

## Anexo A

### Instruções Técnicas para as Medições em DSL

Este anexo fornece as instruções técnicas necessárias para realização das medições de função de transferência  $H(f)$ , parâmetro de espalhamento  $S_{11}$  e da impedância de entrada  $Z_{in}$ .

#### 1.0 Medição da Função de Transferência

Para realizar as medições da função de transferência são necessários os seguintes equipamentos:

- 1 Analisador de Rede (Agilent 4395A)
- 1 Conjunto de Teste de Transmissão/Reflexão (Agilent 87512A)
- 2 Cabos BNC (Agilent 8120)
- 2 BALUNS 50Ω/100Ω ( North Hills 0301BB)
- 1 Placa GPIB (82357 USB/GPIB)
- 1 Computador (com software Agilent IO Control)
- 1 DUT (Bobina de cabo ou Simulador de Linha ADSL 400E3)
- 2 Conectores RJ45 ou RJ11
- 3 Cargas de Compensação Padrão (ABERTO, CURTO e CARGA)

#### 1.1 Montagem e Configuração do *Setup*

Para obter-se uma melhor precisão das medidas, o analisador de rede Agilent 4395A deverá ser ligado no mínimo 30 minutos antes da montagem e configuração do *setup*.

##### 1.1.1 Montagem do *Setup*

O analisador de rede (Agilent 4395A) é dotado de cinco portas (DC *Source*, RFOUT, R50Ω, A50Ω e B50Ω), onde a primeira etapa é adaptar o conjunto de teste (Agilent 87512A)

nas porta RFOUT,  $50\Omega$  e  $50\Omega$ . Feito isso, adaptam-se os cabos BNC (Agilent 8120) na porta do conjunto de teste e na porta  $50\Omega$  do analisador de rede que servirá de saída para o sinal a ser medido.

Para terminar a primeira etapa do *setup* devem-se conectar os dois BALUNS na outras extremidades dos cabos BNC. Como o BALUN é um casador de impedância de  $50\Omega/100\Omega$  deve-se conectar o lado de  $50\Omega$  no cabo BNC, haja vista que o conjunto de teste (Agilent 87512A) envia um sinal com impedância de  $50\Omega$ , e conseqüentemente, o lado de  $100\Omega$  ficará para a conexão do DUT. Desta mesma maneira coloca-se o outro BALUN na porta de entrada  $50\Omega$ . Deve-se ainda conectar o analisador de rede ao computador através da placa GPIB 82357.

### 1.1.2 Configuração do Analisador de Rede 4395A

A segunda etapa do *setup* é a configuração do analisador de rede para a medição da função de transferência. Os procedimentos necessários são:

#### 1.1.2.1 Configurar o tipo de analisador a ser utilizado

Para escolher o tipo de analisador é necessário, pressionar o botão MEAS do Agilent 4395A, e escolhe no visor as seguintes opções:

- *Analyzer Type*
- *Network Analyzer*

#### 1.1.2.2 Configurar o parâmetro a ser medido

Para escolher o parâmetro a ser medido é necessário pressionar o botão MEAS do analisador de rede 4395A, e escolhe no visor a seguinte opção:

- Parâmetro S – Trans: *FWD S<sub>21</sub>* [B/R]

#### 1.1.2.3 Configurar o formato a ser utilizado

Após a configuração do parâmetro a ser medido, é necessário configurar o formato do sinal utilizado, para isso, deve-se pressionar o botão FORMAT do analisador de rede 4395A, e escolhe no visor as seguintes opções:

- Magnitude em Log (*Log Mag*) para o canal 1
- Fase em Radiano (*Phase*) para o canal 2

#### 1.1.2.4 Ativar o canal a ser utilizado

Para visualizar simultaneamente nos dois canais, os sinais escolhidos, deve-se pressionar o botão DISPLAY do analisador de rede 4395A, e escolhe no visor a seguinte opção:

- Dual CHAN

#### 1.1.2.5 Configurar a faixa de frequência a ser utilizada

Para definir a faixa de frequência utilizada nas medições de função de transferência, devem-se pressionar os seguintes botões do analisador de rede 4395A:

