



4TO CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA
NAVAL, INGENIERIA PORTUARIA Y TRANSPORTES
MARITIMOS

TRABAJO TECNICO

TITULO PROPAGACÃO DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES EM NAVIOS
APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DIGITAIS

AUTOR JOÃO BOSCO E. SERRÃO
JULES G. SLAMA

PAIS BRASIL

1975

ABSTRACT

The ship is considered as a complex system where the noises and vibrations can propagate.

At present it is very important to reduce such noises and vibrations.

One other related problem is the iteration between the engine installation and the ship's structure with reference to the problem that started with the diesel engine of very high horsepower.

All the above problems can be studied based in one model made from the noises and vibrations sources and its iterations with acoustics and vibrations structures.

We, therefore, will study the contribution of each source in the total environment noise. When we are solving such problem we need to know the way of the sound propagation.

In 1955, Goff shows one method to study such problems using the correlation functions and the spectrum in order to study the source iterations.

From this time on several functions were developed to help us in solving the above mentioned problems.

With the "Fast Fourier Transform" (FFT), the time needed for calculation is too reduced.

In our work we just put together all possible available information relative to the digital processing signal and after exemplification of the used technique developed for us, we apply them to one practical example.

The required time for the field measurement was so reduced, as we just need one small tape recorder and some transducer.

1. INTRODUÇÃO

Um navio é considerado como um sistema complexo onde os ruídos e as vibrações propagam-se.

A cada dia que passa torna-se mais importante a necessidade de redução desses ruídos e vibrações.

Um outro problema importante surgiu com a aparição de motores potentes. Há necessidade de medir a interação destas máquinas com a estrutura do navio.

Todos estes problemas podem ser estudados a partir de um modelo composto de fontes de ruído e vibrações e as interações destas fontes com estruturas acústicas e vibratórias.

Portanto, estudaremos a contribuição de cada fonte no ruído ambiente. Os caminhos percorridos devem ser conhecidos para quando nos propusermos a resolver estes problemas.

Goff em 1955 já expunha uma filosofia para abordagem destes problemas: o uso das funções de correlação e de espectro para estudar as interações das fontes.

Desde então foram desenvolvidas outras funções nos auxiliam a resolver os problemas citados.

Com a redescoberta do algoritmo da Fast Fourier Transform (FFT) o tempo exigido para o cálculo ficou bastante reduzido.

Nós procuramos neste trabalho juntar o máximo de informações relativas ao processamento digital do sinal e após exemplificarmos as técnicas, por nós desenvolvidas, aplicando-as num exemplo prático. O tempo requerido pela parte experimental também foi bastante reduzido por necessitar apenas de um gravador portátil e alguns transdutores.

2. APRESENTAÇÃO DOS ALGORÍTMOS

Consideramos durante o desenvolvimento do trabalho em sua totalidade que os sinais são estacionários e ergódicos.

2.1 ANÁLISE CORRELACIONAL

2.1.1 AUTOCORRELAÇÃO

Seja $X(t)$ uma função temporal. A função de autocorrelação $C_{xx}(T)$ é definida por:

$$C_{xx}(T) = E \{ X(t) X(t-T) \}$$

esta pode ser estimada por:

$$C_{xx}(T) = \frac{1}{D} \int_0^D X(t) X(t-T) dt$$

onde D é o tempo de integração e T é um retardo aplicado à função.

A função de autocorrelação tem 2 propriedades principais:

A- é uma função par

$$C_{xx}(T) = C_{xx}(-T)$$

B- ela é máxima para $T = 0$. Se $T \neq 0$ então:

$$| C_{xx}(T) | < C_{xx}(0)$$

2.1.2 CROSSCORRELAÇÃO

Sejam $X(t)$ e $Y(t)$ duas funções aleatórias temporais. Definimos como função de crosscorrelação de $X(t)$ em $Y(t)$:

$$C_{xy}(T) = E \{ X(t) Y(t-T) \}$$

esta função é estimada por:

$$C_{xy}(T) = \frac{1}{D} \int_0^D X(t) Y(t-T) dt$$

onde D é o tempo de integração e T um retardo aplicado à função Y(t).

As propriedades desta função são:

A- $C_{xy}(T) = C_{yx}(-T)$

B- $C_{xy}(\infty) = C_{yx}(\infty) = 0$

C- $\left| C_{xy}(T) \right| \leq 1/2 \left| C_{xx}(0) + C_{yy}(0) \right|$

D- Se X(t) e Y(t) são independentes entre si então:

$$C_{xy}(T) = 0$$

2.2 ANÁLISE ESPECTRAL

2.2.1 AUTOESPECTRO

A função de autoespectro $S_{xx}(f)$ é definida por:

$$S_{xx}(f) = F \left| C_{xx}(T) \right|$$

Esta função representa a análise em frequência da potência transmitida pela fonte X(t).

