

Trabalho 2

Configuração de uma rede e desenvolvimento de
uma aplicação de download

Relatório Final



Mestrado Integrado em Engenharia Informática e
Computação

Redes de Computadores

Professor:
Manuel Ricardo

Turma 4:
Henrique Manuel Martins Ferrolho - ei12079
João Filipe Figueiredo Pereira - ei12023
José Pedro Vieira de Carvalho Pinto - ei12164
Miguel Ângelo Jesus Vidal Ribeiro - ei11144

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Rua Roberto Frias, sn, 4200-465 Porto, Portugal

24 de Dezembro de 2014

Resumo

Este relatório complementa o segundo projecto da Unidade Curricular de Redes de Computadores, do Mestrado Integrado em Engenharia Informática e de Computação. O projecto consiste na configuração de uma rede de computadores e no desenvolvimento de uma aplicação de download de um ficheiro. Este documento subdivide-se em diversas secções destacando-se duas delas:

- A secção da aplicação de download onde é descrita a sua arquitectura e apresentados os resultados da sua execução, assim como a sua análise;
- A secção de configuração da rede onde foi proposto ao grupo a realização de seis experiências tendo cada uma delas objectivos delineados e independentes.

As experiências acima referidas basearam-se na configuração de um **IP de rede**, de um **router em Linux**, de um **router comercial** e do **DNS** (*Domain Name System*), e na implementação de duas **LAN's** (*Local Area Network*) **virtuais no switch** e do **NAT** (*Network Address Translation*) e num teste com a aplicação de download desenvolvida para a verificação de um bom **funcionamento nas ligações TCP** (*Transmission Control Protocol*). Estes conceitos e funções de protocolos, sistemas e redes, referidos anteriormente, serão explicados mais à frente no relatório.

Conteúdo

1	Introdução	4
2	Parte 1 - Aplicação de download	5
2.1	Arquitetura	5
2.2	Resultados de download	7
3	Parte 2 - Configuração da rede e análise	8
3.1	Experiência 1 - Configurar um IP de rede	8
3.2	Experiência 2 - Implementar duas LAN's virtuais no switch . . .	9
3.3	Experiência 3 - Configurar um router em Linux	9
3.4	Experiência 4 - Configurar um router comercial e implementar o NAT	10
3.5	Experiência 5 - DNS	11
3.6	Experiência 6 - Ligações TCP	11
4	Conclusões	11
	Referências	13
A	Anexos	14
A.1	Imagens relativas a secções do relatório	14
A.2	Código da aplicação	17
A.3	Comandos de configuração	27
A.4	Logs gravados	29

1 Introdução

O segundo projecto de Redes de Computadores desenvolveu-se ao longo de diversas aulas laboratoriais, sendo que a primeira aula serviu para uma maior interiorização acerca de protocolos de aplicação IETF (*Internet Engineering Task Force*). Esta comunidade tem como objectivo proporcionar soluções a problemas relacionados com ligações à *Internet* e para tal são recomendados os documentos RFC (*Request for Comments*) que descrevem padrões de protocolos da mesma. O protocolo usado no trabalho foi o FTP com auxílio de um servidor da faculdade, a exemplo *ftp.fe.up.pt*, *ftp.up.pt*, entre outros. Este trabalho visou o estudo de uma rede de computadores, da sua configuração e posterior ligação a uma aplicação desenvolvida pelo grupo. Para tal, além de seguir as recomendações e instruções fornecidas no guião, o grupo teve de fazer pesquisas acerca do funcionamento do protocolo em questão e respectiva ligação ao servidor em uso.

O projecto divide-se em duas grandes componentes: a configuração de uma rede e o desenvolvimento de uma aplicação de download.

O principal objectivo da configuração de rede é permitir a execução de uma aplicação, a partir de duas *VLANs* dentro de um *switch*. Numa das *VLAN* foi implementado o NAT, estando este activo, e na outra não, tendo esta última que conseguir ter ligação à *Internet* para a aplicação de download funcionar correctamente.

Quanto aos objectivos da aplicação de download era essencial o grupo entender o que é um cliente, um servidor e as suas especificidades em TCP/IP, saber como se caracterizam protocolos em aplicações no geral, como definir um *URL* e descrever o comportamento de um servidor FTP. Com estes objectivos concluídos, o grupo poderia avançar para o desenvolvimento da aplicação implementando um cliente FTP e uma ligação TCP a partir de *sockets*. Só então poderíamos concluir a importância do DNS na conversão de um *URL* para um IP, permitindo a sua localização num *host* com domínio determinado.

Este relatório divide-se em:

- **Introdução**, onde são descritos os objectivos do trabalho;
- **Parte 1 - Aplicação de Download**, onde é descrita a sua arquitectura, apresentados resultados e a sua análise e quais foram os documentos que o grupo utilizou em auxílio na sua implementação;
- **Parte 2 - Configuração da rede e análise**, onde é descrita a sua arquitectura, objectivos de cada experiência, comandos de configuração e análise dos *logs* gravados durante a sua realização;
- **Conclusões**, onde são redigidas as últimas análises e opinião final do grupo ao projecto;
- **Bibliografia**, onde são colocados todos os documentos/*sites* de consulta efectuados pelo grupo;
- **Anexos**, onde será colocado o código relativo à aplicação, comandos de configuração e *logs* gravados.

Antes de prosseguir é de referir que o grupo desenvolveu este projecto em ambiente LINUX, com a linguagem de programação C.

2 Parte 1 - Aplicação de download

Uma das componentes do segundo projecto de Redes de Computadores era o desenvolvimento de uma aplicação de download na linguagem de programação C. Para a sua implementação o grupo teve de estudar vários documentos, nomeadamente o RFC959 que aborda o protocolo de transferência de ficheiros (FTP) e o RFC1738 que informa sobre o uso de *URL's* e o seu devido tratamento.

De seguida iremos descrever resumidamente o plano de implementação do programa e quais as suas funcionalidades, assim como a apresentação de resultados e a sua análise.

2.1 Arquitetura

Para implementar a aplicação o grupo decidiu criar duas camadas: a de processamento do URL e a do cliente FTP. Em cada camada, existe uma estrutura que contém as propriedades necessárias às funções que estas desempenham. A aplicação aceita um *link* como argumento, que deve ser especificado através da linha de comandos. O *link* pode conter um *username* e *password*, ou então nenhum caso se pretenda usar o modo *anonymous*.

```
joao_pereira@JoaoPereira:~/git/feup-rcom/practical-work-2/bin$ ./ftpdnloader
WARNING: Wrong number of arguments.

Usage1 Normal: ./ftpdnloader ftp://[<user>:<password>@]<host>/<url-path>
Usage2 Anonymous: ./ftpdnloader ftp://<host>/<url-path>

joao_pereira@JoaoPereira:~/git/feup-rcom/practical-work-2/bin$
```

Figura 1: Application usage.