- Inicial (*Start*) : 4.3125 kHz
- Final (*Stop*): 1.104 MHz (ADSL) ou 2.208 MHz (ADSL 2+)

#### 1.1.2.6 Configurar a largura de banda BW a ser utilizada

Para definir a largura de banda utilizada nas medições de função de transferência, devem-se pressionar o botão BW/AVG do analisador de rede 4395A, e seguida digitar o valor escolhido:

- BW/Avg: 100 Hz

#### 1.1.2.7 Configurar o número de pontos a ser utilizado

Logo após a definição da largura de banda, define-se o número de pontos, apertando o botão SWEEP do analisador de rede 4395A, em seguida escolher no visor a opção:

- (*Number of points*): 256 (ADSL) ou 512 (ADSL 2+)

Para confirmar o valor digitado, é necessário pressionar o botão x/ que se encontra junto ao teclado numérico do analisador 4395A.

#### 1.1.2.8 Executar a escala automática

Para executar a escala automática para as medições de função de transferência, deve-se pressionar o botão SCALE REF do analisador de rede, em seguida escolher no visor a opção:

- *Auto Scale*

### 1.1.3 Calibração

O terceiro passo para o *setup* da função de transferência ser concluído, é a realização dos procedimentos de calibração descritos abaixo:

#### 1.1.3.1 Realizar a Calibração Resposta e Isolação (*Response & Isolation Calibration*)

- Pressionar botão CAL do Agilent 4395A e depois selecionar no visor a seguinte opção:
  - CALIBRATE MENU REPOSE & ISOL'N .
- Pressionar **RESPONSE**.
- Conectar as seguintes cargas padrões nas portas balanceadas de 100  $\Omega$  do BALUNs , então pressionar a tecla correspondente:

Tipo de Medida	Carga Padrão	Pressionar
Medida de Transmissão	THRU	THRU
Medida de Reflexão	OPEN	OPEN
	SHORT	SHORT

- Pressionar DONE: RESPONSE.
- Conectar a carga padrão de 100 ou 120  $\Omega$  para isolamento (LOAD) nas portas balanceadas de 100  $\Omega$  do BALUNs.
- Pressionar ISOL'N.
- Pressionar DONE RESP ISOL'N CAL.

### 1.1.4 Medição

Após a calibração, basta conectar-se o cabo ou simulador usando os conectores RJ45 ou RJ11 no analisador de rede para realizar as medições. Caso sejam feitas medições com o simulador de linha ADSL 400E3, deve-se realizar algumas configurações para obterem-se as medidas.

#### 1.1.4.1 Configuração do Simulador ADSL 400E3

Para selecionar o enlace no simulador, deve-se ter um programa apropriado. Como por exemplo, é utilizado o programa chamado DSL 400E3 que permite simular os enlaces padrões europeus e também enlaces arbitrários. No entanto, antes de começar a configuração, deve-se ligar o simulador de linha ao computador, através do cabo *flat* (serial/paralelo), para que haja comunicação entre eles.

Ao abri-se o programa DSL 400E3, deve-se clicar em na opção *next* para que o reconhecimento entre si seja efetuado. Feito o reconhecimento clica-se na opção *finish*, logo em seguida aparecerá uma tela para que se possa escolher o comprimento do enlace e o tipo

de bitola. Após escolher o enlace a ser utilizado clicar na opção *download* para finalizar a configuração do simulador.

### 1.1.5 Obtenção dos Dados

Realizada a montagem e configuração do *setup*, bem como os procedimentos de calibração necessários para as medições de função de transferência, conectam-se as duas extremidades do cabo real, sendo uma extremidade na porta do BALUN conectado ao conjunto de teste 87512A, e a outra na porta do BALUN conectado na porta B50Ω do analisador de rede 4395A. No caso do simulador de linha ADSL 400E3, conecta-se a sua porta A ao BALUN do conjunto de teste, e a sua porta B ao segundo BALUN conectado na porta B50Ω do analisador de rede.

