

## APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO EM FOTOMETRIA ASTRONÔMICA

Jorge de Albuquerque Vieira

ABSTRACT - An application is made of the computation of autocorrelation functions as indicators of the syntactic content of photometric astronomical signals. A resolution function is designed to evidence, in such signals, structures of interest.

### I - Introdução

Em nossos esforços de implantação de uma linha de pesquisa em poluição urbana por técnicas astronômicas, como a do projeto ASTRA (ref. 1 e 2), adotamos uma linha de trabalho envolvendo o ruído do sinal fotométrico obtido.

A necessidade de estudar tal ruído reside no fato de que qualquer tentativa de estabelecer uma função de transferência da atmosfera, seja por suas propriedades intrínsecas ou pela poluição, depende de um conhecimento minucioso das características do mesmo.

O método proposto nas citadas referências envolve a eliminação do "ruído de fundo" luminoso do céu, por subtração, e a eliminação de outros tipos de ruído por meio de uma média adequada nos registros obtidos, em cada observação.

O que propomos a seguir é não eliminar tal ruído, estudando suas características e propriedades. A eliminação do ruído, como feita comumente, pode levar a perda de informação, principalmente quando o conteúdo em informação de uma mensagem é desconhecido em seu potencial total, como acontece com os sinais astronômicos, gerados em circunstâncias alheias ao nosso meio ambiente e conhecimento estabelecido.

### II - Aspectos teóricos

Para os fins propostos, achamos mais conveniente iniciar tal estudo por meio de uma visão semiótica, ou seja, por uma análise da linguagem fotométrica nas circunstâncias particulares em questão, envolvendo a poluição.

A análise de correlação é um dos caminhos para esse enfoque (o outro envolve a teoria da informação).

Nesse tipo de estudo, a idéia básica é dada pela chamada função de correlação. Uma função de correlação que é construída por meio de um só sinal será dita função de autocorrelação (FAC) e aquela que for construída por meio de sinais diversos será dita função de intercorrelação (FIC).

As aplicações maiores da FAC encontradas na bibliografia em geral são relativas à obtenção do espectro de frequências do sinal estudado, por aplicação da transformada de Fourier à FAC dos mesmos (teorema de Wiener-Khintchine, vide p. ex. refs. 4 e 5).

Em nosso caso, vamos utilizar a FAC como uma medida do conteúdo sintático, logo semântico, dos sinais fotométricos envolvendo poluição.

Em outras palavras, queremos saber até que ponto a interação da cintilação atmosférica e a poluição sobre o registro fotométrico é um processo vazio de significado, um ruído a ser evitado.

A FAC, definida por

$$R_{g,g}(\zeta) = \lim_{T \rightarrow \infty} (1/T) \int_0^T g(t)g(t+\zeta) dt \quad (1)$$

é uma generalização do conceito de coeficiente de correlação; esse coeficiente, como definido em estatística, mede a correlação ou dependência entre dois conjuntos de dados. A forma integral acima permite dizer como esse coeficiente varia com um defasamento  $\zeta$ , em tempo, entre duas séries temporais. Um progressivo e crescente defasamento permite que, no caso de (1), a linguagem (conjunto de símbolos mais sintaxe que caracterizam o sinal) seja comparada com ela mesma (caso da FAC) ou com outra qualquer, caso em que (1) seria escrita para dois sinais diversos e teríamos uma FIC.

Essa comparação permite exprimir a faixa finita de influências intersimbólicas que definem a sintaxe do sinal.

Se esse sinal representa um fenômeno físico caracterizado por um comportamento típico no tempo, uma lei, o seu conteúdo sintático existirá, devido ao significado intrínseco (semântica) que o observador busca para "entender" a informação.

Mas se fenômeno é ruído puro, com um mínimo de informação, sua sintaxe no sinal registrado também será mínima, assim como o conteúdo semântico, tendo uma faixa de influência intersimbólica limitadíssima.

Tanto a FAC como a FIC são definidas, na forma (1), para sequências simbólicas ergódicas, mas em nosso estudo inicial não vamos nos restringir a essa idéia, o que nos permitirá evitar o limite indicado na integral, em troca de um "relaxamento" no rigor matemático (vide, p. ex., ref. 7).

Para calcular a FAC, de acordo com a expressão (1), adotamos a forma:

$$c_{\zeta} = (1/N) \sum_{t=0}^{N-1-\zeta} (g_t - \bar{g}) (g_{t+\zeta} - \bar{g}) \quad (2)$$

e então definimos o coeficiente de correlação de ordem  $\zeta$  como

$$r_{\zeta} = c_{\zeta}/c_0 \quad (3)$$

onde

$$\bar{g} = \sum_{i=0}^{N-1} g_i / N \quad (4) \quad e$$

$$c_0 = (1/N) \sum_{t=0}^{N-1} (g_t - \bar{g})^2 \quad (5)$$

para  $\zeta = 0, 1, 2, \dots, N-1$

A formulação acima permitirá eliminar do sinal o valor esperado da intensidade luminosa da estrela, constante para pequenos períodos de observação, construindo-se  $r_{\zeta}$  somente com as flutuações do sinal.

Esse fator indicará, portanto, o alcance da influência intersimbólica nas linguagens registradas. Podemos ainda fazer um outro estudo dos sinais usando a análise de correlação, voltada para os aspectos de forma do registro. É a aplicação do método de Black (ref. 3).

Esse método consiste no dimensionamento de uma função resolução ou "varredura", com o fim de, percorrendo o registro, gerar um espectro de correlação que "amplifique" estruturas confusas devido ao nível de ruído, desde que essas estruturas sejam coerentes com a função dimensionada. (Para aspectos do conceito de função de resolução, ver, p. ex., a ref. 9).

É necessário frisar que, para isso, a função "vê" estruturas que tenham alguma preponderância sobre o nível de ruído, embora difíceis de discernir por julgamento de um observador. É uma técnica matemática que visa eliminar o limite perceptivo visual do mes

mo, na análise dos dados.

Como desenvolvido na ref. 3, a aplicação da função de resolução resulta em

$$R_{\zeta} = N_0 \sum_{t=0}^{N-1} \left[ \exp\left\{ -(t-t_0)^2/b^2 \right\} \right] \left[ g_{t+\zeta} - (A_{\zeta} + \sqrt{A_{\zeta}}) \right] \quad (6)$$

onde adota-se uma forma gaussiana para a função de resolução porque os picos que surgem nos dados experimentais têm essa forma, aproximada ( $\text{fwhm} = 2b (\ln 2)^{1/2}$ ).

$$A_{\zeta} = (1/M) \sum_{n=\zeta}^{\zeta+m-1} g_n \quad (7)$$

onde  $M$  é a largura da função resolução e  $N_0$  um fator que pode ser escolhido de acordo com as necessidades (normalização, p. ex.).

Os parâmetros a projetar são:  $M$  e a  $\text{fwhm}$ . Segundo a referência, se a largura média dos picos no espectro de dados é  $W$ , então  $M \cong (2/3) W$ .

O método foi aplicado para uma única largura da função de resolução, segundo as características dos dados, com os seguintes parâmetros:

$$W = 1,5 \quad t_0 = -0,75 \quad M = 3 \quad b = 0,6$$

Nesse caso, a expressão (6) reduz-se a

$$R = 1,39 g_{\zeta} - 0,69 g_{\zeta+1} - 0,69 g_{\zeta+2} - 2,098 \sqrt{(1/3)(g_{\zeta} + g_{\zeta+1} + g_{\zeta+2})}$$

a qual trabalhamos em nossa calculadora de mesa.