A estrutura URL é responsável pelo processamento do argumento especificado na linha de comandos. Esta estrutura contém diversas *strings* que são preenchidas com os diferentes dados presentes no link: *user*, *password*, *hostname*, *path* e *filename*. Após o processamento do URL, o atributo *ip* é preenchido. O atributo *port* é sempre 21 (número da porta de controlo do protocolo FTP).

```
typedef char url_content[256];

typedef struct URL {
    url_content user; // string to user
    url_content password; // string to password
    url_content host; // string to host
    url_content ip; // string to IP
    url_content path; // string to path
    url_content filename; // string to filename
    int port; // integer to port
} url;
```

Figura 2: URL struct.

As funções características desta camada são apresentadas de seguida.

```

void initURL(url* url);
int parseURL(url* url, const char* str); // Parse a string with the url to create the URL structure
int getIpByHost(url* url); // gets an IP by host name

char* processElementUntilChar(char* str, char chr);

```

Figura 3: URL functions.

Breve descrição das funções que constituem esta estrutura:

- **initURL**, instancia o objecto e aloca memória para os seus atributos;
- **deleteURL**, liberta a memória alocada anteriormente;
- **parseURL**, processa o *link* enviado como argumento ao programa e guarda a informação nos respectivos atributos de *url*;
- **getIpByHost**, obtém o IP a partir de um hostname passado como argumento. Este processo deve-se à função *gethostbyname* que retorna uma estrutura do tipo *hostent*, que é usada na função *inet_ntoa* através de um cast para uma estrutura do tipo *in_addr* e é devolvido um *char** no formato de números e pontos representando o IP.

A função **processElementUntilChar** processa uma sub-string até um determinado carácter passado como argumento.

No que diz respeito à estrutura do cliente FTP, apenas são necessários dois atributos: um descritor de ficheiro para o socket de controlo e outro para o socket de dados.

```

typedef struct FTP
{
    int control_socket_fd; // file descriptor to control socket
    int data_socket_fd; // file descriptor to data socket
} ftp;

```

Figura 4: FTP Client struct.

Após o processamento do *URL* estar concluído, é necessário ligar o cliente FTP através de um socket TCP ao servidor em questão, neste caso FTP. Para isso utiliza-se a função **ftpConnect**. Seguindo o protocolo FTP, e a primeira aula laboratorial, o grupo estabeleceu uma ordem de comandos a enviar que será analisada na apresentação de resultados. A ordem pela qual a comunicação foi feita foi:

- USER user**, o nome do utilizador é enviado;
- PASS pass**, onde o utilizador envia a password para o servidor;
- CWD path**, permite ao servidor alterar o diretório em que se encontra, indo para aquele onde se encontra o ficheiro;
- PASV**, entrada em modo passivo, permitindo uma mútua comunicação entre o servidor e o cliente FTP. É também feita nova conexão do socket mas, desta vez, a uma porta processada com informação recebida do servidor, sendo guardada no descritor de dados do cliente FTP;

-**RETR filename**, é pedido ao servidor o envio do ficheiro para download.

Ao fim de realizados estes passos, inicia-se a transferência do ficheiro especificado pelo utilizador. As funções responsáveis pela comunicação entre o cliente FTP e o servidor apresentam-se de seguida.

Um ponto importante a frisar na comunicação entre as duas camadas é que o cliente FTP recorre aos atributos do URL previamente formado para

```

int ftpConnect(ftp* ftp, const char* ip, int port);
int ftpLogin(ftp* ftp, const char* user, const char* password);
int ftpCWD(ftp* ftp, const char* path);
int ftpPasv(ftp* ftp);
int ftpRetr(ftp* ftp, const char* filename);
int ftpDownload(ftp* ftp, const char* filename);
int ftpDisconnect(ftp* ftp);

int ftpSend(ftp* ftp, const char* str, size_t size);
int ftpRead(ftp* ftp, char* str, size_t size);

```

Figura 5: FTP Client functions.

executar todas as acções de comunicação e posterior transferência do ficheiro, não existindo mais nenhuma relação entre estas.

2.2 Resultados de download

Nesta secção de demonstração e análise de resultados, o grupo decidiu fazer testes em dois modos: normal, com um *username* e *password*, e em anónimo.

Numa primeira análise o grupo irá abordar o modo anónimo com o servidor FTP da Universidade do Porto para o download de um ficheiro escolhido ao acaso. Para execução do programa faz-se uma introdução do comandos: `./ftpdnloader ftp://ftp.up.pt/pub/CPAN/RECENT-1M.json`, onde será feito o download do ficheiro RECENT-1M.json.

Para visualizar o resultado da execução na linha de comandos clique -> Figura 8

No terminal é possível verificar o pedido de *email* para a entrada em modo anónimo no servidor. De seguida são enviados os comandos ao servidor para uma devida configuração antes do início da transferência. A parte do login do utilizador é assegurada pela função ***ftpLogin*** do cliente FTP, prosseguida da mudança de directório do servidor com ***ftpCWD*** para a pasta do ficheiro pretendido. De referir que são sempre recebidas respostas a cada comunicação entre a aplicação e o servidor. Cada mensagem é identificada por três algarismos sendo o primeiro identificador de uma resposta positiva (1-3) ou negativa (4 e 5). O segundo algarismo é de agrupamento e com codificação de informações (0-5). Já o último é um contador para as diferentes mensagens para cada grupo (isto é, dos dois primeiros algarismos; exemplo, 55 nos dois primeiros algarismos terá 4 mensagens do 0 a 4). De volta à demonstração e após a mudança de directório é feita a entrada em modo passivo por parte da função ***ftpPasv***, onde é processada a informação recebida e calculada uma nova porta para a transferência de dados. Na imagem são apresentados os resultados obtidos. Por fim a aplicação pede ao servidor o envio do ficheiro com ***ftpRetr*** iniciando-se a transferência com ***ftpDownload***. Quando a transferência termina é recebida a mensagem *226 File send OK*. O ficheiro recebido tinha tamanho de 2.3 Mb e demorou cerca de 13 segundos. O tempo porém é influenciado com a rede que a aplicação é usada, variando sempre em diferentes execuções.