2.2.2 CROSSESPECTRO

Por analogia, a função de crossespectro $S_{xy}(f)$ é definida

por:

$$S_{xy}(f) = F \left[C_{xy}(T) \right]$$

A função de crossespectro é um número complexo da forma:

$$S_{xy}(f) = R_{xy}(f) + i J_{xy}(f)$$

onde

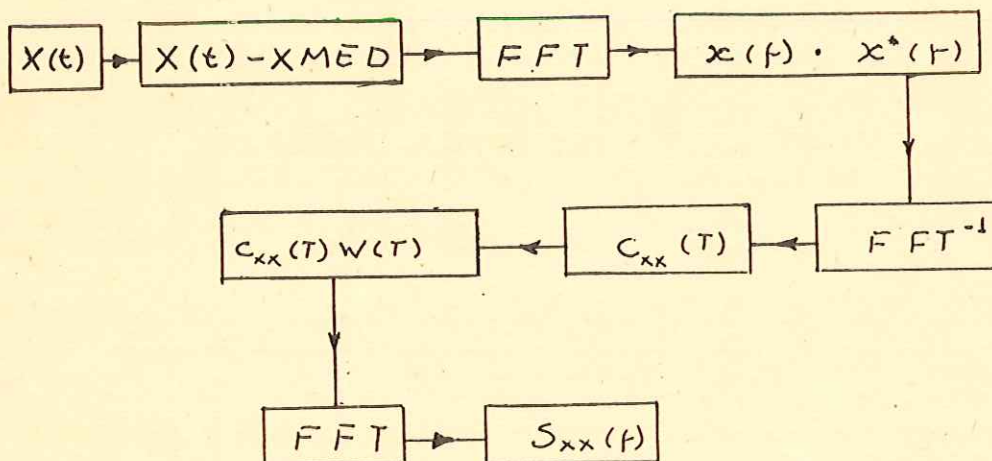
$$R_{xy}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} C_{xy}(T) \cos 2\pi fT \, dT$$

$$J_{xy}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} C_{xy}(T) \sin 2\pi fT \, dT$$

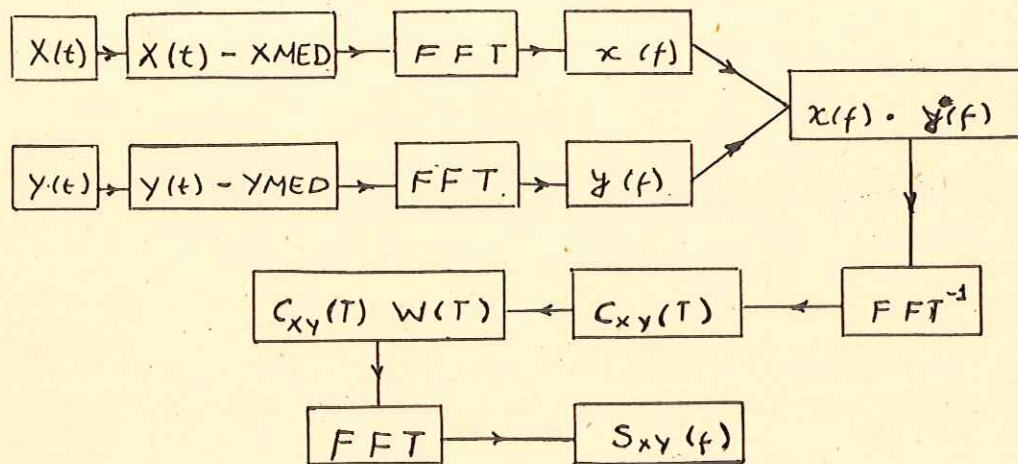
A função pode ter o significado de potência de interação entre os dois sinais.

2.3 DESENVOLVIMENTO DOS ALGORÍTMOS USANDO A FFT

2.3.1 AUTOCORRELAÇÃO E AUTOESPECTRO



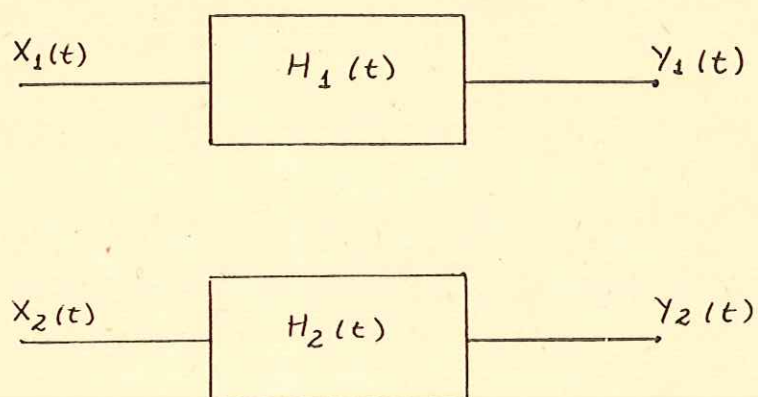
2.3.2 CROSSCORRELAÇÃO E CROBSESPECTRO



Estamos agora trabalhando no cálculo de crossespectro usando diretamente a FFT como mostrou Welch.

3. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Seja um modelo definido pela figura abaixo



Pela relação:

$$S_{y_1 y_2} = h_1(f) h_2^*(f) S_{x_1 x_2}$$

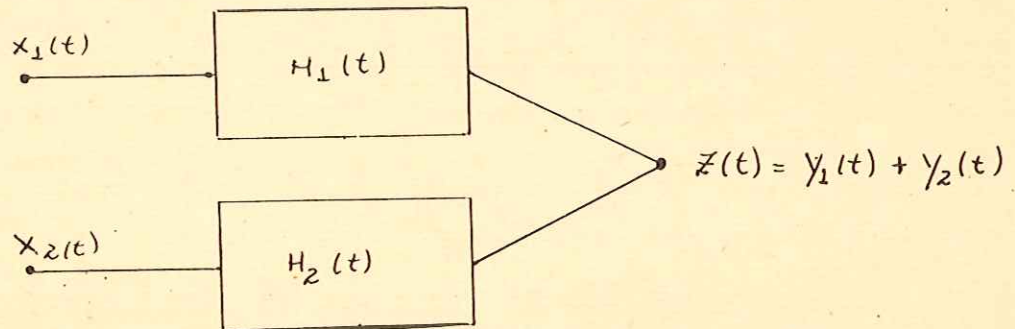
onde

$$h(f) = F \left| H(T) \right| \text{ e } (*) \text{ significa o complexo con-}$$

jugado da função.