Para se obter os dados de medições, as informações podem ser transferidas do analisador de rede para o computador através da placa GPIB, para isso é necessário conectar a placa na porta GPIB do Agilent 4395A na porta USB do computador. Feito isso, é possível salvar as informações, usando o programa *Microsoft Excel Intuilink* (responsável por capturar os dados do analisador de rede).

## 2.0. Parâmetro de Espalhamento $S_{11}$

Para realizar as medições do parâmetro de espalhamento  $S_{11}$  são necessários os seguintes equipamentos:

- 1 Analisador de Rede (Agilent 4395A)
- 1 Conjunto de Teste de Transmissão/Reflexão (Agilent 87512A)
- 1 Cabo BNC (Agilent 8120)
- 1 BALUN 50Ω/100Ω ( North Hills 0301BB)
- 1 Placa GPIB (82357 USB/GPIB)
- 1 Computador (com software Agilent IO Control)
- 1 DUT (Bobina de cabo ou Simulador de Linha ADSL 400E3)
- 1 Conector RJ45 ou RJ11
- 3 Cargas de Compensação padrão (ABERTO, CURTO e CARGA)

## 2.1 Montagem e Configuração do *Setup*

### 2.1.1 Montagem do *Setup*

Para fazer medição do parâmetro de espalhamento  $S_{11}$  utiliza-se, também, o analisador de rede, porém alguns procedimentos diferentes deverão ser tomados.

Para a montagem do *setup* de medição apenas o conjunto de teste 87512 é utilizado como entrada e saída do sinal. Portanto, usa-se apenas um BALUN e um cabo BNC, ao contrário da função de transferência.

Na montagem do *setup* deve-se conectar o BALUN na extremidade do cabo BNC. Como o BALUN é um casador de impedância de  $50\Omega/100\Omega$  deve-se conectar o lado de  $50\Omega$  no cabo BNC, haja vista que o conjunto de teste (Agilent 87512A) envia um sinal com impedância de  $50\Omega$ , e conseqüentemente, o lado de  $100\Omega$  ficara para a conexão do DUT.

### 2.1.2 Configuração do Analisador de Rede 4395A

A segunda etapa do *setup* é a configuração do analisador de rede para a medição do parâmetro de espalhamento  $S_{11}$ . Os procedimentos necessários são:

#### 2.1.2.1 Configurar o tipo de analisador a ser utilizado

Para escolher o tipo de analisador é necessário, pressionar o botão MEAS do Agilent 4395A, e escolhe no visor as seguintes opções:

- *Analyzer Type*
- *Network Analyzer*

#### 2.1.2.2 Configurar o parâmetro a ser medido

Para escolher o parâmetro a ser medido é necessário, pressionar o botão MEAS do analisador de rede 4395A, e escolhe no visor a seguinte opção:

- Parâmetro S – Trans: *FWD S<sub>11</sub>* [A/R]

#### 2.1.2.3 Configurar o formato a ser utilizado

Após a configuração do parâmetro, é necessário configurar o formato do sinal a ser medido, para isso, deve-se pressionar o botão FORMAT do analisador de rede 4395A, e escolhe no visor as seguintes opções:

- Magnitude em Log (*Log Mag*) para o canal 1
- Fase em Radiano (*Phase*) para o canal 2

#### 2.1.2.4 Ativar o canal a ser utilizado

Para visualizar simultaneamente nos dois canais, os sinais escolhidos, deve-se pressionar o botão DISPLAY do analisador de rede 4395A, e escolhe no visor a seguinte opção:

- Dual CHAN

#### 2.1.2.5 Configurar a faixa de frequência a ser utilizada

Para definir a faixa de frequência utilizada nas medições de parâmetro de espalhamento, devem-se pressionar os seguintes botões do analisador de rede 4395A:

- Inicial (*Start*) : 4.3125 kHz
- Final (*Stop*): 1.104 MHz (ADSL) ou 2.208 MHz (ADSL 2+)

#### 2.1.2.6 Configurar a largura de banda BW a ser utilizada

Para definir a largura de banda utilizada nas medições de função de transferência, devem-se pressionar o botão BW/AVG do analisador de rede 4395A, e seguida digitar o valor escolhido:

- BW/Avg: 100 Hz



### 2.1.2.7 Configurar o número de pontos a ser utilizado

Logo após a definição da largura de banda, define-se o número de pontos, apertando o botão SWEEP do analisador de rede 4395A, em seguida escolher no visor a opção:

- (*Number of points*): 256 (ADSL) ou 512 (ADSL 2+)

Para confirmar o valor digitado, é necessário pressionar o botão x/ que se encontra junto ao teclado numérico do analisador 4395A.