Para visualizar o resultado transferência clique:

->Antes Figura 9

->Depois Figura 10

De seguida apresenta-se a demonstração do download de uma música no modo normal. Para visualizar a sua execução no terminal clique -> Figura 11

O funcionamento do programa é igual no modo normal e no modo anónimo, sendo a única diferença o *login*. Este em vez de se registar como *anonymous* utiliza as credenciais que o utilizador passa como argumentos da execução.

O tempo registado para a transferência deste ficheiro foi de 15 segundos, com um tamanho de 8.5 Mb. Isto serve para comprovar que o tempo nesta experiência não pode ser tomado como factor preponderante pois a sua resolução não se encontra ao alcance do grupo.

Aqui ficam as imagens relativas a antes e depois da transferência.

->Antes Figura 12

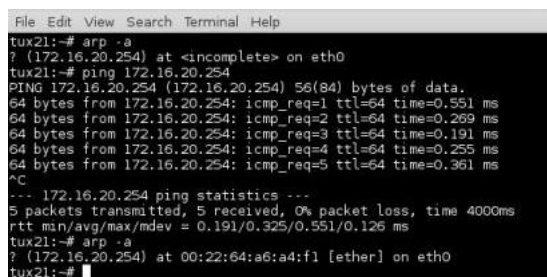
->Depois Figura 13

3 Parte 2 - Configuração da rede e análise

3.1 Experiência 1 - Configurar um IP de rede

A finalidade desta experiência foi a compreensão da configuração de IP's em máquinas diferentes, de modo a que estas consigam comunicar entre si. Assim, após a configuração dos IP's das portas eth0 de dois computadores e a adição das rotas necessárias à tabela de reencaminhamento, foi enviado o sinal "ping" de um computador para o outro, para verificar que, de facto, as máquinas tinham uma ligação entre si.

Para a configuração dos computadores foi utilizado o comando `<ifconfig [ip]>`, que atribui ao IP da interface o IP passado como argumento. Após esta configuração, executamos um ping de uma máquina para a outra com os IP's definidos, operação essa que foi executada com sucesso. Foi também possível ver os pedidos ARP, com os pings definidos e a resposta da máquina correspondente com o seu endereço MAC.



```
File Edit View Search Terminal Help
tux21:~# arp -a
? (172.16.20.254) at <incomplete> on eth0
tux21:~# ping 172.16.20.254
PING 172.16.20.254 (172.16.20.254) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 172.16.20.254: icmp_req=1 ttl=64 time=0.551 ms
64 bytes from 172.16.20.254: icmp_req=2 ttl=64 time=0.269 ms
64 bytes from 172.16.20.254: icmp_req=3 ttl=64 time=0.191 ms
64 bytes from 172.16.20.254: icmp_req=4 ttl=64 time=0.255 ms
64 bytes from 172.16.20.254: icmp_req=5 ttl=64 time=0.361 ms
^C
--- 172.16.20.254 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 4000ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.191/0.325/0.551/0.126 ms
tux21:~# arp -a
? (172.16.20.254) at 00:22:64:a6:a4:f1 [ether] on eth0
tux21:~#
```

Figura 6: Exemplo do output de um *ping*.

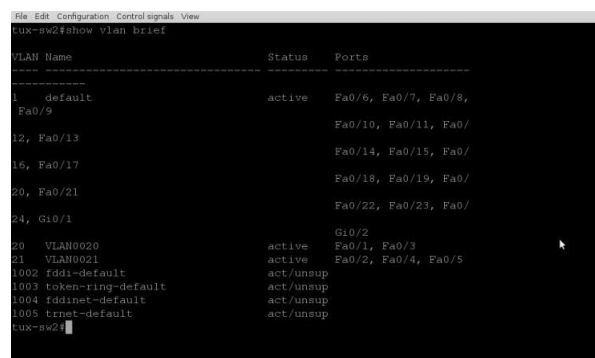
O ping, após obter o endereço MAC através dos pacotes ARP, gera pacotes do protocolo ICMP. Em frames do tipo Ethernet, os bits vinte e um e vinte e dois do frame identificam o protocolo para o qual deve ser enviado o payload.

A interface loopback é uma interface de rede virtual que o computador utiliza para comunicar com ele próprio, com o objectivo de realizar testes de diagnóstico, ou aceder a servidores na própria máquina, como se fosse um cliente. Assim, uma interface loopback, permite a existência de um endereço IP no router, que está sempre activo, em vez de ser dependente de uma interface física.

3.2 Experiência 2 - Implementar duas LAN's virtuais no switch

Nesta experiência foram criadas duas LANs virtuais no switch: a primeira constituída pelas máquinas 1 e 4, e a segunda pela máquina 2. Com esta configuração, a máquina 2 deixaria de ter acesso às máquinas 1 e 4, uma vez que se encontrariam em sub-redes diferentes.

Para a configuração do switch foi necessário entrar na sua consola de configuração e executar o comando `<vlan [n]>`, onde *n* é o número identificador da VLAN. Após a configuração das VLANs foi necessário adicionar as portas do switch às respectivas VLANs, para criar duas sub-redes individuais. Para isso usaram-se os comandos `<interface fastethernet 0/[i]>`, onde *i* é o identificador da porta do switch, seguido de `<switchport mode access>` e `<switchport access VLAN [n]>` onde *n* é o identificador da VLAN criada.



VLAN Name	Status	Ports
1 default	active	Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13
16, Fa0/17		Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17
20, Fa0/21		Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21
24, Gi0/1		Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24, Gi0/2
20 VLAN0020	active	Fa0/1, Fa0/3
21 VLAN0021	active	Fa0/2, Fa0/4, Fa0/5
1002 fddi-default	act/unsup	
1003 token-ring-default	act/unsup	
1004 fddinet-default	act/unsup	
1005 trnet-default	act/unsup	

Figura 7: Output do briefing da VLAN.

Após estas configurações foi executado um ping para a máquina 2 que, tal como esperado, falhou, uma vez que se encontrava numa sub-rede diferente, inacessível tanto pela máquina 1, como pela máquina 4.

3.3 Experiência 3 - Configurar um router em Linux

O objectivo desta experiência era configurar a máquina 4 como router entre as duas sub-redes criadas na experiência dois.

Para realizar esta tarefa, foi necessário ligar a interface ethernet 1 da máquina 4 e configurá-la com um IP dentro da mesma gama que a máquina 2, e adicionar esta interface à sub-rede da máquina 2.