= Estudaremos o caso de duas fontes não correladas entre si, por exemplo 2 motores de características diferentes.

Neste caso o esquema será:



por conseguinte

$$S_{z x_1}(f) = h_1(f) \delta_{x_1 x_1}(f)$$

Para frequência f , a potência transmitida pela fonte 1 e pelo caminho 1 será

$$S_{y_1 y_1}(f) = \left| h_1(f) \right|^2 S_{x_1 x_1}$$

Podemos então ver que a potência transmitida $P_1(f)$ pelas fontes será:

$$P_i(f) = \frac{|S_{zx_i}|^2}{S_{x_i x_i}}$$

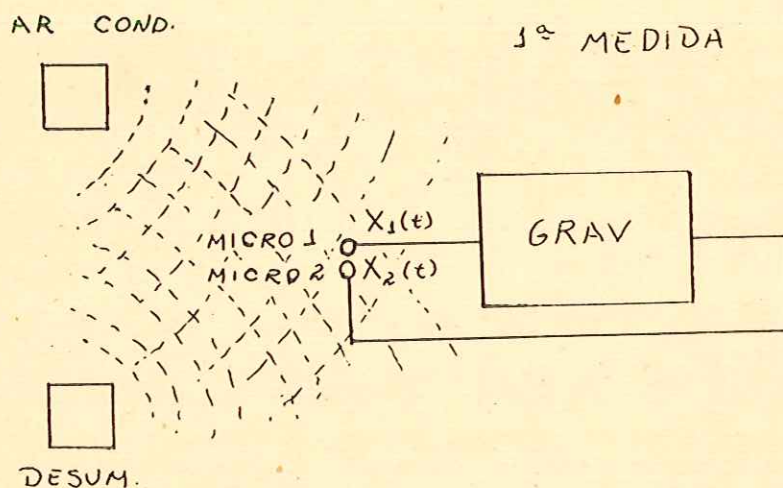
assim pode ser determinada a contribuição de cada fonte ao ruído ambiente.

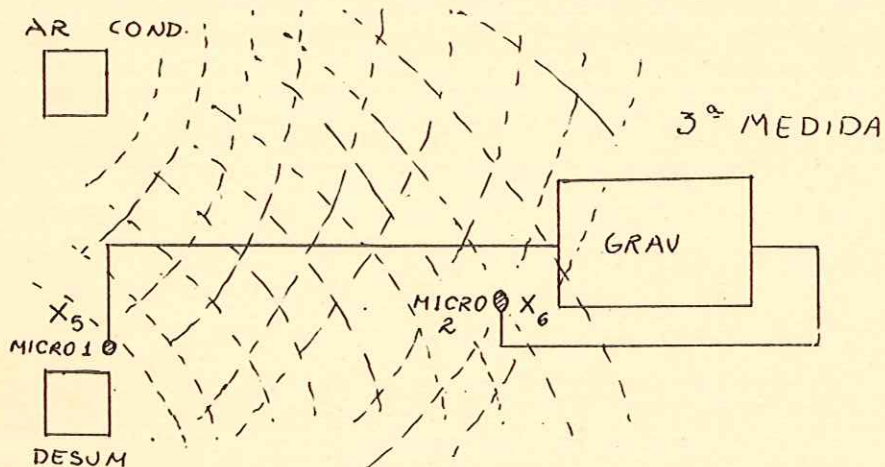
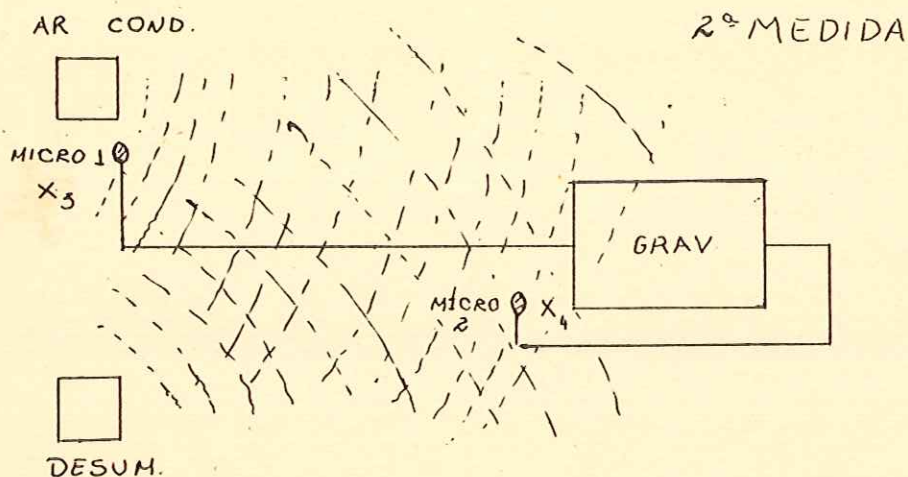
4. EXPERIÊNCIA REALIZADA

Foi realizada uma experiência medindo a contribuição de 2 fontes no nível de ruído em um determinado ponto de uma sala de laboratório.

As duas fontes eram: um condicionador de ar e um desumidificador.

Foram realizadas 3 medições e estas gravadas num gravador de 2 canais, segundo o esquema da figura abaixo.





A primeira medição foi devida à diferença de ganhos dos microfones a .

Esta diferença foi calculada tomando-se a RMS de x_1 e dividindo-se pela RMS de x_2 .

As outras medições subsequentes foram para medir a contribuição de cada fonte. Foi introduzida uma atenuação de 10 dB.