### 2.1.2.8 Executar a escala automática

Para executar a escala automática para as medições de parâmetro de espalhamento, deve-se pressionar o botão SCALE REF do analisador de rede, em seguida escolher no visor a opção:

- *Auto Scale*

## 2.1.3 Calibração

O terceiro passo para o *setup* do parâmetro de espalhamento  $S_{11}$  ser concluído, é a realização dos procedimentos de calibração descritos abaixo:

### 2.1.3.1 Realizar uma Calibração Porta-1 $S_{11}$ ( *$S_{11}$ 1-Port Calibration*)

- Pressionar botão CAL do Agilent 4395A e depois selecionar no visor a seguinte opção:

- CALIBRATE MENU S11 1-PORT.

- Conectar a carga padrão OPEN para porta 1.

- Pressionar **OPEN**.
- Desconectar a carga padrão OPEN. Então conectar a carga padrão SHORT para a porta 1.
- Pressionar **SHORT**.
- Desconectar a carga padrão SHORT e conectar a carga padrão LOAD de 100 ou 120  $\Omega$ .
- Pressionar **LOAD**.
- Pressionar **DONE 1-PORT CAL** para completar a calibração.

## 2.1.4 Medição

Após a calibração, basta conectar-se o cabo ou simulador usando os conectores RJ45 ou RJ11 no analisador de rede para realizar as medições. Caso sejam feitas medições com o simulador de linha ADSL 400E3, deve-se realizar algumas configurações para obterem-se as medidas.

### 2.1.4.1 Configuração do Simulador ADSL 400E3

Para selecionar o enlace no simulador, deve-se ter um programa apropriado. Como por exemplo, é utilizado o programa chamado DSL 400E3 que permite simular os enlaces padrões europeus e também enlaces arbitrários. No entanto, antes de começar a configuração, deve-se ligar o simulador de linha ao computador, através do cabo *flat* (serial/paralelo), para que haja comunicação entre eles.

Ao abri-se o programa DSL 400E3, deve-se clicar em na opção *next* para que o reconhecimento entre si seja efetuado. Feito o reconhecimento clica-se na opção *finish*, logo em seguida aparecerá uma tela para que se possa escolher o comprimento do enlace e o tipo

de bitola. Após escolher o enlace a ser utilizado clicar na opção *download* para finalizar a configuração do simulador.

### 2.1.5 Obtenção dos Dados

Realizada a montagem e configuração do *setup*, bem como os procedimentos de calibração necessários para as medições do parâmetro de espalhamento  $S_{11}$  conectam-se as duas extremidades do cabo real, sendo uma extremidade na porta do BALUN conectado ao conjunto de teste 87512A, e a outra extremidade conecta-se as terminações padrões: aberto, curto e carga (100 ou 120  $\Omega$ ). No caso do simulador de linha ADSL 400E3, conecta-se a sua porta A ao BALUN do conjunto de teste, e na sua porta B conecta-se as cargas padrões.

Para se obter os dados de medições, as informações podem ser transferidas do analisador de rede para o computador através da placa GPIB, para isso é necessário conectar a placa na porta GPIB do Agilent 4395A na porta USB do computador. Feito isso, é possível salvar as informações, usando o programa *Microsoft Excel Intuilink* (responsável por capturar os dados do analisador de rede).