Após esta configuração, adicionou-se uma rota à máquina 1 utilizando o comando `<route add -net 172.16.y1.0/24 gw 172.16.y0.254>`. O primeiro endereço identifica a gama de endereços para a qual se quer adicionar a rota; o segundo endereço identifica o IP para o qual se deve reencaminhar o pacote (neste caso o IP da máquina 4). Posteriormente, repetiu-se o mesmo procedimento para a máquina 2, mas utilizando os seguintes endereços `<route add`

`-net 172.16.y0.0/24 gw 172.16.y1.253>`. Novamente, o IP 172.16.y1.253, é o IP da máquina 4 nesta sub-rede.

Finalmente, foi possível *pingar* a máquina 2 a partir da máquina 1. O pedido para o IP da máquina 2 - 172.16.y1.1 -, é reencaminhado para a máquina 4 - 172.16.y0.254; como a máquina 4 está ligada à sub-rede de ambas as máquinas, consegue aceder à máquina 2 - 172.16.y1.1 -, através da sua interface eth1, que está nessa sub-rede, e assim reencaminha o pacote para a máquina 2. Na resposta, o processo é idêntico, sendo o pacote reencaminhado da máquina 2, para a máquina 1.

3.4 Experiência 4 - Configurar um router comercial e implementar o NAT

Nesta experiência pretendia-se que fosse configurado um router comercial com NAT devidamente implementado. A implementação do NAT (Network Address Translation) teve como objectivo possibilitar a comunicação entre os computadores da rede criada com redes externas. Por se tratar de uma rede privada, os ip's nunca seriam reconhecidos fora da rede. Por isso, criou-se uma técnica que permite reescrever os IP's de origem de uma rede interna, para que possam aceder a uma rede externa. Este procedimento gera um número de 16 bits, utilizando esse valor numa hash table, e escrevendo-o no campo da porta de origem. Na resposta, o processo é revertido, e o router sabe para qual computador da rede interna deve enviar a resposta.

Para configurar o router, foi necessário configurar a interface interna no processo de NAT. Para isso, entrou-se na consola de configuração da interface fastethernet 0/0 do router, com o comando `<interface fastethernet 0/0>`. Em adição, teve de ser especificado qual o IP para essa interface, introduzindo o comando `<ip address [ip] [mask]>`, onde, neste caso, o *ip* correspondeu ao 172.16.21.254, e a *mask* a 255.255.255.0.

Posteriormente, foi configurada a interface externa, atribuindo um IP à interface 1, que estava ligada ao router da sala. Para isso, introduziram-se os seguintes comandos: `<interface fastethernet 0/1>`, `<ip adress 172.16.1.29 255.255.255.0>`. Para ambos os casos foi necessário introduzir o comando `<no shutdown>`, para que estas configurações se mantivessem caso o router fosse desligado.

De seguida, para que fosse garantida a gama de endereços, introduziram-se os comandos: `<ip nat pool ovrld 172.16.1.29 172.16.1.29 prefix 24>` e `<ip nat inside source list 1 pool ovrld overload>`.

Posteriormente, foi criada uma lista de acessos e permissões de pacotes, para cada uma das sub-redes, com o comando `<acesslist 1 permit ip [máximo]>`. Neste caso, o IP utilizado foi 172.16.20.0 e 172.16.21.0, que poderia ir até 172.16.2X.255, colocando 0.0.0.255 no campo *máximo*.

Finalmente, foram definidas as rotas internas e externas, aplicando `<ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.1.254>` e `<ip route 172.16.20.0 255.255.255.0 172.16.21.253>`, este comando cria uma rota, quando o IP de destino for 172.16.20.0-255 deve redireccionar os pacotes para o IP 172.16.21.253. Para testar, foi executado na máquina 1 um ping ao router da sala e verificou-se que os pacotes enviados para a máquina 1, passavam pela máquina 2, onde eram reencaminhados para o router no IP 172.16.21.254.

3.5 Experiência 5 - DNS

O objectivo desta experiência era conseguir aceder a redes externas, conseguindo desta forma aceder à Internet, através da rede interna criada. Para isto, foi necessário configurar o DNS.

Esta configuração passa por, em todos os hosts da rede criada, aceder e editar o ficheiro `resolv.conf`. Este ficheiro é lido cada vez que são invocadas rotinas que fornecem acesso à Internet. Neste caso, o ficheiro foi editado colocando ***“nameserver 172.16.1.1”***, que se trata do endereço IP do servidor que deve ser acedido.



```
File Edit View Search Terminal Help
GNU nano 2.2.6 File: /etc/resolv.conf
#tux resolv.conf
domain netlab.fe.up.pt
search netlab.fe.up.pt fe.up.pt
nameserver 172.16.1.1
#nameserver 193.136.28.10
```

Para testar esta experiência, foi feito o teste de ping usando *www.google.com*. Nos logs, consequentemente, verificou-se que o DNS pergunta a informação contida num dado domain name, e este responde com o tempo de vida e o tamanho do pacote de dados.

Exemplo:

Query-> *www.google.com*: Type A, class IN.

Answer-> Name: *www.google.com*, Type: A, Class: IN, Time to live: 39. seconds, Data Length: 4, Addr: 173.194.41.206

3.6 Experiência 6 - Ligações TCP

Por fim, na experiência 6, compilou-se e executou-se a aplicação desenvolvida e descrita na primeira parte do relatório.

Para testar a aplicação, foi usado um servidor ftp e efectuado o download de um ficheiro. O download efectuou-se correctamente, o que demonstrou que a rede estava bem configurada, não trazendo qualquer problema no acesso por protocolo ftp, assim como à utilização de um servidor exterior à rede.

TCP utiliza *Selective Repeat ARQ*, que é semelhante ao *GO-BACK-N ARQ*, com a diferença que o receptor não deixa de processar os frames recebidos quando detecta um erro. Quando falha de um frame é detectada, o receptor continua um *acknowledgement* com o número da frame que falhou. O receptor continua a receber e a processar as frames seguintes, enviando sempre, no *ack*, o número da frame que falhou primeiro. No final do envio, o emissor verifica os *ack* e reenvia os frame perdidos.

4 Conclusões

Após a conclusão do segundo projecto de Redes e Computadores, o grupo interiorizou não todos mas os conceitos necessários para uma estável e coerente implementação do que era pedido no guião.

A configuração de rede foi concluída com sucesso permitindo a todos os elementos do grupo uma possível implementação ou, pelo menos, ter uma noção de como tudo funciona e assim aplicar esta prática a nível profissional.