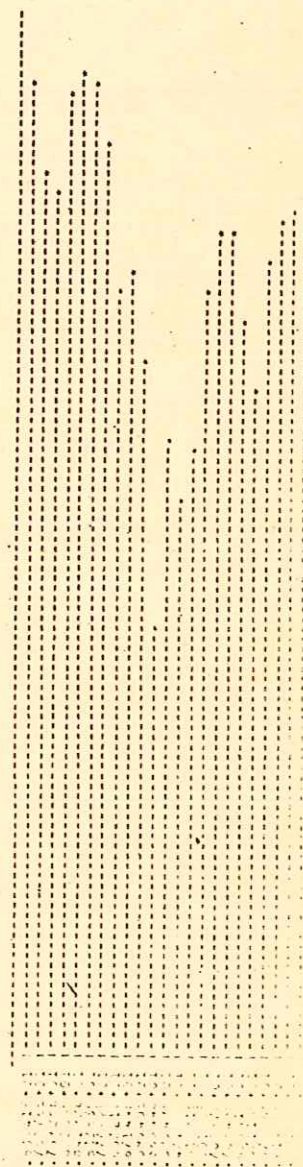
Com todos os sinais gravados, jogamos os sinais num conversor analógico-digital para obtermos os dados em cartões a fim de utilizá-los num computador digital.

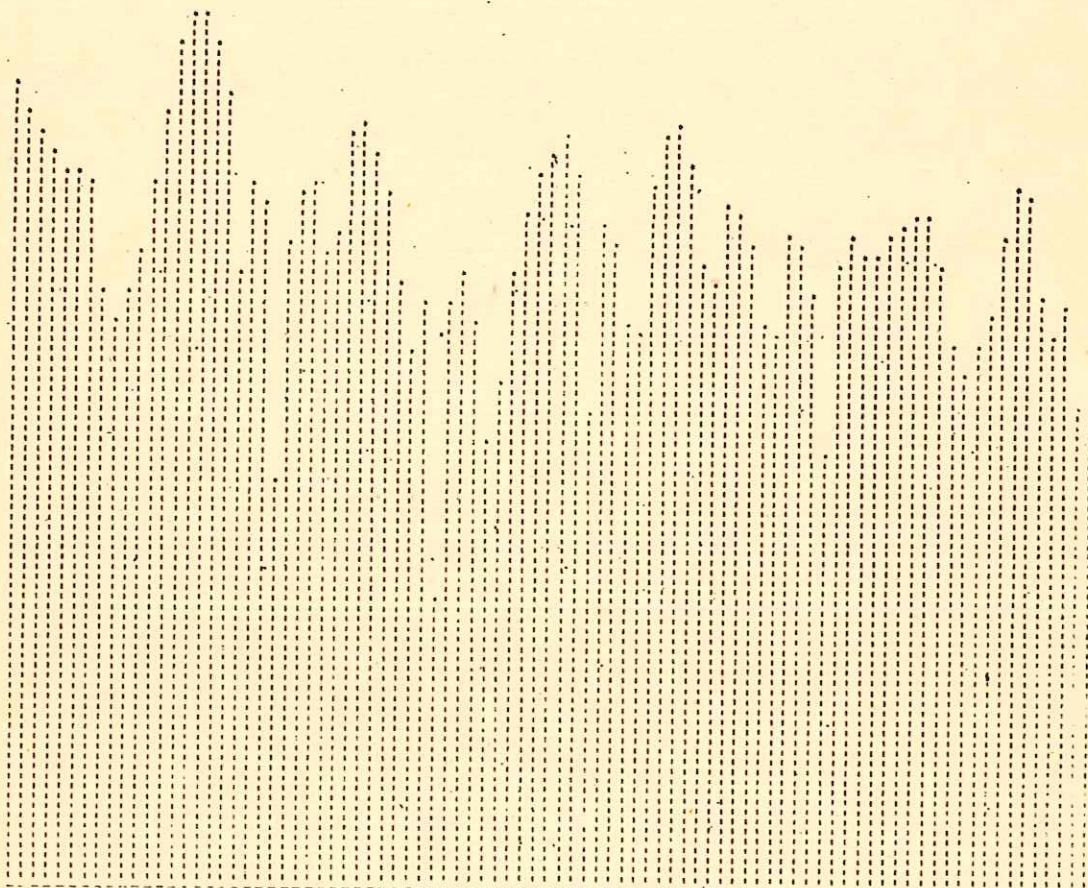
Ao digitalizarmos os sinais, o conversor estava calibrado numa frequência máxima de 20 KHz e utilizamos um filtro passa-baixa de 5 KHz em cada sinal.

Após utilizarmos o computador ~~obtivemos os~~ seguintes resultatados : (encontrados nas páginas subsequentes).

