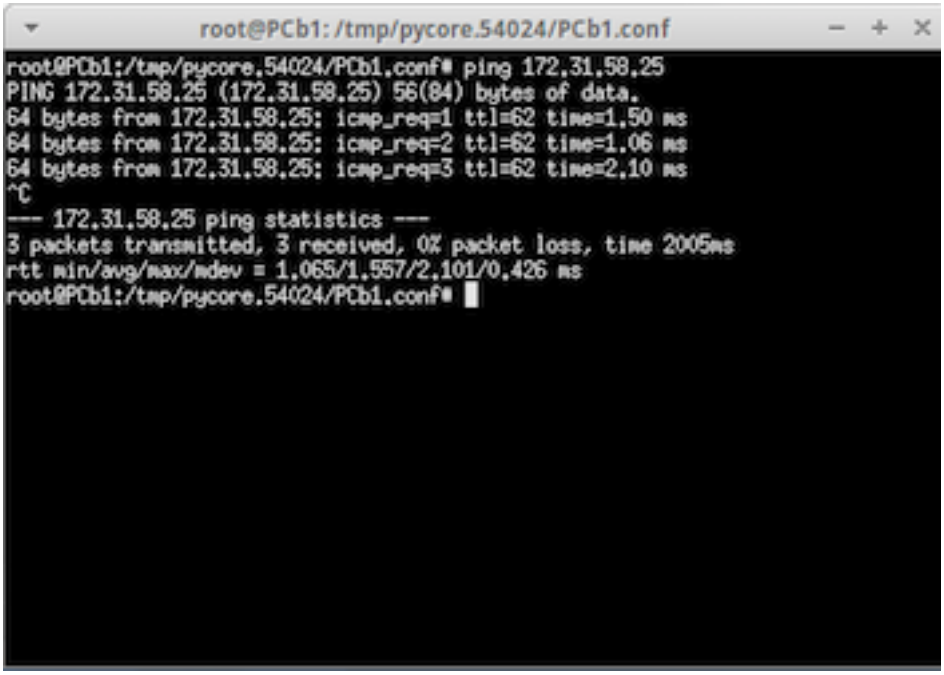



Figure 11: Ping de um laptop do DepB para um laptop do DepC

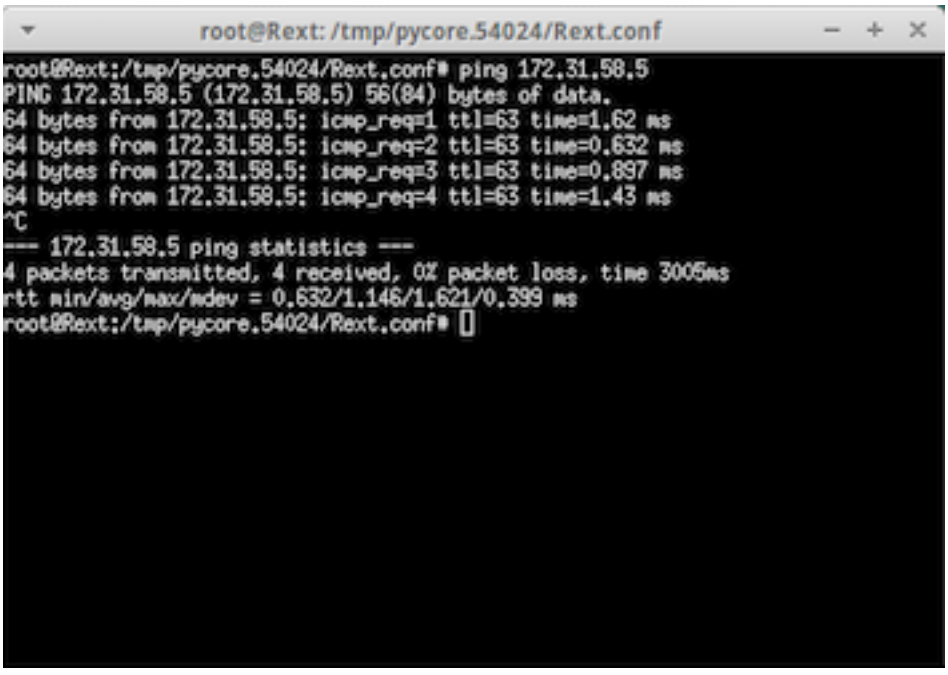



Figure 12: Ping do router exterior para o servidor S1

# Conclusão

Na primeira parte do trabalho, foi feita uma análise ao protocolo de IPv4. De modo a concretizar isso, foi construída uma topologia Core para estudar o comportamento e explorar o tráfego ICMP enviado e ICMP recebido através da análise de datagramas. Também foi feita a análise de casos mais específicos, onde foi necessária uma fragmentação de pacotes IP devido à sua grande dimensão. Aqui foram analisadas as flags "fragment offset" e "more fragments", a posição de um fragmento relativamente a outros e se havia mais fragmentos para além do atual.

Por outro lado, na segunda parte do trabalho, houve um foco no funcionamento do processo de endereçamento e encaminhamento IP. Após a construção da topologia com os vários departamentos e respetivos equipamentos, permitiu nos analisar a conectividade entre os equipamentos de cada departamento(com as rotas, tipo de encaminhamento: estático ou dinâmico). Em suma, vimos o funcionamento do encaminhamento entre redes diferentes de 3 departamentos, adquirindo conhecimentos essenciais em torno da divisão de sub-netting . Estes casos teóricos, podem facilmente ser aplicados na prática e em infra-estruturas a que nos ligamos diariamente.