A aplicação de download embora fosse mais fácil de implementar, implicava um prévio estudo de alguns protocolos como os que são descritos nos RFC959 e RFC1738 sobre FTP e syntax do URL, respectivamente.

Todos os objectivos delineados pelo grupo foram atingidos com sucesso. É importante obter conhecimentos acerca de protocolos de ligação pois são bastante utilizados no quotidiano, fornecendo ao grupo uma perspectiva do que é trabalhar no ramo e do que é possível produzir com estas ferramentas.

O relatório é sinónimo do término do projecto estando o grupo orgulhoso do que conseguiu produzir.

Referências

- [1] Manuel Ricardo *Lab 2 - Computer Networks*. 2014 [link](#).
- [2] J. Postel, J. Reinolds *File Transfer Protocol* 1985 [link](#).
- [3] T. Berners-Lee *Uniform Resource Locators* 1994 [link](#)
- [4] Brian Hall *Beej's Guide to Network Programming - Using Internet Sockets* 2012 [link](#)
- [5] *O Protocolo FTP* 2014 [link](#)

A Anexos

A.1 Imagens relativas a secções do relatório

Figura 8: Demonstração - Modo Anónimo

```
joao_perelra@JoaoPereira:~/git/feup-rcom/practical-work-2/bin$ time ./ftpdnloader ftp://ftp.up.pt/pub/CPAN/RECENT-1M.json
The IP received to ftp.up.pt was 193.136.37.8
220 Bem-vindo à Universidade do Porto
You are now entering in anonymous mode.
Please insert your college email as password: el12023@fe.up.pt
Bytes send: 16
Info: USER anonymous

331 Please specify the password.
Bytes send: 23
Info: PASS el12023@fe.up.pt

230 Login successful.
Bytes send: 15
Info: CWD pub/CPAN/

250-The Comprehensive Perl Archive Network (http://www.cpan.org/)
250-master site has been from the very beginning (1995) hosted at FUNET,
250-the Finnish University NETwork.
250-
250-
250 Directory successfully changed.
Bytes send: 6
Info: PASV

227 Entering Passive Mode (193,136,37,8,40,15)
IP: 193.136.37.8
PORT: 10255
Bytes send: 21
Info: RETR RECENT-1M.json

150 Opening BINARY mode data connection for RECENT-1M.json (2427192 bytes).
226 File send OK.
Bytes send: 6
Info: QUIT

real    0m13.382s
user    0m0.009s
sys     0m0.054s
```

Figura 9: Modo anónimo - antes

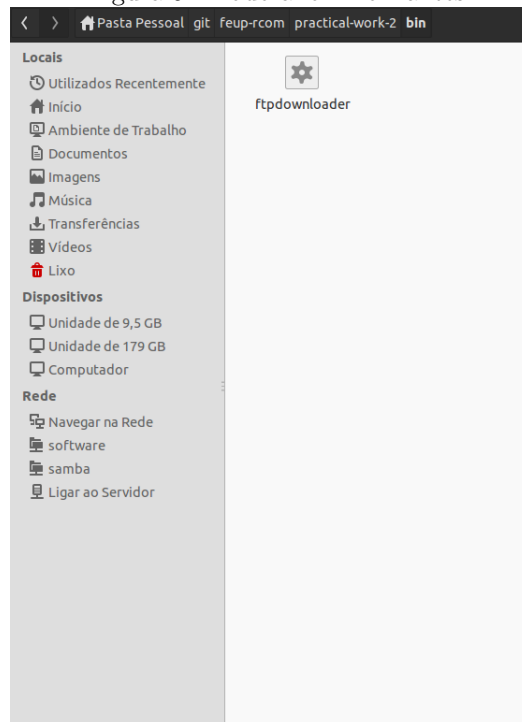


Figura 10: Modo anónimo - depois

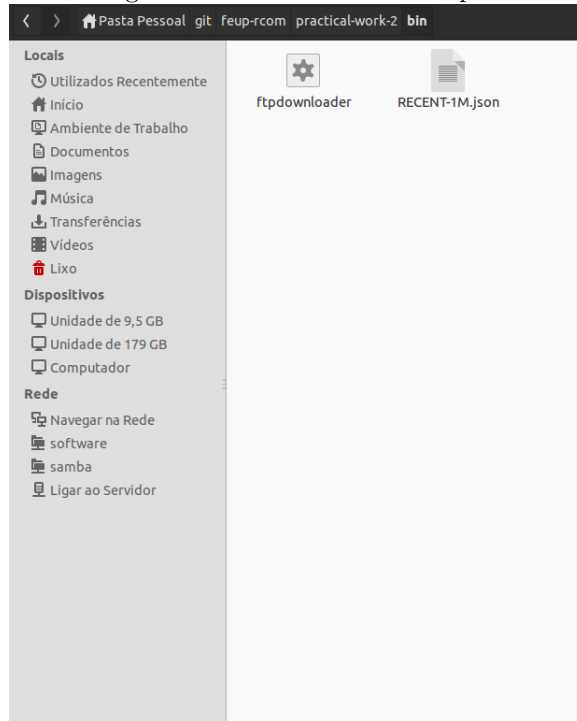


Figura 11: Demonstração - Modo Normal

```
Joao_pereira@JoaoPereira:~/git/feup-rcom/practical-work-2/bin$ time ./ftpdnloader ftp://[el12023:2Jo2Sao1993FPereira@]gnomo.fe.up.pt/RCOM_Tests/music.mp3

The IP received to gnomo.fe.up.pt was 192.168.50.236
220 Servidor FTP Gnomo
Bytes send: 14
Info: USER el12023

331 Please specify the password.
Bytes send: 26
Info: PASS 2Jo2Sao1993FPereira

230 Login successful.
Bytes send: 17
Info: CWD RCOM_Tests/

250 Directory successfully changed.
Bytes send: 6
Info: PASV

227 Entering Passive Mode (192,168,50,236,254,212).
IP: 192.168.50.236
PORT: 65236
Bytes send: 16
Info: RETR music.mp3

150 Opening BINARY mode data connection for music.mp3 (8475031 bytes).
226 Transfer complete.
Bytes send: 6
Info: QUIT

real    0m15.108s
user    0m0.011s
sys     0m0.352s
```