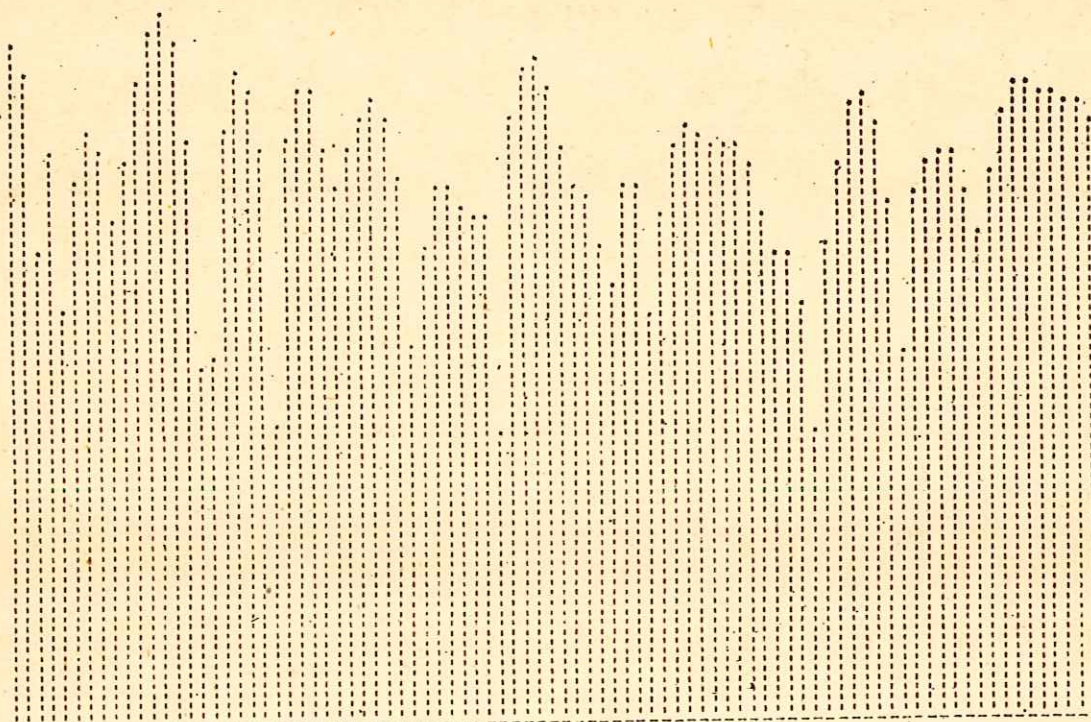
4. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - ANÁLISE DE DESOMIDIFICACÃO - 12/09/75

ANÁLISE DE DESOMIDIFICACÃO - 12/09/75





UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
NÚCLEO DE COMPUTAÇÃO ELETRÔNICA



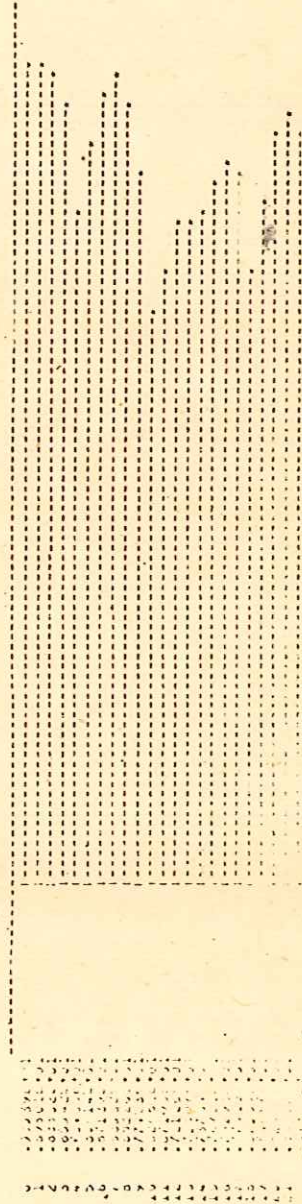
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
NÚCLEO DE COMPUTAÇÃO ELETRÔNICA

12/09/75

ANALISE DO AM CONJUGUADO

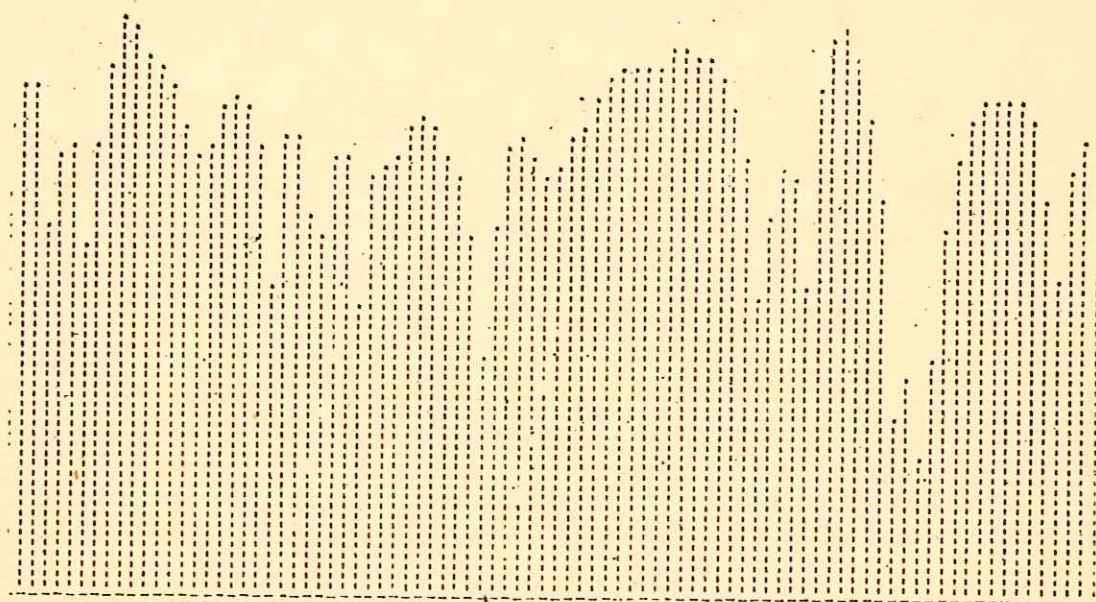
4 CONGRESSO DE ENQ. NAVAL

ANALISE DO AM CONJUGUADO





UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
NÚCLEO DE COMPUTAÇÃO ELETRÔNICA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
NÚCLEO DE COMPUTAÇÃO ELETRÔNICA

5. CONCLUSÃO

Esta técnica nos traz a vantagem de ser bastante rápida do ponto de vista experimental. Deixando a parte de análise para ser feita fora do navio, em laboratório, acarretando com isso uma precisão maior nos resultados.