## 3.0. Impedância de Entrada $Z_{in}$

Para realizar as medições de impedância de entrada são necessários os seguintes equipamentos:

- 1 Analisador de Impedância de Precisão (Agilent 4294A)
- 1 Teste Fixo (Agilent 16047E)
- 1 BALUN 50 $\Omega$ /100 $\Omega$  ( North Hills 0301BB)
- 1 Placa GPIB (82357 USB/GPIB)
- 1 Cabo Bico Jacaré/BNC
- 1 Computador (com software Agilent IO Control)
- 1 DUT (Bobina de cabo ou Simulador de Linha ADSL 400E3)
- 1 Conector RJ45 ou RJ11
- 3 Cargas de Compensação padrão (ABERTO, CURTO e CARGA)

### 3.1 Montagem e Configuração do *Setup*

Para obter-se uma melhor precisão das medidas, o analisador de impedância de precisão Agilent 4294A deverá ser ligado no mínimo 30 minutos antes da montagem e configuração do *setup*.

#### 3.1.1 Montagem do *Setup*

O analisador de impedância 4294A é dotado de 4 portas ( Lcur, Lport, Hport e Hcur) que se adaptam ao teste fixo 16047E, que também possui 4 portas. Conecta-se a porta de  $50\Omega$  do BALUN ao 16047E através de um cabo bico de jacaré/BNC.

Para terminar a primeira etapa do *setup* deve-se conectar o analisador de impedância de precisão ao computador através da placa de aquisição de dados 82357 USB/GPIB.

#### 3.1.2 Configuração do Analisador de Impedância de Precisão 4294A

A segunda etapa do *setup* é a configuração do analisador de impedância para a medição da impedância de entrada  $Z_{in}$ . Os procedimentos necessários são:

##### 3.1.2.1 Configurar o tipo de medida a ser utilizado

Para escolher o tipo de medida a ser utilizado, pressionar o botão MEAS do Agilent 4294A, e escolhe no visor as seguintes opções:

- Magnitude:  $|Z|$  (*Mag*)
- Fase em Radiano (*Phase*)

##### 3.1.2.2 Configurar o formato da medida a ser utilizada

Para escolher o formato da medida a ser utilizada, pressionar o botão FORMAT do Agilent 4294A, e escolhe no visor as seguintes opções:

- Lin (*Chan A*)
- Log (*Chan B*)

Para poder visualizar os dois canais simultaneamente no analisador 4294A, deve-se apertar o botão DISPLAY, em seguida escolher no visor a opção *Split ON*.

#### 3.1.2.3 Configurar a faixa de frequência a ser utilizada

Para definir a faixa de frequência utilizada nas medições de impedância de entrada, devem-se pressionar os seguintes botões do analisador de impedância 4294A:

- Inicial (*Start*) : 4.3125 kHz
- Final (*Stop*): 1.104 MHz (ADSL) ou 2.208 MHz (ADSL 2+)

#### 3.1.2.4 Configurar o número de pontos a ser utilizado

Logo após a definição da faixa de frequência, define-se o número de pontos, apertando o botão SWEEP do analisador de impedância 4294A, em seguida escolher no visor a opção:

- (*Number of points*): 256 (ADSL) ou 512 (ADSL 2+)

Para confirmar o valor digitado, é necessário pressionar o botão  $\chi I$  que se encontra junto ao teclado numérico do analisador 4294A.

#### 3.1.2.5 Executar a escala automática

Para executar a escala automática para as medições de impedância de entrada, deve-se pressionar o botão SCALE REF do analisador 4294A, em seguida escolher no visor a opção:

- *Auto Scale*

### 3.1.3 Calibração

O terceiro passo para o *setup* da impedância de entrada ser concluído, é a realização dos procedimentos de calibração descritos abaixo:

#### 3.1.3.1 Realizar uma Calibração Compensação Fixa (*Fixture Compensation Calibration*)

Pressionar botão CAL do Agilent 4294A e depois selecionar no visor a seguinte opção:

- CALIBRATE MENU FIXTURE COMP.
- Conectar a carga padrão OPEN.
- Pressionar OPEN.
- Desconectar a carga padrão OPEN, então conectar a carga padrão SHORT.
- Pressionar SHORT.
- Desconectar a carga padrão SHORT e conectar a carga padrão LOAD.
- Pressionar LOAD.
- Pressionar DONE FIXTURE COMP para completar a calibração.