### III - Dados observacionais

Como desenvolvido nas refs. (1) e (2), o método observacional para estudo de poluição consiste em rastrear fotometricamente uma determinada estrela, desde a sua passagem pelo meridiano até o horizonte ou vice-versa.

Sua informação é então (no presente caso) registrada em uma fita de papel, sob forma contínua. Esse registro, além das informações quanto ao fluxo luminoso emitido pela estrela, contém informes quanto às componentes de poluição, cintilação, ruído intrínseco do instrumental e a influência das limitações mecânicas da pena do registrador.

Esse dispositivo tem uma determinada inércia, de modo que

a sua resposta em amplitude e frequência é superiormente limitada.

Mas apesar dessas limitações, o sinal medido pode caracterizar muito bem as condições de observação. Sua forma varia, p.ex., com o conteúdo de poluentes do ar, ruído luminoso de fundo devido à Lua, luzes da cidade, etc., assim como estados de turbulência da atmosfera; varia também com a direção da linha de visada.

Sob esse ponto de vista, as variações nas formas dos sinais indicam conteúdos sintáticos definidos para definidas condições de observação. Em primeira aproximação, podemos tentar obter critérios para classificar fotometricamente as noites de observação, função da estação do ano, microclima, condições geográficas e evolução dos processos poluentes.

Trabalhamos com dois filtros, B e V, de modo a evidenciar o grau de interação entre o feixe luminoso e o meio quanto à coerência entre comprimento de onda e tamanho de partícula em suspensão, para faixas espectrais particulares.

Obtido o registro em papel, forma contínua, o mesmo deve ser "lido" para poder ser trabalhado. Para isso, precisamos fazer uma partição no sinal, uma amostragem no domínio do tempo. Essa amostragem deve exprimir, com o máximo de precisão, o sinal contínuo.

Para obter essa precisão, devemos trabalhar com o chamado critério de Nyquist (refs. 4 e 8), onde o número  $n$  de amostras obtidas pela aplicação de uma determinada partição ao sinal deve ser tal que  $n > 2T \Delta f$ , onde  $T$  é o tempo de duração do registro e  $\Delta f$  é a faixa de frequências que caracteriza o sinal.

Em nosso caso, uma contagem de picos em vários registros revela, de forma grosseira, que  $\Delta f$  é no máximo igual à 5 Hz.

Ou seja, para um registro de duração de 5 segundos e  $\Delta f = 5$  Hz, devemos ter  $n$  da ordem de 50, para garantir uma amostragem confiável. Com o nosso registrador gráfico, esse valor de  $n$  é obtido quando trabalhamos com a velocidade máxima do papel.

Apesar do baixo valor de  $\Delta f$ , ou seja, apesar do instrumental ser em si mesmo um filtro passa-baixa, os sinais obtidos são suficientes para caracterizar as condições astronômicas diversas, como poderá ser visto na análise de dados.

Na aplicação feita, estivemos interessados em verificar aspectos gerais da FAC e do método de Black e por isso utilizamos so-

mente a nossa calculadora de mesa HP 9810 A, que pode trabalhar com um número relativamente pequeno de dados. O objetivo final é o trabalho em um computador de grande porte.

Um pequeno número de dados significa um pequeno tempo de observação, segundo o critério de Nyquist adotado.

O sistema fotométrico utilizado consistiu em: um telescópio coudé (Zeiss 150/2250), um fotômetro de laboratório (Pacific Photometric Instrument - PPI - modelo 110), uma célula fotoelétrica de alta eficiência quântica (RCA 1P21) e um acoplador de telescópio (PPI modelo 401) contendo filtros (sistema UBV padrão) e diafragmas (com oito aberturas). O registrador gráfico utilizado foi um modelo de 1 canal, fabricado por Equipamentos Científicos do Brasil, modelo RB 101.

Listamos as observações selecionadas, ordenadas de forma a facilitar a análise:

Observação (1)

Data: 28/09/1977

Estrela: iota Piscium

Filtro: V

Diafragma: 4 (equivale a 1' 49" de arco)

Esc. do fotômetro:  $10^{-7}$  A.

Veloc. papel do regist.: 30 cm/min (não satisfazendo critério de Nyquist).

Capacitor para integração: 200 F

Tensão de operação: 1030 V

Massa de ar (sec z): 1,2271

Tempo de observação: 10 segundos

Observação (2)

Data: 24/10/1977

Estrela: iota Piscium

Filtro: V

Diafragma: 4

Esc. do fotômetro:  $3 \times 10^{-7}$  A

Veloc. papel do regist.: 60 cm/min (satisfazendo critério de Nyquist).

Capacitor para integração: 200 F

Tensão de operação: 1030 V

Massa de ar: 1,4219

Tempo de observação: 5 segundos

Observação (3)

Mesmos dados da obs. (2), para filtro B

Observação (4)

Mesmos dados da obs. (2), para massa de ar: 4,0339

Observação (5)

Mesmos dados da obs. (1), para filtro B

Observação (6)

Data: 14/06/1976

Estrela: alfa Scorpii

Filtro: V

Diafragma: 2 (equivale a 3' 51" de arco)

Esc. do fotômetro:  $10^{-7}$  A.

Veloc. papel do regist.: 30 cm/min (não satisfazendo critério de Nyquist)

Tensão de operação: 960 V

Massa de ar: 1,3326

Tempo de observação: 10 segundos

As observações (2), (3) e (4) foram realizadas em noite de luar intenso, para verificar a influência desse tipo de ruído.

As observações (1) e (5) foram feitas também com luar, mas em condições bem melhores (ruído de fundo menor, luar mais fraco).

A observação (6) é referente a uma noite de intensa formação de nebulosidades sobre a estrela.

Na elaboração dos programas para a calculadora de mesa, na redução dos dados, contamos com o apoio dos professores Getúlio Vi- lar e José Adolfo Campos.

#### IV - Análise

a) Resolução e informação: Nos registros obtidos, a leitura foi feita milímetro a milímetro, limite adotado como aquele que podíamos ler com certeza, com máxima precisão.

Para  $\zeta = 0$ , a linguagem é comparada com ela mesma, na FAC e o coeficiente de correlação é  $r_0 = 1$ .

Quando  $\zeta$  cresce, a linguagem é "deslocada" em relação a si mesma; esse deslocamento é feito por sucessivos valores inteiros de  $\zeta$ . A unidade adotada para  $\zeta$ , corresponde, nos gráficos, a 0,1 segundos para os casos satisfazendo Nyquist e 0,2 segundos para os

que não satisfazem. A unidade de deslocamento adotada coincide com a partição feita, de modo que pudéssemos "varrer" com a maior precisão possível o alcance da influência intersimbólica.

Quando temos um ruído, vazio de informação, sua faixa de influência intersimbólica é muito reduzida e a sua FAC cai, a partir de  $r_0 = 1$ , muito rapidamente (o ruído só consegue ser coerente consigo mesmo). Matematicamente, a FAC do ruído assemelha-se a um Delta de Dirac, com valor unitário na origem e zero para qualquer outro ponto. Na prática, devido à partição finita que podemos fazer, o valor da FAC cai gerando um pico de largura finita na origem, e daí por diante oscila em torno do valor zero, sem anular-se inteiramente.