Figura 12: Modo normal - antes

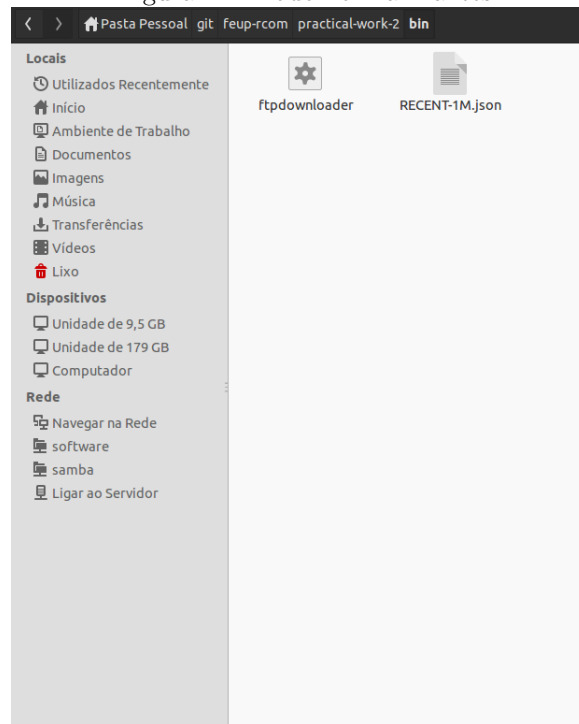
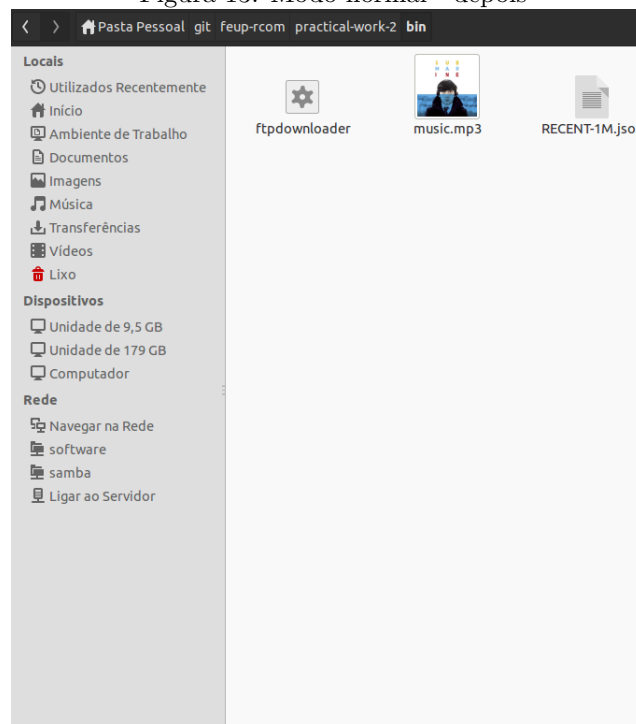


Figura 13: Modo normal - depois



A.2 Código da aplicação

Main.c

```
#include <stdio.h>
#include "URL.h"
#include "FTP.h"

static void printUsage(char* argv0);

int main(int argc, char** argv) {
    if (argc != 2) {
        printf("WARNING: Wrong number of arguments.\n");
        printUsage(argv[0]);
        return 1;
    }

    //////////// URL PROCESS ////////////
    url url;
    initURL(&url);

    // start parsing argv[1] to URL components
    if (parseURL(&url, argv[1]))
        return -1;

    // edit url ip by hostname
    if (getIpByHost(&url)) {
        printf("ERROR: Cannot find ip to hostname %s.\n", url.host);
        return -1;
    }

    printf("\nThe IP received to %s was %s\n", url.host, url.ip);

    //////////// FTP CLIENT PROCESS ////////////

    ftp ftp;
    ftpConnect(&ftp, url.ip, url.port);

    // Verifying username
    const char* user = strlen(url.user) ? url.user : "anonymous";

    // Verifying password
    char* password;
    if (strlen(url.password)) {
        password = url.password;
    } else {
        char buf[100];
        printf("You are now entering in anonymous mode.\n");
        printf("Please insert your college email as password:");
        while (strlen(fgets(buf, 100, stdin)) < 14)
            printf("\nIncorrect input, please try again:");
        password = (char*) malloc(strlen(buf));
        strncat(password, buf, strlen(buf) - 1);
    }

    // Sending credentials to server
    if (ftpLogin(&ftp, user, password)) {
```

```

        printf("ERROR: _Cannot_login_user_%s\n", user);
        return -1;
    }

    // Changing directory
    if (ftpCWD(&ftp, url.path)) {
        printf("ERROR: _Cannot_change_directory_to_the_folder_of_%s\n",
            url.filename);
        return -1;
    }

    // Entry in passive mode
    if (ftpPasv(&ftp)) {
        printf("ERROR: _Cannot_entry_in_passive_mode\n");
        return -1;
    }

    // Begins transmission of a file from the remote host
    ftpRetr(&ftp, url.filename);

    // Starting file transfer
    ftpDownload(&ftp, url.filename);

    // Disconnecting from server
    ftpDisconnect(&ftp);

    return 0;
}

void printUsage(char* argv0) {
    printf("\nUsage1_Normal: %s ftp://[<user>:<password>@]<host>/<url-path>\n",
        argv0);
    printf("Usage2_Anonymous: %s ftp://<host>/<url-path>\n\n", argv0);
}

```

URL.h

```

#pragma once

#include <string.h>
#include <netdb.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <regex.h>
#include <errno.h>

#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

#include <arpa/inet.h>

#include <netinet/in.h>

typedef char url_content[256];

typedef struct URL {
    url_content user; // string to user

```

```

    url_content password; // string to password
    url_content host; // string to host
    url_content ip; // string to IP
    url_content path; // string to path
    url_content filename; // string to filename
    int port; // integer to port
} url;

void initURL(url* url);
int parseURL(url* url, const char* str); // Parse a string with the url to create the URL structure
int getIpByHost(url* url); // gets an IP by host name

char* processElementUntilChar(char* str, char chr);

URL.c

#include "URL.h"

void initURL(url* url) {
    memset(url->user, 0, sizeof(url_content));
    memset(url->password, 0, sizeof(url_content));
    memset(url->host, 0, sizeof(url_content));
    memset(url->path, 0, sizeof(url_content));
    memset(url->filename, 0, sizeof(url_content));
    url->port = 21;
}

const char* regExpression =
    "ftp://([A-Za-z0-9]*:[A-Za-z0-9]*@)*([A-Za-z0-9.~-]+)/([A-Za-z0-9/~.--])+";

const char* regExprAnony = "ftp://([A-Za-z0-9.~-]+)/([A-Za-z0-9/~.--])+";

int parseURL(url* url, const char* urlStr) {
    char* tempURL, *element, *activeExpression;
    regex_t* regex;
    size_t nmatch = strlen(urlStr);
    regmatch_t pmatch[nmatch];
    int userPassMode;

    element = (char*) malloc(strlen(urlStr));
    tempURL = (char*) malloc(strlen(urlStr));

    memcpy(tempURL, urlStr, strlen(urlStr));

    if (tempURL[6] == '[') {
        userPassMode = 1;
        activeExpression = (char*) regExpression;
    } else {
        userPassMode = 0;
        activeExpression = (char*) regExprAnony;
    }

    regex = (regex_t*) malloc(sizeof(regex_t));

    int reti;
    if ((reti = regcomp(regex, activeExpression, REG_EXTENDED)) != 0) {
        perror("URL_format_is_wrong.");
    }