BIBLIOGRAFIA

- 1 GOFF, K. W., "The application of correlation techniques to some acoustic measurements". JASA, 27 (2), 1955
- 2 MAX, J., "Traitement du signal", Tomo I, Masson e C^{1e} Editeurs, 1972.
- 3 MARCER, C. A., "Note on digital estimation of correlation function" Journal of sound and vibration, 27 (2), 1973

PAG. 3 JBES 126

* COPPE-FORTRAN *

19/09/75

APENDICE

LISTAGEM DAS SUBROTINAS E PROGRAMAS

```

SUBROUTINE GRAPH(LX,X)
DIMENSION X(01),IGRAF(101)
DATA IPCNT /'-:/'
DATA IBARRA / 1H& /
DATA IXIX / '*:/'
DATA IBR / ' ' /
IN=8
ICUT=5
XMIN=X(1)
XMAX=X(1)
WRITE(ICUT,79)
79 FORMAT(18X,'-----')
DO 1 K=2,LX
IF(X(K)-XMIN)80,2,2
80 XMIN=X(K)
2 IF(X(K)-XMAX)1,81,81
81 XMAX=X(K)
1 CONTINUE
IF(XMIN-XMAX)82,83,83
82 RANG=XMAX-XMIN
IF(XMIN.GE.0.)IND1=1
IF(XMIN.LT.0.)IND1=IFIX(ABS(XMIN*100./RANG+0.5))
DO 5 K=1,LX
IND=IFIX((X(K)-XMIN)*100./RANG+0.5)
IF(IND) 84,20,84

```

PAG. 4 JBES 126

* COPPE-FORTRAN *

19/09/75

```

84 IF(IND-101) 22,21,21
22 IF(IND-IND1)4,3,3
3 DO 12 L=1,101
12 IGRAF(L)=IBR
DO 9 L=IND1,IND
9 IGRAF(L)=IPONT
IGRAF(IND)=IXIX
GC TC 30
20 INC=1
4 DO 6 L=1,101
6 IGRAF(L)=IBR
DC 7 L=IND,IND1
7 IGRAF(L)=IPONT
IGRAF(IND)=IXIX
GC TC 30
21 DO 14 L=1,101
14 IGRAF(L)=IPONT
IGRAF(101)=IXIX
30 IGRAF(IND1)=IBARRA
KK=K-1
WRITE(ICUT,40)KK,X(K),(IGRAF(L),L=1,101)
40 FCRMAT(1X,14,1H,E12.5,1H,101A1)
5 CONTINUE
83 RETURN
END

```



PAG. 3 JBES 126 * COPPE-FORTRAN * 19/09/75

```

SUBROUTINE GRAFT(LX,X)
DIMENSION X(01),IGRAF(101),Y(8192),Q(8192)
DATA IPCNT /'-'/
DATA IBARRA / 1+8 /
DATA IXIX /'*'/
DATA IPR /' '/
IA=8
ICUT=5
N=LX
N2=N/2
DO 50 I=1,N2
Y(I)=X(I+N2)
50 CONTINUE
N2M1=N2+1
DO 51 I=N2M1,N
Y(I)=X(I-N2)
51 CONTINUE
DO 52 I=1,N
X(I)=Y(I)
52 CONTINUE
DO 53 I=1,N
Q(I)=I-N2-1
53 CONTINUE
XMIN=X(1)
XMAX=X(1)
WRITE(ICUT,79)

```



PAG. 4 JBES 126 * COPPE-FORTRAN * 19/09/75

```

79 FCMPAT(20X,'-----')
*-----')
DO 1 K=2,LX
IF(X(K)-XMIN)80,2,2
80 XMIN=X(K)
2 IF(X(K)-XMAX)1,81,81
81 XMAX=X(K)
1 CONTINUE
IF(XMIN-XMAX)82,83,83
82 RANG=XMAX-XMIN
IF(XMIN-GE.C.)INC1=1
IF(XMIN-LT.O.)INC1=IFIX(ABS(XMIN*100./RANG+C.5))
DO 5 K=1,LX
INC=IFIX((X(K)-XMIN)*100./RANG+C.5)
IF(INC)84,20,84
84 IF(INC-101)22,21,21
22 IF(INC-INC1)4,3,3
3 DO 12 L=1,101
12 IGRAF(L)=IBR
DO 9 L=INC1,INC
9 IGRAF(L)=IPONT
IGRAF(INC)=IXIX
DO 20 TO 30
20 INC=1
4 DO 6 L=1,101
6 IGRAF(L)=IBR
DO 7 L=IND,INC1
7 IGRAF(L)=IPONT
IGRAF(INC)=IXIX

```



PAG. 5 JBES 126

* COPPE-FORTRAN *

19/09/75

```

GC TC 30
21 DO 14 L=1,101
14 IGRAF(L)=IPCNT
   IGRAF(101)=IXIX
30 IGRAF(INC1)=IBARRA
   WRITE(ICUT,40)C(K),X(K),(IGRAF(L),L=1,101)
40 FORMAT(1X,16,1H ,E12.5,1H ,101A1)
5 CONTINUE
83 RETURN
   ENC

```

```

SUBROUTINE RMS(X,N,A)
DIMENSION X(8192),Y(8192)

```

C
C
C
C

ESTE PROGRAMA CALCULA A RMS DE LPA FUNCAO X DADA.