Como os nossos dados são obtidos em experimentos de resolução finita, esse tempo de resolução também surge na curva de FAC: se esse tempo é menor que o de partição, será contido por este último; se for maior, nossa partição não fará sentido. (Em experimentos com sinais que possam ser registrados com extrema precisão e com uma partição muito "fina", o tempo de resolução torna-se evidente, como um pico muito fino iniciando a curva de FAC. Quando dissemos que a partição não fazia sentido nos referimos à necessidade de olhar o nosso registro como resultante de um processo de convolução entre a função de resolução do sistema e o sinal de entrada; em nosso caso, tempo de partição maior que o de resolução, não levaremos em conta esse efeito).

A observação (6) pode elucidar esse aspecto. Sua FAC é típica do ruído branco (fig. I-B) e a "queda" inicial da curva é toda feita dentro do tempo unitário de partição, contendo a resolução.

Lembramos que a partição feita equivale à aplicação de uma função resolução, matematicamente, já que então admitimos que dentro de cada intervalo de partição as ordenadas da curva são constantes e iguais a um valor médio, o que já deforma a curva. O que o critério de Nyquist garante é o mínimo de informação suficiente para caracterizar o sinal original, informação essa que pode ser aumentada se for possível uma partição mais "fina".

Para maiores detalhes desse problema, vide ref. 11.

Nas demais observações, a curva de FAC decresce mais suavemente. Isso indica que há um alcance sintático dentro da linguagem dos registros, o que permite classificar os fenômenos quanto



ao seu conteúdo de informação.

b) A FAC como média: A FAC representa uma média no tempo e sob esse ponto de vista deve refletir o sinal estudado em sua estrutura básica, através da qual podemos inferir durações médias em tempo de fenômenos típicos.

Nas observações típicas, é visível que os picos das respectivas FAC concordam em número com os picos dos sinais, quando olhados em sua estrutura dominante, desprezando-se pequenas flutuações.

A simples inspeção visual de um sinal não é suficiente para inferir seu teor de sintaxe e, por consequência, a evidência de fenômenos físicos específicos ocorrendo; a FAC é mais poderosa para tal: por exemplo, o sinal da Fig. II (A e B), apesar de sofrer uma variação em amplitude mais "dramática" que o da Fig. IV (A e B), tem uma sintaxe mais rica que a o último.

No exemplo citado, Fig. IV, temos o sinal da estrela obtido com filtro V quando o astro achava-se bem próximo do horizonte, com elevado nível de poluentes, névoa e ruído de fundo (Lua cheia). Já a fig. II é relativa a sinal obtido com filtro V, em outra noite, mas com a estrela alta, longe da influência da poluição das camadas mais baixas da atmosfera.

A Fig. III mostra um sinal obtido com filtro B, estrela razoavelmente alta no horizonte. Esse sinal foi prejudicado por um intenso ruído de fundo lunar, como o da Fig. II.

Como decidir entre a preponderância do comportamento atmosférico e o da poluição?

O senso comum espera que a turbulência do ar ocupe um volume médio (definindo uma seção de interação) maior que o ocupado por partículas em suspensão, levando a variações mais duradouras em tempo. Por exemplo, na Fig. II teríamos o domínio da cintilação em contrapartida com a Fig. IV, onde fenômenos mais rápidos denotariam a poluição baixa no horizonte. (Não estamos levando em consideração, nesse raciocínio, o problema do ruído instrumental).

Notamos também que as FAC dos sinais em B são mais "ruidosas" que as dos sinais em V. Uma interpretação para o fato é que, em B, lidamos com menores comprimentos de onda, de tamanho mais próximo das dimensões típicas da maioria das partículas em suspensão, enquanto que em V os comprimentos de onda aproximam-se mais, em tamanho, das dimensões típicas das não-homogeneidades de densidade at -

mosférica. De maneira geral, é necessário um estudo de ótica da atmosfera para elucidar os aspectos acima e uma sistematização de observações, mantendo constante o máximo possível de parâmetros.

c) O método de Black: Seus resultados são representados pelas curvas tracejadas, nas figuras designadas por "A".

A aplicação do método aos sinais resultou em espectros de correlação negativos. Segundo os resultados da ref. 3, isso significa que não há nenhuma estrutura que possa caracterizar um pico representativo de algum fenômeno, dentro o ruído. Mas é preciso lembrar que os sinais trabalhados por Black são contagens de neutrons, em trabalhos de técnica de tempo de voo, medidas de seção de choque, etc. onde normalmente o ruído é constante.

A flutuação estatística é então relativamente pequena e não é decisiva no resultado final. Mas em nosso caso, o próprio sinal é ruído, sob certo aspecto. É necessário lembrar o caráter pragmático do conceito de ruído. Para Black, um nível constante da contagem de neutrons é ruído, desde que não proveniente da fonte estudada. Para nós, o sinal é o ruído gerado pela cintilação ou poluição e o que queremos é verificar a possibilidade de destacar um tipo de ruído do outro. No nosso caso, a flutuação estatística  $\sqrt{A_{\zeta}}$  importa muito e os resultados serão sempre negativos.

Mas podemos utilizar o método não no sentido de isolar estruturas anômalas quanto à maioria, mas no sentido de selecionar, por meio de uma função de resolução adequadamente dimensionada, certas estruturas que tenham uma duração em tempo bem definida, o que complementaria as idéias anteriores, fornecidas pelas curvas de FAC.

Para isso, comparamos o sinal original e o trabalhado: somamos a esse último um nível positivo constante e depois normalizamos os dois sinais, para que pudessem ser comparados com mais facilidade.

O método, como já dito, foi aplicado para uma única largura de pico, devido às limitações de computação.

Nosso primeiro passo foi dimensionar a função resolução mais simples possível, aquela baseada na menor largura de pico dos dados, que é o próprio tempo de partição. O desenvolvimento matemático reduziu a expressão do espectro de correlação a um único termo, negativo, proporcional a  $\sqrt{A_{\zeta}}$ : trabalhando no limite da resolução gráfica, a função resolução só "vê" a flutuação estatística.

A seguir adotamos a largura de pico ligeiramente maior que o intervalo de partição e satisfazendo à condição  $M \approx 2W$ .

O sinal de aproximadamente igual deve-se ao fato de que  $M$  deve sempre ser inteiro, enquanto podemos ter uma largura de pico fracionária. O método em si tem uma limitação nesse sentido, a função de resolução nem sempre é perfeitamente adaptada aos dados.

A construção desses espectros de correlação envolve uma outra limitação: em sinais contaminados por ruído, se o mesmo não é constante, o espectro resultante, além de "amplificar" o sinal, o distorce. Um exemplo clássico, em física de neutrons, é quando lidamos com ruído gerado por efeito Compton, em vez de um nível constante. (ver ref. 9). Mas os picos não têm a sua posição alterada.

Em nosso caso, não podemos falar de um ruído constante e alguma deformação é esperada.

Como, em cada grupo de 50 dados, nos 2 primeiros e nos 2 últimos a "fenda" resolutiva não superpõe-se integralmente ao sinal, esses pontos do espectro obtido não são confiáveis.