```

```

        return 1;
    }

    if ((reti = regexec(regex, tempURL, nmatch, pmatch, REG_EXTENDED)) != 0) {
        perror("URL could not execute.");
        return 1;
    }

    free(regex);

    // removing ftp:// from string
    strcpy(tempURL, tempURL + 6);

    if (userPassMode) {
        //removing [ from string
        strcpy(tempURL, tempURL + 1);

        // saving username
        strcpy(element, processElementUntilChar(tempURL, ':'));
        memcpy(url->user, element, strlen(element));

        //saving password
        strcpy(element, processElementUntilChar(tempURL, '@'));
        memcpy(url->password, element, strlen(element));
        strcpy(tempURL, tempURL + 1);
    }

    //saving host
    strcpy(element, processElementUntilChar(tempURL, '/'));
    memcpy(url->host, element, strlen(element));

    //saving url path
    char* path = (char*) malloc(strlen(tempURL));
    int startPath = 1;
    while (strchr(tempURL, '/')) {
        element = processElementUntilChar(tempURL, '/');

        if (startPath) {
            startPath = 0;
            strcpy(path, element);
        } else {
            strcat(path, element);
        }

        strcat(path, "/");
    }
    strcpy(url->path, path);

    // saving filename
    strcpy(url->filename, tempURL);

    free(tempURL);
    free(element);

    /* printf("\n%s\n%s\n%s\n%s\n%s\n", url->user, url->password, url->host,
        url->path, url->filename);*/

```

```

        return 0;
    }

    int getIpByHost(url* url) {
        struct hostent* h;

        if ((h = gethostbyname(url->host)) == NULL) {
            perror("gethostbyname");
            return 1;
        }

        //      printf("Host name   : %s\n", h->h_name);
        //      printf("IP Address  : %s\n", inet_ntoa(*(struct in_addr *) h->h_addr));

        char* ip = inet_ntoa(*(struct in_addr *) h->h_addr);
        strcpy(url->ip, ip);

        return 0;
    }

    char* processElementUntilChar(char* str, char chr) {
        // using temporary string to process substrings
        char* tempStr = (char*) malloc(strlen(str));

        // calculating length to copy element
        int index = strlen(str) - strlen(strcpy(tempStr, strchr(str, chr)));

        tempStr[index] = '\0'; // termination char in the end of string
        strncpy(tempStr, str, index);
        strcpy(str, str + strlen(tempStr) + 1);

        return tempStr;
    }

```

FTP.h

```

#include <string.h>
#include <netdb.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <regex.h>
#include <errno.h>
#include <unistd.h>

#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>

#include <arpa/inet.h>

#include <netinet/in.h>

typedef struct FTP
{
    int control_socket_fd; // file descriptor to control socket
    int data_socket_fd; // file descriptor to data socket

```

```
} ftp;
```

```
int ftpConnect(ftp* ftp, const char* ip, int port);
int ftpLogin(ftp* ftp, const char* user, const char* password);
int ftpCWD(ftp* ftp, const char* path);
int ftpPasv(ftp* ftp);
int ftpRetr(ftp* ftp, const char* filename);
int ftpDownload(ftp* ftp, const char* filename);
int ftpDisconnect(ftp* ftp);
```

```
int ftpSend(ftp* ftp, const char* str, size_t size);
int ftpRead(ftp* ftp, char* str, size_t size);
```

FTP.c

```
#include "FTP.h"
```

```
static int connectSocket(const char* ip, int port) {
    int sockfd;
    struct sockaddr_in server_addr;

    // server address handling
    bzero((char*) &server_addr, sizeof(server_addr));
    server_addr.sin_family = AF_INET;
    server_addr.sin_addr.s_addr = inet_addr(ip); /*32 bit Internet address network byte ordered*/
    server_addr.sin_port = htons(port); /*server TCP port must be network byte ordered */

    // open an TCP socket
    if ((sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0) {
        perror("socket()");
        return -1;
    }

    // connect to the server
    if (connect(sockfd, (struct sockaddr *) &server_addr, sizeof(server_addr))
        < 0) {
        perror("connect()");
        return -1;
    }

    return sockfd;
}

int ftpConnect(ftp* ftp, const char* ip, int port) {
    int sockfd;
    char rd[1024];

    if ((sockfd = connectSocket(ip, port)) < 0) {
        printf("ERROR: _Cannot_connect_socket.\n");
        return 1;
    }

    ftp->control_socket_fd = sockfd;
    ftp->data_socket_fd = 0;

    if (ftpRead(ftp, rd, sizeof(rd))) {
```

```

        printf("ERROR: _ftpRead_failure.\n");
        return 1;
    }

    return 0;
}

int ftpLogin(ftp* ftp, const char* user, const char* password) {
    char sd[1024];

    // username
    sprintf(sd, "USER_%s\r\n", user);
    if (ftpSend(ftp, sd, strlen(sd))) {
        printf("ERROR: _ftpSend_failure.\n");
        return 1;
    }

    if (ftpRead(ftp, sd, sizeof(sd))) {
        printf(
            "ERROR: _Access_denied_reading_username_response.\nftpRead_failure.\n");
        return 1;
    }

    // cleaning buffer
    memset(sd, 0, sizeof(sd));

    // password
    sprintf(sd, "PASS_%s\r\n", password);
    if (ftpSend(ftp, sd, strlen(sd))) {
        printf("ERROR: _ftpSend_failure.\n");
        return 1;
    }

    if (ftpRead(ftp, sd, sizeof(sd))) {
        printf(
            "ERROR: _Access_denied_reading_password_response.\nftpRead_failure.\n");
        return 1;
    }

    return 0;
}

int ftpCWD(ftp* ftp, const char* path) {
    char cwd[1024];

    sprintf(cwd, "CWD_%s\r\n", path);
    if (ftpSend(ftp, cwd, strlen(cwd))) {
        printf("ERROR: _Cannot_send_path_to_CWD.\n");
        return 1;
    }

    if (ftpRead(ftp, cwd, sizeof(cwd))) {
        printf("ERROR: _Cannot_send_path_to_change_directory.\n");
        return 1;
    }
}