### 3.1.4 Medição

Após a calibração, basta conectar-se o cabo ou simulador usando os conectores RJ45 ou RJ11 no analisador de impedância para realizar as medições. Caso sejam feitas medições

com o simulador de linha ADSL 400E3, deve-se realizar algumas configurações no simulador DSL 400E3 para obterem-se as medidas.

#### 3.1.4.1 Configuração do Simulador ADSL 400E3

Antes de começar a configuração, deve-se ligar o simulador de linha ao computador, através do cabo *flat* (serial/paralelo), para que haja comunicação entre eles.

Ao abri-se o programa DSL 400E3, deve-se clicar em na opção *next* para que o reconhecimento entre si seja efetuado. Feito o reconhecimento clica-se na opção *finish*, logo em seguida aparecerá uma tela para que se possa escolher o comprimento do enlace e o tipo de bitola. Após escolher o enlace a ser utilizado clicar na opção *download* para finalizar a configuração do simulador.

### 3.1.5 Obtenção dos Dados

Realizada a montagem e configuração do *setup*, bem como os procedimentos de calibração necessários para as medições da impedância de entrada, conectam-se as duas extremidades do cabo real, sendo uma extremidade na porta do BALUN conectada ao teste fixo 16047E, e a outra extremidade conecta-se as terminações padrões: aberto, curto e carga (100 ou 120  $\Omega$ ). No caso do simulador de linha ADSL 400E3, conecta-se a sua porta A ao BALUN do teste fixo, e na sua porta B conecta-se as cargas padrões.

Para se obter os dados de medições, as informações podem ser transferidas do analisador de impedância de precisão 4294A para o computador através da placa GPIB. As informações serão salvas usando o programa *Microsoft Excel Intuilink* (responsável por capturar os dados do analisador de impedância).

## Anexo B

### Códigos das Rotinas em Matlab

Neste anexo são mostradas as linhas de código das rotinas criadas em MATLAB, para realização do Teste de Dixon, para o cálculo do desvio padrão e da incerteza nas medições obtidas através da metodologia proposta.

#### 1.0 Teste de Dixon

```
% Teste de Dixon
```

```
clc  
clear  
close all
```

```
file1 = 'Medida_A.xls';  
file2 = 'Medida_B.xls';  
file3 = 'Medida_C.xls';
```

```
arquivosaidareal = 'teste_dixon_real.txt';  
arquivosaidaimag = 'teste_dixon_imag.txt';
```

```
%valor crítico para um nível de 95 % de confiança  
vc = 0.970;
```

```
A1 = xlsread(file1, 'A16:C271'); % carrega o arquivo  
A2 = xlsread(file2, 'A16:C271'); % carrega o arquivo  
A3 = xlsread(file3, 'A16:C271'); % carrega o arquivo
```

```
freq1 = A1(:,1); % frequência  
preal1 = A1(:,2); % parte real  
pimag1 = A1(:,3); % parte imaginária
```

```
freq2 = A2(:,1); % frequência  
preal2 = A2(:,2); % parte real  
pimag2 = A2(:,3); % parte imaginária
```

```
freq3 = A3(:,1); % frequência  
preal3 = A3(:,2); % parte real  
pimag3 = A3(:,3); % parte imaginária
```



```

stop = length(freq1)

for i=1:stop

    preal = [preal1(i) preal2(i) preal3(i)];
    B = sort(preal);
    Zhreal = (B(3)-B(2))/(B(3)-B(1));
    Zlreal = (B(2)-B(1))/(B(3)-B(1));
    pimag = [pimag1(i) pimag2(i) pimag3(i)];
    C = sort(pimag);
    Zhimag = (C(3)-C(2))/(C(3)-C(1));
    Zlimag = (C(2)-C(1))/(C(3)-C(1));

    if (Zhreal > vc)
        B(3) = 0;
    end

    if (Zlreal > vc)
        B(1) = 0;
    end

    if (Zhimag > vc)
        C(3) = 0;
    end

    if (Zlimag > vc)
        C(1) = 0;
    end

    if i==1
        fidreal = fopen(arquivosaidareal,'w');
        fidimag = fopen(arquivosaidaimag,'w');
    else
        fidreal = fopen(arquivosaidareal,'a');
        fidimag = fopen(arquivosaidaimag,'a');
    end

    fprintf(fidreal,'%E\t%E\t%E\n', B(1), B(2), B(3));
    fclose(fidreal)

    fprintf(fidimag,'%E\t%E\t%E\n', C(1), C(2), C(3));
    fclose(fidimag)

end

%encontra o total de ocorrencias de 0 nos arquivos
arqreal = load(arquivosaidareal);
arqimag = load(arquivosaidaimag);

nreal = find(arqreal == 0);