Usando a ordenação dos sinais como mostra a sequência das figuras (ordenadas por crescente complexidade das FAC) notamos que os espectros obtidos, quanto às suas estruturas, fogem dessa ordenação.

O sinal original e o espectro surgem mais ou menos distanciados e com seus valores máximos iguais a 1. Um maior afastamento significa que, nesse caso, são poucos os picos no sinal de largura da ordem de grandeza da largura da "fenda" gaussiana empregada.

Curvas próximas significam que o sinal é possuidor de picos coerentes com a "fenda" em número razoável. De fato, os casos em que as curvas estão separadas são os de sinais de estruturas de maior duração em tempo, enquanto que nos demais temos estas mais estreitas.

São os casos que não satisfazem à Nyquist (só colocamos em gráfico um deles, o da formação de névoa). Nas figuras II, III e IV as curvas se aproximam, mostrando a existência de picos de largura 0,3 segundos em maioria ( $M = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,1 = 0,3$ ).

Nas figuras II e IV, notamos que as duas curvas estão mais levemente separadas na IV, o que mostra como esse sinal foi "alisado" pela extinção maior, próxima do horizonte.

Para as fig. II e III, medidas tomadas à praticamente a

mesma altura, em B e V, a curva do sinal em B é ultrapassada pelo seu espectro, indicando picos finos em abundância, enquanto que em V o espectro permanece abaixo do sinal. Ou seja, o filtro B, como esperado, transmite fenômenos de duração em tempo menor.

O método de Black permite distinguir fenômenos típicos em duração para cada noite de observação e mostra o efeito dos filtros, logo o tipo de interação que ocorre ao longo do espectro de comprimentos de onda.

Existem ainda outros aspectos. O método melhora a resolução visual, quando desejamos discernir picos secundários em picos de forma complexa. (Nos gráficos, picos que na curva original são menos intensos que os adjacentes, surgem no espectro mais evidentes que esses últimos. Essa seleção é feita pela maior coerência entre "fenda" e picos).

Regiões de curvas aparentemente planas, por não haver resolução gráfica suficiente, surgem caracterizadas por picos no espectro.

Mas quanto a esses aspectos "finos", lembramos a possibilidade já citada de deformações impostas pela função de resolução finita.

Toda a análise é restrita a um único valor de  $M$ . É necessário ainda variar  $M$ , mas isso só será possível em um computador de grande porte.

## V - Conclusões

Através da análise feita, concluimos que:

a) Para noites de intensa formação de nebulosidades obtemos ruído gaussiano branco, o que é expresso pelas FAC semelhantes a um Delta de Dirac.

b) As curvas de FAC permitem avaliar os sinais como médias em tempo e suas faixas de influências intersimbólicas, o que no nosso caso é importante na análise dos diversos tipos de ruído envolvido.

c) O método de Black é eficiente em caracterizar a noite fotométrica através da coerência entre a série temporal gerada pelos fenômenos de interação na atmosfera com o feixe luminoso da estrela, e a largura da função resolução projetada.

d) Ambos os métodos, o da FAC se aumentando o tamanho da série temporal amostra e o de Black se feita uma variação no valor do parâmetro M, podem servir de base para um critério quantitativo de algum rigor para classificar as noites fotométricas e distinguir tipos de ruído, logo nível de cintilação e tipos e variabilidade de poluentes.

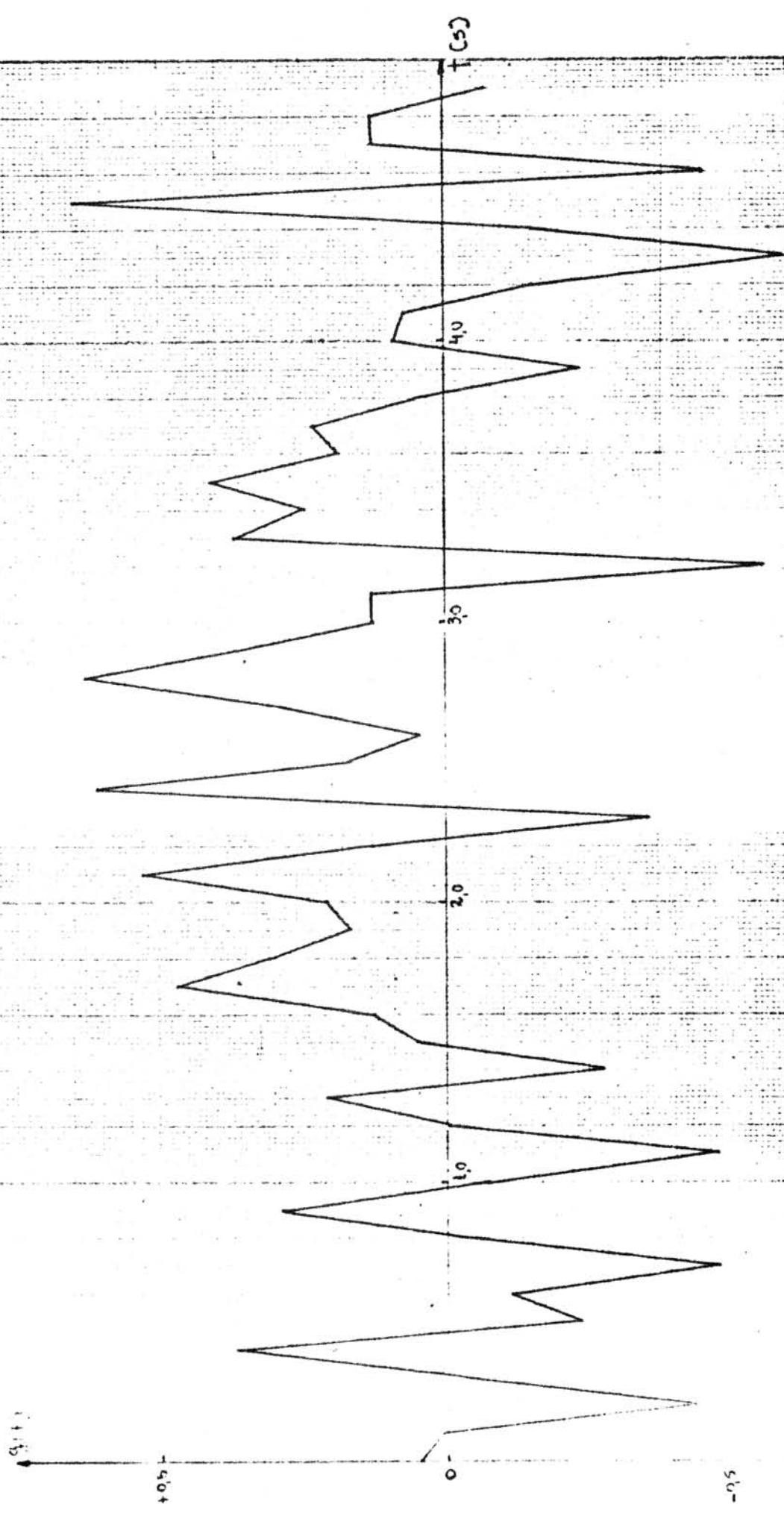
e) É necessária uma sistematização nas observações, fixando alguns parâmetros (massa de ar, estrela observada, condições da noite quanto ao comportamento lunar, filtro, etc.) para a obtenção de dados compatíveis realmente entre si, mostrando as condições locais em caráter fino.