PAG. 6 JBES 126

* COPPE-FORTRAN *

19/09/75

C

```

SOMA=0.
DO 10 I=1,N
Y(I)=X(I)*X(I)
SOMA=SCMA+Y(I)
10 CONTINUE
A=SCMA/FLCAT(N)
RETURN
ENC

```





PAG. 3 JBES 126

* COPPE-FORTRAN *

19/09/75

```

C
C
C
SUBROUTINE FFTF(A,N,M,SIGN)
SIGN = 1. FOR FFT, SIGN = -1. FOR IDFT
FFT ROUTINE FOR COMPLEX DATA STORED IN COMPLEX ARRAY A
CUT IN BITREVERSE ORDER
N=2**M
DIMENSION A(N)
COMPLEX A,U,W,T
PI = 4.*ATAN(1.)
DO 20 L = 1,M
L1 = M-L+1
LE = 2**L1
LE1 = LE/2
U = (1., C.)
AA = -SIGN*SIN(PI/LE1)
W = CMPLX(COS(PI/LE1),AA)
DO 20 J=1,LE1
DO 10 I=J,N,LE
IP = I + LE1
T = A(IP)
A(IP) = (A(I)-T)*U
10 A(I) = A(I) + T
20 U = U*W
IF (SIGN) 15,15,25
15 DO 22 I=1,N
22 A(I) = A(I)/N
25 CONTINUE

```



PAG. 4 JBES 126

* COPPE-FORTRAN *

19/09/75

RETURN
END

```

SUBROUTINE BITREV (A,N)
DIMENSION A(N)
COMPLEX A,T
NV2=N/2
NM1=N-1
J=1
DO 7 I=1,NM1
IF (I.GE.J) GO TO 5
T=A(J)
A(J)=A(I)
A(I)=T
5 K=NV2
6 IF (K.GE.J) GO TO 7
J=J-K
K=K/2
GO TO 6
7 J=J+K
RETURN
END

```

PAG. 3 JBES 126 * COPPE-FORTRAN * 19/09/75

```

SUBROUTINE SAUT(B,N,M,X,DEP,DIP)
DIMENSION V(80),DIP(8192),DEP(8192),X(8192),Y(8192),XN(8192),
=W(8192),XP(8192),A(8192),B(8192),C(8192),R1(8192)
COMPLEX A,C,R1
IN=E
ICUT=5
N2=N/2

C
CCCC
CENTRALISACAO DA FUNCAO
CALCULO DA MEDIA

SCMA=0.0
DO 100 I=1,N2
SOMA=SCMA+B(I)
100 CCNTINUE
XMEC=SCMA/FLOAT(N2)
DO 110 I=1,N2
B(I)=B(I)-XMEC
110 CCNTINUE
N2M1=N2+1
DO 120 I=N2M1,N
B(I)=0.0
120 CCNTINUE
C

```

PAG. 4 JBES 126 * COPPE-FORTRAN * 19/09/75

```

C
C
CALCULO DA TRANSFORMADA DE FOURIER

DO 130 I=1,N
AA=B(I)
A(I)=CMPLX(AA,0.0)
130 CCNTINUE
SIGN=1
CALL FFTF(A,N,M,SIGN)
CALL BITREV(A,N)

C
C
CALCULO DA FUNCAO DE AUTOCORRELACAO

DO 140 J=1,N
C(J)=A(J)*CONJG(A(J))
140 CCNTINUE
SIGN=-1
CALL FFTF(C,N,M,SIGN)
CALL BITREV(C,N)
DO 150 K=1,N
R1(K)=(FLOAT(N)/FLOAT(N-N2))*C(K)
150 CCNTINUE
XNOR=REAL(R1(1))
DO 170 I=1,N
X(I)=REAL(R1(I))/XNOR
170 CCNTINUE

CCCC
P/ LISTAR A AUTOCORRELACAO USAR O SEGUINTE CONJUNTO

```



PAG. 5 JBES 126 * COPPE-FORTRAN * 19/09/75

```
CCCCCCCCCCCC
180. WRITE(ICUT,90)
    WRITE(ICUT,180)
    FCRMAT(////,10X,'GRAFICO DA AUTOCORRELACAO',/)
    CALL GRAFT(N,X)

    APLICACAO DA JANELA

    PI=3.14159
    IAK=N/3
    AF=PI/FLCAT(IAK)
    IK=IAK+1
    IK1=IK+1
    CC 190 I=1, IK
    W(I)=C.5+(0.5*CCS((I-1)*AF))
190 CCNTINUE
    CC 200 I=IK1,N2
    W(I)=0.0
200 CCNTINUE
    CC 210 I=2,N2
    C(I)=C(I)*W(I)
    C(N-I+2)=C(I)
```



PAG. 6 JBES 126 * COPPE-FORTRAN * 19/09/75

```
CCCCCCCCCCCC
210 CCNTINUE
    ESTIMACCR DA DENSIDADE ESPECTRAL

    SIGN=1
    CALL FFITF(C,N,M,SIGN)
    CALL BITREV(C,N)
    CC 211 I=1,N
    CP=REAL(C(I))
    CIP(I)=CP
    CEP(I)=ALCG10(CP)
211 CCNTINUE

    CENTRALIZACAO DA DENSIDADE ESPECTRAL DE POTENCIA

    SM=C.C
    SCMA=0.C
    CC 212 I=1,N
    SM=SM+CIP(I)
    SOMA=SCMA+CEP(I)
212 CCNTINUE
    XMI=SM/FLOAT(N)
    XME=SCMA/FLOAT(N)
    RETURN
    ENC
```

PAG. 3 JBES 126 * COPPE-FORTRAN * 19/09/75

```
SUBROUTINE SCROS(X,Y,N,M,XN,XM)
DIMENSION X(8192),Y(8192),XX(8192),YY(8192),CCR(8192),XN(8192),
= W(8192),XM(8192),B(8192)
COMPLEX XX,YY,CCR
IN=8
IOUT=5
```

ESTE PROGRAMA UTILIZA AS SEGUINTE SUBROTINAS BITRV,FFTIF,GRAPH E GRAFT.