```

```

disp('O número de ocorrências fora do padrão na parte real é:')
quantidade_real = length(nreal)

nimag = find(arqimag == 0);
disp('O número de ocorrências fora do padrão na parte imaginária é:')
quantidade_imaginaria = length(nimag)

disp('Teste de Dixon realizado !')

```

## 1.1 Desvio Padrão

```

% Cálculo_Desvio Padrão
%
% Calcula o desvio padrão das partes real e imaginárias das
% medidas realizadas
%

clc
clear
close all

% arquivos de entrada
file1 = 'Medida_A.xls';
file2 = 'Medida_B.xls';
file3 = 'Medida_C.xls';

% arquivo de saída
arquivosaida = 'Arquivo_sdr_sdi.txt';

A1 = xlsread(file1, 'A16:C271'); % carrega o arquivo
A2 = xlsread(file2, 'A16:C271'); % carrega o arquivo
A3 = xlsread(file3, 'A16:C271'); % carrega o arquivo

freq1 = A1(:,1); % frequência - 1
preal1 = A1(:,2); % parte real - 1
pimag1 = A1(:,3); % parte imaginária - 1

freq2 = A2(:,1); % frequência - 2
preal2 = A2(:,2); % parte real - 2
pimag2 = A2(:,3); % parte imaginária - 2

freq3 = A3(:,1); % frequência - 3
preal3 = A3(:,2); % parte real - 3
pimag3 = A3(:,3); % parte imaginária - 3

% tira a média
freq = (freq1 + freq2 + freq3)/3;

```

```

%freq = (freq1 + freq2)/2;
stop = length(freq)

for i=1:stop

    % cria vetor para cálculo do desvio padrão, parte real
    prealvetor = [preal1(i) preal2(i) preal3(i)];
    %prealvetor = [preal1(i) preal2(i)];
    %desvio padrão, linear
    sd_preal(i) = std(prealvetor);

    % cria vetor para cálculo do desvio padrão, parte imag
    pimagvetor = [pimag1(i) pimag2(i) pimag3(i)];
    %pimagvetor = [pimag1(i) pimag2(i)];
    %desvio padrão, linear
    sd_pimag(i) = std(pimagvetor);

    %realiza a criação do arquivo de saída e escreve no formato de tabela
    if i==1
        fid1 = fopen(arquivosaida,'w');
    else
        fid1 = fopen(arquivosaida,'a');
    end

    % salva em arquivo
    % formato frequencia - desv padrão real - desv padrão imag
    fprintf(fid1,'%E\t%E\t%E\n', freq(i), sd_preal(i), sd_pimag(i));
    fclose(fid1)

end

```

## 1.2 Incerteza

```

% Cálculo da incerteza para 3 medições

clc
clear

% Entrar com o valor do Desvio padrão
S =  ;

% Incerteza padrão do instrumento
ux1 = 0.0055;

% Número de medições
n = 3;

% Valor de k, lido na tabela de Student

```

```

k = 4.53;

% grau de liberdade de ux1
v1 = inf;

% grau de liberdade de ux2
v2 = n - 1;

% cálculo da incerteza do mensurando
ux2 = S/(sqrt(n));

% cálculo da incerteza combinada
uc = sqrt((ux1)^2 + (ux2)^2);

% cálculo da incerteza expandida
Uc = k * uc;

% cálculo do grau de liberdade efetivo
veff = ((uc)^4)/(((ux1^4)/v1)+(ux2^4)/v2));

fprintf(1,'O valor de ux2 é %f\n',ux2)
fprintf(1,'O valor de uc é %f\n',uc)
fprintf(1,'O valor de veff é %f\n',veff)
fprintf(1,'O valor de Uc é %f\n',Uc)

```

## Anexo C

### Mineração de Dados: Classificação Binária

A classificação binária permite detectar *bridged taps* em grandes bases de dados utilizando modelos de classificadores. Diante disso, utilizaram-se alguns classificadores para construção de um modelo, a partir da base de dados da campanha de medições realizadas neste trabalho. Porém, vale ressaltar que os resultados obtidos foram referentes aos cenários utilizados nesta metodologia; como somente o cenário ETSI#8 possui uma topologia com presença de *bridged taps*, os classificadores foram treinados utilizando somente um enlace dessa natureza. Para um melhor resultado, seriam necessárias mais medições com diferentes enlaces contendo *bridged taps*. Embora não seja comum apresentar exemplos nessa seção, a seguir serão apresentados os resultados preliminares obtidos para o processo de mineração citado. No entanto, antes de mostrar esses resultados é importante destacar alguns pontos:

- Utilizou-se uma base de dados de medições com 1.500 ocorrências, referentes aos parâmetros utilizados neste trabalho.
- Dividiu-se essa base de dados em três conjuntos independentes: conjunto de treinamento (dados de treino com 500 ocorrências), conjunto de validação (dados de validação com 500 ocorrências) e conjunto de teste (dados de teste com 500 ocorrências).
- Os classificadores utilizados foram: Árvore de decisão J4.8, ANN (*Artificial Neural Network*) e K-NN (*K-Nearest Neighbors*) com K=5.
- O ambiente utilizado na construção dos classificadores foi o software WEKA (*Waikato Enviroment for Knowledge Analysis*).
- As classes criadas foram: 0 (*sem bridged tap*) e 1 (*com bridged tap*).

❖ Classificador: J4.8

Tempo obtido na Construção do Modelo: 0,94 segundos.

Utilização do conjunto de Validação:

Instâncias Classificadas Corretamente	483	96,6%
Instâncias Classificadas Incorretamente	17	3,4%

Utilização do conjunto de Teste:

Instâncias Classificadas Corretamente	491	98,2%
Instâncias Classificadas Incorretamente	9	1,8%

❖ Classificador: ANN

Tempo obtido na Construção do Modelo: 984,56 segundos.

Utilização do conjunto de Validação:

Instâncias Classificadas Corretamente	484	96,8%
Instâncias Classificadas Incorretamente	16	3,2%

Utilização do conjunto de Teste:

Instâncias Classificadas Corretamente	483	96,6%
Instâncias Classificadas Incorretamente	17	3,4%

❖ Classificador: K-NN

Tempo obtido na Construção do Modelo: 0,02 segundos.

Utilização do conjunto de Validação:

Instâncias Classificadas Corretamente	492	98,4%
Instâncias Classificadas Incorretamente	16	1,6%

Utilização do conjunto de Teste:

Instâncias Classificadas Corretamente	495	99%
Instâncias Classificadas Incorretamente	5	1%

Analisando os resultados obtidos através dos classificadores escolhidos, percebe-se que a quantidade de instâncias classificadas corretamente, quando se usou o conjunto de teste, foi de ordem elevada. Porém, o melhor resultado foi do classificador K-NN, ou seja, este classificador tem a probabilidade de 99% de classificar corretamente enlaces com presença *bridged tap*. Diante desses resultados, demonstra-se que a aplicação desses classificadores na detecção de *bridged tap* pode ser utilizada. No entanto, como estes resultados são preliminares, é necessária uma quantidade maior de dados de medições, para uma análise mais confiável na escolha do melhor classificador realmente a ser utilizado. Como sugestão propõe-se um estudo mais avançado neste assunto.