Fixando os parâmetros em outras condições (estrela baixa, por exemplo), podemos analisar com precisão a variação do nível de ruído, pela variação entre as sintaxes das FAC típicas dos dois casos.

f) Dados básicos assim obtidos levariam a médias, cada uma representativa de um conjunto de condições observacionais, o que feito ao longo de meses pode indicar variações de longo período.

g) A análise que fizemos quanto à duração em tempo das estruturas é um reflexo do comportamento do espectro de frequências do sinal, expresso pela transformada de Fourier da FAC.

Fig. I-A Observação (6)-Sinal registrado(resíduos  $\hat{\epsilon}_t - \hat{\epsilon}$ )



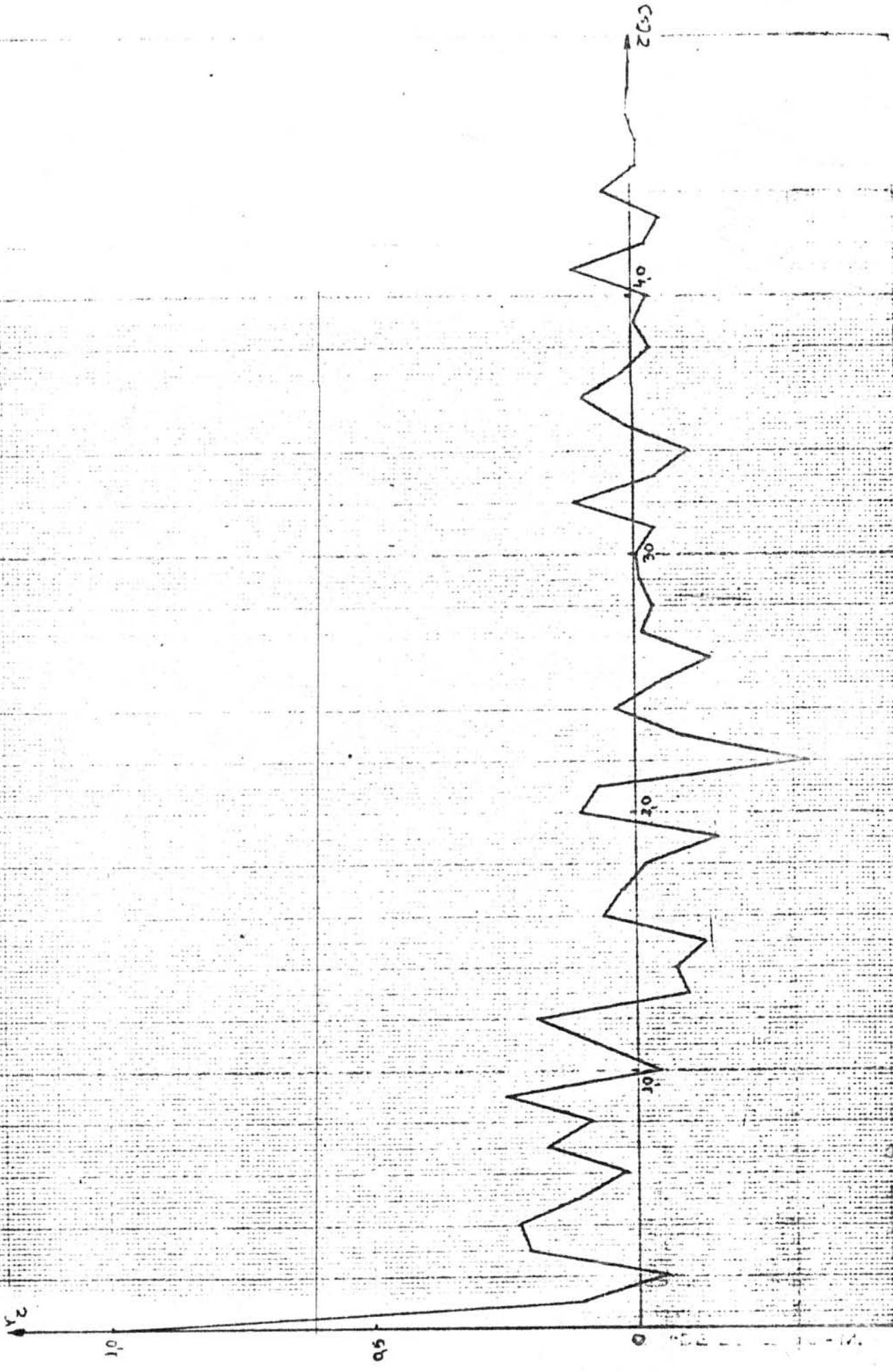


Fig. II-A Observação (2)-Sinal registrado e espectro de Black

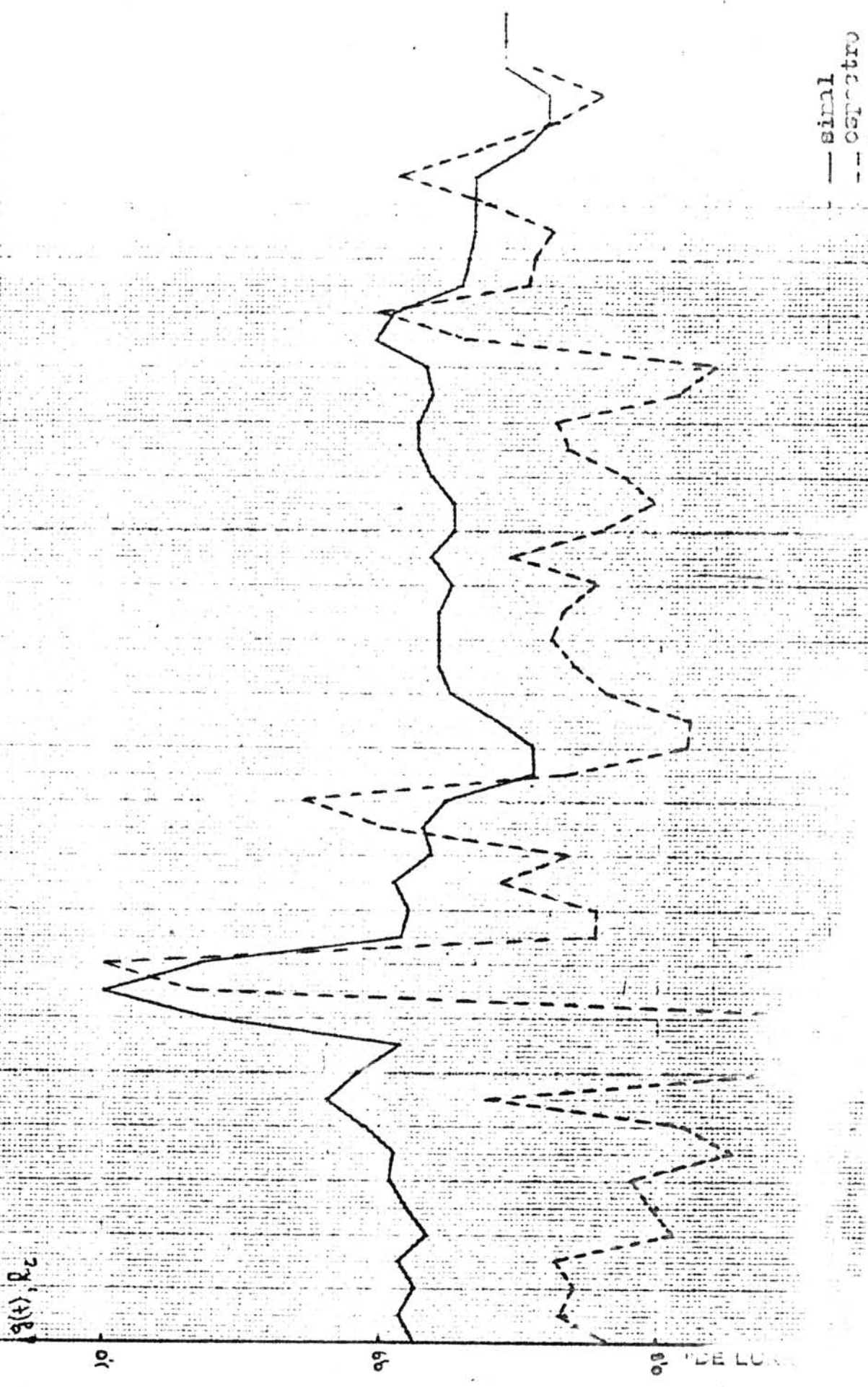
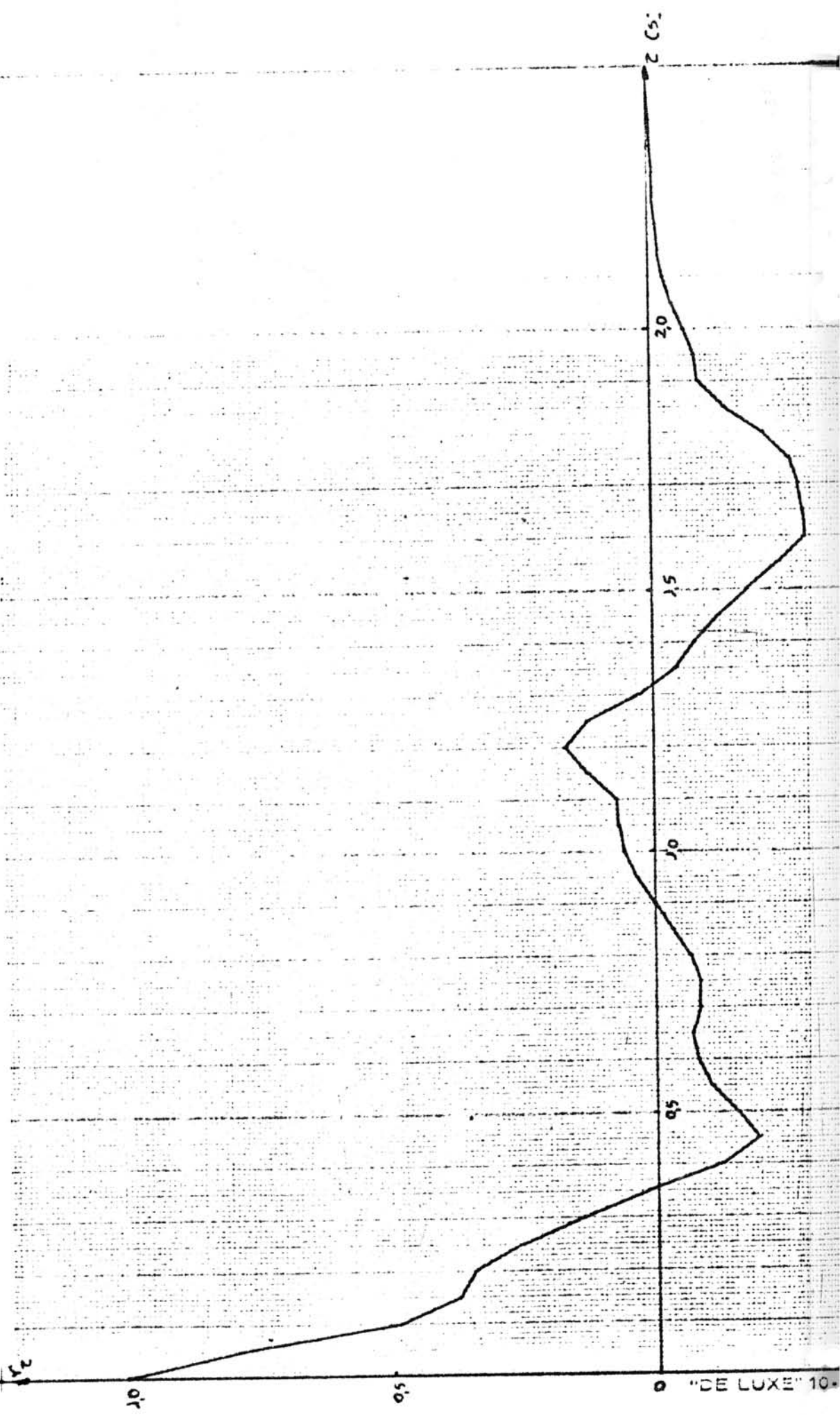
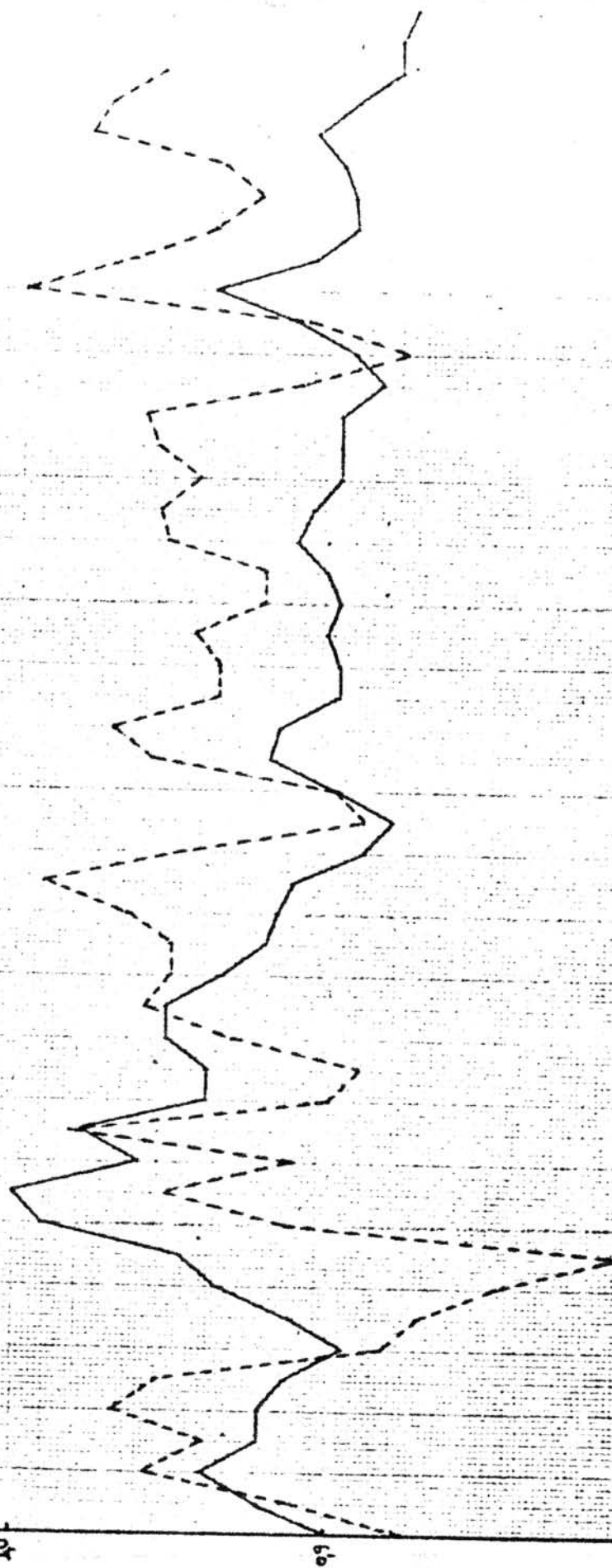