ESTA PARTE DO PROGRAMA CALCULA A CROSSCORRELAÇÃO E CROSS-ESPECTRO

N REPRESENTA O NÚMERO DE PONTOS UTILIZADOS PARA O CÁLCULO.

M NÚMERO TAL QUE --- $N = M^2$ ---

```
N2=N/2
521 B(1)=Y(1)
CC 522 I=2,N2
B(1)=Y(I-1)+Y(I)
522 CCNTINUE
CC 523 I=1,N2
Y(I)=B(I)/2.
```

PAG. 4 JBES 126 * COPPE-FORTRAN * 19/09/75

523 CCNTINUE

P/ LISTAGEM DOS DADOS DA 1A. SÉRIE USE

```
WRITE(IOUT,30)
30 FORMAT(1H1)
WRITE(IOUT,620)
620 FORMAT(////,10X,'GRAFICO DA 1A SÉRIE DE DADOS',//)
CALL GRAPH(N2,X)
```

P/ LISTAGEM DOS DADOS DA 2A. SÉRIE USE

```
WRITE(IOUT,30)
WRITE(IOUT,630)
630 FORMAT(////,10X,'GRAFICO DA 2A SÉRIE DE DADOS',//)
CALL GRAPH(N2,Y)
```

```
SX=0.
SY=0.
CC 640 I=1,N2
SX=SX+X(I)
SY=SY+Y(I)
640 CONTINUE
XMX=SX/FLOAT(N2)
XMY=SY/FLOAT(N2)
CC 650 I=1,N2
```


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
NÚCLEO DE COMPUTAÇÃO ELETRÔNICA

PAG. 7

JBES 126

* COPPE-FORTRAN *

19/09/75

```

740 CCR(N-I+2)=CCR(I)
CONTINUE
ESTIMACCR DA DENSIDADE ESPECTRAL
SIGN=1
CALL FFTF(CCR,N,M,SIGN)
CALL BITREV(CCR,N)
DO 750 I=1,N
XM(I)=CABS(CCR(I))
750 CONTINUE

P/ LISTAR O CROSSSPECTRO USE
WRITE(ICUT,30)
WRITE(ICUT,760)
760 FORMAT(///,10X,'ESTIMADOR DA DENSIDADE ESPECTRAL',///,10X,
3'POCULC',//)
CALL GRAPH(N2,XM)

RETURN
END
```

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
NÚCLEO DE COMPUTAÇÃO ELETRÔNICA

ਅਮਰਨਾਥ

PAG. 4 JBES 126 * COPPE-FORTRAN * 19/09/75

```

WRITE(1CUT,2) (V(I),I=1,80)
2  FCRMAT(//////////,10X,ECA1)
  N=1024
  M=1C
  N2=N/2
  CC 20 I=1,3,2
  J=I+1
  REAC(IN,10)(XP(I,K),XP(J,K),K=1,N2)
10  FCRMAT(16I5)
20  CCNTINUE
  CC 4C I=1,2
  CC 30 J=1,N2
  XXP(J)=XP(I,J)
30  CCNTINUE
  CALL RMS(XXP,N2,AF)
  BP(I)=AF
40  CCNTINUE
  FATOR=BP(1)/BP(2)
  FATS=FATOR*FATOR
  CC 41 I=1,N2
  BP(I)=XP(3,I)
41  CONTINUE
  CALL SAUT(BP,N,M,X,DEP,S33)
  CC 42 I=1,N2
  X(I)=XP(4,I)
  Y(I)=XP(3,I)
42  CCNTINUE
  CALL SCROS(X,Y,N,M,XN,S43)
  CO 5C I=1,N

```

PAG. 5 JBES 126 * COPPE-FORTRAN * 19/09/75

```
50 SQ43(I)=S43(I)*S43(I)
   CONTINUE
   DO 60 I=1,N
   P1(I)=SQ43(I)/(FATQ*S33(I))
   S44(I)=ALOG10(P1(I))
60 CONTINUE
```

DF REPRESENTA O INCREMENTO DE FREQUENCIA DE PONTO P/ PONTO NOS
GRAFICOS DE SAICA. $DF = (20 / 1024) \text{ KHZ} = 19.4 \text{ HZ.}$

PARA SABER A FREQUENCIA NOS GRAFICOS MULTIPLICA SE O NUMERO DO
PONTO POR 19.4 HZ.

FREQ. DO PONTO = NUMERO DO PONTO X DF

```
70 WRITE(ICUT,70)
   FORMAT(1H1)
   WRITE(ICUT,80)
80 FORMAT(//////////,10X,'GRAFICO DO LOG. DA POTENCIA TRANSMITIDA PELA
   = FONTE',////)
   CALL GRAPH(N2,S44)
   CALL EXIT
```

PAG. 6 JBES 126 * COPPE-FORTRAN * 19/09/75
ENC

NOMENCLATURA

$X(t)$, $Y(t)$ - funções temporais aleatórias

t - tempo

$C_{xx}(T)$ - função de autocorrelação

T - atraso

$E \{ X(t) \}$ - esperança matemática de $X(t)$

$C_{xy}(T)$ - função de crossespectro

$F. \{ X(t) \}$ - transformada de FOURIER

FFT $| X(t) |$ - transformada de FOURIER RÁPIDA

f - frequência

$S_{xx}(f)$ - função de AUTOESPECTRO

$S_{xy}(f)$ - função de CROSSESPECTRO

$H(t)$ - função de transferência

$P(t)$ - Potência transmitida pela fonte.