```

```

        return 0;
    }

    int ftpPasv(ftp* ftp) {
        char pasv[1024] = "PASV\r\n";
        if (ftpSend(ftp, pasv, strlen(pasv))) {
            printf("ERROR: _Cannot_enter_in_passive_mode.\n");
            return 1;
        }

        if (ftpRead(ftp, pasv, sizeof(pasv))) {
            printf("ERROR: _None_information_received_to_enter_in_passive_mode.\n");
            return 1;
        }

        // starting process information
        int ipPart1, ipPart2, ipPart3, ipPart4;
        int port1, port2;
        if ((sscanf(pasv, "227_Entering_Passive_Mode_(%d,%d,%d,%d,%d,%d)", &ipPart1,
            &ipPart2, &ipPart3, &ipPart4, &port1, &port2)) < 0) {
            printf("ERROR: _Cannot_process_information_to_calculating_port.\n");
            return 1;
        }

        // cleaning buffer
        memset(pasv, 0, sizeof(pasv));

        // forming ip
        if ((sprintf(pasv, "%d.%d.%d.%d", ipPart1, ipPart2, ipPart3, ipPart4))
            < 0) {
            printf("ERROR: _Cannot_form_ip_address.\n");
            return 1;
        }

        // calculating new port
        int portResult = port1 * 256 + port2;

        printf("IP: %s\n", pasv);
        printf("PORT: %d\n", portResult);

        if ((ftp->data_socket_fd = connectSocket(pasv, portResult)) < 0) {
            printf(
                "ERROR: _Incorrect_file_descriptor_associated_to_ftp_data_socket_fd.\n");
            return 1;
        }

        return 0;
    }

    int ftpRetr(ftp* ftp, const char* filename) {
        char retr[1024];

        sprintf(retr, "RETR%s\r\n", filename);
        if (ftpSend(ftp, retr, strlen(retr))) {
            printf("ERROR: _Cannot_send_filename.\n");
            return 1;
        }
    }

```



```

    }

    if (ftpRead(ftp, retr, sizeof(retr))) {
        printf("ERROR: _None_information_received.\n");
        return 1;
    }

    return 0;
}

int ftpDownload(ftp* ftp, const char* filename) {
    FILE* file;
    int bytes;

    if (!(file = fopen(filename, "w"))) {
        printf("ERROR: _Cannot_open_file.\n");
        return 1;
    }

    char buf[1024];
    while ((bytes = read(ftp->data_socket_fd, buf, sizeof(buf))) {
        if (bytes < 0) {
            printf("ERROR: _Nothing_was_received_from_data_socket_fd.\n");
            return 1;
        }

        if ((bytes = fwrite(buf, bytes, 1, file)) < 0) {
            printf("ERROR: _Cannot_write_data_in_file.\n");
            return 1;
        }
    }

    fclose(file);
    close(ftp->data_socket_fd);

    return 0;
}

int ftpDisconnect(ftp* ftp) {
    char disc[1024];

    if (ftpRead(ftp, disc, sizeof(disc))) {
        printf("ERROR: _Cannot_disconnect_account.\n");
        return 1;
    }

    sprintf(disc, "QUIT\r\n");
    if (ftpSend(ftp, disc, strlen(disc))) {
        printf("ERROR: _Cannot_send_QUIT_command.\n");
        return 1;
    }

    if (ftp->control_socket_fd)
        close(ftp->control_socket_fd);

    return 0;
}

```

```

}

int ftpSend(ftp* ftp, const char* str, size_t size) {
    int bytes;

    if ((bytes = write(ftp->control_socket_fd, str, size)) <= 0) {
        printf("WARNING: Nothing was send.\n");
        return 1;
    }

    printf("Bytes send: %d\nInfo: %s\n", bytes, str);

    return 0;
}

int ftpRead(ftp* ftp, char* str, size_t size) {
    FILE* fp = fdopen(ftp->control_socket_fd, "r");

    do {
        memset(str, 0, size);
        str = fgets(str, size, fp);
        printf("%s", str);
    } while (!( '1' <= str[0] && str[0] <= '5' ) || str[3] != '_');

    return 0;
}

```

A.3 Comandos de configuração

Experiência 1 - Configurar um IP de rede

```
ifconfig eth0 down
ifconfig eth0 up
ifconfig eth0 172.16.20.1/24
ifconfig eth0 down
ifconfig eth0 up
ifconfig eth0 172.16.21.1/24
ifconfig eth0 up
ifconfig eth0 down
ifconfig eth0 172.16.20.254/24
```

Experiência 2 - Implementar duas VLANs virtuais no switch

–Criação de ambas as VLAN's

```
configure terminal
vlan 20
end
configure terminal
vlan 21
end
–Ports da VLAN 20
configure terminal
interface fastethernet 0/1
switchport mode access
switchport access vlan 20
end
configure terminal
interface fastethernet 0/3
switchport mode access
switchport access vlan 20
end
–Ports da VLAN 21
configure terminal
interface fastethernet 0/2
switchport mode access
switchport access vlan 21
end
configure terminal
interface fastethernet 0/4
switchport mode access
switchport access vlan 21
end
configure terminal
interface fastethernet 0/5
switchport mode access
switchport access vlan 21
end
```

Experiência 3 - Configurar um router em Linux

TUX 1:

```
route add -net 172.16.21.0/24 gw 172.16.20.254
```

```
route add -net default gw 172.16.20.254
TUX 2:
route add -net 172.16.20.0/24 gw 172.16.21.253
```

Experiência 4 - Configurar um router comercial e implementar o NAT

```
conf t
interface gigabitethernet 0/0
ip address 172.16.21.254 255.255.255.0
no shutdown
ip nat inside
exit
interface gigabitethernet 0/1
ip address 172.16.1.29 255.255.255.0
no shutdown
ip nat outside
exit
ip nat pool ovrlld 172.16.1.29 172.16.1.29 prefix 24
ip nat inside source list 1 pool ovrlld overload
access-list 1 permit 172.16.10.0 0.0.0.255
access-list 1 permit 172.16.11.0 0.0.0.255
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.1.254
ip route 172.16.20.0 255.255.255.0 172.16.21.253
end
```

A.4 Logs gravados

Figura 14: Experiência 1 - Wireshark