Fig. II-B Observação (2) - FAC



— signal  
- - - spectrum



22 (1) 8

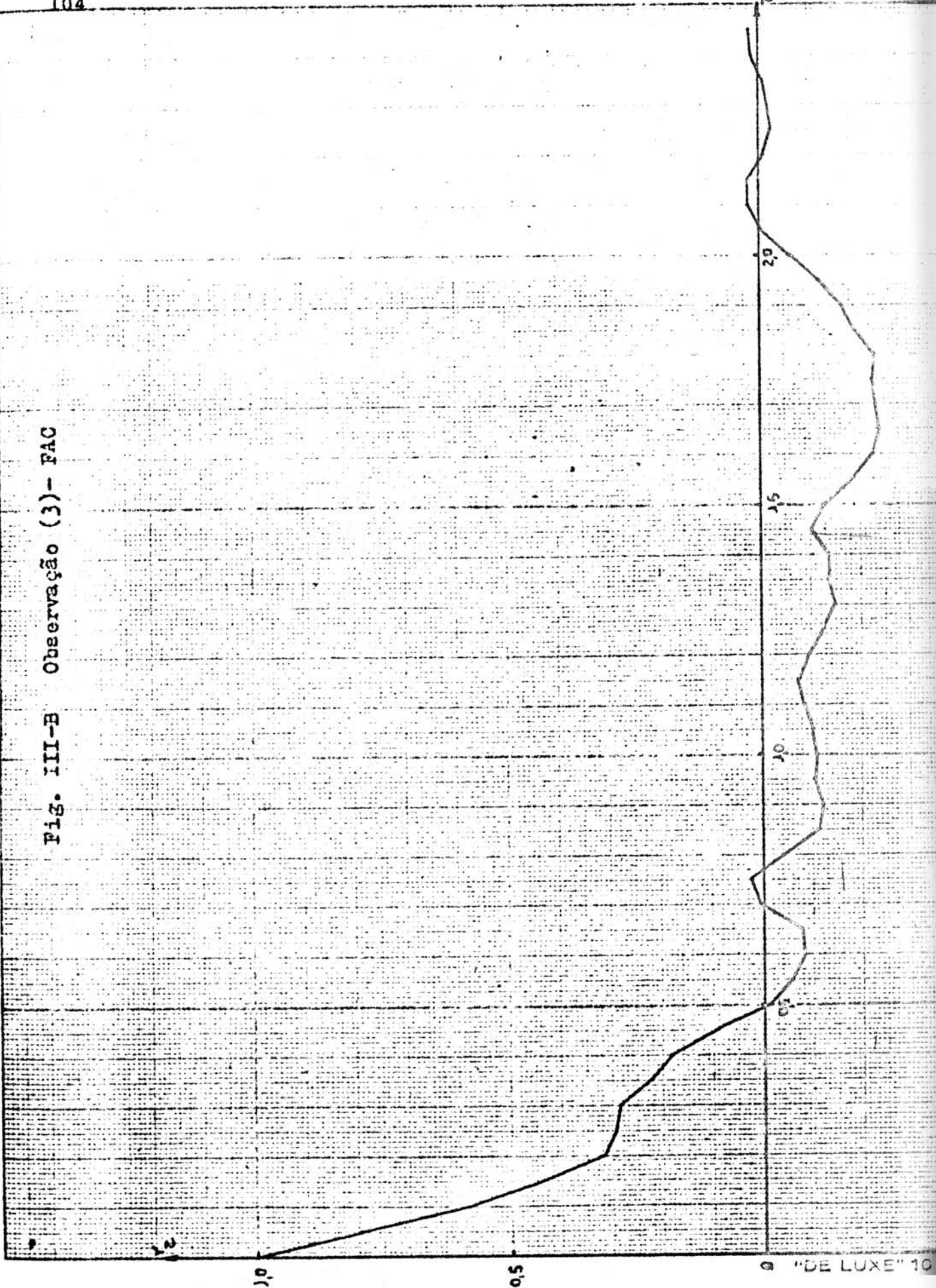
0%

50%

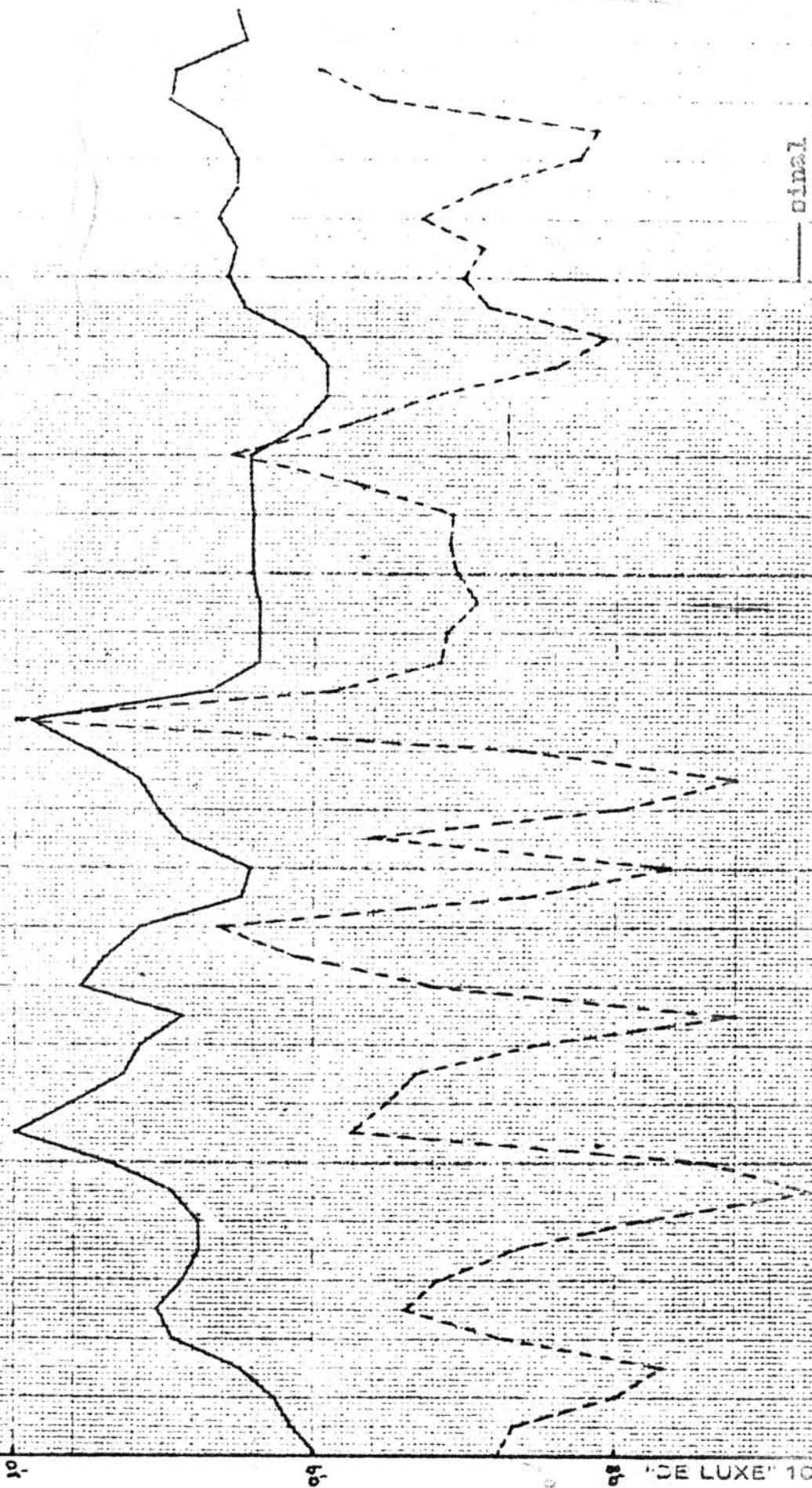
80%

"DE LUXE" 10-M.

Fig. III-B Observação (3) - FAC



$g(t), R_z$



dinal  
capetro

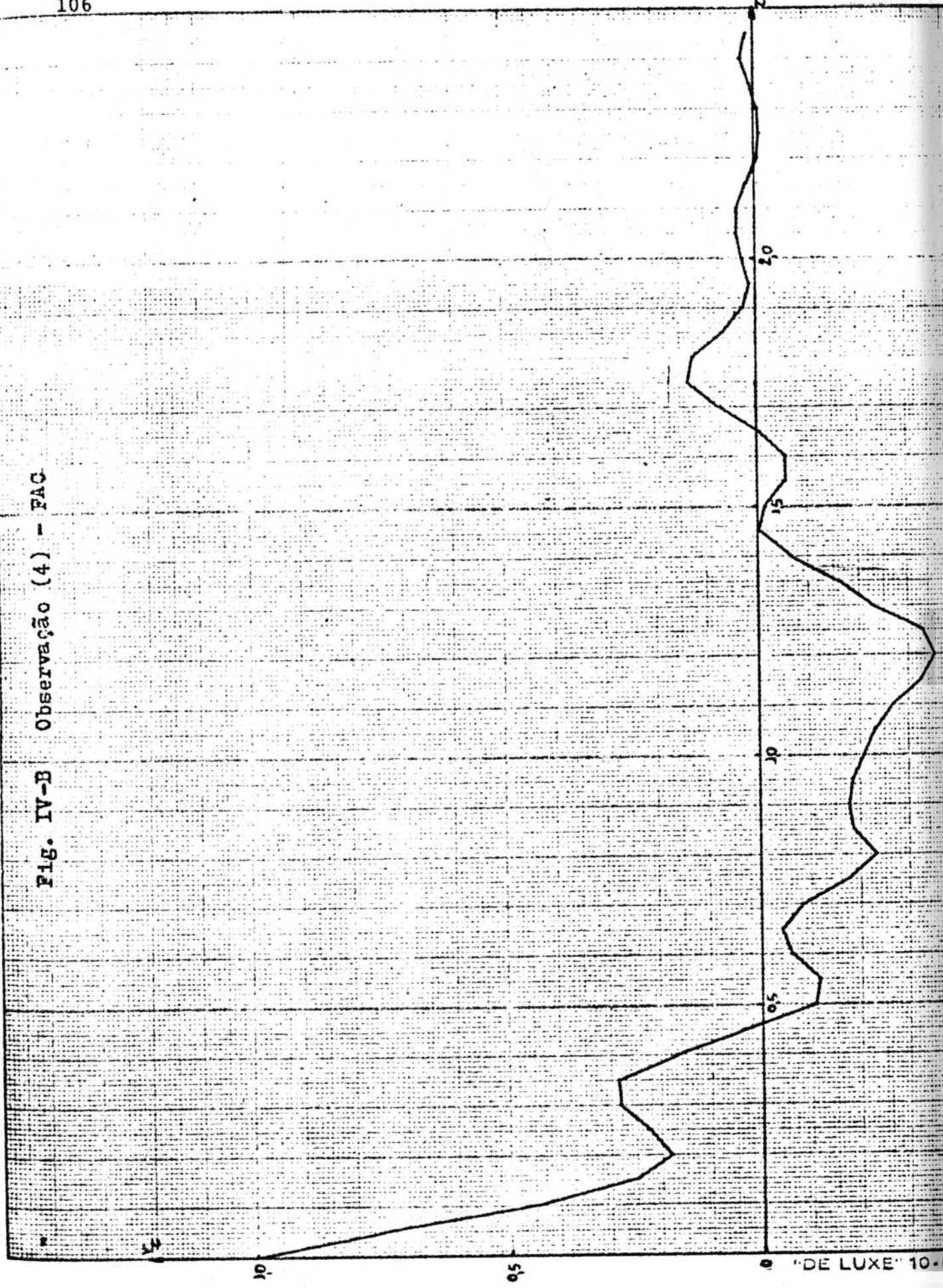
10

09

08

'DE LUXE' 10 - M.

FIG. IV-B Observação (4) - FAC



## BIBLIOGRAFIA

- ARSAC, J. 1966. Fourier Transforms and the Theory of Distributions, Prentice-Hall Inc., USA.
- BLACK, W.W. 1969. Application of correlation techniques to isolate structure in experimental data, Nuclear Instruments and Methods, 71, 317-327, North-Holland Publ. Co.
- BLACKMAN e TUCKEY. 1958. The measurement of power spectra, Dover, Publ. Inc., New York.
- GOLDMAN, S. 1968. Information Theory, Dover Publ., Inc., New York.
- GALLOWAY, T.R. 1975. Long-Path Optical Monitoring of Urban Air Pollution, Lawrence Livermore Laboratory, Livermore, EUA.
- HANKIS, T.H. Rickett, B.J. 1975. Methods in Computacional Physics, cap. 2, vol. 14, Alder, B., Fernback, S., Rotemberg, M. (ED), Academic Press. Inc., New York.
- HODGE, P.W., LAULAINEN, N. e CHARLSON, R. 1972. Astronomy and Air Pollution: Summary of Informal Symposium Project ASTRA Publ. Nº 16. University of Washington, Seattle, Wash.
- HSU, H.P. 1973. Análise de Fourier, Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, Rio de Janeiro.
- KELLER, G., STOCK, J. 1963. Astronomical Seeing, Telescopes, cap. 9, Kuiper G.P. (ED), University of Chicago Press.
- PAPOULIS, A. 1965. Probability Randon Variables and Stochastic Processes, McGraw-Hill Book Co.
- VIEIRA, J.A. 1975. O "chopper" estatístico na técnica de tempo de vôo, Tese de M.Sc., COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro.