

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

"PACOTE DE PROGRAMAS PARA IDENTIFICAÇÃO
DE PROCESSOS BIOLÓGICOS"

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA.

ENG. ADHEMAR ARTEAGA CARDENAS

FLORIANÓPOLIS, 15 DE JANEIRO DE 1988.

"PACOTE DE PROGRAMAS PARA IDENTIFICAÇÃO
DE PROCESSOS BIOLÓGICOS"

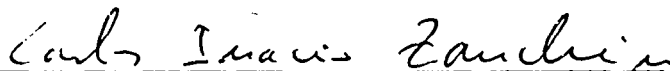
ADHEMAR ARTEAGA CARDENAS

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA ELÉTRICA E APROVADA EM SUA FORMA FINAL
PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO.



PROF. WALTER CELSO DE LIMA, D.Sc., LD
ORIENTADOR



PROF. CARLOS INÁCIO ZANCHIN, M.Sc.
CO-ORIENTADOR

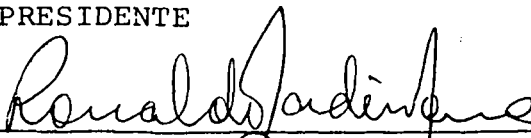


PROF. MÁRCIO CHERÉM SCHNEIDER, DR.
COORDENADOR DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA ELÉTRICA

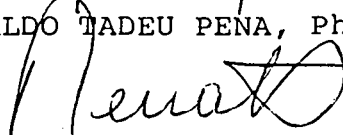
BANCA EXAMINADORA:



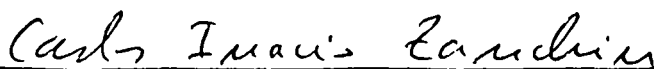
PROF. WALTER CELSO DE LIMA, D.Sc., LD
PRESIDENTE



PROF. RONALDO TADEU PENA, Ph.D.



PROF. RENATO A. RABUSKE, D.Sc.



PROF. CARLOS INÁCIO ZANCHIN, M.Sc.

À meus pais, à minha esposa e meu filho.

AGRADECIMENTOS

À CAPES,

Ao Grupo de Pesquisas em Engenharia Biomédica,

A todos os que fizeram possível este trabalho.

SUMÁRIO.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Aspectos gerais sobre a identificação de processos	2
1.2 - Objetivo do trabalho	7
CAPÍTULO 2 - CONSIDERAÇÕES DO PROJETO	9
2.1 - Os métodos implementados.....	9
2.2 - Comparação dos métodos	12
2.3 - Descrição do problema proposto	16
2.4 - Solução adotada	18
CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 - Diagramas de Nassi & Shneiderman	30
3.2 - Métodos de identificação	32
3.3 - A base de dados	48
CAPÍTULO 4 - TESTES, RESULTADOS E DISCUSÃO	51
4.1 - Processos simulados	51
4.2 - Geradores de ruído	53
4.3 - Critérios de teste	55
4.4 - Resultados e análise	57
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES	69
APÊNDICE A - Método numérico de Gauss-Newton .	73
APÊNDICE B - Arquivos da base te dados	76

APÊNDICE C - Listagem dos resultados dos testes e identificação do processo 3 para o caso da relação ruído sinal 0,52%	86
APÊNDICE D - Diagramas NSD do sistema desenvolvido	99
APÊNDICE E - Exemplo: Nivel de testosterona no plasma em homem	157
BIBLIOGRAFIA	164

RESUMO

Desenvolveu-se um pacote de programas para identificação de processos biológicos utilizando um microcomputador.

Adotou-se a função de transferência amostrada linear invariante no tempo para representar o processo. O sistema completo está composto por 6 módulos principais: (1) o módulo de auxílio (help), (2) o módulo de tratamento de amostras, (3) o módulo de gerenciamento dos métodos de identificação, (4) o módulo de testes, (5) o módulo de simulação e (6) o módulo gerador da base de dados. Foi utilizada no desenvolvimento a técnica NSD. O módulo 3 corresponde ao pacote de programas para identificação que está composto por 6 métodos. A característica modular do sistema permite que outros métodos sejam incorporados ao pacote. Os métodos de identificação implementados são: (1) mínimos quadrados simples, (2) mínimos quadrados recursivos, (3) mínimos quadrados generalizados, (4) variáveis instrumentais, (5) máxima verossimilhança e (6) o método da correlação. O programa identifica vários modelos os quais são depois processados pelo módulo de testes, permitindo determinar os parâmetros, ordem e atraso que melhor se ajusta ao processo.

ABSTRACTS

A program package to process identification was developed.

The invariant sampled transfer function was used to represent the process. The full software system is composed of six main modules: (1) the module for user help, (2) the module for the sampled measurements, (3) the management module for the identification methods, (4) the test module, (5) the simulation module and (6) the data base creator module. The NSD technique was used in order to develop the software. The module 3 is the program package for identification with six methods. The system has a modular feature and new modules can be included. The identification methods are: (1) least squares, (2) recursive least squares (3) generalized least squares (4) instrumental variables (5) the maximum likelihood methods and (6) the correlation method. The system can identify several kinds of models and the corresponding performance index with the scope to indicate the appropriate parameters, order and delay for the process.

CAPÍTULO 1

Introdução

Para encontrar uma expressão matemática que descreva a dinâmica de um processo, duas abordagens podem ser consideradas, sendo a primeira a dedução matemática e a segunda a utilização das técnicas de identificação de processos.

A dedução matemática de uma expressão que descreva a dinâmica de um processo, consiste em manipular as leis básicas que regem e estão envolvidas no processo. Esta abordagem é eficiente quando: (1) as leis básicas do processo são perfeitamente conhecidas, (2) o número destas é relativamente pequeno, (3) a matemática aplicada fornece ferramentas para o tratamento e (4) existe pessoal treinado para executar a tarefa. Um exemplo simples desta abordagem é a dedução da função de transferência de um motor de corrente contínua a partir das leis do eletromagnetismo. A experiência mostra que é suficiente um número reduzido de leis fundamentais para gerar sistemas de equações diferenciais que requiram elevado esforço na solução ou é simplesmente impraticável encontrar a solução.

A utilização das técnicas de identificação é outra maneira de estabelecer uma expressão matemática da dinâmica do processo. De forma geral a idéia básica da identificação é que o processo real pode ser representado por um modelo que é encontrado a partir da observação e análise dos sinais de excitação e resposta do processo. A identificação viabiliza a obtenção da representação matemática de processos dinâmicos complexos como os biológicos [46, 47, 56]. Neste trabalho se propôs construir uma ferramenta computacional para identificação de processos. A representação matemática de processos é um forte apoio ao projeto e desenvolvimento de instrumentos, na elaboração de programas para computador digital para simulação de processos com finalidades de pesquisas ou didáticas e mesmo para monitoração do processo identificado.

1.1 ASPECTOS GERAIS SOBRE A IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS.

Antes de executar um procedimento de identificação devem ser considerados, entre outros, os seguintes aspectos: (1) finalidade do modelo, (2) tipo de excitação, (3) o método e (4) o tipo de processamento, se "on line" ou "off-line". A figura 1 foi utilizada por Isermann [35] para esquematizar o procedimento de identificação.

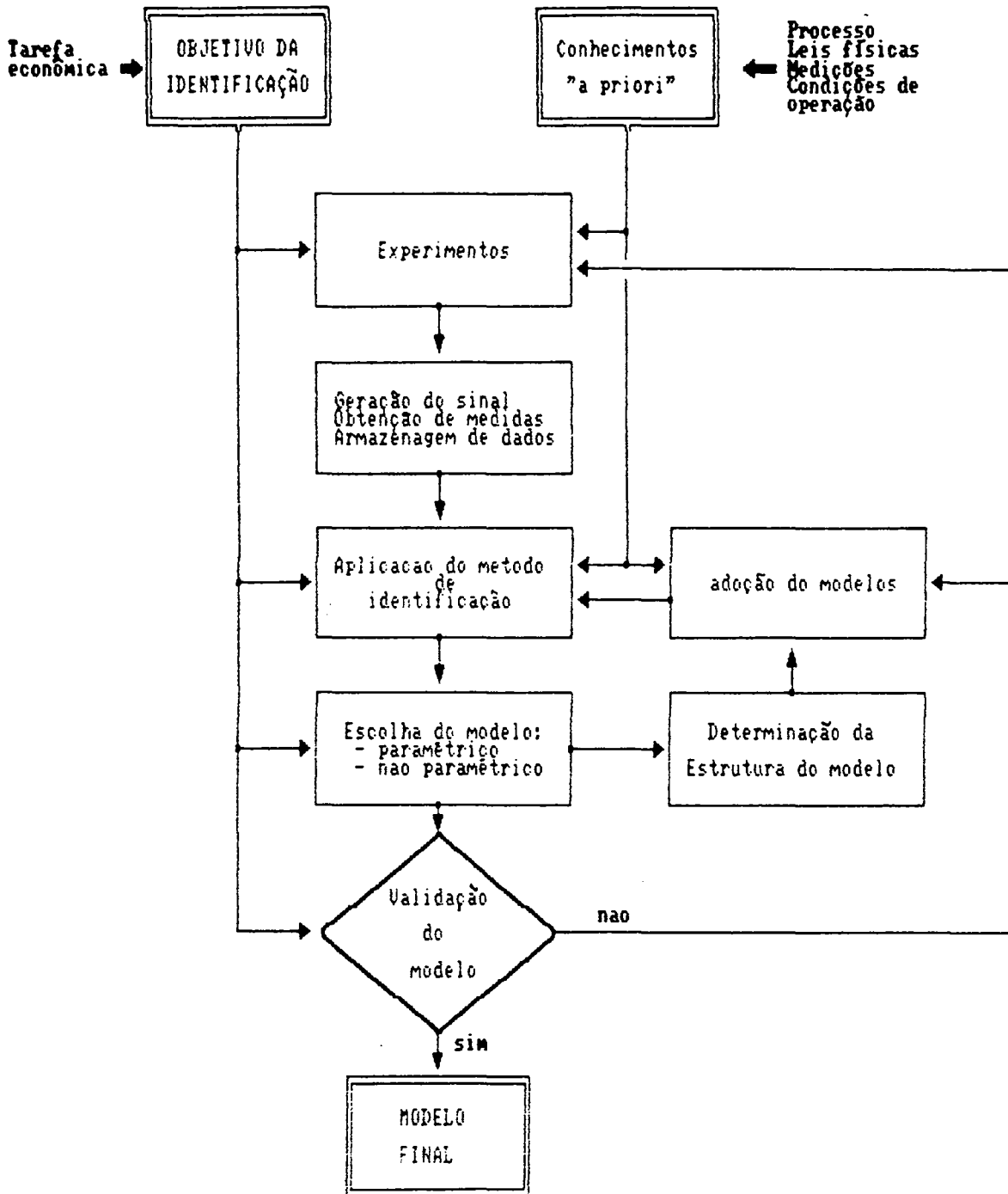


Fig. 1.1 Procedimento geral para a identificação de processos.

Fonte: R. Isermann, "Practical Aspect of Process Identification" Vol. 16, pp. 575-587, Sept 1980.

A escolha do tipo do modelo depende basicamente de sua finalidade, sendo que os conhecimentos "a priori" sobre o processo contribuem para inferir sobre a linearidade, retardos, e a tempo-variância do mesmo. Os modelos podem ser classificados em dois tipos: (1) os paramétricos tais como as equações diferenciais, equações de diferenças, equações de estado, as funções de transferência e outras; (2) os não paramétricos tais como a resposta impulsiva, a densidade espectral de potência, integrais de Volterra, resposta em frequência e outras.

Uma classe de modelos importante é o conjunto que representa os sistemas lineares, uma vez que se dispõe de um grande número de técnicas de tratamento, tanto do ponto de vista da identificação como da análise e controle de sistemas.

A parte identificável de um processo é aquela que é controlável e observável, portanto é fundamental que o sinal de entrada seja capaz de excitar o processo em toda a faixa em que ele responde, isto é, o sinal de entrada deve excitar todos os modos do processo. Em situações reais a identificação é realizada em torno do ponto de operação. Entre os sinais utilizados por atender aos requisitos de excitação podem ser citados o ruído branco, ruído colorido, impulso, sequências binárias pseudo aleatórias e outras.

Normalmente o sinal de operação do processo é de faixa estreita e durante o procedimento de identificação um dos sinais acima citados é adicionado para excitar convenientemente o processo; ao mesmo tempo, a operação normal do processo é afetada, razão pela qual toma-se cuidados para não comprometer a integri-

dade do processo ou mesmo sua operação.

Existem várias classes de métodos de identificação que podem ser aplicados sobre o conjunto de medições do processo. Entre estes podem ser citadas as técnicas de resposta ao degrau, análise espectral e de Fourier, as técnicas de correlação, as de estimação de parâmetros e outras.

Neste trabalho se utilizou as técnicas de estimação de parâmetros e as de correlação.

Considerando que o processamento das medições é executado através de um computador, dois modos podem ser diferenciados, a identificação "off line" e a identificação "on line".

Para identificação "off line" as medições da excitação e resposta são primeiro armazenadas em fitas de papel, magnéticas, discos, ou outras memórias secundárias. Depois as medições são transferidas e processadas pelo computador seja na forma de lotes ("batch processing") ou recursivamente.

Para identificação "on line", isto é, a identificação é feita durante a operação do processo, o processamento das medições pode ser feito imediatamente depois de cada instante de amostragem. Diz-se então que o processamento é em tempo real. A abordagem em tempo real não necessita do armazenamento de dados e os algoritmos de identificação devem ser implementados na forma recursiva. A seleção do modo de processamento é fundamentada principalmente nos objetivos do modelo e disponibilidade computacional. Para este trabalho adotou-se a identificação "off line".

A razão principal para adotar a identificação "off line" é que o pacote trata a identificação de forma geral. Normalmente a identificação em tempo real é executada sobre processos específicos usando uma certa técnica definida previamente como eficaz para aquele processo. É possível modificar os métodos para operação em tempo real.

A identificação de sistemas desenvolveu-se rapidamente na década de 60, sendo que no início dos anos 70 foram abordados casos não lineares e identificação em tempo real [2, 6, 7, 13, 30, 51]. O interesse pela identificação de sistemas utilizando microcomputadores se intensificou com o aumento da disponibilidade e aplicação de microprocessadores no controle de processos [1, 18, 20, 26, 52]. No trabalho de Isermann [35] foram sintetizados aspectos práticos relacionados à identificação fornecendo desde as diretrizes básicas para comparar métodos até um resumo das principais características de vários métodos clássicos. Também são tratados aspectos sobre a escolha do modelo, do sinal de excitação, amostragem dos sinais, tratamento das medições e outros; o trabalho de Isermann pode ser considerado um manual do procedimento de identificação onde também se tem um levantamento dos pacotes de identificação existentes até 1976 e apresentados no 4º IFAC-Symposium on Identification and System Parameters Estimation em Tbilisi, onde foi dedicada uma mesa redonda para os pacotes de programas apresentados, a maioria desenvolvidos em universidades e institutos de pesquisa.

Ao mesmo tempo o desenvolvimento de microcomputadores gerou preocupação com relação ao desenvolvimento de software, e como resposta surgiu a engenharia de software apresentando nestes últimos anos, técnicas de software, as quais são discutidas nos trabalhos de Pressman [55], Mitchell [57], Knut[58], Farines [67] Neuhold [70] e outros. Estas técnicas de software se referem à estruturação de programas, aplicação de técnicas de análise, especificação, desenvolvimento, documentação e interação do software com o usuário.

No 3º IFAC Symposium on Computer Aided Design in Control and EnginÇering, realizado em Copenhagen em agosto de 85 foi apresentado o SIRENA + [12, 14] que é um pacote para identificação, simulação e projeto de controladores, desenvolvido pelo Laboratoire d'Automatique de Grenoble.

O trabalho correspondente a esta dissertação foi apresentado parcialmente no III Simposium de Engenharia Biomédica realizado em Madrid, Espanha em outubro de 1987 [8].

1.2. OBJETIVO DO TRABALHO.

O objetivo deste trabalho é elaborar um pacote de programas para identificação de processos, usando microcomputador. Os processos a identificar são aqueles de uma entrada e uma saída representáveis por uma função de transferência linear invariante no tempo.

Entre as razões para a implementação deste software estão: a necessidade de possuir uma ferramenta computacional para identificação de processos e auxílio no ensino de identificação de sistemas. Como ferramenta facilita a obtenção de modelos para monitoração, aplicações de controle, e simulação envolvendo os mais variados fins. Do ponto de vista didático os distintos aspectos relacionados aos métodos e à identificação poderão ser abordados sem manipular com o número elevado de operações que normalmente envolvem os métodos de identificação, isto possibilita uma melhora na eficiência e tempo de aprendizado.

CAPÍTULO 2

Considerações do projeto.

Podem ser diferenciadas duas partes bem definidas na realização deste trabalho: uma relacionada com a identificação propriamente dita e outra relativa à análise e desenvolvimento dos programas.

2.1 OS MÉTODOS IMPLEMENTADOS.

Os métodos de identificação implementados neste trabalho são os dos mínimos quadrados simples (MQS), mínimos quadrados recursivos (MQR), mínimos quadrados generalizados (MQG), método das variáveis instrumentais (MVI), método da máxima verossimilhança (MMV) e o método da correlação (MCO).

O método dos mínimos quadrados simples [2, 3, 6, 7, 17, 19, 51] que está bem documentado na literatura, tem as amostras tratadas em lotes ("batch"), requer inversão de matrizes, tem elevado consumo de memória, dispensa o uso de valores iniciais para os parâmetros e é extremamente sensível ao ruído. Embora os parâmetros identificados sejam tendenciosos, este método é uma boa ferramenta para calcular os parâmetros iniciais para outros métodos.

O método dos mínimos quadrados recursivos [3,12, 14, 15, 17, 19, 39,] processa as amostras recursivamente, sendo esta a principal diferença estrutural com os mínimos quadrados simples. A recursividade atribui ao método velocidade e baixo consumo de memória, tem convergência acentuada, são requeridos parâmetros iniciais, mas na falta estes podem ser nulos. O problema da inversão de matrizes é eliminado usando o Lema da inversão de matrizes [17, 64, 65]. Este método é ainda sensível ao ruído produzindo um desvio nos parâmetros identificados. Pela sua velocidade e poder de convergência, este método é bastante utilizado na identificação em tempo real.

O método dos mínimos quadrados generalizados [2, 3] realiza uma pré-filtragem dos sinais de entrada e saída com a finalidade de eliminar a correlação dos resíduos e assim obter parâmetros sem o desvio característico dos mínimos quadrados simples. A principal dificuldade é encontrar o filtro, e entre os procedimentos mais aceitos para sua determinação estão os propostos por Clarke [66] e Steiglitz & Mc Bride [25]; em ambos os casos as amostras são processadas em lotes. Uma versão recursiva foi proposta por Hasting & Sage [60]. O tempo computacional é elevado e ainda existe a possibilidade de desvio nos parâmetros.

O método das variáveis instrumentais [2, 3, 12, 14, 21, 44, 61, 62] é estruturalmente, uma extensão dos mínimos quadrados, existindo grande analogia entre suas equações. Para eliminar o efeito dos resíduos correlacionados sobre a estimativa, o método utiliza uma matriz de variáveis instrumentais que pode ser selecionada. Young [22], Wong & Polak [21] mostraram que existem variáveis instrumentais ótimas com as quais os parâmetros estimados são consistentes. O método tem boa imunidade ao ruído, o tempo computacional é considerado entre pequeno e médio, sua convergência depende dos parâmetros iniciais os quais devem ser calculados por outro método, por exemplo, os mínimos quadrados recursivos. As medições podem ser processadas recursivamente ou em lotes dependendo da forma de implementação do algoritmo.

O método da máxima verossimilhança [2, 5, 16, 24, 29, 40, 41, 42, 45, 53] identifica os parâmetros do processo e do gerador de ruído. As equações envolvidas formam um sistema não linear a múltiplas variáveis sendo necessário um método numérico [71] para otimizar o critério de ajuste de parâmetros. O método consome bastante tempo computacional e necessita que os parâmetros iniciais estejam suficientemente próximos dos verdadeiros para assegurar a convergência, caso contrário, os valores dos parâmetros são encaminhados para algum extremo local. A estrutura do método requer que as amostras sejam processadas em lotes ("batch"). A principal vantagem do método tem boa imunidade ao ruído.

O método da correlação [3, 4, 9, 19, 38, 68] utiliza as funções de intercorrelação para calcular os parâmetros e eliminar o ruído da resposta do processo. A estimativa é obtida com a mesma sistemática dos mínimos quadrados. A estrutura do método permite que as matrizes de correlação sejam atualizadas recursiva-

mente e que os parâmetros sejam calculados apenas quando são requeridos.

2.2 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS.

Para comparar os métodos de identificação paramétrica implementados devem ser considerados três aspectos: o desempenho, o aspecto computacional e os dados "a priori". Para executar a comparação podem ser utilizadas as seguintes ferramentas: a simulação, a comparação analítica e a comparação com os dados medidos do processo.

Vários trabalhos foram dedicados à comparação entre métodos de identificação, Isermann [3], Pinto [63], Cheruy & Menendez [27], Cuenod & Sage [28], Saridis [19], Sinha et al [20], e outros.

As tabelas 2.1, 2.2 e 2.3 têm caráter geral. Foram extraídas dos trabalhos acima citados e utilizadas para auxiliar na definição da estrutura do pacote. A tabela 2.1 é bem definida mas as tabelas 2.2 e 2.3 são qualitativas.

TABELA 2.1 COMPARAÇÃO* DOS MÉTODOS COM RELAÇÃO AOS DADOS "A PRIORI"

MÉTODO	MODELO PARA O PROCESSO	GERADOR G DE RUÍDO	OUTRO DADOS
Mínimos quadrados simples: MQS	$\frac{B}{A}$	$\frac{1}{A}$	Inversão de matrizes.
Mínimos quadrados recursivos: MQR	$\frac{B}{A}$	$\frac{1}{A}$	Inicializar uma matriz e os parâmetros.
Mínimos quadrados generalizados: MQG	$\frac{B}{A}$	$\frac{1}{A C}$	Inicializar matrizes e parâmetros
Método das variáveis instrumentais: MVI	$\frac{B}{A}$	$\frac{D}{C}$	Inicializar matrizes e parâmetros
Método da máxima verossimilhança: MMO	$\frac{B}{A}$	$\frac{D}{A}$	Inicializar parâmetros, e método numérico para minimização.
Método da correlação: MCO	$\frac{B}{A}$	$\frac{D}{C}$	Número de funções de correlação.

OBSERVAÇÃO:

Na tabela para o processo indicado, o método estima parâmetros sem desvio no caso particular em que o gerador de ruído G possui a função de transferência correspondente.

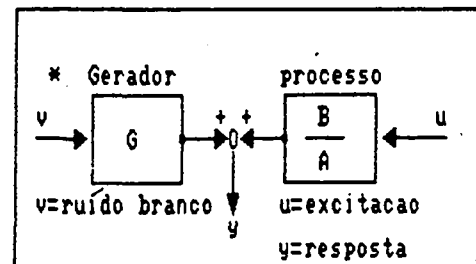


TABELA 2.2 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS EM RELAÇÃO AO DESEMPENHO		
METODO	SENSIBILIDADE AO RUÍDO	CONVERGENCIA
Mínimos quadrados simples: MQS	Péssimo desempenho. Desvio dos parâmetros.	Excelente.
Mínimos quadrados recursivos MQR	Baixo desempenho. Desvio nos parâmetros.	Boa e depende da forma de inicializar o cálculo.
Mínimos quadrados generalizados: MQG	Pouca sensibilidade. Possibilidade de desvio nos parâmetros.	Boa e mais moderada que MQR.
Método das variáveis instrumentais: MVI	Bom desempenho.	Depende dos parâmetros iniciais. Recomenda-se partir com MQR
Método da máxima verossimilhança: MNV	Bom desempenho para determinados tipos de ruído.	Inicialmente demora, e' mais dependente dos parâmetros iniciais do que o método MQR.
Método da correlação: MCO	Bom desempenho para uma grande variedade de tipos de ruído.	Rápida e com fácil verificação.

Fonte: R. Isermann, "Practical Aspect of Process Identification" Automatica, Vol. 16, pp. 575-587, sept 1980.

TABELA 2.3 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS EM RELAÇÃO AO ESFORÇO COMPUTACIONAL			
MÉTODOS	CONSUMO DE TEMPO	CONSUMO DE MEMÓRIA	IMPLEMENTAÇÃO
Mínimos quadrados simples: MQS	Médio	Médio	Pouco difícil
Mínimos quadrados recursivos: MQR	Baixo	Médio	Fácil
Mínimos quadrados generalizados: MQG	Médio	Difícil	Difícil
Método das variáveis instrumentais: MVI	Médio	Médio	Difícil
Método da máxima verossimilhança: MMV	Excessivo	Alto	Muito Difícil
Método da correlação: MCO	Entre médio e baixo	Médio	Difícil

Fonte: Saridis, G. N. et al, "Comparison of Six On-line Identification Algorithms". Automatica, 10, 69-79, 1974.

2.3 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA PROPOSTO.

Considere um conjunto de pares (u, y) de medidas de um processo P onde u, y representam as amostras dos sinais de excitação e resposta do processo, respectivamente. Considere também o modelo descrito pela função de transferência $F(z)$, amostrada, linear e invariante no tempo descrita pela equação 2.1

$$F(z) = \frac{B(z)}{1 + A(z)} z^{-d} \quad (2.1)$$

com

$$A(z) = a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + a_3 z^{-3} + \dots + a_n z^{-n} \quad (2.2)$$

$$B(z) = b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + a_3 z^{-3} + \dots + a_n z^{-n} \quad (2.3)$$

e onde, d é o retardo puro de tempo, n é a ordem e os valores a, b sub-indexados são os parâmetros do modelo.

Para achar a função de transferência $F(z)$ projetou-se um pacote de programas para microcomputador Apple II plus compatível (Craft II+) na linguagem BASIC Appelsoft que, processando ("off line") as amostras u da excitação e y da resposta de um processo P , identifiquem os parâmetros, o retardo d e a ordem n do modelo $F(z)$ descrito pela equação 2.1, correspondente ao processo P .

Os seguintes métodos clássicos de identificação foram implementados:

- | | |
|--|-------|
| 1 - Mínimos Quadrados Simples | (MQS) |
| 2 - Mínimos Quadrados Recursivos | (MQR) |
| 3 - Mínimos Quadrados Generalizados | (MQG) |
| 4 - Método das Variáveis Instrumentais | (MVI) |
| 5 - Método da Máxima Verossimilhança | (MMV) |
| 6 - Método da Correlação | (MCO) |

Embora a identificação esteja limitada a processos monovariáveis que possam ser representados pelo modelo linear da equação 2.1, um grande número de processos são abrangidos. Em compensação é possível o uso do grande número de técnicas da teoria de sistemas lineares sobre o processo.

2.4 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO ADOTADA.

Uma análise do problema permitiu determinar os seguintes aspectos fundamentais que foram usados como critérios orientadores do projeto: (1) O alcance (expansão) do sistema, (2) As atividades que o sistema deve executar, (3) A interação com o usuário e (4) Processamento "off line".

Foram previstas futuras expansões do sistema em duas direções: (1) inclusão/modificação de métodos e (2) incorporação da identificação de processos multivariáveis de várias entradas e uma saída. Este aspecto é importante para definir a dimensão, estrutura de dados e os arquivos da base de dados.

Por ser mais flexível e permitir maior interação foi adotado o estilo conversacional para o pacote de programas e orientou-se sua estrutura para simplificar as ações do usuário. Estas ações se resumem a diretrizes simples e gerais relativas ao processamento. Cada ação do usuário é testada e depositada na base de dados para evitar requisições posteriores da mesma e/ou ações derivadas, porém as diretrizes necessárias podem oportunamente ser modificadas pelo usuário.

A solução do problema usando computador requer um software que realize seis grandes atividades, para o funcionamento completo do sistema, conforme ilustrado na figura 2.1. Devem ser desenvolvidas pelo software: (1) Informações de apoio ao usuário, (2) Entrada e tratamento das medições do processo, (3) Identificação dos parâmetros do modelo, (4) Teste dos modelos identificados, (5) Simulação e (6) geração da base de dados. Do ponto de vista de identificação de processos são apenas necessárias as atividades (3) e (4).

Cada atividade é considerada como uma unidade (módulo) de grande porte, a qual para desempenhar sua função requer a execução de um certo número de tarefas. Uma representação da estrutura hierárquica com um resumo da função de cada unidade é descrito a seguir:

A unidade 1 tem como função controlar um arquivo de texto que é o manual do program, além de informações básicas relativas à identificação de processos (figura 2.2).

A unidade 2 manipula as medições de entrada e saída do processo a identificar. Supõe-se que as amostras podem estar acumuladas em diversos meios tais como tabelas, discos, fitas magnéticas, etc. e em diversos formatos, ou ser lidas através de um conversor analógico/digital. A função da unidade de tratamento de dados é transpor as amostras do processo para a base de dados do sistema (figura 2.3).

A unidade 3 gerencia os métodos de identificação, os quais são tratados como módulos independentes. Os resultados das diversas identificações são depositados na base (figura 2.4).

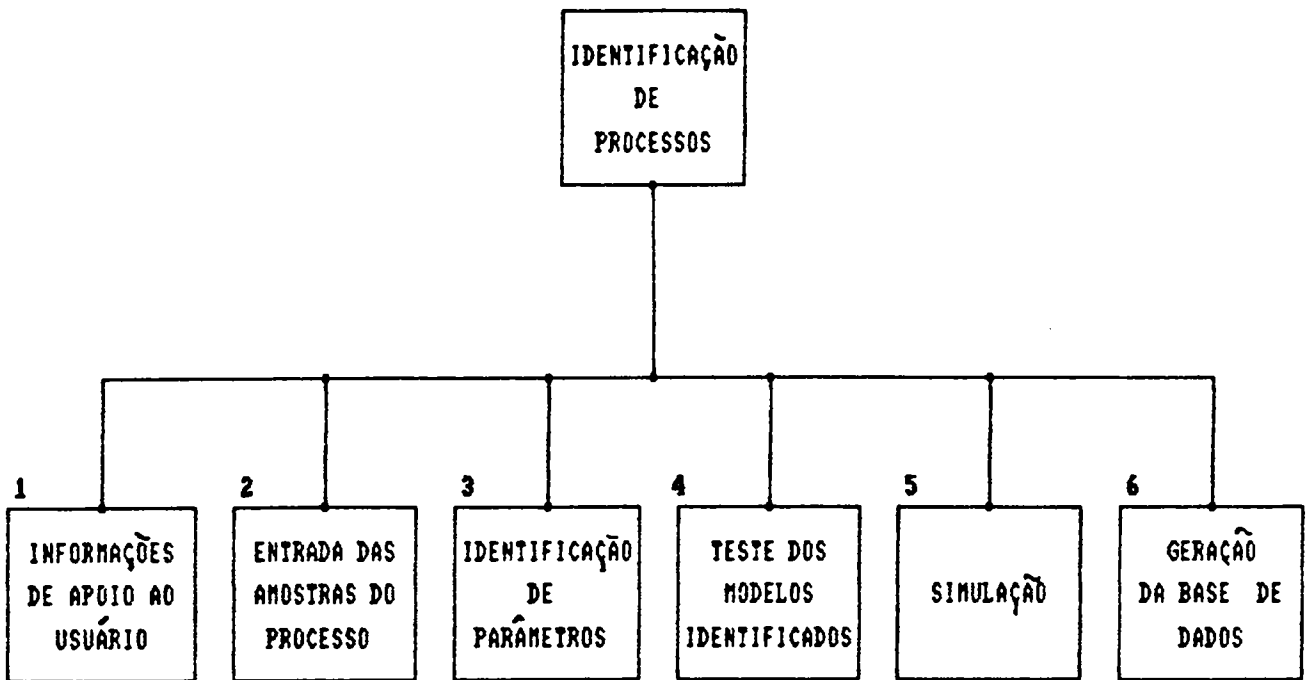


Fig 2.1 Estrutura hierárquica das atividades do sistema completo.

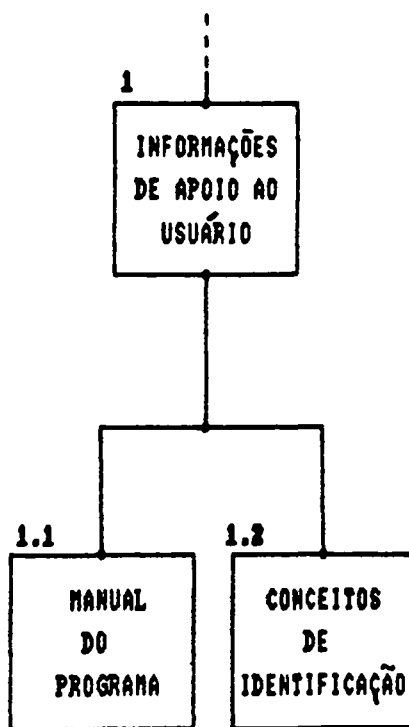


Fig 2.2 Estrutura hierárquica da unidade 1

A unidade 4 analisa os vários modelos que resultam da aplicação dos diferentes métodos de identificação. Quando o usuário especifica os intervalos da ordem e atraso possíveis para o processo em identificação, está sendo limitada uma região de pesquisa; todos os modelos existentes na região limitada são fornecidos pelo sistema. A unidade 4 usando índices (critérios) e simulação calcula os índices de desempenho dos modelos identificados com a finalidade de determinar o modelo com parâmetros, ordem e atraso que mais se aproxima do processo identificado. (figura 2.5).

A unidade 5 gera um conjunto de amostras para treinamento dos novos usuários, sendo portanto de propósitos didáticos. O conjunto de amostras é gerado por simulação utilizando uma função de transferência para o processo e um filtro para coloração do ruído. Para excitar a planta (processo) têm-se sequências binárias pseudo aleatórias (SBPA) de ordem 2 até 11, ruído randômico e o degrau; outras excitações podem ser criadas por combinação destes sinais. O gerador de ruído é excitado por uma sequência gaussiana com média e variância selecionada pelo usuário (figura 2.6)

A unidade 6 cria e/ou modifica a base de dados e "defaults" para o programa a partir de informações simples dadas pelo usuário, tais como as suspeitas dos valores máximos e mínimos da ordem e o atraso, dos métodos que se pretendem utilizar e o tamanho do conjunto de amostras. O dimensão da base de dados é função dos intervalos da ordem e atraso, isto é, o usuário dimensiona a base segundo suas necessidades ou disponibilidades de me-

mória do disco onde será localizada a base de dados. Depois que são definidos os intervalos e confirmadas as informações do usuário a unidade 6 estabelece uma base de dados cuja dimensão é fixa e satisfaz as necessidades do usuário. A modificação da base de dados equivale a um redimensionamento (figura 2.7).

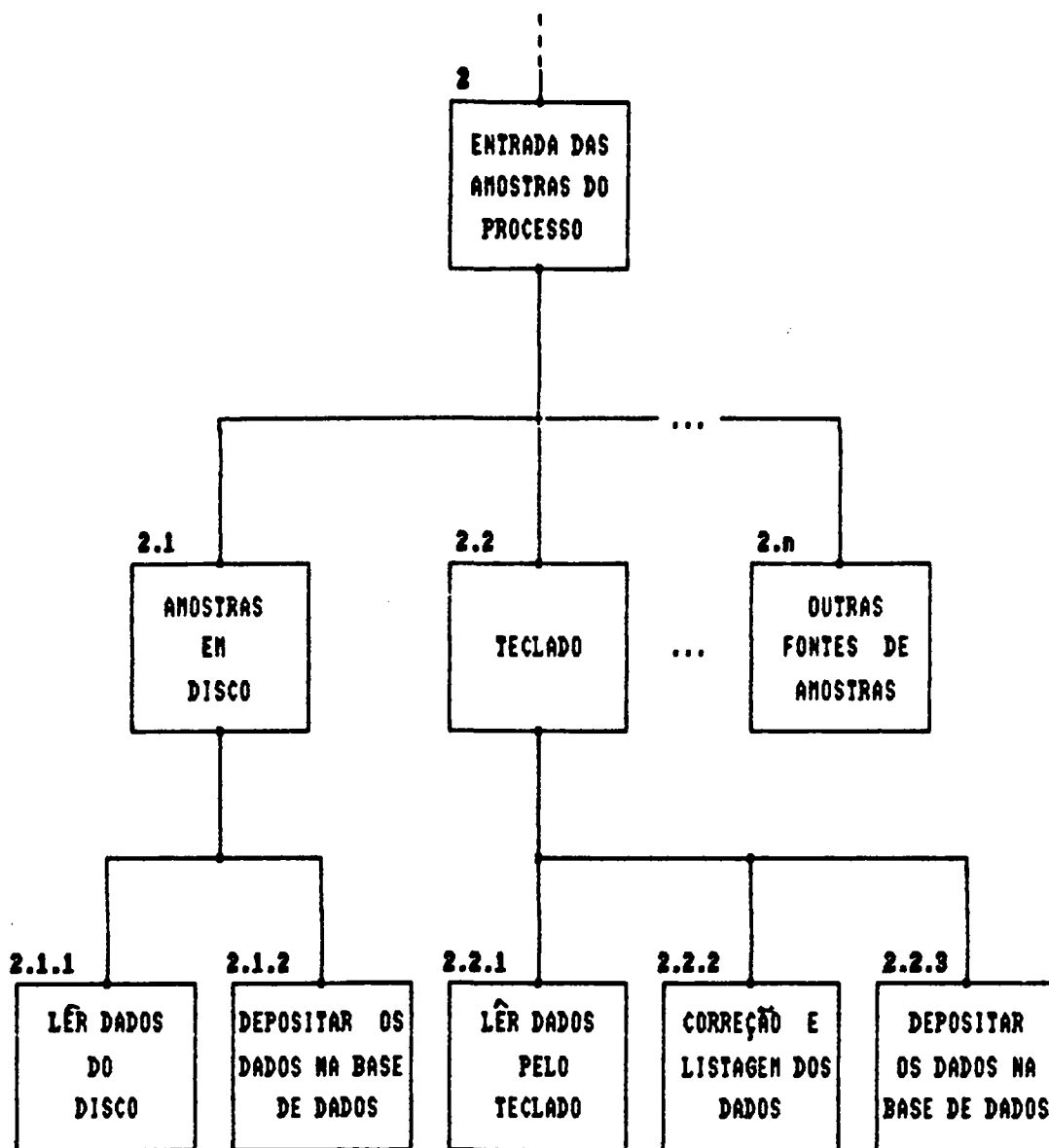


Fig 2.3 Estrutura da unidade 2

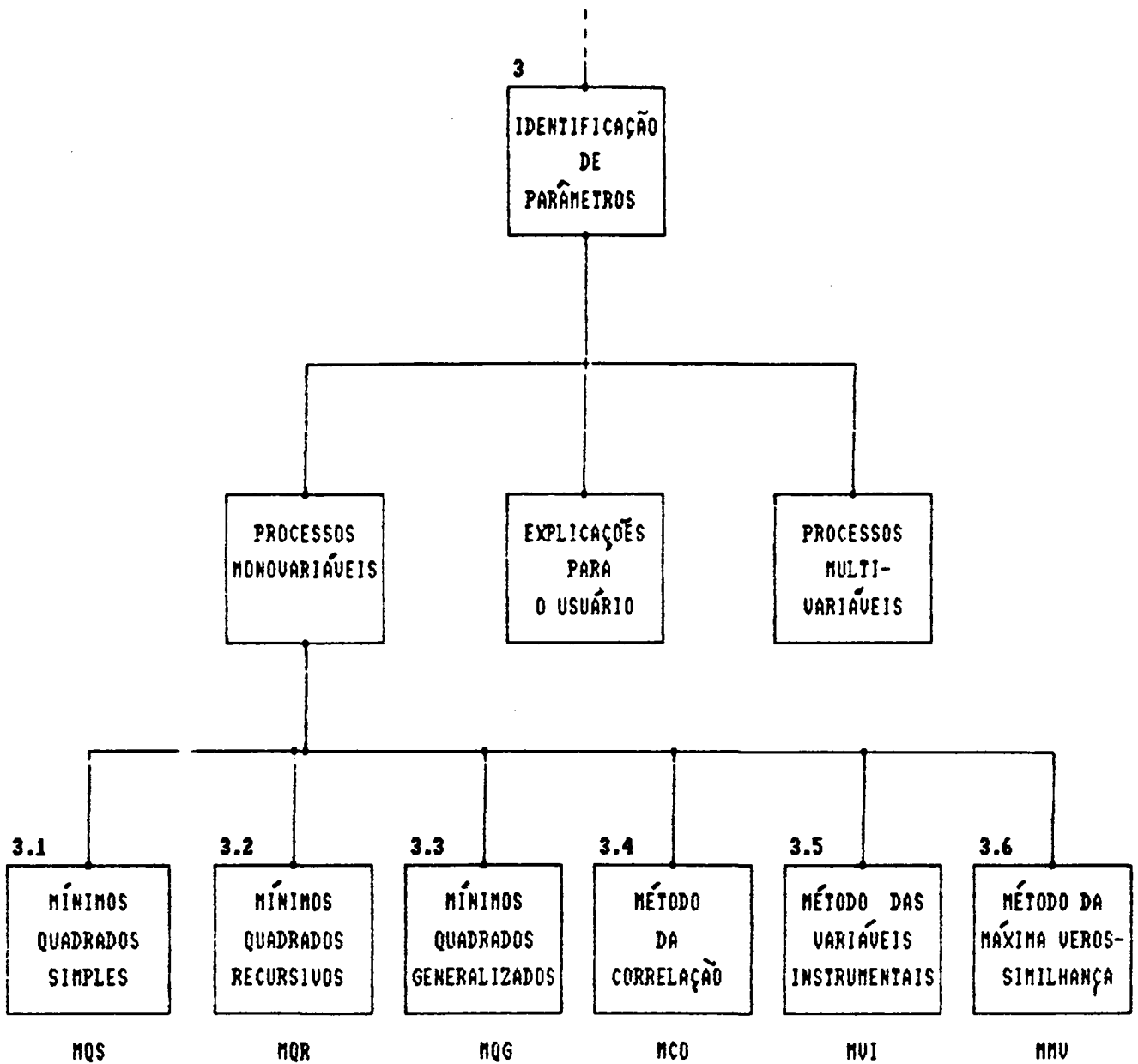


Fig 2.4 Estrutura da unidade 3.

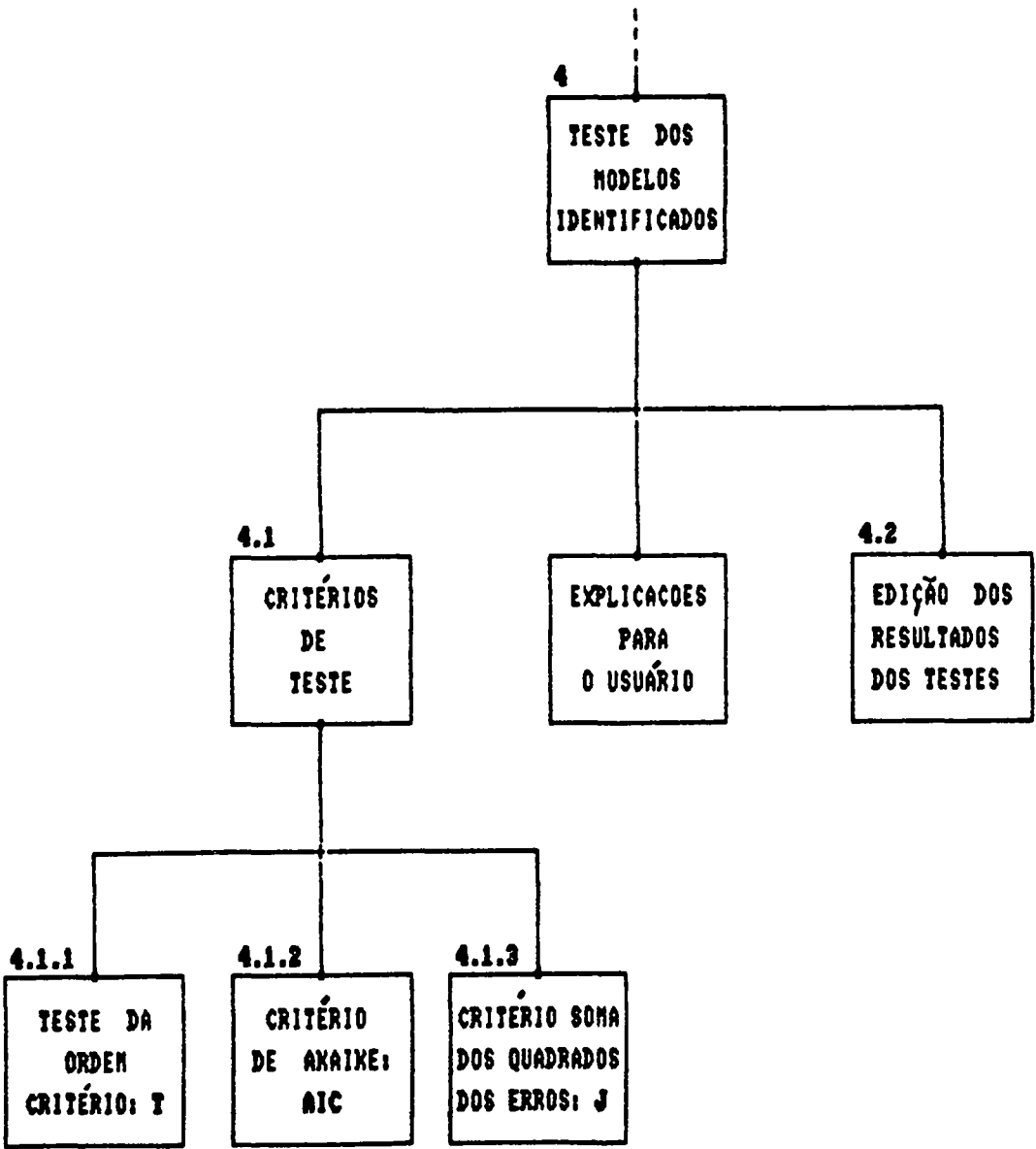


Fig 2.5 Estrutura hierárquica da unidade 4

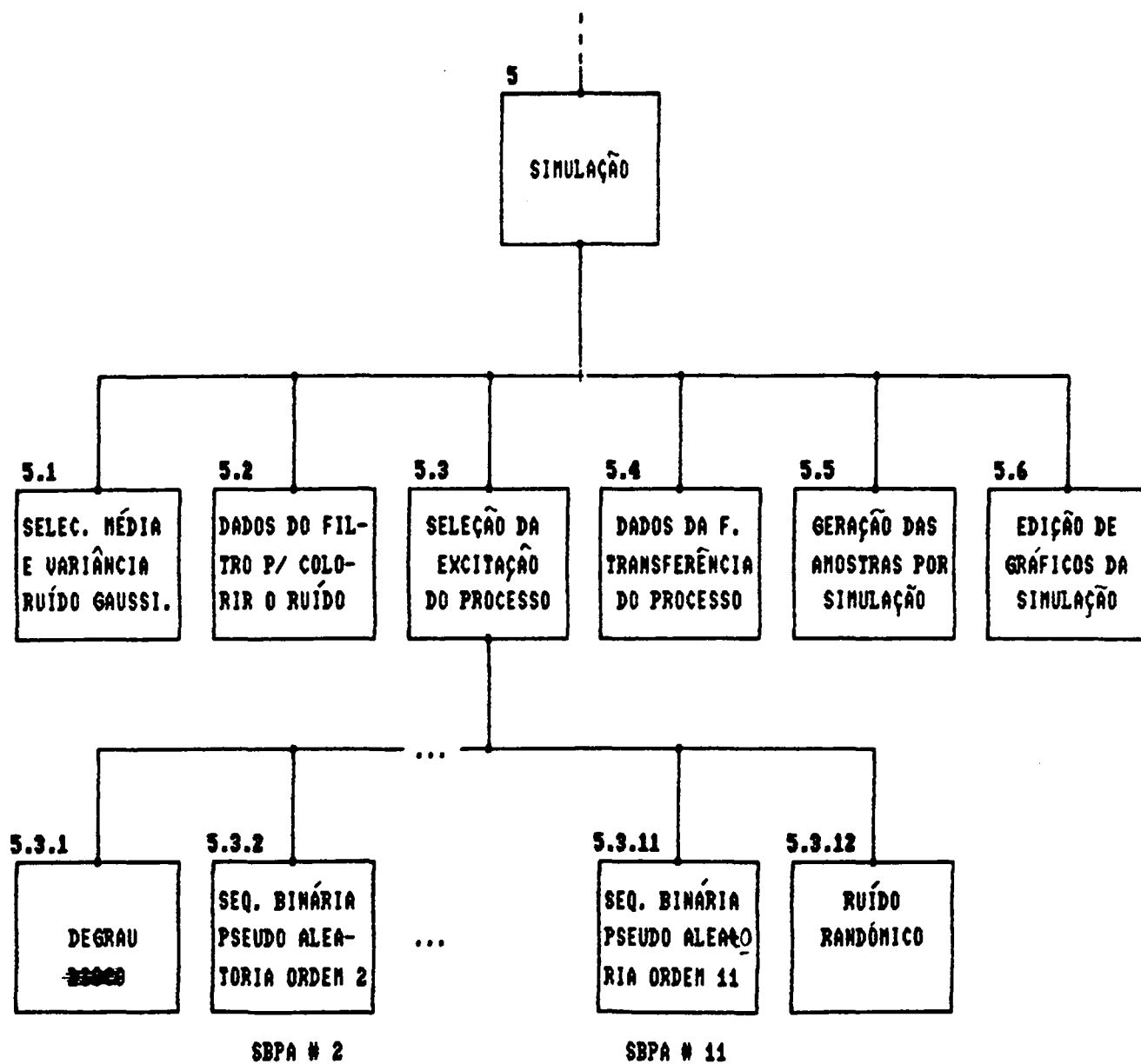


Fig 2.6 Estrutura hierárquica da unidade 5.

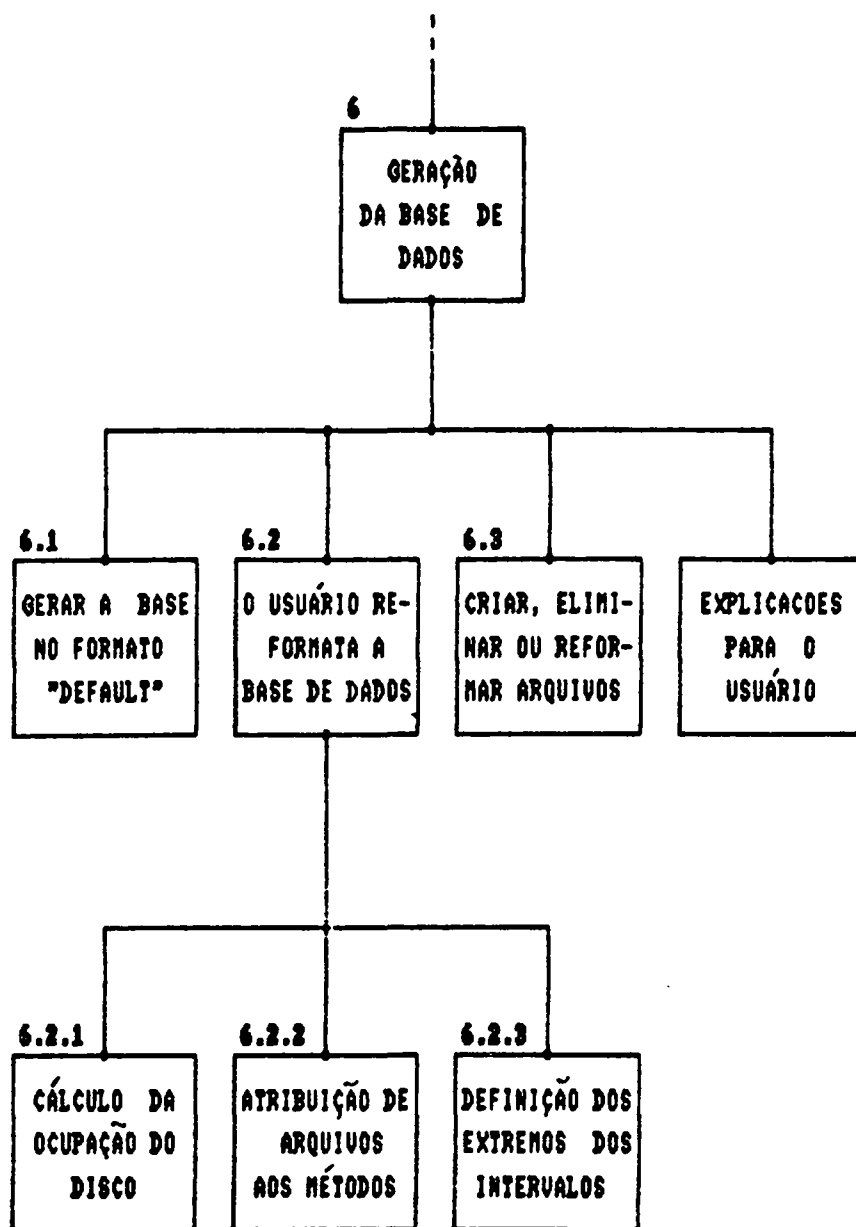


Fig 2.7 Estrutura hierárquica da unidade 6

CAPÍTULO 3

Material e métodos.

O projeto detalhado do software foi realizado utilizando-se a técnica gráfica NSD proposta por Nassi & Shneiderman [69] que é conhecida também como "diagramas de Chapin" e ainda como "diagramas de caixas". A codificação foi realizada em BASIC Applesoft de um microcomputador Apple II plus compatível (Craft II+). A técnica NSD é uma ferramenta gráfica análoga aos diagrama de fluxo. A principal diferença é a forma como estes diagramas permitem ao projetista estabelecer o controle de fluxo para os programas. Nos diagramas de fluxo, a linha (seta) que representa o fluxo do programa pode ser direcionada livremente pelo projetista, o que conduz a programas não estruturados. Na técnica NSD o fluxo do programa está implícito, obrigando o projetista a elaborar construções estruturadas. Com a prática este tipo de solução passa a ser natural para o projetista. A técnica NSD foi adotada porque é um procedimento metódico muito superior aos diagramas de fluxo, além de ser de fácil interpretação durante a codificação.

3.1 DIAGRAMAS DE NASSI E SHNEIDERMAN.

Estes diagramas tem as seguintes características: (1) o alcance (extensão) do sistema é bem definido e claramente visualizada pela área de um retângulo, (2) a transferência arbitrária do controle de fluxo é impossível, (3) o ambiente dos dados locais e/ou globais pode ser determinado facilmente e (4) a recursividade é fácil de ser representada.

A primeira vista, os diagramas NSD podem parecer ilegíveis mas na realidade não são mais complexos que os diagramas de fluxo. Os diagramas NSD estão baseados em três regras fundamentais:

- Regra 1. A estrutura do sistema é desenvolvida do topo para a base (técnica de análise de projeto conhecida como "top down") por explosões sucessivas das atividades do sistema até finalizar as sub-atividades.
- Regra 2. As sub-atividades são controladas por mecanismos de fluxo.
- Regra 3. Para estruturar o sistema podem ser utilizados os conceitos mostrados nas figuras 3.1, 3.2 e 3.3.

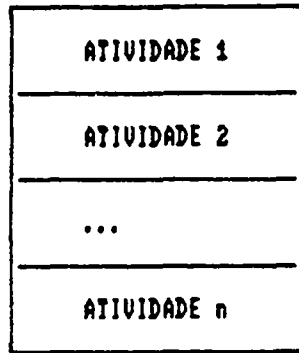


Fig 3.1 Sequência de atividades

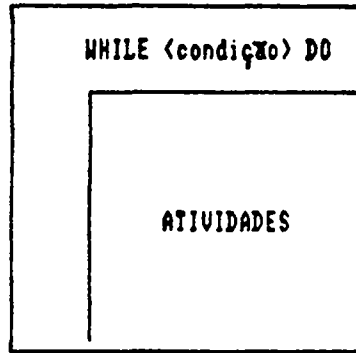


Fig 3.2 Repetição de atividades

IF				
CONDIÇÃO 1	CONDIÇÃO 2	...	CONDIÇÃO Q	ELSE
ATIVIDADE 1	ATIVIDADE 2	...	ATIVIDADE Q	SAÍDA OU ATIVIDADE Q+1

Fig 3.3 Seleção de atividades

A partir dos diagramas NSD é simples a codificação do sistema em qualquer linguagem de computador, especialmente quando se trata de uma linguagem estruturada. Os diagramas NSD correspondentes ao projeto desenvolvido nesta dissertação encontram-se no apêndice D.

3.2 MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO.

Os métodos implementados foram adotados por serem clássicos na identificação de sistemas e existir na bibliografia boa informação sobre os fundamentos e o comportamento dos mesmos. Para expor os métodos implementados, considere (figura 3.4) um processo P de uma entrada e uma saída, o modelo M descrito pela função de transferência $F(z)$ amostrada, uma excitação u e a respectiva resposta y . Sejam $u(k)$ e $y(k)$ respectivamente, as medições da excitação e resposta no k -ésimo instante de amostragem. Considere que $F(z)$ pode ser expresso como em (3.1).

$$F(z) = \frac{B(z)}{1 + A(z)} z^{-d} \quad (3.1)$$

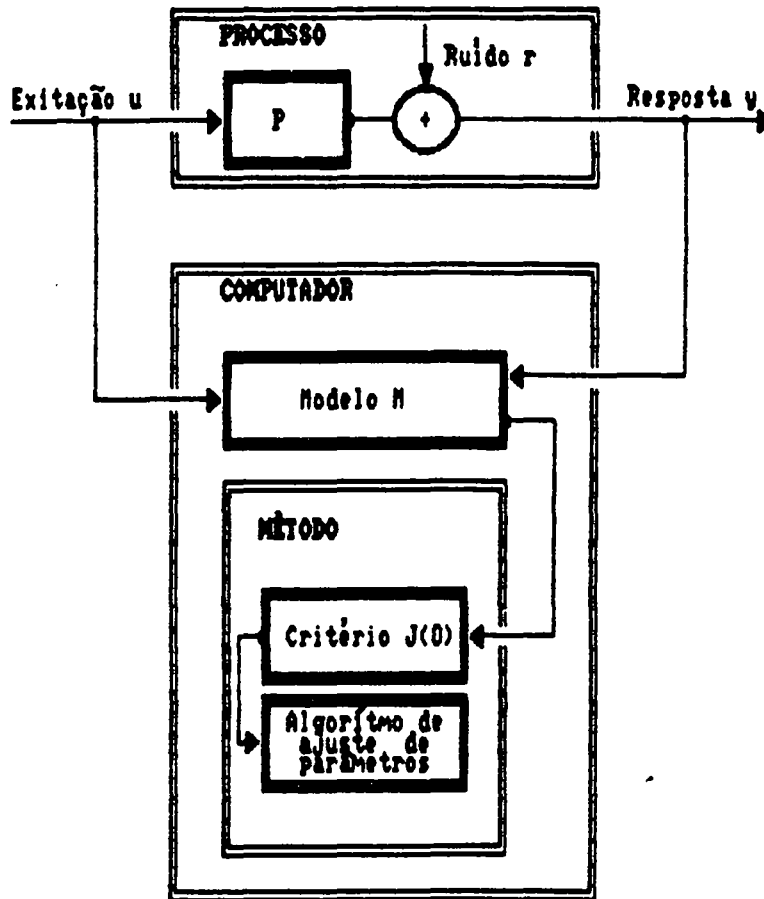


Fig 3.4 Configuração geral do problema de identificação.

$$\text{com } A(z) = a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_n z^{-n} \quad (3.2)$$

$$B(z) = b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots + b_n z^{-n} \quad (3.3)$$

onde os coeficientes indexados a , b são os parâmetros, n é a ordem e d o retardo do modelo. O variável z representa o operador deslocamento e seu expoente negativo indica o número de períodos de amostragem de atraso que executa o operador z . Representa-se com z o operador deslocamento o qual deve ser diferenciado da variável z obtida através da transformada Z das funções amostradas.

A exposição dos métodos clássicos a seguir, tem unicamente a finalidade de padronizar a notação. Deduções e detalhes se encontram nas referências bibliográficas.

O método dos mínimos quadrados simples (MQS) considera o modelo ilustrado na figura 3.5, as medições são processadas em lotes.

O vetor θ de parâmetros estimados pelo método MQS para um lote de m amostras é

$$\underline{O} = \begin{bmatrix} \mathbf{F} & \mathbf{F} \end{bmatrix}^{-1} \mathbf{F}^t \mathbf{Y} \quad (3.4)$$

Onde
$$\underline{O}^t = [a_1 \quad a_2 \quad \dots \quad a_n \mid b_1 \quad b_2 \quad \dots \quad b_n] \quad (3.5)$$

$$\underline{Y}^t = [y(1) \quad y(2) \quad \dots \quad y(m)] \quad (3.6)$$

$$\underline{F} = \begin{pmatrix} -y(0) & 0 & \dots & 0 & u(0) & 0 & \dots & 0 \\ -y(1) & -y(0) & \dots & 0 & u(1-d) & u(0) & \dots & 0 \\ \dots & & \dots & & \dots & \dots & \dots & \\ -y(k-1) & -y(k-2) & \dots & -y(k-n) & u(k-d-1) & u(k-d-2) & \dots & u(k-d-n) \\ \dots & & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\ -y(m-1) & -y(m-2) & \dots & -y(m-n) & u(m-d-1) & u(m-d-2) & \dots & u(m-d-n) \end{pmatrix} \quad (3.7)$$

para $m < n+d$, $n \geq 1$, $d \geq 0$

O vetor \underline{O} é de dimensão $2n \times 1$, \underline{Y} é $m \times 1$ e a matriz \underline{F} é $m \times 2n$; n é a ordem e d o atraso do modelo em períodos de amostragem; $u(k)$ e $y(k)$ são respectivamente, as medições do sinal de excitação e da resposta no k -ésimo instante de amostragem.

O número máximo de medidas está determinado pela memória disponível no disco e da distribuição desta entre os arquivos de

amostras e arquivos de resultados. A eliminação de um arquivo de resultados libera memória do disco a que pode ser remanejada para os arquivos de medidas.

Para assegurar a convergência o número de medidas deve ser tal que o produto da matriz \underline{F} pela sua transposta seja invertível, sendo necessário pelo menos $n+d+1$ medidas.

Quando a saída do processo é afetada pelo ruído, como ilustrado na figura 3.4, a estimativa sofre um desvio, que é quantificado pelo seguinte valor esperado,

$$E[\underline{O}] = \{ E[\underline{F}^t \underline{F}] \}^{-1} E[\underline{F}^t \underline{e}] \quad (3.8)$$

onde, $\underline{e} = [e(1) \dots e(k) \dots e(m)]^t \quad (3.9)$

O método dos mínimos quadrados recursivos (MQR) processa as amostras recursivamente, sendo esta a principal diferença com o método dos mínimos quadrados simples.

A recursividade fornece ao método velocidade: baixo consumo de memória, elimina a inversão de matrizes mediante a utilização do lema fundamental da inversão, Graupe [17], Friedman [64], Lee [65]. Adicionalmente o método possui adaptatividade o que permite identificar processos de parâmetros variantes com o tempo devendo-se para tanto, fazer um ajuste no fator de ponderação q (chamado também de fator de esquecimento).

O vetor \underline{O} de parâmetros estimados pelo método dos mínimos quadrados recursivos calculados no k -ésimo instante é,

$$\underline{O}_k = \underline{O}_{k-1} + q \underline{P}_k \underline{f}_k [y(k) - \underline{f}_k \underline{O}_{k-1}] \quad (3.10)$$

$$\text{Onde, } \underline{P}_k = \underline{P}_{k-1} - \underline{P}_{k-1} \underline{h}_k [1 - \underline{h}_k^t \underline{P}_{k-1} \underline{h}_k] \quad (3.11)$$

$$\underline{h}_k = \dot{q} \underline{f}_k \quad (3.12)$$

$$\underline{f}_k = [-y(k-1) \dots -y(k-n) \mid u(k-1-d) \dots u(k-n-d)] \quad (3.13)$$

$$\underline{O}_k = [a_{1,k} \dots a_{n,k} \mid b_{1,k} \dots b_{1,k}] \quad (3.14)$$

A matriz \underline{P} inicial pode ser igual à matriz identidade multiplicada por uma constante (fator de convergência) suficientemente grande para assegurar a convergência do método. O vetor de parâmetros pode ser inicialmente o vetor nulo. O fator de esquecimento q é um fator de ponderação das amostras. Quando $q=1$ todas as amostras têm igual peso. Quando $q < 1$ as amostras mais recentes têm maior peso.

O método dos mínimos quadrados generalizados (MQG) considera o modelo ilustrado na figura 3.6. A diferença fundamental

com os anteriores reside na pré-filtragem dos sinais de excitação e resposta.

O polinômio $D(z)$ é o filtro, supostamente conhecido, incorporado para eliminar a correlação dos resíduos $e(k)$. Eliminada a correlação dos resíduos, a identificação é realizada por mínimos quadrados simples ou recursivos. Em aplicações reais, raramente se conhece o filtro $D(z)$ que também deve ser identificado. Assume-se que o polinômio $D(z)$ é

$$D(z) = d_1 z^{-1} + d_2 z^{-2} + \dots + d_n z^{-n} \quad (3.15)$$

Clarke [66] propôs o seguinte procedimento para calcular o filtro $D(z)$:

Passo 1. Achar a estimativa dos mínimos quadrados de

$$\begin{aligned} y(k) = & -a_1 y(k-1) - \dots - a_n y(k-n) + b_1 u(k-d-1) + \dots \\ & \dots + b_n u(k-d-n) + v(k) \end{aligned} \quad (3.16)$$

onde $v(k)$ representa os resíduos correlacionados.

Passo 2. Determinar os coeficientes indexados d fazendo a auto-regressão

$$v(k) = -d_1 v(k-1) - \dots - d_n v(k-n) + e(k) \quad (3.17)$$

onde $e(k)$ representa um ruído aleatório não correlacionado. A auto-regressão pode ser realizada por mínimos quadrados.

Passo 3. Filtrar os sinais de excitação e resposta do processo para obter respectivamente $u'(k)$, $y'(k)$.

$$u'(k) = -d_1 u(k-1) - \dots - d_n u(k-n) \quad (3.18)$$

$$y'(k) = d_1 u(k-1) - \dots - d_n u(k-n) \quad (3.19)$$

Passo 4. Realizar a estimativa dos parâmetros do modelo usando os sinais filtrados $u'(k)$, $y'(k)$ e repetir o processo.

O método das variáveis instrumentais (MVI) é uma extensão do método dos mínimos quadrados. Para eliminar o efeito dos resíduos correlacionados sobre a estimativa, o método utiliza uma matriz instrumental \underline{M} .

O vetor de parâmetros \underline{Q} , estimado pelo método das variáveis instrumentais é

$$\underline{Q} = [\underline{M} \quad \underline{F}]^{-1} \underline{F} \underline{Y} \quad (3.20)$$

onde \underline{F} é a matriz definida na expressão 3.7, \underline{y} é o vetor descrito por 3.6 e \underline{M} é uma matriz instrumental com as seguintes propriedades:

$$E[\underline{M}^t \underline{e}] = \underline{0}$$

$$E[\underline{m}^t \underline{F}] \text{ é inversível.}$$

Qualquer matriz com os valores esperados descritos acima é uma matriz instrumental.

A equação (3.20) é análoga à equação 3.4 obtida para os mínimos quadrados simples. As equações do método MVI recursivo também guardam analogia com as correspondentes ao método dos mínimos quadrados recursivos.

O vetor de parâmetros estimado pelo método MVI recursivo é

$$\underline{O}_k = \underline{O}_{k-1} + q \underline{P}_k \underline{m}_k [y(k) - \underline{f}_k^t \underline{O}_{k-1}] \quad (3.21)$$

onde q é um fator de ponderação, \underline{m} é um vetor instrumental, $y(k)$ é a k -ésima leitura da resposta do processo, \underline{f} é o vetor de medidas definido em 3.13 e a matriz \underline{P} é

$$\underline{P}_k = \underline{P}_{k-1} - \underline{P}_{k-1} \underline{q}_k [1 - \underline{h}_k^t \underline{P}_{k-1} \underline{q}_k]^{-1} \underline{h}_k \underline{P}_{k-1} \quad (3.22)$$

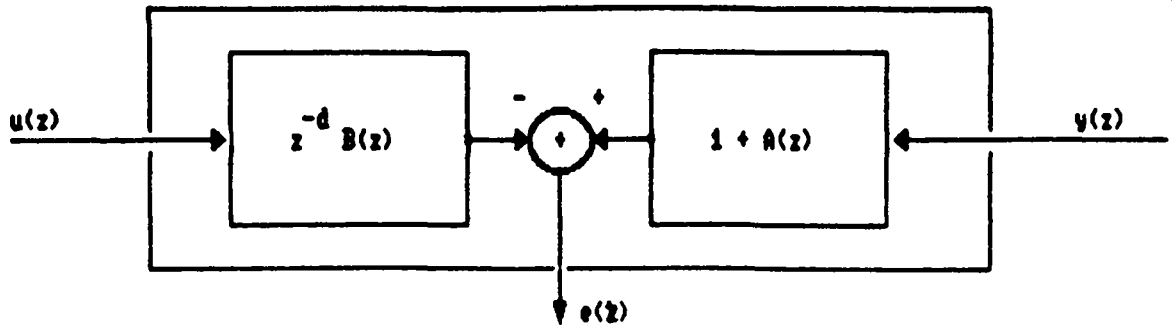


Fig 3.5 Modelo generalizado.

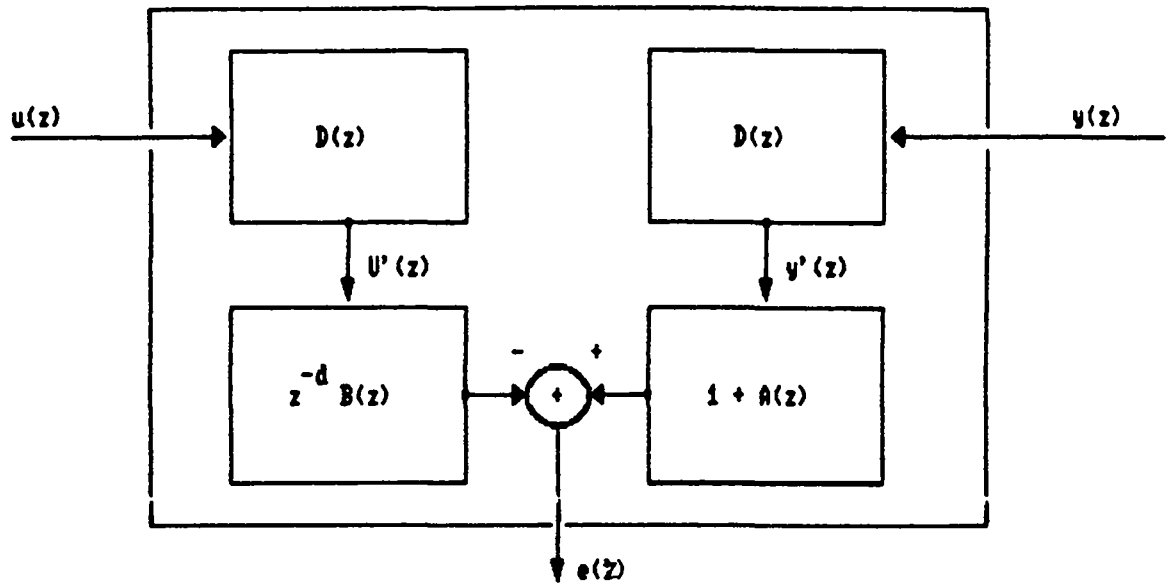


Fig 3.6 Modelo generalizado com filtro $D(z)$ para o método dos mínimos quadrados generalizados.

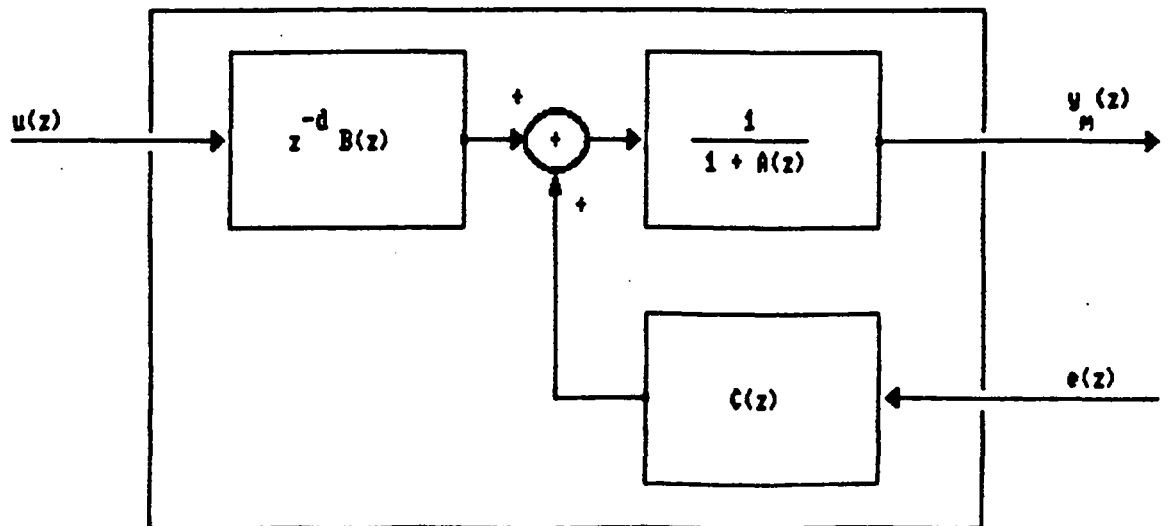


Fig 3.7 Modelo utilizado para o método da máxima verossimilhança.

$$\text{com } \underline{h}_k = \sqrt{q} \quad \underline{f}_k \quad (3.23)$$

$$\underline{g}_k = \sqrt{q} \quad \underline{m}_k$$

$$\underline{m}_k = [-y(k-1-n) \dots -y(k-2n) \mid u(k-n-1) \dots u(k-n-d)] \quad (3.24)$$

A convergência do método das variáveis instrumentais depende fortemente dos parâmetros iniciais, por esta razão a identificação é iniciada com o método MQR e depois comutada para o método MVI.

Para o método da máxima verossimilhança (MMV) se considerou o modelo ilustrado na figura 3.7, de onde se pode obter a equação correspondente ao erro como

$$e(z) C(z) = y(z) [1 + A(z)] - u(z) z^{-d} B(z) \quad (3.25)$$

$$C(z) = c_1 z^{-1} + c_2 z^{-2} + \dots + c_n z^{-n} \quad (3.26)$$

onde $A(z)$, $B(z)$ e $C(z)$ são respectivamente, os polinômios descritos por 3.2, 3.3 e 3.26; $e(k)$, $u(k)$, e $y(k)$ são respectivamente, um distúrbio gaussiano com desvio padrão s , as medições da excitação e da resposta do processo no k -ésimo instante de amostragem. Os coeficientes dos polinômios $A(z)$, $B(z)$, $C(z)$, o distúrbio $e(k)$ e seu desvio padrão s são considerados desconhecidos.

O vínculo entre a função amostrada $e(k)$ e a função $e(z)$ é a transformada Z, Isermann [1].

O valor de $e(k)$ é estimado como

$$e(k) = y(k) - y_m(k) \quad (3.27)$$

onde $y_m(k)$ é a saída do modelo expresso por

$$y_m(k) = x_k^t \mathbf{O}_k \quad (3.28)$$

com

$$\mathbf{x}_k^t = [-y(k-1) \dots -y(k-n) \mid u(k-d-1) \dots u(k-d-n) \mid e(k-1) \dots \dots e(k-n)] \quad (3.29)$$

Os parâmetros são estimados maximizando a expressão do logaritmo da função verossimilhança L .

$$\log[L(s, \underline{O})] = \frac{1}{2} s^2 \sum_{k=1}^{k=m} e(k)^2 + m \log(s) + \frac{1}{2} m \log(2 \text{ ii}) \quad (3.30)$$

onde m é o número de pares de medidas e \underline{O} o vetor de parâmetros.

A maximização da função (3.30) com relação a s e aos parâmetros é realizada separadamente Astrom [5], primeiro minimizando o termo da somatória

$$J(\underline{O}) = \sum_{k=1}^{k=m} e(k)^2 \quad (3.31)$$

e depois o valor do desvio padrão s que maximiza 3.30 é calculado usando a expressão

$$s^2 = \frac{2}{m} \text{Min}_{\underline{O}} \{ J(\underline{O}) \} \quad (3.32)$$

A equação 3.31 é linear nos coeficientes de $A(z)$ e $B(z)$ mas não é linear nos coeficientes de $C(z)$. A minimização analítica da função a múltiplas variáveis 3.31 não é fácil sendo mais adequado a utilização de um método numérico. No apêndice A está exposto o método numérico de Gauss-Newton utilizado para minimizar a equação 3.31.

O método da correlação (MCO) utiliza as funções de correlação para identificar os parâmetros do processo.

$$[1 + A(z)] y(k) = z^{-d} B(z) u(k) + e(k) \quad (3.33)$$

Multiplicando a equação anterior pelo sinal de excitação $u(k-t)$ e depois tomando o valor esperado resulta a equação

$$[1 + a(z)] R_{uy}(t) = z^{-d} B(z) R_{uu}(t) + R_{ue}(t) \quad (3.34)$$

onde $R_{uy}(t)$ é a função de intercorrelação entre os sinais de entrada e saída, $R_{uu}(t)$ é a função de autocorrelação do sinal de entrada, $R_{ue}(t)$ é a função de intercorrelação entre o sinal de entrada e o sinal correspondente à perturbação $e(k)$, t é o deslocamento entre os sinais correlacionados, d é o atraso do modelo, $A(z)$, $B(z)$ são os polinômios definidos em 3.2 e 3.3 respectivamente.

Se na equação 3.34 o sinal de excitação $u(k)$ não é correlacionado com o sinal $e(k)$ então $R_{ue}(t)$ é zero levando a

$$[1 + A(z)] R_{uy}(t) = z^{-d} B(z) R_{uu}(t) \quad (3.35)$$

de onde se obtém

$$\begin{aligned}
 R_{uy}(t) = & -a_1 R_{uy}(t-1) - \dots - a_n R_{uy}(t-n) + b_1 R_{uu}(t-d-1) \dots \\
 & \dots + b_n R_{uu}(t-d-n)
 \end{aligned} \tag{3.36}$$

Variando o deslocamento t desde $-p$ até r , gera-se um sistema linear de $p+r+1$ equações semelhantes a 3.36, que é matricialmente representado como

$$\underline{R} = \underline{S} \underline{O} \tag{3.37}$$

$$\text{onde, } \underline{R} = [R_{uy}(-p) \dots R_{uy}(0) \dots R_{uy}(r)]^t \tag{3.38}$$

$$\underline{O} = [\begin{array}{ccc|ccc} a_1 & \dots & a_n & b_1 & \dots & b_n \end{array}] \tag{3.39}$$

$$\underline{S} =$$

$$= \left(\begin{array}{ccc|ccc} R_{uy}(-p-1) & \dots & R_{uy}(-p-n) & R_{uu}(-p-d-1) & \dots & R_{uu}(-p-d-n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{uy}(0) & \dots & R_{uy}(-n) & R_{uu}(-d-1) & \dots & R_{uu}(-d-n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{uy}(r-1) & \dots & R_{uy}(r-n) & R_{uu}(r-d-1) & \dots & R_{uu}(r-d-n) \end{array} \right) \tag{3.40}$$

A estimativa \underline{O} é obtida utilizando-se a mesma sistemática dos mínimos quadrados simples, isto é, o vetor \underline{O} de parâmetros estimados pelo método da correlação é

$$\underline{O} = [\underline{S} \quad \underline{S}]^{-1} \underline{S} \underline{R} \quad (3.41)$$

A matriz \underline{S} e o vetor \underline{R} podem ser atualizados calculando-se as funções de correlação recursivamente através de

$$R_{uu}(t,k) = R_{uu}(t,k-1) + [u(k-t)u(k) - R_{uu}(t,k-1)]/(k-1) \quad (3.42)$$

$$R_{uy}(t,k) = R_{uy}(t,k-1) + [u(k-t)y(k) - R_{uy}(t,k-1)]/(k-1) \quad (3.43)$$

No caso de calcular primeiro todos os pontos das funções de correlação, o método da correlação pode ser abordado utilizando a sistemática dos mínimos quadrados recursivos. Utilizando este procedimento tem-se a disposição os pontos de correlação os quais correspondem aos coeficientes do modelo linear não paramétrico conhecido como a sequência ponderada. Adicionalmente, o máximo de $R_{uy}(t)$ acontece próximo a d (atraso(do processo) possibilitando uma estimativa rápida para o atraso.

Godfrey [38] discutiu o método da correlação considerando como modelo a sequência ponderada; Cardoso [4], na sua dissertação, fez um estudo completo do método da correlação abordando os modelos paramétricos e não paramétricos.

3.3 A BASE DE DADOS.

A base de dados é um conjunto de arquivos de dados que resultaram da necessidade de simplificar as estruturas e procedimentos do programa. Para que uma base de dados produza efeitos simplificadores a informação contida deve estar devidamente organizada e associada para facilitar o acesso, análise e apresentação dos dados.

Existem quatro estruturas básicas fundamentais de dados com as quais são elaboradas outras organizações por complexas que sejam, estas estruturas são: (1) o item escalar, a mais simples das estruturas que é acessado especificando simplesmente o local de armazenamento, (2) o vetor, que é uma organização sequencial de itens escalares indexados, (3) arranjos dimensionais, que são uma organização de vetores e (4) a lista encadeada a qual é composta de nós. Cada nó é uma organização não sequencial de itens escalares, vetores ou arranjos dimensionais, acessados por um ou mais ponteiros.

A base de dados implementada neste trabalho (figura 3.8), está composta por estruturas fundamentais de dados, portanto não pode ser qualificada de complexa.

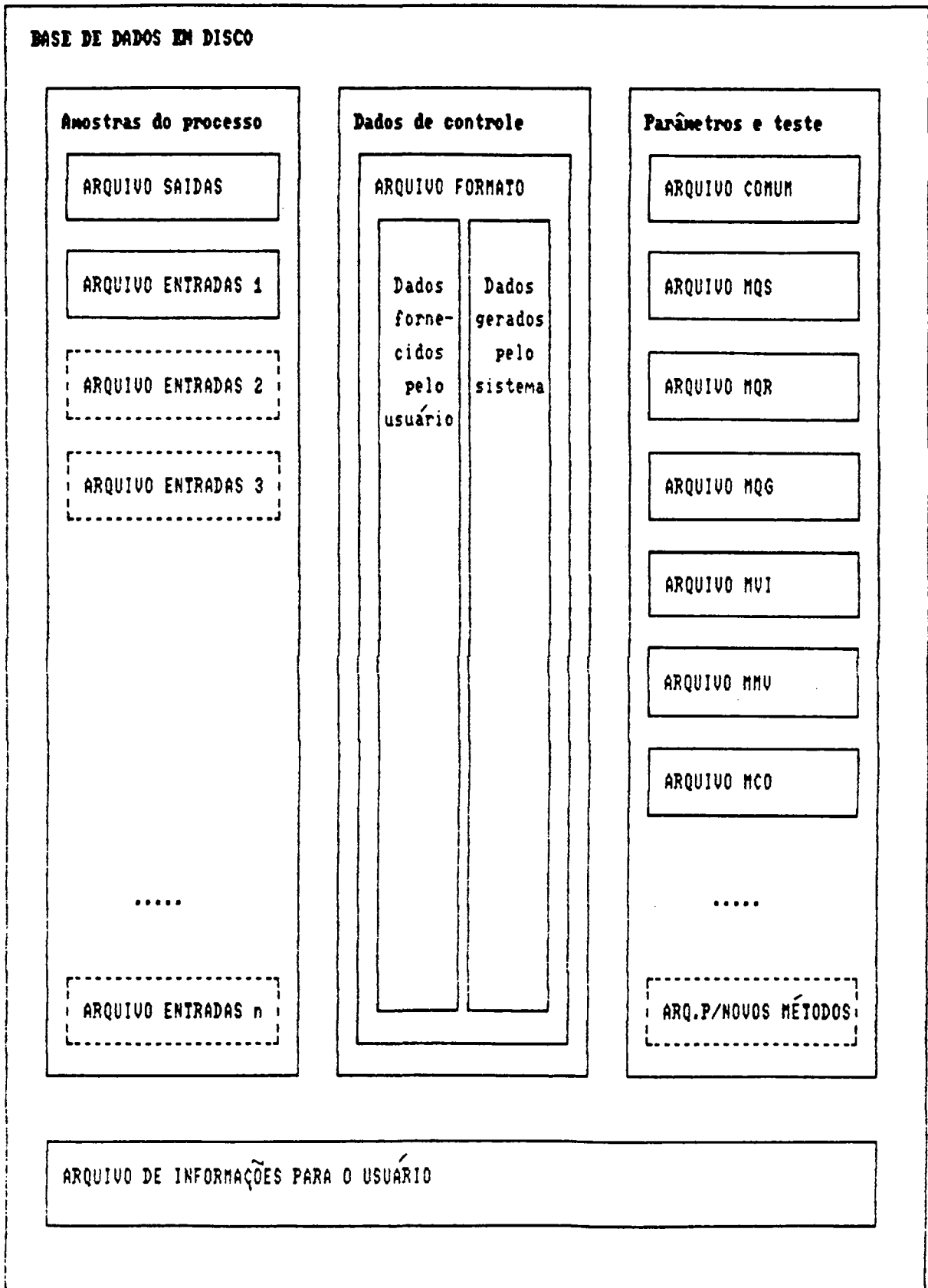


Fig 3.8 Os arquivos da base de dados e o tipo de informação contida.

Para desenvolver a base de dados três aspectos foram considerados: (1) o entendimento global do sistema, isto é, os objetivos e o alcance do sistema, (2) a organização lógica, isto é acomodação, modificação e associação dos dados, e (3) a abrangência física, isto é, a influência do hardware sobre a organização e as características de manipulação.

Pensou-se em manter uma base de dados de dimensão permanente de forma a satisfazer a maior parte das necessidades do usuário, porém observou-se que a memória ocupada pela base de dados assim definida é grande e pouco eficiente no sentido de que a relação da memória total ocupada pela base de dados com a memória útil em cada aplicação é pequena. Considerando-se a inclusão de novos métodos e a expansão do sistema para identificação de processos de múltiplas entradas, aparece uma severa demanda de memória para uma base de dados tipo permanente.

Elevou-se a eficiência de utilização da memória da base de dados restringindo a base de dados à parte potencialmente útil às demandas do usuário em cada aplicação, em outras palavras, a base de dados é gerada por software de maneira a atender unicamente às necessidades do usuário.

Para modificar (redefinir) a base de dados foi elaborada a unidade de formatação da base de dados, que manipula totalmente a geração, dimensionamento ou eliminação de arquivos. Para executar a formatação da base de dados são requisitados do usuário as seguintes informações: (1) número de amostras, (2) intervalos de pesquisa do atraso e ordem do modelo e (3) os métodos que se pretendem utilizar durante a identificação.

No apêndice B está a descrição detalhada dos arquivos que formam a base de dados e as regras de acesso.

CAPÍTULO 4

Testes, resultados e discussão.

Para avaliar os métodos de identificação implementados foram simulados três processos lineares invariantes no tempo.

4.1 PROCESSOS SIMULADOS.

Os processos simulados são considerados sensíveis ao ruído e têm sido utilizados com a mesma finalidade por outros autores como Isermann [3], Hastings-James & Sage [60], Pinto [68] e outros.

Os processos são:

1 - Processo oscilante de segunda ordem.

$$F(z) = \frac{1,0 z^{-1} + 0,5 z^{-2}}{1 - 1,5 z^{-1} + 0,7 z^{-2}}, \quad T \text{ amostragem} = 2s \quad (4.1)$$

2 - Processo com fase não mínima de segunda ordem.

$$F(z) = \frac{-0,102 z^{-1} + 0,173 z^{-2}}{1 - 1,425 z^{-1} + 0,496 z^{-2}}, \quad T \text{ amostragem} = 2s \quad (4.2)$$

3 - Processo passa baixa de terceira ordem com atraso.

$$F(z) = \frac{0,065 z^{-1} + 0,048 z^{-2} - 0,008 z^{-3} z^{-d}}{1 - 1,500 z^{-1} + 0,705 z^{-2} - 0,100 z^{-3}} \quad (4.3)$$

onde o atraso $d = 1$, e o período de amostragem $T = 4s$.

4.2 GERADORES DE RUÍDO.

A saída $y(k)$ do processo a ser identificado foi contaminada por um ruído correlacionado discreto $r(k)$ o qual é gerado por um filtro $G(z)$ que é excitado por um ruído com distribuição normal de média zero e variância 1 (Fig. 4.1). Os filtros adotados foram os utilizados por Isermann [3] e Pinto [68].

Para os processos 1 e 2 o filtro gerador de ruído utilizado foi:

$$G(z) = \frac{0,0114 g z^{-1}}{1 - 1,027 z^{-1} + 0,264 z^{-2}} \quad (4.4)$$

e para o processo 3 o seguinte:

$$G(z) = \frac{0,0117 g z^{-1}}{1 - 0,527 z^{-1} + 0,0695 z^{-2}} \quad (4.5)$$

O valor g é utilizado para variar a relação ruído sinal. A relação ruído sinal r_s pode ser estimada teóricamente mediante a seguinte expressão:

$$rs = \frac{\sqrt{s^2}}{A K} \quad (4.6)$$

Onde s elevado ao quadrado é a variância do ruído $r(k)$, K é o ganho estático do processo e A é a amplitude da excitação do processo. Foi adotada como sinal de excitação a sequência binária pseudo aleatória (SBPA E 11) com níveis $+1$ e -1 . A variância do ruído $r(k)$ na saída do gerador utilizado para os processos 1 e 2 é dada pela expressão:

$$s^2 = 0,00041106 g^2 \quad (4.7)$$

e para o processo 3 é:

$$s^2 = 0,00018166 g^2 \quad (4.8)$$

Considerando-se o seguinte filtro digital de segunda ordem:

$$G(z) = \frac{c_0 + c_1 z^{-1} + c_2 z^{-2}}{d_0 + d_1 z^{-1} + d_2 z^{-2}} \quad (4.9)$$

pode-se calcular a variância do ruído $r(k)$ na saída do filtro através da expressão 4.10 fornecida por Pinto [68]; desta mesma equação foram obtidas as expressões 4.7 e 4.8 que correspondem às variâncias dos ruídos nas saídas dos filtros das equações 4.4 e 4.5 respectivamente.

$$s^2 = \frac{d_0^2 [(d_0 + d_2) k_0 - d_1 k_1] + k_2^2 [d_1^2 + d_2^2 + d_0 d_2]}{d_0^2 (d_0 - d_2)^2 [(d_0 + d_2)^2 - d_1^2]} \quad (4.10)$$

onde $k_0 = c_0^2 + c_1^2 + c_2^2$ (4.11)

$$k_1 = 2 (c_0 + c_2) c_1 \quad (4.12)$$

$$k_2 = 2 c_0 c_2 \quad (4.13)$$

4.3 CRITÉRIOS DE TESTE.

Foram implementados três critérios de teste os quais ajudam a decidir na escolha dos parâmetros, ordem e atraso do modelo.

O critério J é calculado usando a expressão

$$J = \sum_{k=0}^{k=M} [e(k)]^2 \quad (4.14)$$

onde $e(k)$ é a diferença existente entre a saída do processo e a saída do modelo no k -ésimo instante de amostragem, assim J é a soma dos quadrados dos erros para k variando desde 0 até M.

O critério AIC (Akaike's Information Criterion) é calculado usando-se a expressão

$$AIC = - \log(L) + 4N \quad (4.15)$$

onde L é a função verossimilhança e N o número de parâmetros do modelo.

O critério T é calculado usando a expressão

$$T = 0,5 \frac{(J_1 - J_2)}{J_2} (M - 2N) \quad (4.16)$$

onde J_1 e J_2 são os valores do critério J para os modelos de ordem N e N+1 respectivamente, e M o número de amostras consideradas. Astrom [2] indica que para um processo monovariável e grandes valores de M a variável randômica T é $F(2, M-2N)$ distribuída.

O critério T indica se a redução do critério J é significativa quando a ordem do modelo é incrementada de N para N+1,

para isto assume-se um nível de risco e através das tabelas da distribuição F encontra-se o t respectivo. Se $T(t)$ a probabilidade de J_2 é menor que a de J_1 e portanto N é a ordem estimada. Em outras palavras, t é o valor mínimo de T para que a redução de J_1 para J_2 seja ainda significativa. O valor T é especialmente útil nos casos em que os valores do critério J sofrem pequenas variações com o incremento da ordem.

4.4 RESULTADOS E ANÁLISE.

A tabela 4.1 mostra as relações ruído sinal dos conjuntos de amostras utilizados. Foram primeiro especificadas as relações ruído sinal e então teoricamente calculado os valores de g para o ajuste do coeficiente do numerador da função de transferência correspondente a cada gerador de ruído de forma que, quando excitados por um ruído gaussiano de média 0 e variância 1 reproduza a relação ruído sinal especificada na saída do processo $F(z)$ durante a simulação.

Os valores da relação ruído sinal da tabela 4.1 foram obtidos considerando-se 500 pontos de amostragem. Verificou-se que para os processos 2 e 3 os valores obtidos para a relação ruído sinal estão dentro do especificado.

A partir das amostras, e utilizando-se os métodos implementados foram obtidos os resultados mostrados nas tabelas 3.2, a 3.4 utilizando 150 pontos de amostragem. Os métodos MQR,

MQG e MVI reciclaram novamente o conjunto de amostras. Para calcular os critérios de teste foram considerados 500 pontos.

Observando os parâmetros identificados e os resultados dos testes correspondentes aos processos 1 e 2 pode-se estabelecer 5% como a relação ruído sinal limite para que se possa identificar os parâmetros de um modelo com precisão razoável.

Para discutir os resultados da tabela 4.4 obtidos para o processo 3, é necessário considerar que este admite múltiplas representações. Isermann [3] tem pesquisado com profundidade a identificação deste processo e conclui que as múltiplas representações são causadas pela suave inclinação na direção do mínimo e rugosidades apresentadas na superfície paramétrica multidimensional correspondente ao processo 3 e que esta característica da superfície pode ser causado pela relativa proximidade entre um zero e um polo do processo; assim as múltiplas representações podem ser interpretadas como um estacionamento dos parâmetros nas proximidades do mínimo. O local de estacionamento dos parâmetros depende da estratégia de cada método e da interferência provocada pelo ruído. Isermann [3] também obteve representações múltiplas mesmo considerando 130.000 pontos de amostragem processados num computador CDC 6600. A função de transferência 4.3 escrita como segue evidencia a proximidade entre um polo e um zero no processo 3.

$$F(z) = 0,0650 \frac{(z-0,8790)}{(z-0,6750)(z-0,5600)} \cdot \frac{(z-0,1400)}{(z-0,2640)}$$

Na tabela 4.4 para a relação ruído sinal 0,52% os valores dos critérios J e AIC mostram notada discrepância. Uma reavaliação mostrou que estes resultados são corretos. Então, considerando a existência de múltiplas representações, pesquisou-se a ordem e o atraso do modelo concluindo que neste caso o modelo que melhor de ajusta ao processo é de ordem 2 e atraso 0 confirmando a proximidade entre um polo e um zero no processo 3. Como critério adicional para a escolha do novo modelo utilizou-se o valor do ganho estático calculado somando-se os coeficientes do numerador e dividindo o resultado pela soma dos coeficientes do denominador, assim o ganho estático para o processo 3 descrito pela equação 4.3 é unitário. A tabela 4.5 mostra os resultados obtidos para o método das variáveis instrumentais. As figuras 4.2 até 4.5 mostram os sinais de excitação e resposta do processo 3 e do modelo adotado. A listagem emitida pelo computador correspondente aos testes e identificação do processo 3 com relação ruído sinal 0,52% utilizando os outros métodos esta no apêndice C.

TABELA 4.1 AJUSTE DO GERADOR PARA DISTINTOS NIVEIS DE RÚIDO

PROCESSO	RELAÇÃO RUIDO/SINAL		η	c_1
	ESPECIFICADA	OBTIDA		
1	0,50%	0,54%	1,8496	0,0210
	1,00%	1,14%	3,6992	0,0421
	2,00%	2,19%	7,3984	0,0843
	4,00%	4,56%	14,797	0,1686
2	0,50%	0,53%	0,2466	0,0028
	1,00%	0,92%	0,4932	0,0056
	2,00%	2,00%	0,9865	0,0112
	4,00%	4,20%	1,9729	0,0225
3	0,50%	0,52%	0,3785	0,0043
	1,00%	1,06%	0,7419	0,0087
	2,00%	2,04%	1,4839	0,0174
	4,00%	4,23%	2,9677	0,0347

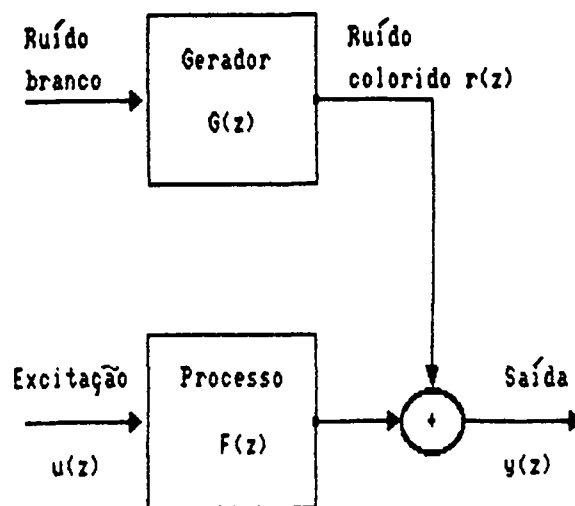


Fig 4.1 Contaminação da saída do processo com ruído colorido.

TABELA 4.2 TESTES E PARÂMETROS OBTIDOS PARA O PROCESSO 1

MÉTODO	RELAÇÃO RUIDO/ SINAL	POLINÔMIO A(z)		POLINÔMIO B(z)		CRITÉRIOS PARA O TESTE	
		a ₁	a ₂	b ₁	b ₂	J	AIC
MQS	0,00%	-1,5	0,70000000	1	0,49999999	3,537 E-03	-7389,9970
	0,54%	-1,4951125	0,69503202	0,99625747	0,50908992	1,00232140	31,7195
	1,14%	-1,4987093	0,69874304	1,00290878	0,50153977	2,86866840	-225,6563
	2,19%	-1,4979960	0,69814450	0,99732468	0,50142180	2,88254040	-449,5728
	4,56%	-1,4976647	0,69783332	1,01140652	0,49240700	12,7890580	-205,1409
MQR	0,00%	-1,5	0,7	1	0,5	2,918 E-14	-8582,1400
	0,54%	-1,5002166	0,70018294	1,00067842	0,49924678	0,16250623	-1292,1560
	1,14%	-1,4989095	0,69843612	1,00354906	0,50040788	2,89326310	-217,6901
	2,19%	-1,4975080	0,69965064	0,99370024	0,50424953	4,18767580	-449,5728
	4,56%	-1,4906907	0,69188457	1,01467602	0,50667361	14,8472490	-164,0730
MQO	0,00%	-1,5	0,69999999	1	0,5	3,595 E-13	-7974,6130
	0,54%	-1,4933616	0,69199017	1,00088109	0,50088894	3,49011610	3953,4539
	1,14%	-1,5190200	0,70482063	1,00273280	0,50089428	87,3657980	27122,0310
	2,19%	-1,4556003	0,71037139	0,99452682	0,50144524	738,829430	70031,1260
	4,56%	-1,4631665	0,66840494	1,01519344	0,50009296	64,6255390	829,1707
MCO	0,00%	-1,5	0,69999999	1,00000001	0,50000009	7,926 E-11	-6631,1020
	0,54%	-1,4995812	0,69977585	1,00032283	0,49888091	0,18283793	-1260,1050
	1,14%	-1,5013257	0,70163508	0,99561512	0,47362629	6,39158770	914,5445
	2,19%	-1,4915139	0,69247008	0,96589257	0,50415075	14,8156610	570,0641
	4,56%	-1,5015965	0,70288813	0,91766799	0,43123963	97,1989960	1479,1204
MVI	0,00%	-1,5	0,7	1,00000001	0,5	4,897 E-13	-7897,6750
	0,54%	-1,4963307	0,69630198	0,99753435	0,50653335	0,61296059	-582,0650
	1,14%	-1,4991505	0,69917474	1,00370009	0,49949758	2,85764020	-229,2256
	2,19%	-1,4974804	0,69774656	0,99717898	0,50234833	2,97550150	-565,8674
	4,56%	-1,4982817	0,69859836	1,01352216	0,49417432	12,9208270	-202,5116
MMU	0,00%	-1,5001548	0,69999433	0,99974264	0,49952510	7,298 E-03	-2064,9040
	0,54%	-1,4999020	0,69972052	1,00201310	0,50653335	0,26571937	-1129,4520
	1,14%	-1,4987928	0,69894120	1,00331075	0,49996790	2,88538680	-220,2453
	2,19%	-1,4988246	0,69872991	1,00143684	0,50258361	2,68361560	-593,8706
	4,56%	-1,4985020	0,69864515	1,01055780	0,49203328	12,6648980	-207,6183

TABELA 4.3 TESTES E PARÂMETROS OBTIDOS PARA O PROCESSO 2

MÉTODO	RELAÇÃO RUIDO/ SINAL	POLINÔMIO A(z)		POLINÔMIO B(z)		CRITÉRIOS PARA O TESTE	
		a ₁	a ₂	b ₁	b ₂	J	AIC
MQS	0,00%	-1,4250000	0,49600000	-0,102	0,17300000	3,368 E-13	-7990,8950
	0,53%	-1,4244974	0,49571240	-0,1020952	0,17303139	0,01379552	-1966,3720
	0,92%	-1,4231983	0,49320732	-0,1011586	0,17268943	0,01030082	-496,9371
	2,00%	-1,4239527	0,49826583	-0,1011885	0,17246703	0,23466577	-1195,0520
	4,20%	-1,4147510	0,49363739	-0,1027059	0,17195782	1,02192030	-831,4730
MQR	0,00%	-1,425	0,496	-0,102	0,173	4,488 E-17	-10212,80
	0,53%	-1,4226038	0,49376852	-0,1015692	0,17260642	0,01459499	-1892,0840
	0,92%	-1,4214694	0,49433619	-0,1011546	0,17276342	0,05440809	-1556,4850
	2,00%	-1,4200887	0,49041025	-0,1010319	0,17036927	0,20268708	-1236,7800
	4,20%	-1,4124177	0,49716771	-0,1067322	0,17105865	1,68668050	-643,3170
MQG	0,00%	-1,425	0,49600000	-0,102	0,173	7,760 E-15	-8929,7450
	0,53%	-1,3856204	0,43704405	-0,1020070	0,17293773	2,85471280	48866,4500
	0,92%	-1,3097767	0,54795635	-0,1011145	0,17192184	19,4430720	111985,05
	2,00%	-1,5127130	0,49990980	-0,1009294	0,17118931	OVERFLOW	
	4,20%	-1,3131624	0,89108491	-0,1050090	0,17074703	75,5846130	20273,2970
MCO	0,00%	-1,4249999	0,49599999	-0,1019999	0,17299999	2,436 E-13	-8071,5180
	0,53%	-1,4202305	0,49171873	-0,0999180	0,17702406	0,27111500	2692,4470
	0,92%	-1,4197281	0,48846817	-0,0880346	0,16622869	0,41994756	584,1426
	2,00%	-1,4273149	0,50850787	-0,1095249	0,16407346	3,44754700	2997,3380
	4,20%	-1,4658785	0,53971057	-0,1016522	0,18060124	1,61291360	-664,1881
MVI	0,00%	-1,425	0,496	-0,102	0,173	4,488 E-17	-10212,80
	0,53%	-1,4290702	0,49985818	-0,1022108	0,17361331	0,02090570	-1779,2990
	0,92%	-1,429615	0,49848955	-0,1017375	0,17337765	0,06504819	-1494,1750
	2,00%	-1,4333937	0,50557019	-0,1011867	0,17299545	0,21431009	-1221,6130
	4,20%	-1,4914581	0,55860124	-0,1015719	0,18032497	2,47392000	-420,4909
MMV	0,00%	-1,4251548	0,49599433	-0,1022573	0,17252510	3,903 E-03	-2220,7410
	0,53%	-1,4230744	0,49494826	-0,1022589	0,17315891	0,01643922	-1859,1240
	0,92%	-1,4207017	0,49308794	-0,1019790	0,17220948	0,06152482	-1514,8080
	2,00%	-1,4249371	0,50015459	-0,1012394	0,17262384	0,26468776	-1155,8770
	4,20%	-1,4196504	0,50340174	-0,1013920	0,17629277	1,10678090	-807,4561

TABELA 4.4 TESTES E PARÂMETROS OBTIDOS PARA O PROCESSO 3

MÉTODO	RELAÇÃO RUIDO/ SINAL	POLINÔMIO A(z)			POLINÔMIO B(z)			CRITÉRIOS PARA O TESTE	
		a ₁	a ₂	a ₃	b ₁	b ₂	b ₃	J	AIC
MQS	0,00%	-1,5000300	0,70504739	-,10001312	0,06499999	0,04799834	-0,00 E-03	2,214 E-07	-4635,5570
	0,52%	-1,1142204	0,16164081	-,11749967	0,07226609	0,02984348	-3,80 E-03	10,225441	186899,450
	1,06%	-0,8433961	-,15345223	0,18602596	0,06627940	0,09110440	0,03162303	0,0903207	-1396,5500
	2,04%	-0,8968521	-,08414155	0,16509416	0,06528642	0,08516740	0,03109059	0,21054445	-1221,7760
	4,23%	-0,8424362	-,16477629	0,19987217	0,07284625	0,09062723	0,02787397	0,99250472	-835,6743
MQR	0,00%	-1,5000055	0,70500731	-,10000251	0,06500000	0,04799964	-0,00 E-03	1,832 E-12	-7537,7240
	0,52%	-1,4571599	0,62336374	-,04320192	0,04916746	0,01072629	-7,64 e-03	20,5810780	765842,330
	1,06%	-0,8028139	-,20309662	0,20316609	0,06718256	0,09342705	0,03352395	0,11040015	-1306,6300
	2,04%	-0,8811440	-,10939266	0,17661847	0,06484160	0,08937450	0,02965933	0,21593473	-1215,2790
	4,23%	-0,8150950	-,24122295	0,24648822	0,07605356	0,09463536	0,02149485	1,1072677	-803,5768
MQG	0,00%	-1,4999618	0,70502217	-,09999615	0,06505725	0,04812439	-0,05 E-03	6,38 E-05	-3231,0400
	0,52%	-1,5075830	-,21120496	0,12280766	0,068024231	0,04435932	-,01022039	OVERFLOW	
	1,06%	-0,6319831	-,13385522	0,15281363	0,06603031	0,09489094	0,03453979	14,365557	62536,06
	2,04%	-0,6598693	0,38001822	0,28982257	0,06307026	0,09065274	0,03330134	58,860934	69474,5720
	4,23%	-0,5208814	0,17329451	0,38668000	0,07564918	0,09062941	0,01658527	47,949415	12297,4520
MCO	0,00%	-1,4999998	0,70499973	-,09999968	0,06499946	0,04799980	-0,00 E-03	3,794 E-03	-5644,1140
	0,52%	-1,3907181	0,55280992	-,02381326	0,04647533	3,508 E-03	-4,90 E-03	26,9843950	496738,75
	1,06%	-0,8213413	-,10742791	0,12495918	0,06706897	0,89976486	0,03444938	0,28978316	-503,2512
	2,04%	-0,9308020	0,12499642	-9,77 E-03	0,830 E-03	0,13656449	0,01668515	3,1062905	2268,7147
	4,23%	-0,9052551	0,01451658	0,08212924	0,05973047	0,07374156	0,04980961	1,1467155	-792,5439
MVI	0,00%	-1,4999985	0,70499810	-,99999398	0,06499998	0,04800009	-7,99 E-03	1,367 E-11	-7039,3640
	0,52%	-0,9052062	-0,0995677	0,19686083	0,08619621	0,04469803	-7,09 E-03	7,49805020	136475,49
	1,06%	-1,2938359	0,44641866	-,01912473	0,06653407	0,06077508	5,198 E-03	0,07997038	-1442,9120
	2,04%	-1,4029696	0,59442165	-,07105169	0,06459322	0,05333982	1,498 E-03	0,20088406	-1233,4210
	4,23%	-1,8033486	1,14864511	-,27126099	0,07534239	0,01881138	-,02330735	1,4767168	-700,2476
MVU	0,00%	-1,5000002	0,70499929	-,10000006	0,06499943	0,04799961	-0,00 E-03	3,357 E-09	-5674,4370
	0,52%	-0,9292557	-,20154760	0,26363833	0,05209463	0,07492189	0,03960922	13,3849230	245311,91
	1,06%	-1,1229804	0,21111400	0,06349667	0,06658308	0,72469457	0,01508109	0,08322071	-1428,3550
	2,04%	-1,5060547	0,72143358	-,11010659	0,06496600	0,04472866	-4,49 E-03	0,19877867	-1235,9580
	4,23%	-1,5877022	0,79387291	-,12303443	0,07274450	0,03495309	-,01720626	1,093663	-816,9741

TABELA 4.5 PARÂMETROS IDENTIFICADOS PELO MÉTODO DAS VARIÁVEIS INSTRUMENTAIS
 RELAÇÃO RUÍDO/SINAL = 0,52%

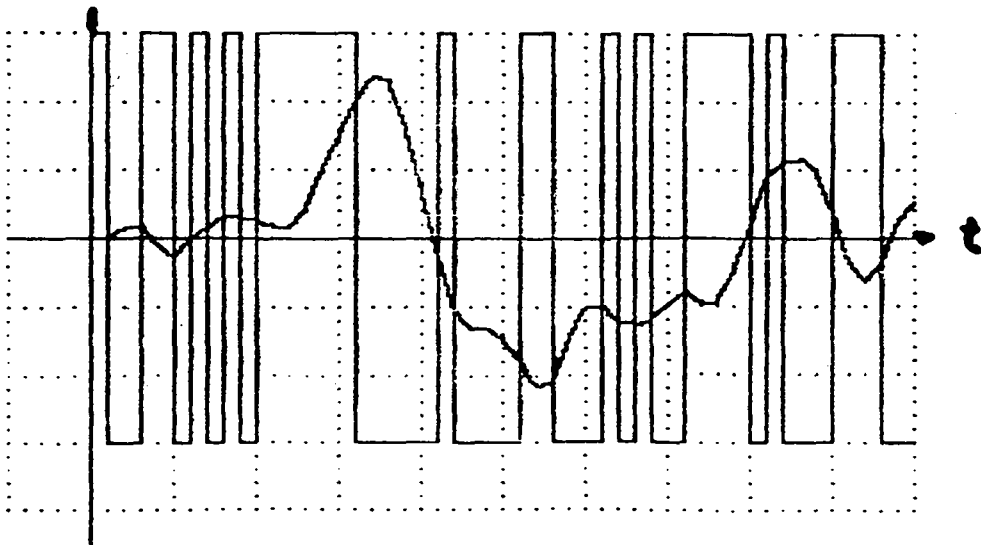
ATRASSO	ORDEN	GRAU DE Z	F.T. AMostrada = $B(z)z^{-d} / [1+A(z)]$		CRITÉRIOS DE TESTE		
			POLINÔMIO A(Z)	POLINÔMIO B(Z)	CRITÉRIO J	GANHO EST.	
0	1	-1	-0,94962	0,06840	29,92010	1,35768	
		-2	-1,42778	0,06531	0,27916	1,05298	
	3	-2	0,53951	0,05234			
		-1	-1,51024	0,06525	0,01412	1,15857	
		-2	0,73428	0,04679			
	4	-3	-0,11284	7,52415 E-03			
		-1	-2,78293	0,06489	3,50957	1,01456	
		-2	2,90267	-0,03574			
		-3	-1,37600	-0,03541			
	1	1	-4	0,25775	4,74831 E-03		
			-1	-0,90461	0,08896	21,47073	0,93259
			-2	-1,34139	0,05709	14,69981	0,54578
-2			0,47943	0,01825			
3		-1	-0,90520	0,08619	7,49805	0,71824	
		-2	-0,09956	0,04469			
		-3	0,19686	7,09466 E-03			
4		-1	0,12100	0,15293	OVERFLOW	0,98918	
		-2	0,01038	0,20228			
		-3	-1,25713	0,11474			
		-4	0,63028	0,02912			
2		1	-1	-0,87862	0,05673	36,24425	0,46738
	-2		-1,78598	-0,02241	177,12615	-0,65708	
	3	-2	0,85862	-0,02532			
		-1	-2,15325	-0,03154	307,86621	-1,76079	
		-2	1,50926	-0,01741			
	4	-3	-0,32645	-3,09912 E-03			
		-1	-2,22459	9,21373 E-03	39,47532	0,24784	
		-2	2,28234	0,01661			
		-3	-1,32099	1,95853 E-03			
	3	1	-4	0,35725	-4,47508 E-03		
			-1	-0,92595	9,63966 E-03	57,38637	0,13016
			-2	-1,64766	-0,01693	89,55633	-0,30289
-2			0,73361	-9,10413 E-03			
3		-1	-2,05507	5,04783 E-03	50,11530	-0,00681	
		-2	-1,60450	0,01042			
		-3	-0,46241	5,79657 E-03			
4		-1	-2,23646	4,94244 E-03	63,70009	-0,11183	
		-2	2,16256	-3,56099 E-03			
		-3	-1,18766	-6,53859 E-03			
		-4	0,32908	-2,39543 E-03			

 FUNCAO DE TRANSF. AMOSTR. F(Z) P/SIMULACAO DO PROCESSO

ATRASSO	ORDEM	GRAU DE Z	F.T. AMOSTRADA = B(Z)/(1+A(Z))	
			POLINOMIO A(Z)	POLINOMIO B(Z)
0	3	-1	-1.5	.065
		-2	.705	.048
		-3	-.1	8E-03

 FUNCAO DE TRANSF. AMOSTR. G(Z) DO GENERADOR DE RUÍDO R(K)

ATRASSO	ORDEM	GRAU DE Z	F.T. AMOSTRADA = C(Z)/(1+D(Z))	
			POLINOMIO D(Z)	POLINOMIO C(Z)
0	2	-1	-.527	4.3E-03
		-2	.0695	0



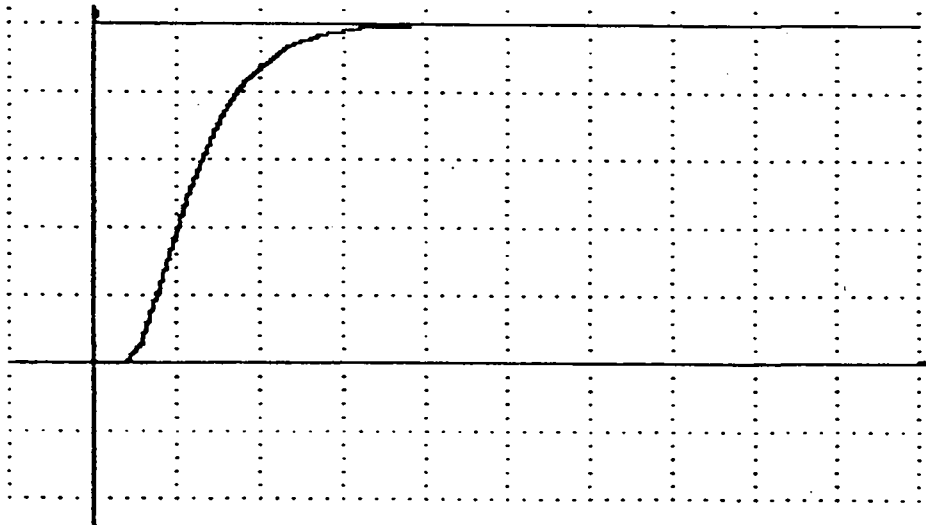
RESOLUCAO VERTICAL : .33 UNIDADES/DIVISAO
 RESOLUCAO HORIZONTAL: 5 UNIDADES/DIVISAO

GRAFICOS DA EXCITACAO E RESPOSTA DO PROCESSO DES-
 DE O INSTANTE DE AMOSTRAGEM 0 ATE' 50

Fig 4.2 Sinais de excitação e resposta obtidos por simulação. Acima nas tabelas, as informações do processo e do gerador de ruído

 FUNCAO DE TRANSF. AMOSTR. F(Z) P/SIMULACAO DO PROCESSO

		F.T. AMOSTRADA = B(Z)/(1A(Z))		
ATRASSO	ORDEM	GRAU DE Z	POLINOMIO A(Z)	POLONOMIO B(Z)
1	3	-1	-1.5	.065
		-2	.705	.048
		-3	-.1	-8E-03



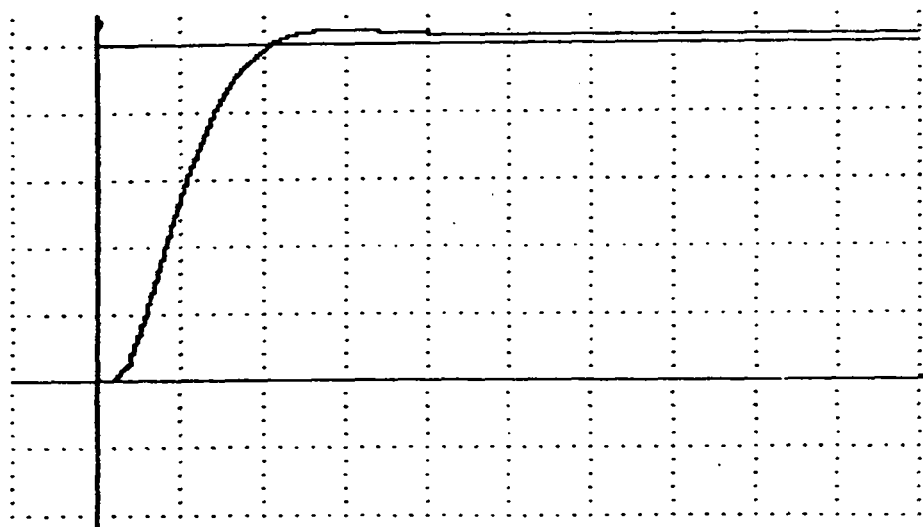
RESOLUCAO VERTICAL :.2 UNIDADES/DIVISAO
 RESOLUCAO HORIZONTAL:5 UNIDADES/DIVISAO

GRAFICOS DA EXITACAO E RESPOSTA DO PROCESSO DES-
 DE O INSTANTE DE AMOSTRAGEM 0 ATE' 50

Fig 4.3 Resposta ao degrau para o processo 3

 FUNCAO DE TRANSF. AMOSTR. F(Z) P/SIMULACAO DO PROCESSO

		F.T. AMOSTRADA = B(Z)/(1A(Z))		
ATRASO	ORDEM	GRAU DE Z	POLINOMIO A(Z)	POLONOMIO B(Z)
0	2	-1	-1.42778	.06231
		-2	.53951	.05234



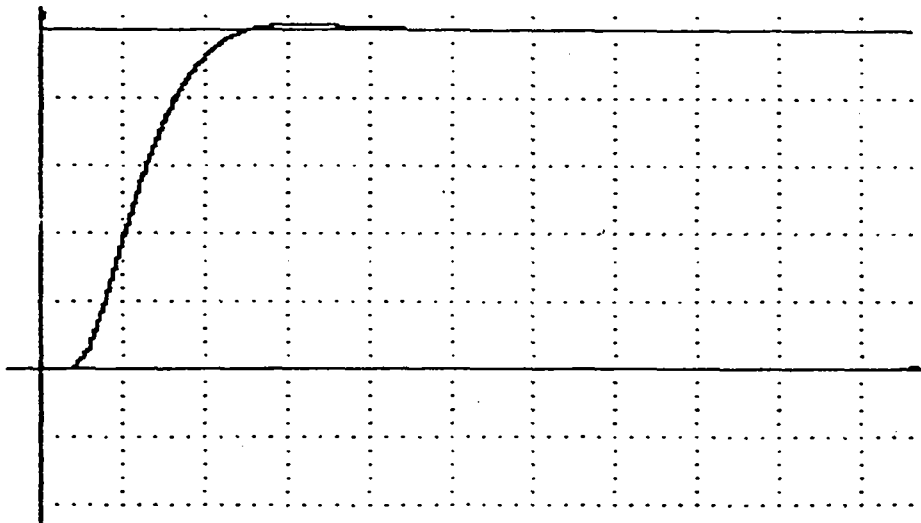
RESOLUCAO VERTICAL :.2 UNIDADES/DIVISAO
 RESOLUCAO HORIZONTAL:5 UNIDADES/DIVISAO

GRAFICOS DA EXITACAO E RESPOSTA DO PROCESSO DES-
 DE O INSTANTE DE AMOSTRAGEM 0 ATE' 50

Fig 4.4 Resposta ao degrau do modelo identificado a partir das amostras geradas pelo processo 3. Acima na tabela, os valores dos parâmetros, ordem e atraso do modelo.

 FUNCAO DE TRANSF. AMOSTR. F(Z) P/SIMULACAO DO PROCESSO

		F.T. AMOSTRADA = B(Z)/(1A(Z))		
ATRASO	ORDEM	GRAU DE Z	POLINOMIO A(Z)	POLONOMIO B(Z)
1	2	-1	-1.4277873	.0623558957
		-2	.539514405	.0493875115



RESOLUCAO VERTICAL :.2 UNIDADES/DIVISAO
 RESOLUCAO HORIZONTAL:5 UNIDADES/DIVISAO

GRAFICOS DA EXITACAO E RESPOSTA DO PROCESSO DES-
 DE O INSTANTE DE AMOSTRAGEM 0 ATE' 53

Fig 4.5 Resposta ao degrau do modelo identificado após do ajuste manual dos parâmetros do polinômio B(z).

CAPÍTULO 5

Conclusões.

Foi desenvolvido um pacote de programas relativo a métodos de identificação os quais junto aos módulos de testes, simulação e geração da base de dados vêm constituir um sistema de software para identificação de processos.

O desempenho dos 6 métodos foi verificado utilizando-se 3 processos largamente utilizados por outros autores com a mesma finalidade. Embora os resultados de 3 exemplos não provem definitivamente os algoritmos e desempenho correspondentes aos métodos de identificação, os resultados permitem concluir que bons resultados são obtidos a baixos níveis de ruído, mais exatamente, até o limite estipulado em 5% para a relação ruído sinal.

Obteve-se um sistema modular com programas estruturados o que deverá facilitar a manutenção, revisão ou expansão do sistema. Todos os módulos comunicam-se através da base de dados. Para incluir um novo módulo basta fazer seu interfaceamento com a base de dados.

O número reduzido de dados e comandos, o estilo conversacional, menú para seleção de opções, a acumulação dos dados do usuário na base de dados, a geração interna de escalas para edição de gráficos, e comandos para a edição no vídeo ou impressora dos resultados acumulados na base de dados fazem que o sistema seja simples de operar.

O dimensionamento da base de dados é realizado pelo sistema utilizando-se as informações fornecidas pelo usuário. O módulo gerador da base de dados utiliza estas informações para criar arquivos com as dimensões apropriadas ou mesmo eliminar arquivos quando o usuário solicita a reforma da base. Antes da criação (ou reforma) da base de dados o sistema informa ao usuário a porcentagem de memória que representa a base de dados em relação à memória disponível no disco permitindo que o usuário administre a memória disponível. Uma vez criada a base de dados fica estabelecida sua dimensão e só pode ser modificada quando o usuário solicita uma reforma.

O sistema identifica os parâmetros de todos os modelos solicitados pelo usuário e também fornece índices de desempenho (critérios) para cada modelo permitindo que o usuário selecione o modelo mais próximo do processo.

O sistema foi desenvolvido num microcomputador Apple II plus compatível de 48Kb com dois drives (disquettes 5 1/4 polegadas) utilizando a linguagem BASIC Applesoft padrão. Na prática, o sistema tem boa portabilidade quando se considera que atualmen-

te é fácil encontrar nos laboratórios um microcomputador Apple na configuração descrita.

O sistema foi primeiro desenvolvido utilizando os diagramas NSD e a seguir codificados na linguagem computacional. De modo mais geral, a existência dos diagramas NSD para o sistema desenvolvido abalizam a sua portabilidade pois, os diagramas NSD não dependem da linguagem computacional nem do tipo de computador além da relativa facilidade de codificação dos diagramas em linguagens computacionais, especialmente linguagens estruturadas.

Como continuação do trabalho propõe-se a implementação de métodos para identificar processos a múltiplas entradas e uma saída, uma vez que a atual base de dados já prevê esta situação.

Para melhorar os resultados frente a relação ruído sinal recomenda-se (1) implementar o sistema em FORTRAN ou PASCAL, ou (2) adaptar as operações aritméticas do APPLESOFT para trabalhar em dupla precisão, (3) utilizar um computador com processador de 16 bits. A primeira sugestão deve diminuir sensivelmente o tempo de processamento, porém o mais adequado é a utilização de um microcomputador de 16 bits.

Outro trabalho a realizar seria um estudo comparativo entre os métodos implementados e pesquisa de novos critérios de teste.

Do ponto de vista de desenvolvimento de software, a proposta é elaborar um sistema computarizado que além de gerar os diagramas NSD diretamente no computador, seja capaz de gerar o código do programa (tese na área de computação). Isto é possível porque observou-se que a técnica NSD é sistemática. O resultado seria uma ferramenta automática para desenvolvimento de programas.

APÊNDICE A

MÉTODOS NUMÉRICOS DE GAUSS-NEWTON.

Este método numérico de Gauss-Newton é orientado para a minimização de funções multivariáveis. Foi utilizado para minimizar a função $J(\underline{\mathbf{0}})$ correspondente ao método da máxima verossimilhança.

Para minimizar $J(\underline{\mathbf{0}})$ com relação aos parâmetros usa-se um algoritmo recursivo do tipo

$$\underline{\mathbf{0}}_i = \underline{\mathbf{0}}_{i-1} - \underline{\mathbf{K}}_{i-1} \text{Grad}[J(\underline{\mathbf{0}})] \Big|_{\underline{\mathbf{0}}_{i-1}} \quad (\text{a.1})$$

onde $\underline{\mathbf{K}}$ é uma matriz de ganho de dimensão $3n \times 3n$. Para o método de Gauss-Newton a matriz $\underline{\mathbf{K}}$ é dada por

$$\underline{\mathbf{K}}_i = \sum_{k=1}^{k=m} \text{Grad}[e(k)] [\text{Grad}[e(k)]]^t \quad (\text{a.2})$$

e o gradiente de $J(\underline{\mathbf{0}})$ por

$$\text{Grad}[J(\underline{\mathbf{0}})] = \sum_{k=1}^{k=m} e(k) \text{Grad}[e(k)] \quad (\text{a.3})$$

onde $e(k)$ é a função do erro definida em 3.27 e o vetor

$$\text{Grad}[e(k)] = \left[\begin{array}{cccc} \frac{\partial e(k)}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial e(k)}{\partial a_n} & \left| \frac{\partial e(k)}{\partial b_1} & \dots & \frac{\partial e(k)}{\partial b_n} \right| \\ \frac{\partial e(k)}{\partial c_1} & \dots & \frac{\partial e(k)}{\partial c_n} & \right]^t \quad (\text{a.4})$$

As derivadas de $e(k)$ são calculadas utilizando as expressões propostas por Åström [5]:

$$\left. \begin{aligned}
 C(z) \frac{\partial e(k)}{\partial a_i} &= y(k-i) \\
 C(z) \frac{\partial e(k)}{\partial b_i} &= -u(k-i-d) \\
 C(z) \frac{\partial e(k)}{\partial c_i} &= -e(k-i)
 \end{aligned} \right\} \quad (\text{a.5})$$

$$\left. \begin{aligned}
 C(z) \frac{\partial^2 e(k)}{\partial a_i \partial c_j} &= - \frac{\partial e(k-j)}{\partial a_i} = - \frac{\partial e(k-i-j+1)}{\partial a_1} \\
 C(z) \frac{\partial^2 e(k)}{\partial b_i \partial c_j} &= - \frac{\partial e(k-j)}{\partial b_i} = - \frac{\partial e(k-i-j+1)}{\partial b_1} \\
 C(z) \frac{\partial^2 e(k)}{\partial c_i \partial c_j} &= - \frac{\partial e(k-j)}{\partial c_i} = - \frac{\partial e(k-i-j+1)}{\partial c_1}
 \end{aligned} \right\} \quad (\text{a.6})$$

As outras derivadas são todas nulas.

APÊNDICE B

ARQUIVOS DA BASE DE DADOS.

Os arquivos da base de dados estão divididos em três tipos: (1) de amostras do processo, (2) de dados de controle do programa e (3) os arquivos de parâmetros e testes. A figura 3.8 ilustra graficamente a disposição dos arquivos na base de dados.

B.1 ARQUIVOS DE AMOSTRAS DO PROCESSO.

A cada sinal amostrado foi atribuído um arquivo e cada amostra é um elemento de um vetor acumulado no arquivo. A figura e.1 ilustra a organização dos arquivos de amostras. A dimensão deste arquivo é M2, valor estabelecido pelo usuário durante a formatação da base de dados.

Informação	Número de registro
Amostra k	0
Amostra $k + 1$	1
...	...
...	...
...	...
Amostra $k + N2$	$N2$

Fig B.1 Organização dos dados num arquivo de amostras do processo.

B.2 ARQUIVOS DE PARÂMETROS E RESULTADOS DOS TESTES.

A estrutura de dados destes arquivos consiste de uma lista ligada, onde cada nó é constituído pela informação referente a um modelo e seus testes. A figura B.2 ilustra a organização destes arquivos. A lei que governa o apontador de registros é:

$$R_i = [R_g(N_2) - R_g(N_1 - 1)](D - D_1) + R_g(N - 1) - R_g(N_1 - 1) - 1$$

(b.1)

onde, $R_g(N) = [(N+1) N P / 2] + N K$ (b.2)

$R_g(N)$ é o número dos registros ocupados pelos modelos de ordem 1 até N (fixando o atraso).

N_1 é o valor mínimo da ordem previsto pelo usuário.

N_2 é o valor máximo da ordem previsto pelo usuário.

D_1 é o valor mínimo do atraso previsto pelo usuário.

D_2 é o valor máximo de atraso previsto pelo usuário.

K é o número de registro para critérios de teste.

P é o número de polinômios do modelo.

N é a ordem do modelo requisitado.

D é o atraso do modelo requisitado.

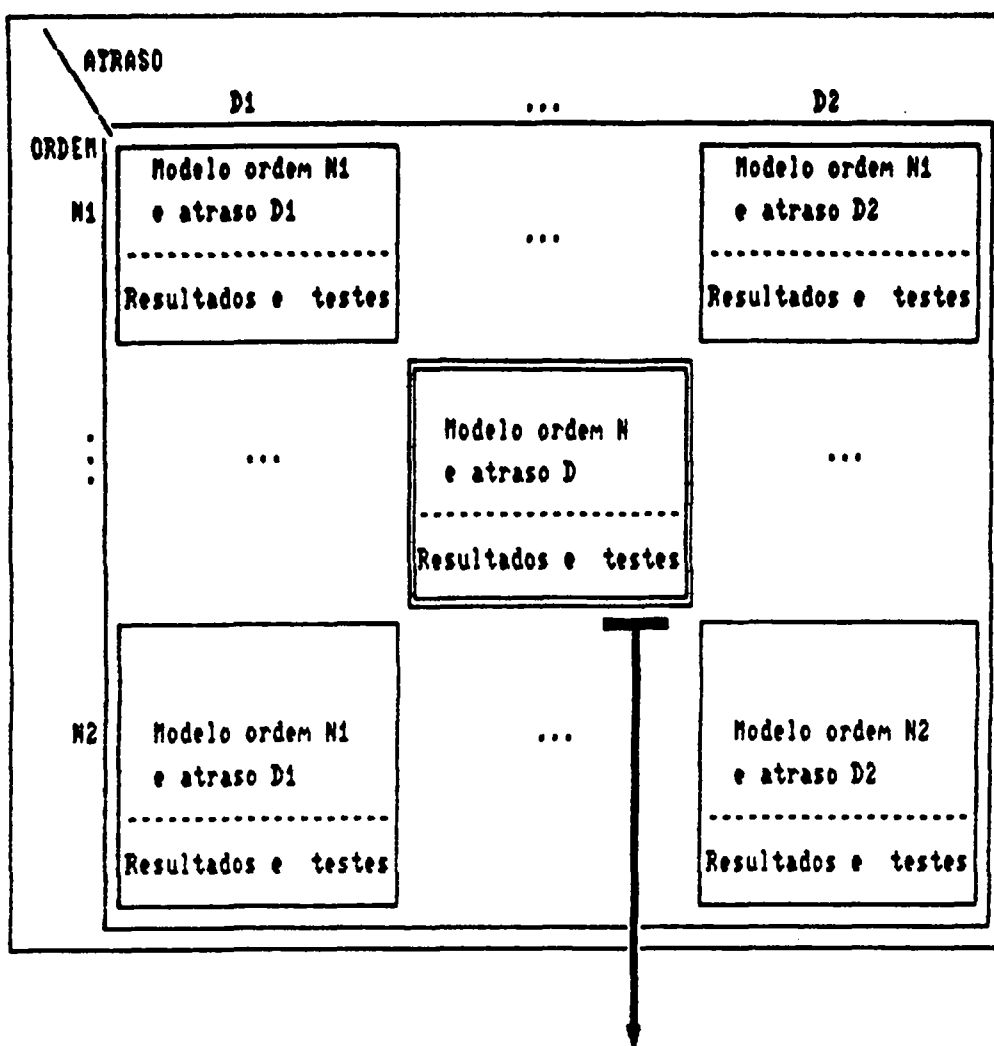
O número total de registros ocupados por um arquivo de parâmetros e testes é R_o o qual se calcula pela expressão

$$R_o = [R_g(N_2) - R_g(N_1-1)](D_2 - D_1 + 1) \quad (b.3)$$

Para que um método possua um arquivo próprio para acumular seus resultados o usuário deve fazer a requisição durante a formatação da base de dados, caso contrário os parâmetros e resultados dos testes são acumulados temporariamente no arquivo "default" denominado COMUM.

B.3 ARQUIVO FORMATO.

Este arquivo está formado por itens escalares e vetores que correspondem a "defaults" e dados de controle do programa, uma parte dos dados são gerados pelo sistema e outra fornecida pelo usuário (Fig. B.3). A organização do arquivo está descrito em detalhe na tabela B.1.



MODELO ORDEN N E ATRASO D:	
INFORMACAO ACUMULADA	REGISTRO N.-
Polinômio A: parâmetro a_1	RI
...	...
parâmetro a_n	RI + N
Polinômio B: parâmetro b_1	RI + N + 1
...	...
parâmetro b_n	RI + 2*N
Polinômio C: parâmetro c_1	RI + 2*N + 1
...	...
parâmetro c_n	RI + 3*N

Critérios: DET: (DET=0 indica modelo nao identificado)	RI + 3*N + 1
J : "loss function"	RI + 3*N + 2
AIC: Critério de Akaike	RI + 3*N + 3
I : Critério "I"	RI + 3*N + 4

Fig B.2 organização de um arquivo de parâmetros e testes.

INFORMAÇÃO ACUMULADA	REGISTRO N.-
Dados das unidades de identificação e testes: Intervalos Fatores	0 ate' 29
Dados para instalação da unidade formatadora da base de dados.	30 ate' 49
Dados da unidade de simulação: Processo Gerador de ruído Excitação do gerador Excitação do processo	50 ate' 139

Fig B.3 Organização dos dados no arquivo FORMATO.

Tabela B.1 Organização do arquivo FORNATO.

INFORMACAO ACUMULADA			REGISTRO N.-	VARIÁVEIS UTILIZADAS
Intervalos:	Medições	Extremo inferior	0	M1, ML
		Início	1	MI
		Final	2	MF
	Ordem	Extremo superior	3	M2, MH
		Extremo inferior	4	M1, ML
		Início	5	MI
	Atraso	Final	6	NF
		Extremo superior	7	N2, NH
		Extremo inferior	8	D1, DL
	Correlação	Início	9	DI
		Final	10	DF
		Extremo superior	11	D2, DH
		Extremo inferior	12	C1, CL, R1
		Início	13	CI, RB
		Final	14	CF, CR
	Extremo superior	15	C2, CH, R2	
Livre		16		
Livre		17		
Livre		18		
Livre		19		
Fatores	Reciclamento	20	FR	
	Convergência	21	F	
	Porcentual para computação	22	TP	
	Atraso do vetor instrumental	23	DU	
	Peso para o vetor instrumental	24	FP	
	Número de iterações	25	NT	
	Precisão requerida	26	EP	
Livre		27		
Livre		28		
Formatação da base de dados	Número de metodos existentes	30	NM, X	
	Núm. reg. reserv. p/critérios teste	31	NK	
	Núm. de polinômios do modelo	32	NP	
	Flag de existência do arquivo MQS	33	A(1)	
	Flag de existência do arquivo MQR	34	A(2)	
	Flag de existência do arquivo MQG	35	A(3)	
	Flag de existência do arquivo MUI	36	A(4)	
	Flag de existência do arquivo MCO	37	A(5)	
	Flag de existência do arquivo MMU	38	A(6)	
	Flag arquivo método novo	39	A(7)	
	Flag arquivo método novo	40	A(8)	

continua ...

Tabela B.1 Organização do arquivo FORMATO. (continuação)

INFORMAÇÃO ACUMULADA	REGISTRO N.-	VARIÁVEIS UTILIZADAS
Flag arquivo metodo novo	41	A(9)
	42	...
Livre	43	
Livre	44	
Livre	45	
Livre	46	
Livre	47	
Livre	48	
	49	
Simulação de um processo: Ordem	50	NP, N
Atraso	51	DP, D
Parâmetros (Denominador):	52	A(1)
a ₁	53	A(2)
a ₂	54	A(3)
a ₃	55	A(4)
a ₄	56	A(5)
a ₅	57	A(6)
a ₆	58	A(7)
a ₇	59	A(8)
a ₈	60	A(9)
a ₉	61	A(10)
a ₁₀	62	A(11)
a ₁₁	63	A(12)
a ₁₂	64	A(13)
a ₁₃	65	A(14)
a ₁₄	66	A(15)
Parâmetros (numerador) :	67	B(1)
b ₁	68	B(2)
b ₂	69	B(3)
b ₃	70	B(4)
b ₄	71	B(5)
b ₅	72	B(6)
b ₆	73	B(7)
b ₇	74	B(8)
b ₈	75	B(9)
b ₉	76	B(10)
b ₁₀	77	B(11)
b ₁₁	78	B(12)
b ₁₂	79	B(13)
b ₁₃	80	B(14)
b ₁₄		

continua ...

Tabela B.1 Organização do arquivo FORMATO. (continuação)

INFORMACAO ACUMULADA		REGISTRO N.-	VARIÁVEIS UTILIZADAS
Gerador de ruído : Ordem	b	81	B(15)
	15	82	NG, N
	Parâmetros (denominador):	83	D(1)
	d ₁	84	D(2)
	d ₂	85	D(3)
	d ₃	86	D(4)
	d ₄	87	D(5)
	d ₅	88	D(6)
	d ₆	89	D(7)
	d ₇	90	D(8)
	d ₈	91	D(9)
	d ₉	92	D(10)
	d ₁₀	93	D(11)
	d ₁₁	94	D(12)
	d ₁₂	95	D(13)
d ₁₃	96	D(14)	
d ₁₄	97	D(15)	
d ₁₅	98	C(1)	
Parâmetros (numerador) :	99	C(2)	
c ₁	100	C(3)	
c ₂	101	C(4)	
c ₃	102	C(5)	
c ₄	103	C(6)	
c ₅	104	C(7)	
c ₆	105	C(8)	
c ₇	106	C(9)	
c ₈	107	C(10)	
c ₉	108	C(11)	
c ₁₀	109	C(12)	
c ₁₁	110	C(13)	
c ₁₂	111	C(14)	
c ₁₃	112	C(15)	
c ₁₄	113	US	
c ₁₅	114	UI	
Gráficos : Valor vertical máximo detetado	115	RS	
Valor vertical mínimo detetado	116	UR	
Relação Ruído(rms)/sinal(rms)	117	MR	
Variancia do ruído gerado	118	UN	
Excitação do gerador : Média do ruído gerado	119	MH	
Variancia do ruído gaussiano	120	S(0,0)	
Excitação do processo : Média do ruído gaussiano			
Amplitude de RANDOM			

continua ...

Tabela B.1 Organização do arquivo FORMATO. (continuação)

INFORMACAO ACUMULADA	REGISTRO N.-	VARIAVEIS UTILIZADAS
Amplitude do DEGRAU	121	S(0,1)
Amplitude do SBPA #2	122	S(0,2)
Amplitude do SBPA #3	123	S(0,3)
Amplitude do SBPA #4	124	S(0,4)
Amplitude do SBPA #5	125	S(0,5)
Amplitude do SBPA #6	126	S(0,6)
Amplitude do SBPA #7	127	S(0,7)
Amplitude do SBPA #8	128	S(0,8)
Amplitude do SBPA #9	129	S(0,9)
Amplitude do SBPA #10	130	S(0,10)
Amplitude do SBPA #11	131	S(0,11)
	132	
	133	
	134	
	135	
	136	
	137	
	138	
	139	
	140	
	141	
	142	
	143	
	144	
	145	
	146	
	147	
	148	
	149	
	150	
	151	
	152	
	153	
	154	
	155	
	156	
	157	
	158	
	159	
	160	

APÊNDICE C**LISTAGEM DOS RESULTADOS DOS TESTES E IDENTIFICAÇÃO****DO PROCESSO 3 PARA O CASO DA RELAÇÃO RUÍDO SINAL 0,52%**

PARAMETROS IDENTIFICADOS POR MINIMOS QUAD. SIMPLES

		F.T. AMOSTRADA = B(Z)/[1+A(Z)]		
ATRASSO	ORDEM	GRAU DE Z	POLINOMIO A(Z)	POLIMONIO B(Z)
0	1	-1	-.948998179	.0687256955
	2	-1	-1.45215735	.065202171
		-2	.563623983	.0505613013
	3	-1	-1.36369418	.065312196
		-2	.508775258	.0567935493
		-3	-.0248921402	.015293076
	4	-1	-.930149379	.0654308444
		-2	-.139044881	.0851559459
		-3	.287496208	.0362486298
		-4	-.0525302174	5.129087E-03
	1	1	-1	-.904571758
2		-1	-1.36573807	.0562878349
		-2	.499590354	.0148199979
3		-1	-1.11422048	.0722660962
		-2	.16164881	.0298434829
		-3	.11749967	3.802338E-03
4		-1	-.515616004	.112036399
		-2	.567308293	.144182588
		-3	-1.16874726	.0868417366
		-4	.508960623	.024770454
2		1	-1	-.885597624
	2	-1	-2.06963508	-.0494269211
		-2	1.09879384	-.0414643721
	3	-1	-2.22698001	-.036399286
		-2	1.62018458	-.0174622772
		-3	-.370474136	-4.68245E-04
	4	-1	-2.21906218	1.987587E-03
		-2	2.18312037	.0121606354
		-3	-1.20323086	1.64028E-03
		-4	.32239249	-5.22654E-03
	3	1	-1	-.956203704
2		-1	-1.75864071	-.0297611657
		-2	.784058555	-.0139716822
3		-1	-2.19969589	.0248183953
		-2	2.07791003	.0305501555
		-3	-.782755178	.0135729061
4		-1	-2.20881839	.0176837893
		-2	2.10666025	.019435674
		-3	-.936371886	5.808801E-03
		-4	.112428151	-1.80639E-03

 RESULTADOS DOS TESTES DOS MODELOS MQS

MODEL		CRITERIOS DE TESTE		
D	N	J	AIC	T
0	1	29.76799	548188.78	...
0	2	.48418309	6794.5459	14908.53
0	3	.01984866	-1785.721	5731.4652
0	4	.01402971	-1888.962	100.99366
1	1	21.560711	396457.08	...
1	2	15.31889	281062.72	100.23493
1	3	10.225441	186899.45	121.78919
1	4	OVERFLOW		
2	1	37.129714	684300.91	...
2	2	OVERFLOW		
2	3	427.75426	7906170.2	...
2	4	48.491112	894363.27	1896.6633
3	1	60.789364	1121724.5	...
3	2	157.35489	2907030.8	-150.3515
3	3	97.871632	1807309.5	147.99153
3	4	45.225639	833995.61	281.70591

PARAMETROS IDENTIFICADOS POR MIN. QUAD. RECURSIVOS

F.T. AMOSTRADA = B(Z)/[1+A(Z)]					
ATRASSO	ORDEM	GRAU DE Z	POLINOMIO A(Z)	POLIMONIO B(Z)	
0	1	-1	-.934311369	.066702167	
		-2	-.145691697	.0655255265	
	2	-1	.573568916	.0511994606	
		-2	-.136637932	.0654022247	
		-3	.514125196	.0572184806	
	3	-1	-.0259910346	.0151219901	
		-2	-.935861036	.0652965187	
		-3	-.13593863	.0850715129	
		-4	.293780881	.0356834413	
	1	1	-1	-.055079139	4.53443959E-03
			-2	-.904732767	.086959827
			-3	-1.31503777	.0565044143
-4			.456799039	.0194757368	
2		-1	-1.45715994	.0491674652	
		-2	.623363742	.0107262964	
		-3	-.0432019442	-7.6481633E-03	
		-4	-.724291219	.0952001453	
3		-1	.752562817	.132005275	
		-2	-1.15659306	.0775072825	
		-3	.466884062	.0199206569	
		-4	-.874797191	.0563405442	
2	1	-1	-.874797191	.0563405442	
		-2	-2.08040017	-.0488045432	
	2	-1	1.11339311	-.046091256	
		-2	-2.196046	-.0281137209	
		-3	1.59023466	-.0157250741	
	3	-1	-.377892956	-2.2598789E-03	
		-2	-2.25722026	.028799963	
		-3	2.53672161	.0271193635	
		-4	-1.61281526	3.30025083E-03	
	3	1	-1	.435765078	-2.8856834E-03
			-2	-.941872519	5.48955341E-03
			-3	-1.78722545	-.0247701615
-4			.845105438	-.0132281157	
2		-1	-2.24877168	.0147629355	
		-2	2.04158617	.0181269736	
		-3	-.714542926	.0122268366	
3		-1	-2.29789835	3.18119089E-03	
		-2	2.26241233	-1.3494623E-03	
		-3	-1.24253748	-7.2102508E-03	
		-4	.31638148	-4.9503741E-03	

 RESULTADOS DOS TESTES DOS MODELOS MQR

MODEL		CRITERIOS DE TESTE		
D	N	J	AIC	T
0	1	29.410528	541580.04	...
0	2	.85871127	13718.817	8196.0294
0	3	.03502484	-1505.144	5761.7157
0	4	.02088944	-1762.139	164.77076
1	1	22.0324	405177.66	...
1	2	15.398786	282539.85	105.97386
1	3	20.581078	378354.31	-61.56482
1	4	OVERFLOW		
2	1	36.381251	670463.34	...
2	2	OVERFLOW		
2	3	273.30358	5050688.5	...
2	4	29.458757	542493.38	2007.2934
3	1	59.022509	1089058.9	...
3	2	139.29461	2573132.6	-141.1875
3	3	54.965531	1014062.2	373.58195
3	4	64.608138	1192338.9	-36.11791

PARAMETROS IDENTIFICADOS POR MINIMOS CUADRADOS GENERALIZADOS

			F.T. AMOSTRADA = B(Z)/[1+A(Z)] & FILTRO C(Z)			
ATRASO	ORDEN	GRAU DE Z	POLINOMIO A(Z)	POLINOMIO B(Z)	POLINOMIO C(Z)	
0	1	-1	-2.039	.0668433636	-.544183321	
		-2	.702413787	.0510615528	.06483575	
	3	-1	-1.47134834	.0657764947	-7.5310371E-03	
		-2	.676635418	.0513538713	.0170787436	
		-3	-.121771339	.0105817277	-.0236035901	
	4	-1	-.606771318	.0656090899	.041007644	
		-2	-.475469645	.101090157	.038609308	
		-3	.563174165	.0443535404	.0141060396	
		-4	-.104646028	4.18928203E-03	6.57628785E-04	
	1	1	-1	-1.74776143	.0624766298	-.418219323
			-2	.302527906	.0210347107	-.0767505058
		3	-1	-1.50758303	.0680242318	-.260676445
			-2	-.211204957	.0443593286	-.114272424
			-3	.122807662	.0102203999	-.011340591
		4	-1	-1.51677541	.0647837779	-.153041882
			-2	1.86487018	.123948007	.134039328
-3			-1.73788063	.0762762544	-.041332897	
-4			.80894145	.0190148301	.124736895	
2		1	-1	-2.6804925	.0201687222	-.880967726
			-2	.518568418	-.0151323192	-.166850585
		3	-1	-2.60457321	-.0206834638	-.250408837
			-2	1.57194062	-.0272422546	.0990445159
			-3	-.426285999	-.0118633795	-.0839728973
		4	-1	-1.89804657	.0607759393	.304531008
			-2	3.29451591	.0807211368	-.278501942
	-3		-2.75147783	.0276195629	.138063601	
	-4		.825526726	-4.6124586E-03	-.0186313716	
	3	1	-1	-2.91840823	-8.0714657E-03	-.963685354
			-2	1.27901874	-.0175258044	.216757553
		3	-1	-2.30518354	.0108762438	-.0372382607
			-2	2.08417118	.02099167	.0224804897
			-3	-.780159539	.0159316389	-.025705624
		4	-1	-2.41084223	-3.8537466E-03	-.0644196033
			-2	2.22471126	-5.2767595E-03	5.69874523E-03
-3			-1.38098896	-.0137916245	-.0533474565	
-4			.433219417	-8.8571393E-03	.0398821259	

 RESULTADOS DOS TESTES DOS MODELOS MOG

MODEL		CRITERIOS DE TESTE		
D	N	J	AIC	T
0	1	OVERFLOW		
0	2	43.940581	810215.76	...
0	3	2.4503503	43149.356	4148.4298
0	4	15.007758	275314.87	-203.7432
1	1	OVERFLOW		
1	2	18.439166	338750.33	...
1	3	OVERFLOW		
1	4	OVERFLOW		
2	1	OVERFLOW		
2	2	OVERFLOW		
2	3	OVERFLOW		
2	4	OVERFLOW		
3	1	OVERFLOW		
3	2	OVERFLOW		
3	3	530.73221	9810029.4	...
3	4	OVERFLOW		

PARAMETROS IDENTIFICADOS PELO METODA DA CORRELACAO

F.T. AMOSTRADA = B(Z)/[1+A(Z)]					
ATRASSO	ORDEM	GRAU DE Z	FOLINOMIO A(Z)	FOLIMONIO B(Z)	
0	1	-1	-1.02036226	.547893933	
		-2	.523049196	.0211567441	
	3	-1	-1.54141665	.0711114332	
		-2	.762412655	.0425812295	
		-3	-.122117334	5.42587055E-03	
	4	-1	-6.77868737	.0689317912	
		-2	9.92539475	-.327363619	
		-3	-5.57276676	-.153261013	
		-4	1.14780196	.0214212725	
	1	1	-1	-.885667846	.341563786
			-2	.495896369	.0124900076
		3	-1	-1.39071815	.0464753397
-2			.552809922	3.50847596E-03	
-3			-.0238132641	-4.8958232E-03	
4		-1	-.632438061	.103777213	
		-2	.710257403	.125923556	
		-3	-1.17100921	.0742765507	
		-4	.479193469	.0217900542	
2		1	-1	-.800435639	.21534527
			-2	1.06783572	-.101946117
		3	-1	-2.20437255	-.0366390018
	-2		1.64182561	-7.2751555E-03	
	-3		-.405578034	8.14685853E-03	
	4	-1	-2.21522168	.0227889913	
		-2	2.49620214	.0339860513	
		-3	-1.54607538	.0187131286	
		-4	.396692723	-3.6666639E-03	
	3	1	-1	-.731261505	.128463857
			-2	.81336347	-.0306310833
		3	-1	-2.19256336	.04787152
-2			2.0343781	.0437254881	
-3			-.728378314	.0162698033	
4		-1	-2.25339832	9.39054572E-03	
		-2	2.22772211	3.41581805E-03	
		-3	-1.24861111	-8.4506409E-03	
		-4	.335662171	-1.0192187E-04	

 RESULTADOS DOS TESTES DOS MODELOS MCO

MODÉL		CRITERIOS DE TESTE		
D	N	J	AIC	T
0	1	1.078E+09	1.994E+13	...
0	2	14.673576	269127.82	1.81E+10
0	3	.08848533	-516.7682	40383.498
0	4	OVERFLOW		
1	1	57.085861	1053245.5	...
1	2	20.02341	368039.82	455.33515
1	3	26.984395	496738.75	-63.07204
1	4	OVERFLOW		
2	1	14.057957	257750.61	...
2	2	OVERFLOW		
2	3	200.5869	3706303.6	...
2	4	35.248798	649539.58	1137.4711
3	1	31.169673	574116.1	...
3	2	267.98339	4952328.8	-216.5035
3	3	139.58124	2578436.2	223.99803
3	4	52.895087	975788.24	396.5973

 PARAMETROS IDENTIFICADOS POR VARIAVEIS INSTRUMENTAIS

		F.T. AMOSTRADA = B(Z) / [1+A(Z)]		
ATRASSO	ORDEM	GRAU DE Z	POLINOMIO A(Z)	POLIMONIO B(Z)
0	1	-1	-.94962021	.0684071375
	2	-1	-1.4277873	.0653173402
		-2	.539514405	.0523489593
	3	-1	-1.51824032	.0652567924
		-2	.734285319	.0467972866
		-3	-.112840148	7.52415129E-03
	4	-1	-2.78293232	.0648976647
		-2	2.90267204	-.0357499852
		-3	-1.37600952	-.0354110864
		-4	.257756309	4.74831428E-03
	1	1	-1	-.904610859
2		-1	-1.34139906	.0570961762
		-2	.479436638	.0182547074
3		-1	-.905206294	.0861962142
		-2	-.0995677157	.0446980302
		-3	.196860836	7.09466381E-03
4		-1	.121002925	.152936978
		-2	.0103847212	.202282844
		-3	-1.25713745	.114749579
		-4	.630280002	.0291204173
2		1	-1	-.878624822
	2	-1	-1.78598106	-.0224134812
		-2	.858624622	-.0253270033
	3	-1	-2.15325467	-.031549187
		-2	1.50926074	-.0174162107
		-3	-.326454726	-3.0991207E-03
	4	-1	-2.22459287	9.21373271E-03
		-2	2.28234119	.0166137553
		-3	-1.32099701	1.95853611E-03
		-4	.35725853	-4.4750802E-03
	3	1	-1	-.925953332
2		-1	-1.64766469	-.0169392953
		-2	.733614984	-9.104138E-03
3		-1	-2.05507182	5.04783783E-03
		-2	1.6045004	.0104227611
		-3	-.46241787	5.79657481E-03
4		-1	-2.23646477	4.94244567E-03
		-2	2.16256747	-3.560997E-03
		-3	-1.18766189	-6.5385979E-03
		-4	.329088085	-2.3954362E-03

 RESULTADOS DOS TESTES DOS MODELOS MVI

MODEL		CRITERIOS DE TESTE		
D	N	J	AIC	T
0	1	29.920107	551001.13	...
0	2	.27916077	3004.0963	26173.065
0	3	.01412252	-1891.586	4597.9286
0	4	3.5095769	62736.661	-242.5201
1	1	21.470736	394793.62	...
1	2	14.699811	269617.2	113.31079
1	3	7.4980502	136475.49	234.83844
1	4	OVERFLOW		
2	1	36.244259	667930.63	...
2	2	177.12615	3272557.2	-195.2648
2	3	307.86621	5689681.9	-103.6183
2	4	39.475323	727679.52	1648.7461
3	1	57.386375	1058810	...
3	2	89.556333	1653572.1	-88.00762
3	3	50.115306	924391.36	191.63586
3	4	63.700097	1175551.1	-51.60933

 PARAMETROS IDENTIFICADOS PELO METODO DA MAXIMA VEROSSIMILHANCA

F.T. AMostrADA = B(Z)/[1+A(Z)] & FILTRO C(Z)						
ATRASO	ORDEM	GRAU DE Z	POLINOMIO A(Z)	POLINOMIO B(Z)	POLINOMIO C(Z)	
0	1	-1	-.930862981	.0702554546	-.136889604	
		-2	.485053687	.0481575433	-.134601175	
	3	-1	-1.63079948	.0654357411	-.917082481	
		-2	.871008694	.0334131635	-.424792908	
		-3	-.151472285	2.08172856E-04	-.0410656417	
	4	-1	-.653547624	.0654695179	.0922995638	
		-2	-.667946786	.103669493	.051162996	
		-3	.664074095	.0390260963	.0496710066	
		-4	-.151870619	2.17043691E-03	.0236635929	
	1	1	-1	-.890104972	.134353373	.211542684
			-2	.504843303	.0274111676	-.111745249
		3	-1	-.929255693	.0520946303	.531784744
-2			-.201547601	.0749218998	-.687540962	
-3			.263638329	.0396092211	-.712991073	
4		-1	-1.33574201	.139180991	-1.23137222	
		-2	2.00464368	.123324436	-.0516091296	
		-3	-2.08030113	.125320105	-.358016232	
		-4	.66892929	.0536950068	-.239951918	
2		1	-1	-.875373259	.0655082017	-1.22502077
			-2	1.17793799	-.0506895988	-.118926823
		3	-1	-2.22163961	-.0324227621	.0898653951
	-2		1.64167093	4.07913447E-03	5.9610277E-03	
	-3		-.386379103	1.34177267E-03	-.287644632	
	4	-1	-3.31463812	.0256926692	-1.08276059	
		-2	4.29850063	.0827366265	-.684964835	
		-3	-2.42237886	.0357311081	-.63238093	
		-4	.464175643	-5.935095E-03	-.160066314	
	3	1	-1	-.854469489	.0390654668	-1.28209862
			-2	1.750735787	-.0373591476	-.464179621
		3	-1	-2.0109906	.0370478403	.20809796
-2			1.67865859	.0298051855	-.0234797216	
-3			-.526724933	.0151841044	-.240214558	
4		-1	-2.53771006	.0781680846	-.298129967	
		-2	2.7037198	.0482448213	-.186487319	
		-3	-1.18951443	.0105194274	-.726283683	
		-4	.141496136	7.17013073E-03	-.321673297	

RESULTADOS DOS TESTES DOS MODELOS MMV				
MODEL		CRITERIOS DE TESTE		
D	N	J	AIC	T
0	1	28.147427	518227.85	...
0	2	1.5031277	25632.778	4369.4356
0	3	.0905564801	-478.4766	3821.7024
0	4	.11289522	-61.13834	-48.1817
1	1	11.722131	214561.56	...
1	2	15.740514	288857.7	-62.80114
1	3	13.384923	245311.91	43.029155
1	4	OVERFLOW		
2	1	33.377152	614923.6	...
2	2	OVERFLOW		
2	3	172.12928	3180179.5	...
2	4	OVERFLOW		
3	1	47.140657	869387.41	...
3	2	111.82115	2065203.7	-141.7148
3	3	53.669483	990100.92	263.83579
3	4	OVERFLOW		

APÊNDICE D**DIAGRAMAS NSD PARA O SISTEMA DESENVOLVIDO.**

Q1 = 0

WHILE Q1 <> 7 DO:

Editar no video o seguinte menu:

==> IDENTIFICACAO DE PROCESSOS MONOVARIAVEIS

(1) Explicacoes

(2) Medicoes entrada/saida

(3) Metodos de identificacao de parametros

(4) Testar os modelos identificados

(5) Simular um processo

(6) Gerar ou modificar a base de dados

(7) Retornar

Pedir (opcao) Q1

IF Q1 =

1	2	3	4	5	6	ELSE
1	2	3	4	5	6	Opcao inexistente

Q2 = 0

WHILE Q2 (<) 8 DO:

Editar no video o seguinte menu:

==> METODOS PARA IDENTIFICAR PARAMETROS

- (1) Explicacoes
- (2) Minimos quadrados simples
- (3) Minimos quadrados recursivos
- (4) Minimos quadrados generalizados
- (5) Correlacao
- (6) Variaveis instrumentais
- (7) Maxima verossimilhanca
- (8) Retornar

Pedir (opcao) Q2

IF Q1 =

1	2	3	4	5	6	7	ELSE
3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	Opcao inexistente

4. TESTAR OS MODELOS IDENTIFICADOS.

Retirar do arquivo FORMATO os dados correspondentes aos registros de 0 a 11, 115, e de 30 a 38.

```
Q1=0  
WHILE Q1<>6 DO:
```

- editar no video o seguinte menu:
- ==> TESTE DOS MODELOS IDENTIFICADOS.
- (1) Explicacoes
 - (2) Intervalos para execucao dos testes
 - (3) Parametros existentes no arquivo AQS
 - (4) Executar os testes
 - (5) Editar resultados dos testes
 - (6) Retornar

Pedir (opcao) Q1

IF					
1	2	3	4	5	ELSE
4.1	3.2.2	3.3.3	4.4	4.5	Opcao inexistente

5. Simulacao de um processo

Retirar do arquivo FORMATO os dados indicados na tabela 5.1

Q2 = 0

WHILE Q2 (<) 8 DO:

Editar no video o seguinte menu:

==> SIMULACAO DE UM PROCESSO.

(1) Explicacoes

(2) Funcao de transferencia amostrada $F(z)$ correspondente ao processo

(3) Excitacao $U(z)$ para o processo $F(z)$

(4) Funcao de transferencia amostrada $G(z)$ correspondente ao gerador de ruido

(5) Excitacao $W(z)$ para o gerador $G(z)$

(6) Executar a simulacao

(7) Graficos do ultimo processo simulado

(8) Retornar

Pedir (opcao) Q2

IF Q2 =

1	2	3	4	5	6	7	ELSE
5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	Opcao inexistente

Depositar no arquivo FORMATO os dados indicados na tabela 5.2

Tabela 5.1 Dados lidos do arquivo FORMATO pela atividade 5

INFORMACAO	REGISTRO N.-	VARIAVEIS UTILIZADAS
Intervalos: Medicoes : Extremo inferior	0	M1
Extremo superior	3	M2
Simulacao de um processo: Ordem	50	MP, N
Atraso	51	DP, D
Parametros (Denominador): a	52	A(1)
1	53	A(2)
a	54	A(3)
2	55	A(4)
a	56	A(5)
3	57	A(6)
a	58	A(7)
4	59	A(8)
a	60	A(9)
5	61	A(10)
a	62	A(11)
6	63	A(12)
a	64	A(13)
7	65	A(14)
a	66	A(15)
8	67	B(1)
Parametros (numerador) : b	68	B(2)
1	69	B(3)
b	70	B(4)
2	71	B(5)
b	72	B(6)
3	73	B(7)
b	74	B(8)
4	75	B(9)
b	76	B(10)
5	77	B(11)
b	78	B(12)
6	79	B(13)
b	80	B(14)
7	81	B(15)
b		
8		
b		
9		
b		
10		
b		
11		
b		
12		
b		
13		
b		
14		
b		
15		

continua...

Tabela 5.1 Dados lidos do arquivo FORMATO pela atividade 5 (continuacao)

INFORMACAO	REGISTRO N.-	VARIAVEIS UTILIZADAS
Gerador de ruido : Ordem	82	NG, N
Parametros (denominador):		
d ₁	83	D(1)
d ₂	84	D(2)
d ₃	85	D(3)
d ₄	86	D(4)
d ₅	87	D(5)
d ₆	88	D(6)
d ₇	89	D(7)
d ₈	90	D(8)
d ₉	91	D(9)
d ₁₀	92	D(10)
d ₁₁	93	D(11)
d ₁₂	94	D(12)
d ₁₃	95	D(13)
d ₁₄	96	D(14)
d ₁₅	97	D(15)
Parametros (numerador) :		
c ₁	98	C(1)
c ₂	99	C(2)
c ₃	100	C(3)
c ₄	101	C(4)
c ₅	102	C(5)
c ₆	103	C(6)
c ₇	104	C(7)
c ₈	105	C(8)
c ₉	106	C(9)
c ₁₀	107	C(10)
c ₁₁	108	C(11)
c ₁₂	109	C(12)
c ₁₃	110	C(13)
c ₁₄	111	C(14)
c ₁₅	112	C(15)
Excitacao do gerador : Variancia do ruido gaussiano	118	UV
Media do ruido gaussiano	119	NH
Excitacao do processo: Amplitude de RANDOM	120	S(0,0)

continua ...

Tabela 5.1 Dados lidos do arquivo FORMATO pea atividade 5 (continuacao)

INFORMACAO ACUMULADA	REGISTRO N.-	VARIABLES UTILIZADAS
Amplitude de RANDOM	120	S(0,0)
Amplitude do DEGRAU	121	S(0,1)
Amplitude do SBPA #2	122	S(0,2)
Amplitude do SBPA #3	123	S(0,3)
Amplitude do SBPA #4	124	S(0,4)
Amplitude do SBPA #5	125	S(0,5)
Amplitude do SBPA #6	126	S(0,6)
Amplitude do SBPA #7	127	S(0,7)
Amplitude do SBPA #8	128	S(0,8)
Amplitude do SBPA #9	129	S(0,9)
Amplitude do SBPA #10	130	S(0,10)
Amplitude do SBPA #11	131	S(0,11)

6. GERAR OU REFORMAR A BASE DE DADOS.

Inicilizar variaveis:

BF=0, flag para controle do programa

RD=8250, numero de registros disponiveis no disco

NM=6, numero de metodos implementados

NK=4, numero de registros reservados por modelo para criterios de teste

NP=3, numero de polinomios do modelos A(z), B(z), C(z)

N\$(0)="COMUM", nome do arquivo default para acumulacao de parametros e testes

N\$(1)="MQS", nome do arquivo de parametros e testes p/o metodo Minimos Quad. Simples

N\$(2)="MQR", nome arq. parametros e testes p/o met. Minimos Quadrados Recursivos

N\$(3)="MQG", nome arq. parametros e testes p/o met. Minimos Quadrados Generalizados

N\$(4)="MCO", nome arq. parametros e testes para o Metodo da COrrrelacao

N\$(5)="MVI", nome arq. parametros e testes para o Metodo das Variaveis Instrumentais

N\$(6)="MUV", nome arq. parametros e testes para o Metodo da Maxima Verossimilhanca

Q2 = 0

WHILE Q2 (> 4) DO:

Editar no video o seguinte menu:

==> CRIAR E/OU REFORMAR A BASE DE DADOS

(1) Explicacoes

(2) Criar a base de dados no formato default

(3) Reformar a base de dados existente

(4) Retornar

Pedir (opcao) Q2

IF Q1 =

1	2	3	ELSE
3.1	3.2	3.3	Nao existe opcao

6.4 Destruir arquivos

6.5 Criar arquivos

3.2 METODO DOS MINIMOS QUADRADOS SIMPLES (MQS)

Retirar do arquivo FORMATO os dados correspondentes aos registros de 0 a 11 e de 30 a 38.

Q3 = 0

WHILE Q3 <> 5 DO:

Editar no video o seguinte menu:

```

==> METODO DOS MINIMOS QUADRADOS SIMPLES
(1) Explicacoes
(2) Intervalos de identificacao
(3) Executar o metodo
(4) Editar parametros identificados
(5) Retornar
  
```

Pedir (opcao) Q3

IF Q3 =

1	2	3	4	ELSE
3.2.1	3.2.2	3.2.3	3.3.5	Opcao inexistente

Depositar no arquivo FORMATO os dados correspondentes aos registros de 0 a 11.

3.3 METODO DOS MINIMOS QUADRADOS RECURSIVOS

Retirar do arquivo FORMATO os dados correspondentes aos registros de 0 a 11, 20, 21 e de 30 a 38.

Q3 = 0

WHILE Q3 (<> 6) DO:

Editar no video o seguinte menu:

==> METODO DOS MINIMOS QUADRADOS RECURSIVOS

- (1) Explicacoes
- (2) Intervalos de identificacao
- (3) Parametros iniciais
- (4) Executar o metodo
- (5) Editar parametros identificados
- (6) Retornar

Pedir (opcao) Q3

IF Q3 =

1	2	3	4	5	ELSE
3.3.1	3.3.2	3.3.3	3.3.4	3.3.5	Opcao inexistente

Depositar no arquivo FORMATO os dados correspondentes aos registros de 0 a 11, 20 e 21.

3.4 METODO DOS MINIMOS QUADRADOS GENERALIZADOS.

Retirar do arquivo FORMATO os dados correspondentes aos registros de 0 a 11, 20, 21 e de 30 a 38.

Q3 = 0

WHILE Q3 <> 6 DO:

Editar no video o seguinte menu:

==> METODO DOS MINIMOS QUADRADOS GENERALIZADOS

- (1) Explicacoes
- (2) Intervalos de identificacao
- (3) Parametros iniciais
- (4) Executar o metodo
- (5) Editar parametros identificados
- (6) Retornar

Pedir (opcao) Q3

IF Q3 =

1	2	3	4	5	ELSE
3.4.1	3.3.2	3.3.3	3.4.2	3.3.5	Opcao inexistente

Depositar no arquivo FORMATO os dados correspondentes aos registros de 0 a 11, 20 e 21.

3.5 METODO DA CORRELACAO.

Retirar do arquivo FORMATO os dados correspondentes aos registros de 0 a 15, 20, 21 e de 30 a 38.

Q3 = 0
WHILE Q3 (<) 6 DO:

Editar no video o seguinte menu:

- ==> METODO DA CORRELACAO
- (1) Explicacoes
 - (2) Intervalos de identificacao
 - (3) Parametros iniciais
 - (4) Executar o metodo
 - (5) Editar parametros identificados
 - (6) Retornar

Pedir (opcao) Q3

IF Q3 =

1	2	3	4	5	ELSE
3.5.1	3.3.2	3.3.3	3.5.2	3.3.5	Opcao inexistente

Depositar no arquivo FORMATO os dados correspondentes aos registros de 0 a 15, 20, e 21.

3.6 METODO DAS VARIÁVEIS INSTRUMENTAIS.

Retirar do arquivo **FORMATO** os dados correspondentes aos registros de 0 a 11, 20 a 24 e de 30 a 38.

Q3 = 0

WHILE Q3 (<) ? DO:

Editar no video o seguinte menu:

==> METODO DAS VARIÁVEIS INSTRUMENTAIS

- (1) Explicacoes
- (2) Intervalos de identificacao
- (3) Especificar o vetor instrumental
- (4) Parametros iniciais
- (5) Executar o metodo
- (6) Editar parametros identificados
- (7) Retornar

Pedir (opcao) Q3

IF Q3 =

1	2	3	4	5	6	ELSE
3.6.1	3.6.2	3.6.3	3.3.3	3.6.4	3.3.5	Opcao inexistente

Depositar no arquivo **FORMATO** os dados correspondentes aos registros de 0 a 11, e de 20 a 24.

Retirar do arquivo FORMATO os dados correspondentes aos registros de 0 a 11, 25, 26 e de 30 a 38.

Q3 = 0

WHILE Q3 (<) 6 DO:

Editar no video o seguinte menu:

==> METODO DA MAXIMA VEROSSIMILHANCA

- (1) Explicacoes
- (2) Intervalos de identificacao
- (3) Parametros iniciais
- (4) Executar o metodo
- (5) Editar parametros identificados
- (6) Retornar

Pedir (opcao) Q3

IF Q3 =

1	2	3	4	5	ELSE
3.7.1	3.7.2	3.3.3	3.7.4	3.3.5	Opcao inexistente

Depositar no arquivo FORMATO os dados correspondentes aos registros de 0 a 11, 25 e 26.

4.4 EXECUTAR OS TESTES

Editar no video o cabecalho para emisso dos valores dos testes.

D=D1

WHILE D<DF DO:

N=NI

WHILE N<NF DO:

Fazer Q\$=AQ\$ e carregar do arquivo Q\$ o modelo de ordem N e atraso D

I=1

WHILE I<N DO: condicoes iniciais para a simulacao

Fazer Y(I) igual ao (MI+I+D-1)-esimo registro do arquivo SAIDAS e

U(I) igual ao (MI+I+1)-esimo registro do arquivo ENTRADAS.

I=I+1

4.4.1 Simular o modelo

IF N=NI

THEN

ELSE

Calcular o criterio $T=(J1-J2)*(NF-MI-2*N)/(2*J2)$

IF UR(>0

THEN

ELSE

$UR=SQR(J2)/(NF-MI)$

Criterio de Akaike $AIC=J2/(2*UR*UR)+(NF-MI)*LOG(UR)+(NF-MI)*LOG(6.2829)/2+4*N$

N=N+1

D=D+1

4.5 RESULTADOS DOS TESTES.

Carregar a matriz A(I,J,K) com os testes acumulados no arquivo Q\$.			
Q2=0			
WHILE Q2<>4 DO:			
<p>Editar no video o seguinte menu:</p> <p>==> RESULTADOS DOS TESTES:</p> <p>(1) Classificacao corrente e status</p> <p>(2) Classificacao pelo criterio J</p> <p>(3) Classificacao pelo criterio AIC</p> <p>(4) Retornar</p>			
Pedir (opcao) Q2			
IF Q2=			
1	1	1	ELSE
Editar os testes na ordem corrente	Classificar e editar os teste na ordem crescente do criterio J	Classificar e editar os testes na ordem crescente do criterio AIC.	

5.2 FUNCAO DE TRANSFERENCIA AMostrADA F(z) PARA O PROCESSO.

Fazer: $X(I)=A(I)$, $Y(I)=B(I)$, $N=NP$, $D=DP$, $DG=0$,
 C1\$="DADOS DA FUNCAO DE TRANSFERENCIA AMostrADA F(z):"
 C2\$="F(z)= z^{-d} B(z)/[1+A(z)]"
 C3\$="A(z) POLINOMIO B(z)"
 C4\$="FUNCAO DE TRANSFERENCIA AMostrADA F(z) PARA SIMULACAO DO PROCESSO"
 OBS.- As variaveis C1\$, ..., C4\$ sao para formar o cabecalho.

5.2 Dados da funcao de transfencia.

Fazer $A(i)=X(I)$, $B(I)=Y(I)$, $NP=N$, $DP=D$

5.3 AMPLITUDE DOS SINAIS COMPONENTES DA EXCITACAO U(z) DO PROCESSO F(z)

Q3=0

WHILE Q3<>13

Escrever o seguinte menu:

=> AMPLITUDE DOS SINAIS COMPONENTES DA EXCITACAO U(z)

- (1) DEGRAU = S(0,1)
- (2) SBPA#2 = S(0,2)
- (3) SBPA#3 = S(0,3)
- (4) SBPA#4 = S(0,4)
- (5) SBPA#5 = S(0,5)
- (6) SBPA#6 = S(0,6)
- (7) SBPA#7 = S(0,7)
- (8) SBPA#8 = S(0,8)
- (9) SBPA#9 = S(0,9)
- (10) SBPA#10 = S(0,10)
- (11) SBPA#11 = S(0,11)
- (12) RANDOM = S(0,12)
- (13) RETORNAR

Pedir (opcao) Q3

IF 1<=Q3<=12
 THEN

Posicionar o cursor en S(0,Q3)

Pedir S(0,Q3)

```

Fazer: X(I)=D(I), Y(I)=C(I), N=NG, D=0, DG=1,
C1$="DADOS DA FUNCAO DE TRANSFERENCIA AMOSTRADA G(z):"
C2$="G(z)=C(z)/[1+D(z)]"
C3$="D(z) POLINOMIO C(z)"
C4$="FUNCAO DE TRANSFERENCIA AMOSTRADA G(z) PARA GERAR O RUIDO R(k)"
OBS.- As variaveis C1$, ..., C4$ sao para formar o cabecalho.

```

5.2.1 Dados da funcao de transfencia.

Fazer D(i)=X(I), C(I)=Y(I), NG=N.

5.5 DADOS DO RUIDO BRANCO W(z) PARA EXCITAR O GERADOR G(z).

Q3=0

WHILE Q3<>3

Escrever o seguinte menu:

==> DADOS DO RUIDO GAUSSIANO W(z)

- (1) MEDIAMW
- (2) VARIANCIAVW
- (3) RETORNAR

Pedir (opcao) Q3

IF Q3

1

Posicionar o cursor

Pedir MW

2

VW=-1

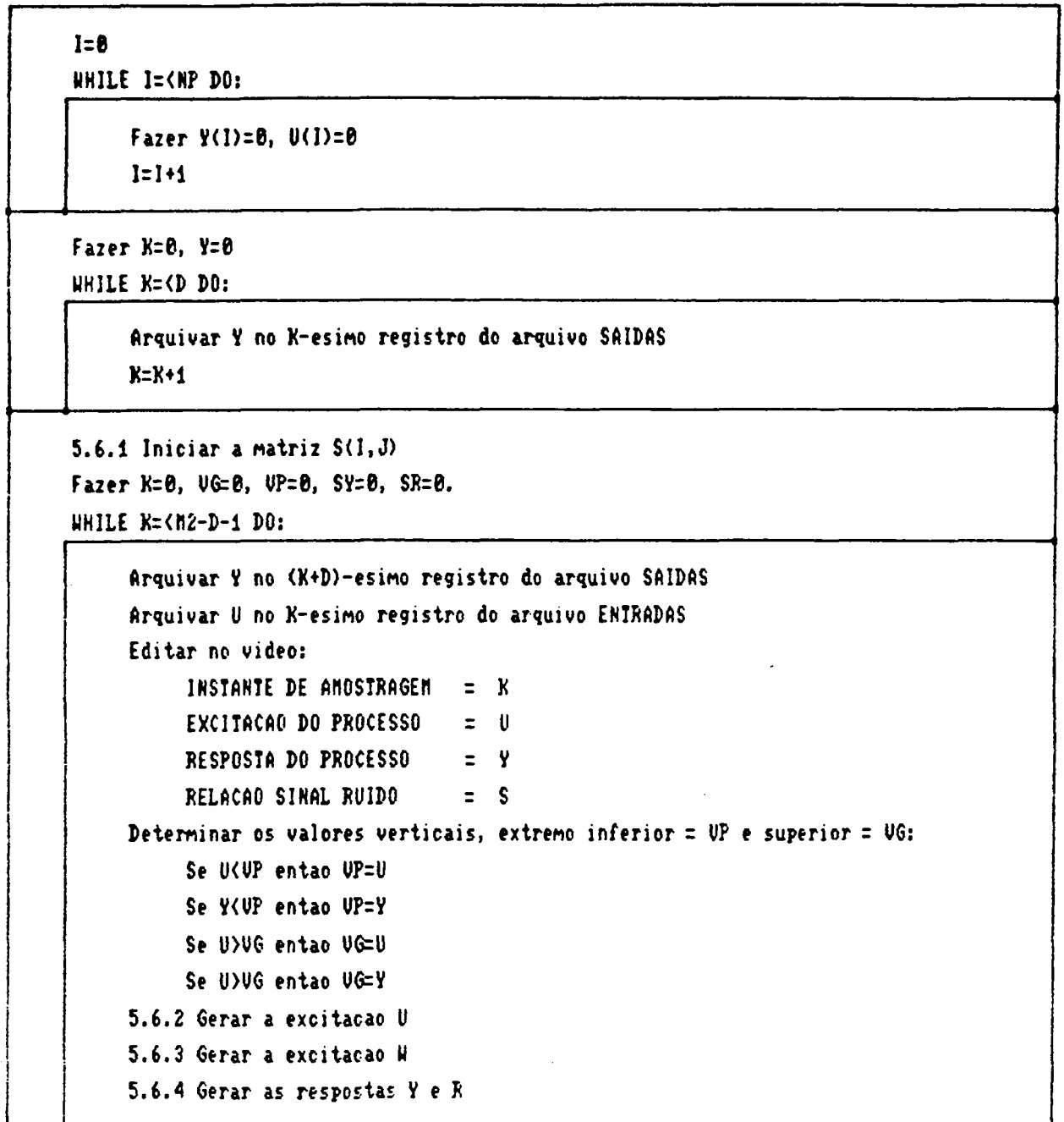
WHILE VW<0

Posicionar o cursor

Pedir VW

ELSE

5.6 EXECUTAR A SIMULACAO.



5.7 GRAFICOS DO ULTIMO PROCESSO SIMULADO.

Retirar do arquivo FORMATO os dados correspondentes aos registros 113 e 114.

Fazer $FV=(US-UI)/7.68$, $FH=5$, $KI=-5$, $FLAG=0$

Q1 = 0

WHILE Q1 <> 5 DO:

Editar no video o seguinte menu:

==> GRAFICOS DO PROCESSO SIMULADO

- (1) Explicacoes
- (2) Definir a resolucao grafica
- (3) Editar o grafico no video
- (4) Editar o grafico na impressora
- (5) Retornar

Pedir (opcao) Q3

IF Q1=

1	2		3		ELSE
	IF FLAG = 0		IF FLAG = 0		
	THEN	ELSE	THEN	ELSE	
5.7.1 Pedir resolucao vertical, horizontal e a medicao para iniciar o grafico	5.7.2 Editaruir a tela grafica FLAG = 1	Editar o grafico no video	5.7.2 Construir a tela grafica FLAG = 1		
			Editar o grafico na impressora		

Valor das variaveis para gerar a base de dados default:

M1=0 Limite inferior do intervalo de medidas
 MI=0 Extremo inicial do intervalo de medicoes
 MF=500 Extremo final do intervalo de medicoes
 M2=500 Limite superior do intervalo de medidas
 M1=1 Limite inferior do intervalo da ordem
 MI=1 Extremo inicial do intervalo da ordem
 MF=5 Extremo final do intervalo da ordem
 M2=5 Limite superior do intervalo da ordem
 D1=0 Limite inferior do intervalo do atraso
 DI=0 Extremo inicial do intervalo do atraso
 DF=10 Extremo final do intervalo do atraso
 D2=10 Limite superior do intervalo do atraso
 C1=0 Limite inferior do intervalo de pontos de correlacao
 CI=0 Extremo inicial do intervalo de pontos de correlacao
 CF=50 Extremo final do intervalo de pontos de correlacao
 C2=50 Limite superior do intervalo de pontos de correlacao
 FR=1 Fator de reciclamento do intervalo de medidas
 F =1E-4 Fator de convergencia
 TP=___ Porcetagem de medicoes para comutacao do metodo NQR para MUI
 DU=0 Atraso do vetor instrumental
 FP=___ Fator de peso do vetor instrumental
 NI=___ Numero de iteracoes para o metodo maxima verossimilhanca
 EP=___ Precisao (epsilon) especificada para finalizar o metodo da maxima veross.
 K = NK Numero de metodos implementados

Fazer:

DL = D1 NL = M1 MH = M2 BF = 1 (flag de controle do programa)
 DH = D2 NH = M2 CH = C2 A(i)=1, i=1,2,3,...,k

Depositar no arquivo FORMATO as variaveis indicadas na tabela 6.____.

Abrir os seguintes arquivos: ENTRADAS

SAIDAS

CORRUY

CORRUU

i=1

WHILE i< K

Abrir arquivo com o nome contido no string M\$(i)

i=i+1

6.3 REFORMAR A BASE DE DADOS EXISTENTE.

Ler do arquivo FORMATO os extremos dos intervalos e quantidades afins:
M1, MI, MF, N2, N1, NI, NF, N2, D1, DI, DF, D2, C1, CI, CF, C2, K, A(I)
onde $I = 1, 2, \dots, K$.

Fazer $B(I)=A(I)$ para $I=1, 2, \dots, K$

6.3.1 Atribuir arquivos aos metodos.

6.3.2 Pedir os novos extremos dos intervalos.

6.4 DESTRUIR ARQUIVOS.

Anunciar no video o andamento do processamento.		
IF M2=MH THEN	ELSE	
	Destruir os arquivos ENTRADAS e SAIDAS.	
IF M2=MH AND C2=CH THEN	ELSE	
	Destruir os arquivos CORRUI e CORRUY.	
IF M1=NL AND M2=NH AND D1=DL AND D2=DH THEN	ELSE	
	Fazer A(0)=1, B(0)=1, I=0 WHILE I<=NM DO:	
	<table border="1"> <tr> <td>Fazer A(I)=0, B(I)=1 Destruir o arquivo cujo nome esta no string M\$(I). I=I+1</td> </tr> </table>	Fazer A(I)=0, B(I)=1 Destruir o arquivo cujo nome esta no string M\$(I). I=I+1
Fazer A(I)=0, B(I)=1 Destruir o arquivo cujo nome esta no string M\$(I). I=I+1		

6.5 CRIAR E ZERAR OS ARQUIVOS.

IF N2=MH AND BF=0							
THEN	ELSE						
	R0 = MH Criar e zerar os R0 registros dos arquivos ENTRADAS e SAIDAS.						
IF N2=MH AND C2=CH AND BF=0							
THEN	ELSE						
	R0 = CH Criar e zerar os R0 registros dos arquivos CORRUI e CORRUY.						
$R0 = \text{INT} \{ [(NH * (NH + 1) - NL * (NL - 1)) * NP / 2 + NK * (NH - NL + 1)] * (DH - DL + 1) * K \}$							
IF N1=NL AND N2=NH AND D1=DL AND D2=DH AND BF=0							
THEN	ELSE						
	Fazer A(0)=1, B(0)=1, I=1 WHILE I<=NM DO:						
	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">IF A(I)<>1 OR B(I)<=</td> </tr> <tr> <td>THEN</td> <td>ELSE</td> </tr> <tr> <td></td> <td> Criar arquivo com o nome contido no string N\$(I) e zerar todos os registros. </td> </tr> </table>	IF A(I)<>1 OR B(I)<=		THEN	ELSE		Criar arquivo com o nome contido no string N\$(I) e zerar todos os registros.
IF A(I)<>1 OR B(I)<=							
THEN	ELSE						
	Criar arquivo com o nome contido no string N\$(I) e zerar todos os registros.						
	I=I+1						
I=1							
WHILE I<= NM							
	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">IF A(I)<>1 OR B(I)<>0</td> </tr> <tr> <td>THEN</td> <td>ELSE</td> </tr> <tr> <td></td> <td> Criar arquivo com o nome contido no string N\$(I) e zerar os registros. </td> </tr> </table>	IF A(I)<>1 OR B(I)<>0		THEN	ELSE		Criar arquivo com o nome contido no string N\$(I) e zerar os registros.
IF A(I)<>1 OR B(I)<>0							
THEN	ELSE						
	Criar arquivo com o nome contido no string N\$(I) e zerar os registros.						

Q4 = 0

WHILE Q4 (> 5 DO:

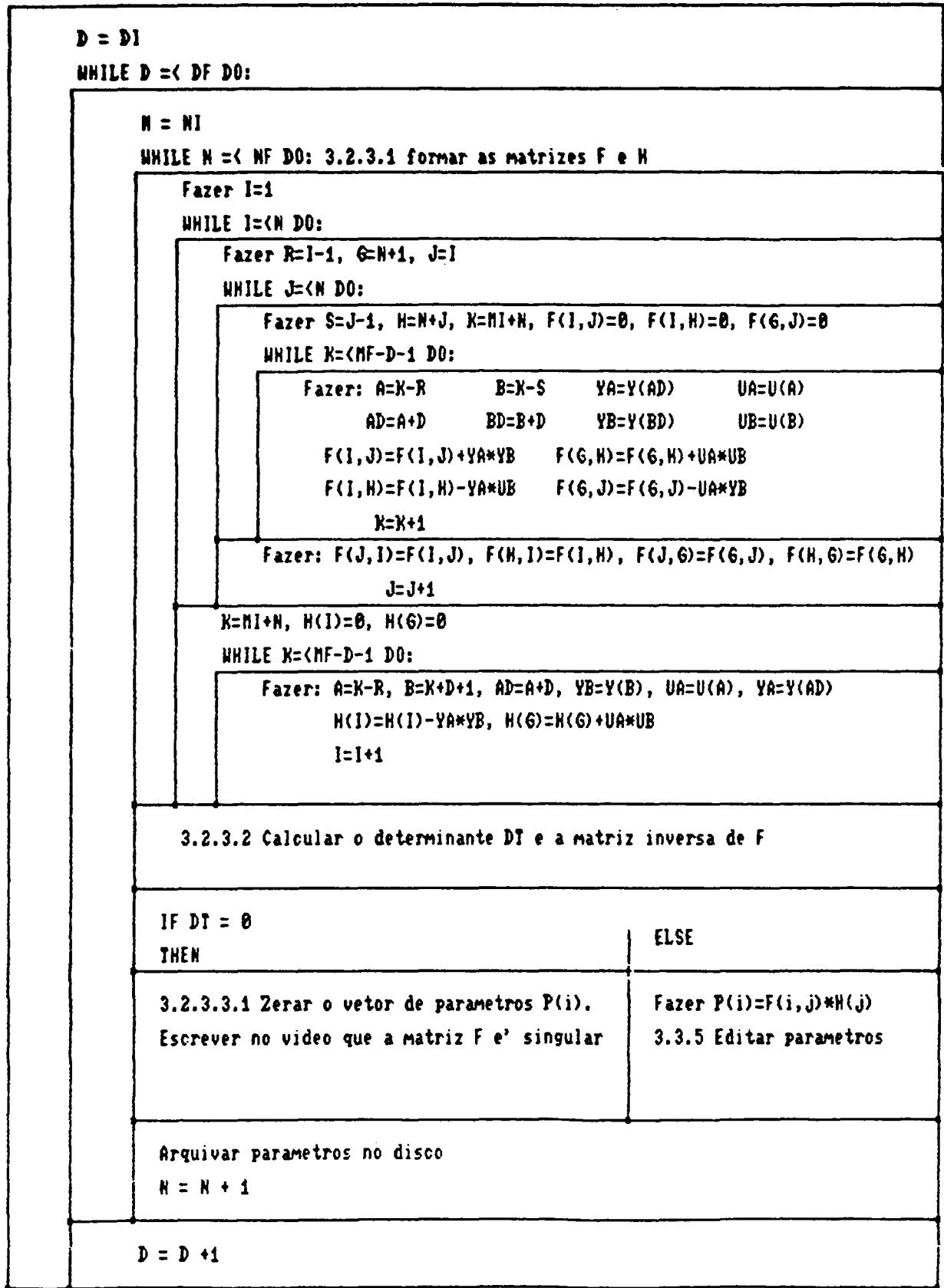
Editar no video o seguinte menu:

INTERVALOS DE IDENTIFICACAO					
OP CAO	INTERVALO	LIM. MIN.	INICIO	FINAL	LIM. MAX.
(1)	ATRASSO	D1	DI	DF	D2
(2)	ORDEM	N1	NI	NF	N1
(3)	MEDIDAS	M1	MI	MF	M2
(4)	EXPLICACOES				
(5)	RETORNAR				

Pedir (opcao) Q4

IF Q4 =

1	2	3	4	ELSE
3.2.2.1	3.2.2.2	3.2.2.3	3.2.2.4	Opcao inexistente



3.3.2 INTERVALOS DE IDENTIFICACAO

Q4 = 0

WHILE Q4 (<) 6 DO:

Editar no video o seguinte menu:

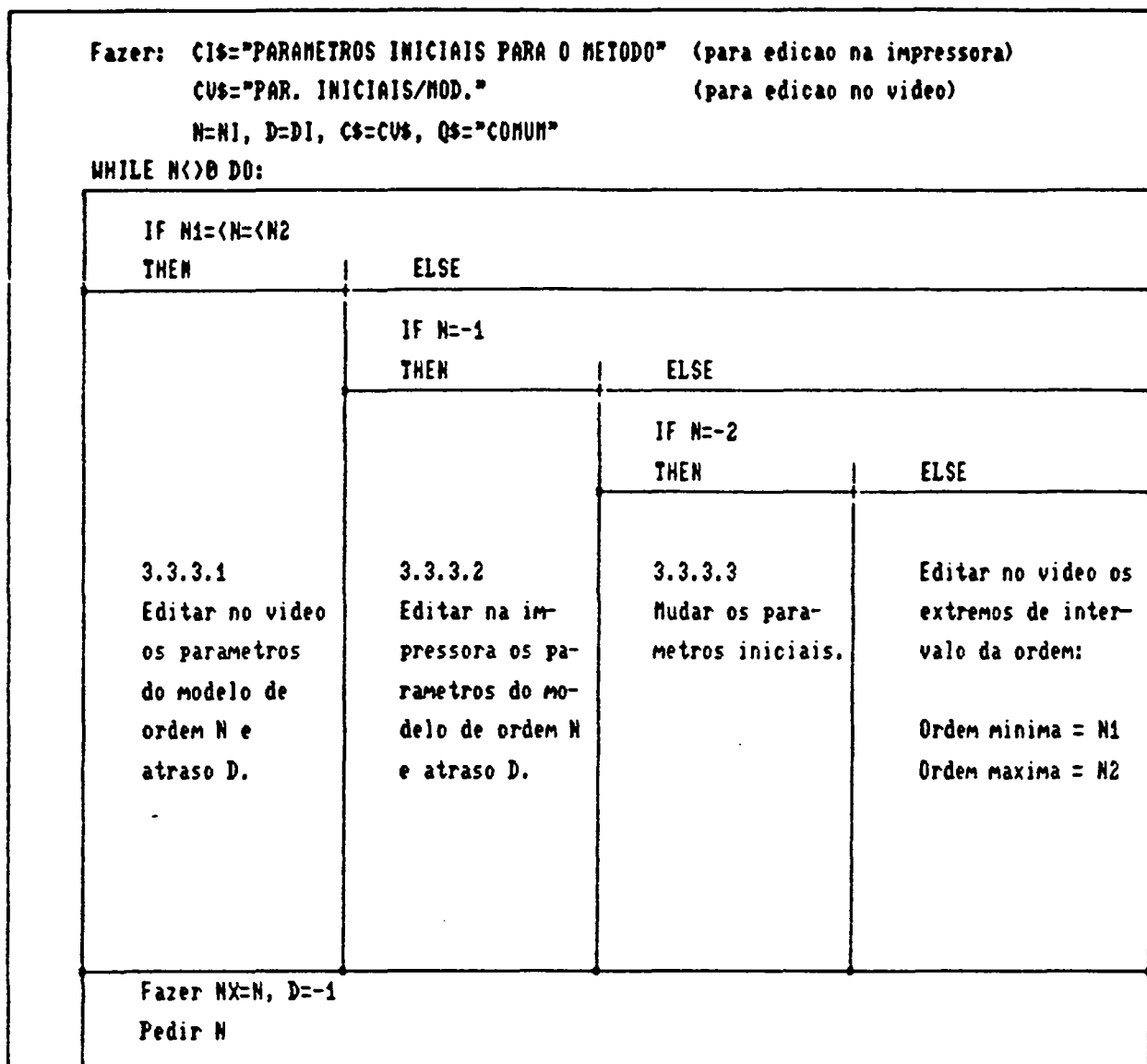
INTERVALOS DE IDENTIFICACAO					
OP CAO	INTERVALO	LIM. MIN.	INICIO	FINAL	LIM. MAX.
(1)	ATRASO	D1	DI	DF	D2
(2)	ORDEN	M1	MI	NF	M1
(3)	MEDIDAS	M1	MI	NF	M2
(4)	EXPLICACOES				
(5)	FATOR DE RECICLAMENTO FR			
(6)	RETORNAR				

PEDIR (OPCAO) Q4

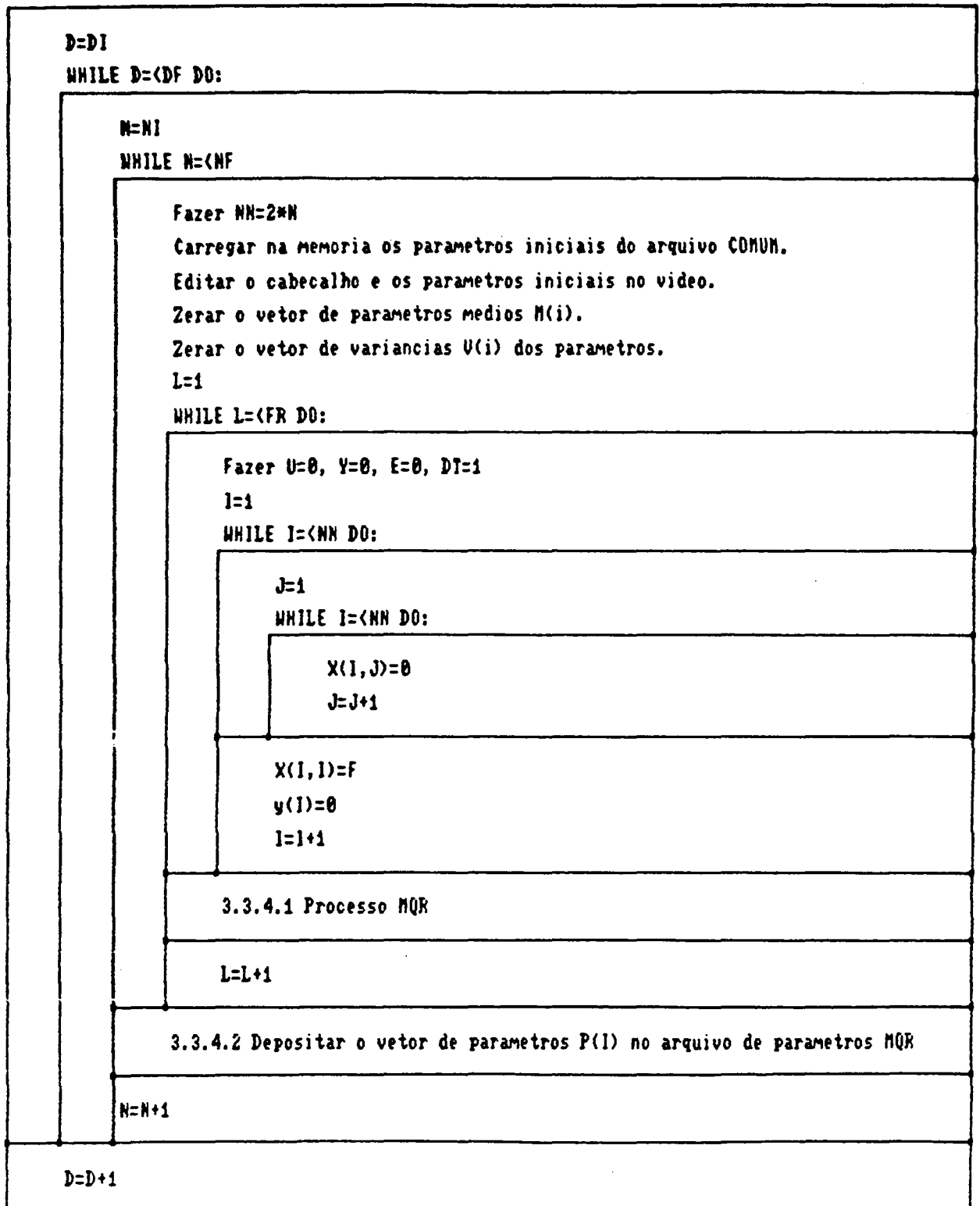
IF Q4 =

1	2	3	4	5	ELSE
3.2.2.1	3.2.2.2	3.2.2.3	3.2.2.4	3.2.2.5	Opcao inexis- tente.

3.3.3 EDICAO DE PARAMETROS INICIAIS

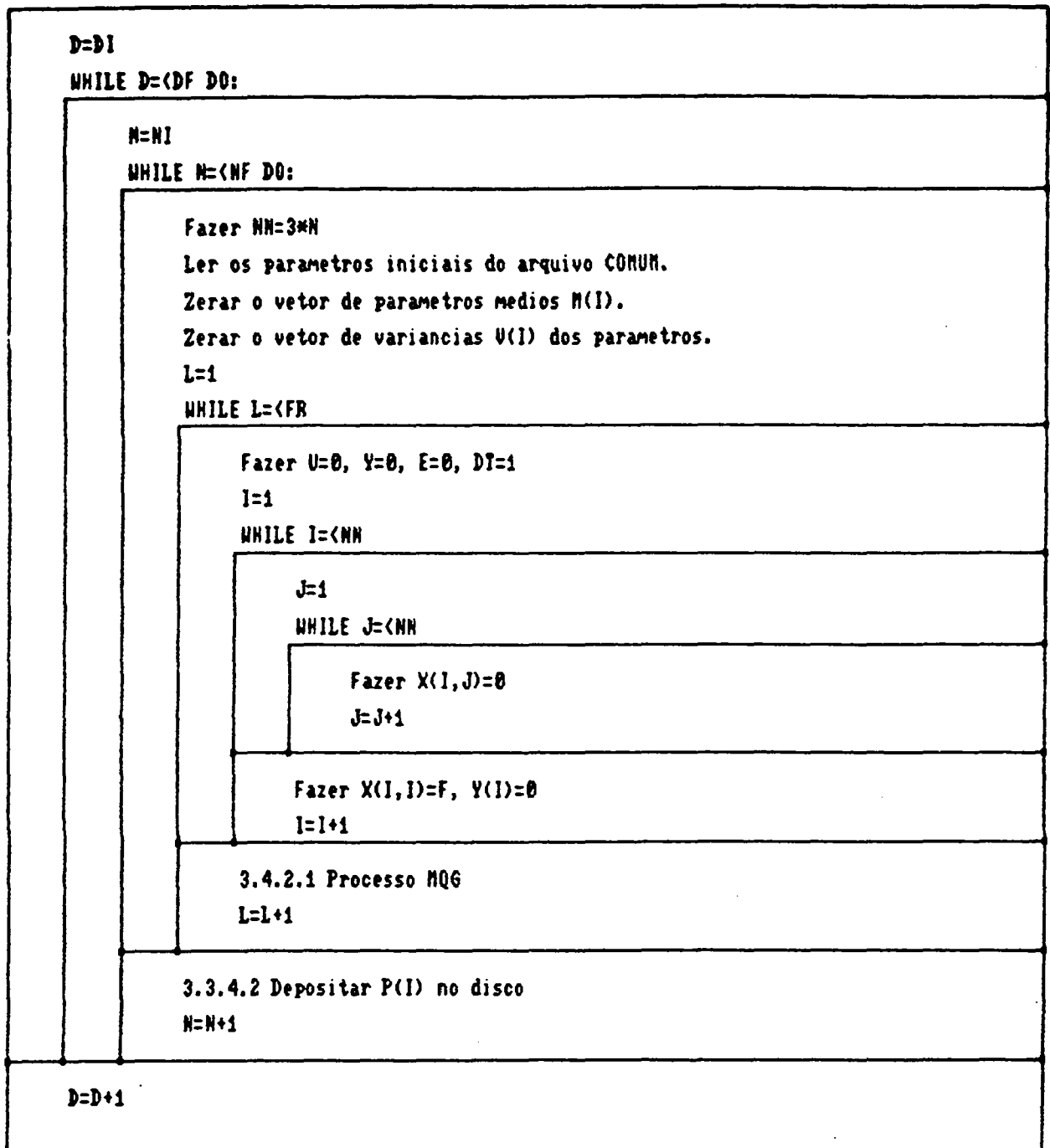


3.3.4 EXECUTAR O METODO MINIMOS QUADRADOS RECURSIVOS

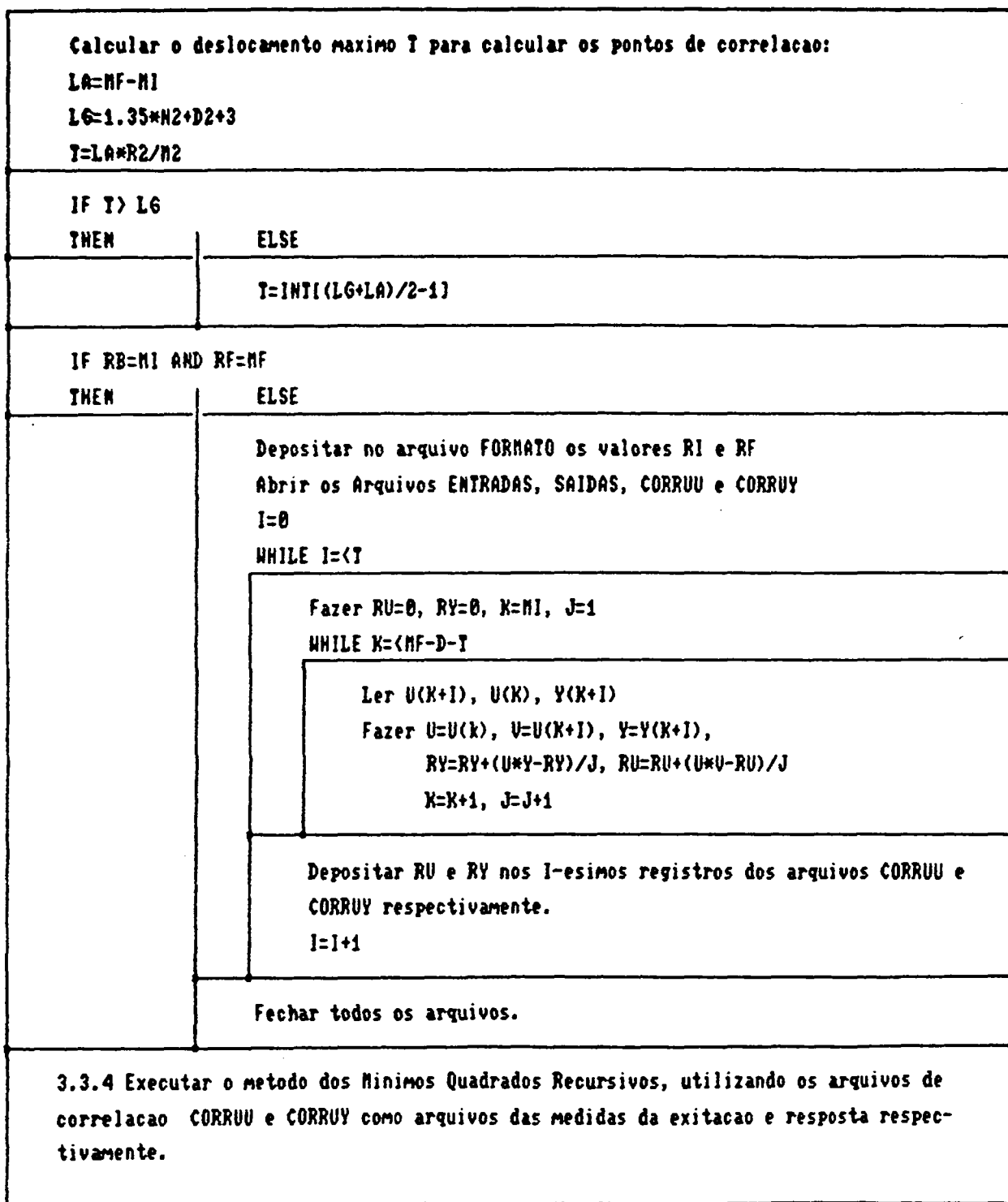


3.3.5 EDICAO DE PARAMETROS EXISTENTES NO ARQUIVO AQS

Fazer: C1\$="PARAMETROS IDENTIFICADOS POR" (para edicao na impressora) C2\$="PARAMETROS/MODELO" (para edicao no video) N=N1, D=D1, C\$=C1\$, Q\$=AQS WHILE N(>0) DO:			
IF N1=<N=<N2		ELSE	
THEN	IF N=-1		ELSE
	THEN	IF N=-2	
		THEN	ELSE
3.3.3.1 Editar no video os parametros do modelo de ordem N e atraso D.	3.3.3.2 Editar na im- pressora os pa- rametros do mo- delo de ordem N e atraso D.	3.3.5.1 Editar na im- pressora os pa- rametros dos mode- los tais que: N1=<N=<NF D1=<D=<DF	Editar no video os extremos de inter- valo da ordem: Ordem minima = N1 Ordem maxima = N2
Fazer NX=N, D=-1 Pedir N			



3.5.2 EXECUTAR O METODO DA CORRELACAO



3.6.2 INTERVALOS DE IDENTIFICACAO

Q4 = 0

WHILE Q4 (<) 7 DO:

Editar no video o seguinte menu:

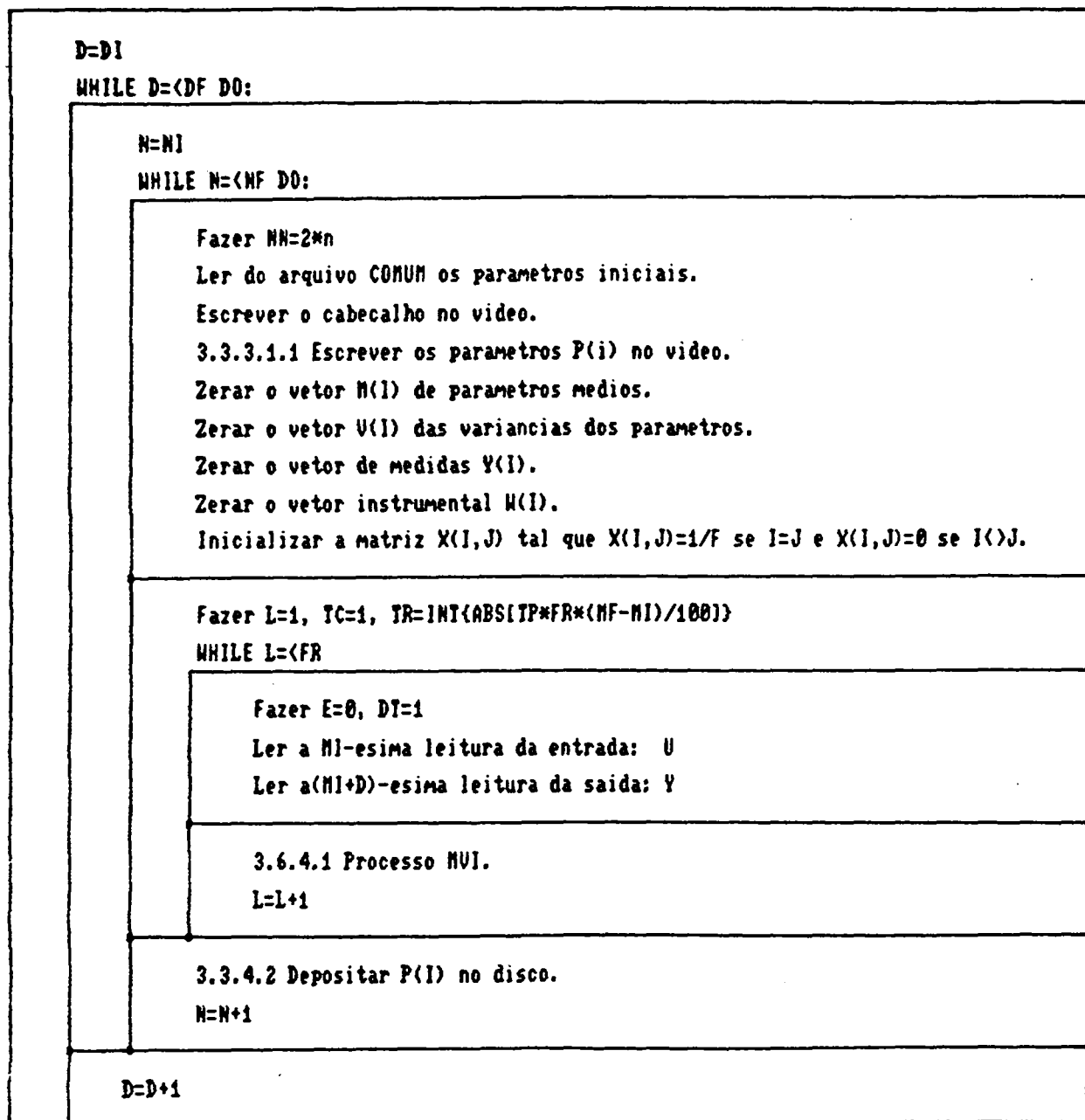
INTERVALOS DE IDENTIFICACAO					
OP CAO	INTERVALO	LIM. MIN.	INICIO	FINAL	LIM. MAX.
(1)	ATRASSO	D1	D1	DF	D2
(2)	ORDEN	M1	M1	NF	M1
(3)	MEDIDAS	M1	M1	NF	M2
(4)	EXPLICACOES				
(5)	FATOR DE RECICLAMENTO				FR
(6)	x DE DADOS P/ CONUTAR NQR-NVI				TP
(6)	RETORNAR				

PEDIR (OPCAO) Q4

IF Q4 =

1	2	3	4	5	6	
3.2.2.1	3.2.2.2	3.2.2.3	3.2.2.4	3.2.2.5	3.6.2.1	Opcao inexistente

3.6.4 EXECUTAR O METODO DAS VARIÁVEIS INSTRUMENTAIS.



Q4 = 0

WHILE Q4 <> 6 DO:

Editar no video o seguinte menu:

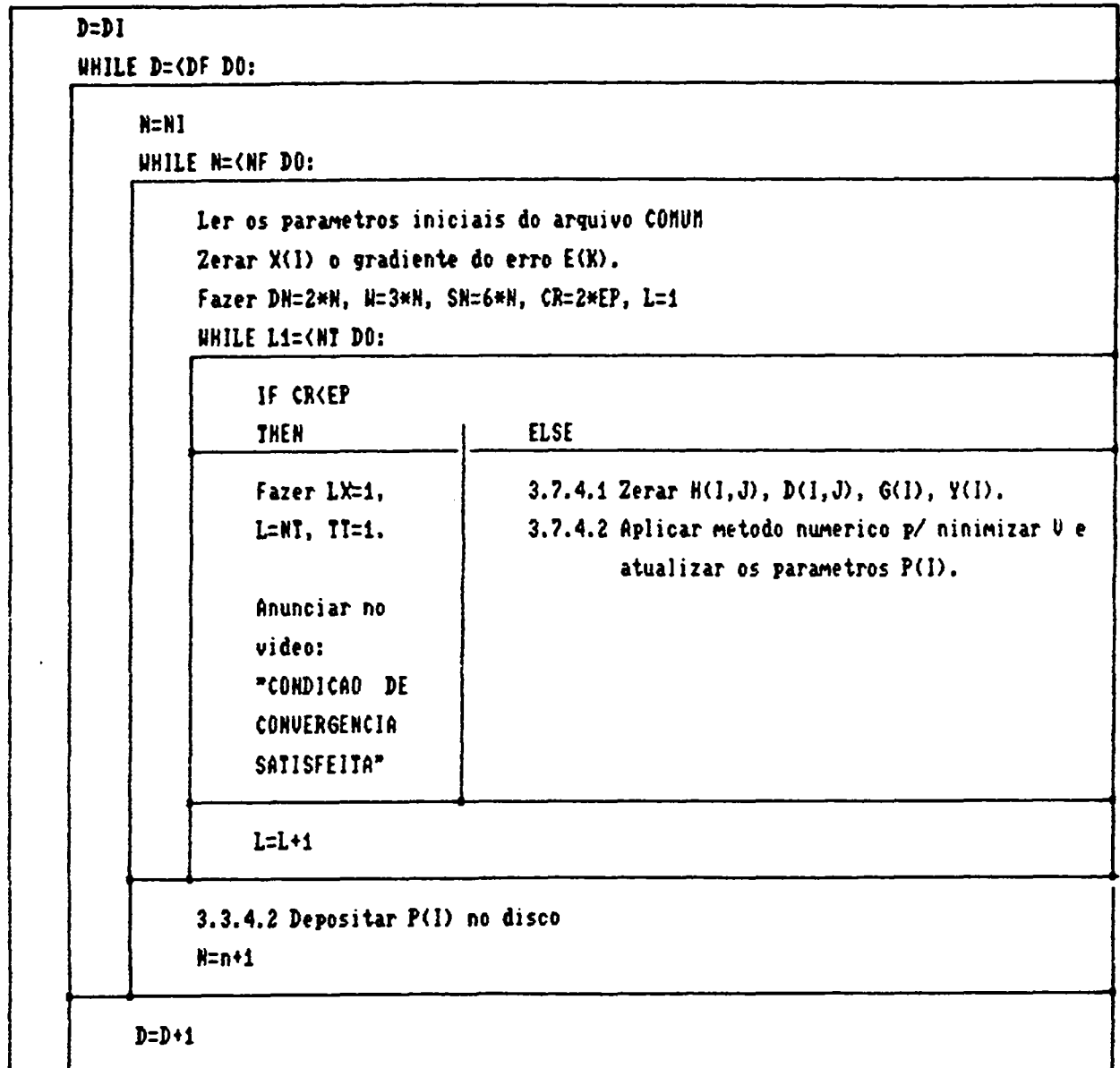
INTERVALOS DE IDENTIFICACAO					
OP CAO	INTERVALO	LIM. MIN.	INICIO	FINAL	LIM. MAX.
(1)	ATRASSO	D1	D1	DF	D2
(2)	ORDEN	N1	N1	NF	N1
(3)	MEDIDAS	M1	M1	NF	M2
(4)	EXPLICACOES				
(5)	NUMERO DE ITERACOES NI			
(6)	FATOR DE CONVERGENCIA EP			
(7)	RETORNAR				

PEDIR (OPCAO) Q4

IF Q4 =

1	2	3	4	5	5	ELSE
3.2.2.1	3.2.2.2	3.2.2.3	3.2.2.4	3.7.2.1	3.7.2.2	Opcao inexistente

3.7.4 EXECUTAR O METODO MMU



4.4.1 SIMULACAO DO MODELO.

Fazer $K=N+1$, $KX=0$, $J2=0$, $ME=0$.

WHILE $K < MF-D-1$ DO:

Fazer $Y(N)=0$, $K=X+1$

Fazer YP igual ao $(K+D)$ -esima leitura da saida do processo (arq. SAIDAS), e

$U(N)$ igual ao K -esima leitura da excitacao do processo (arq. ENTRADAS).

$I=1$

WHILE $I < N$ DO:

$Y(N)=Y(N)-P(I)*Y(N-I)+P(I+N)*U(N-I)$

$I=I+1$ $P(I)$ = vetor de parametros.

Saida do modelo: $YN=Y(N)$

Saida do processo: YP igual ao $(K+D)$ -esimo registro do arquivo SAIDAS.

Erro : $E=YP-YN$

Criterio J : $J2=J2+E*E$

IF $J2 > 1E+10$

THEN

ELSE

$K=MF$

O modelo nao
e' estavel.

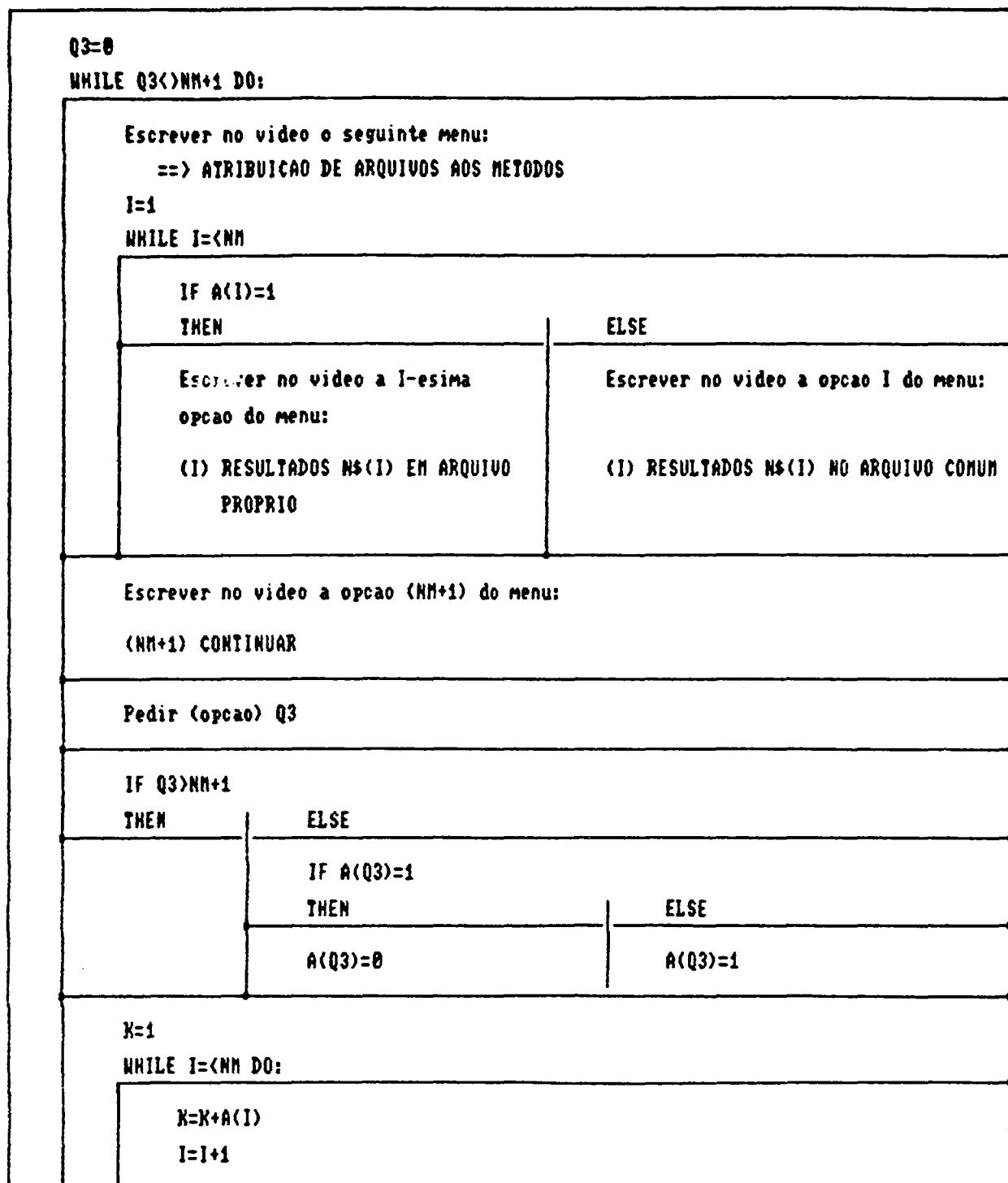
$I=1$

WHILE $I < N$ DO:

Fazer $U(I-1)=U(I)$, $Y(I-1)=Y(I)$; $I = I+1$

$K=X+1$

6.3.1 ATRIBUIR ARQUIVOS AOS METODOS.



6.3.2 PEDIR OS NOVOS EXTREMOS DOS INTERVALOS.

6.3.2.1 Calcular o numero de registros ocupados R0 e a ocupacao porcentual do disco. 6.3.2.2 Editar no video o cabecalho e a tabela dos extremos dos intervalos.				
Q4=0 WHILE Q4<5 DO:				
Pedir (opcao) Q4				
IF Q4 =				
1	2	3	4	ELSE
6.3.2.3	6.3.2.4	6.3.2.5	6.3.2.6	Opcao inexistente

3.2.2.1 INTERVALO DO ATRASO

```

D1 = -D2
WHILE D1 > D1 OR DF < D1 OR DF > D2 DO
    Pedir D1, DF
    Fazer D1 = INT(D1) e DF = INT(DF)

```

3.2.2.2 INTERVALO DA ORDEN

```

N1 = -N2
WHILE N1 > N1 OR N1 > NF OR NF > N2 DO:
    Pedir N1, NF
    Fazer N1 = INT(N1), NF = INT(NF)

```

3.2.2.3 INTERVALO DAS MEDIDAS

```

L6 = 1.35 * N2 + D2 + 3 = comprimento minimo do intervalo, LA = 0
WHILE N1 < 0 OR NF < N1 OR N2 > NF OR L6 < LA DO:
    Pedir N1, NF
    Fazer N1 = INT(N1), NF = INT(NF), LA = NF - N1
    O comprimento do intervalo e' LA

```

3.2.2.5 FATOR DE RECICLAMENTO

```

FR = 0
WHILE FR < 1
    Pedir FR
    Fazer FR = INT(FR)

```

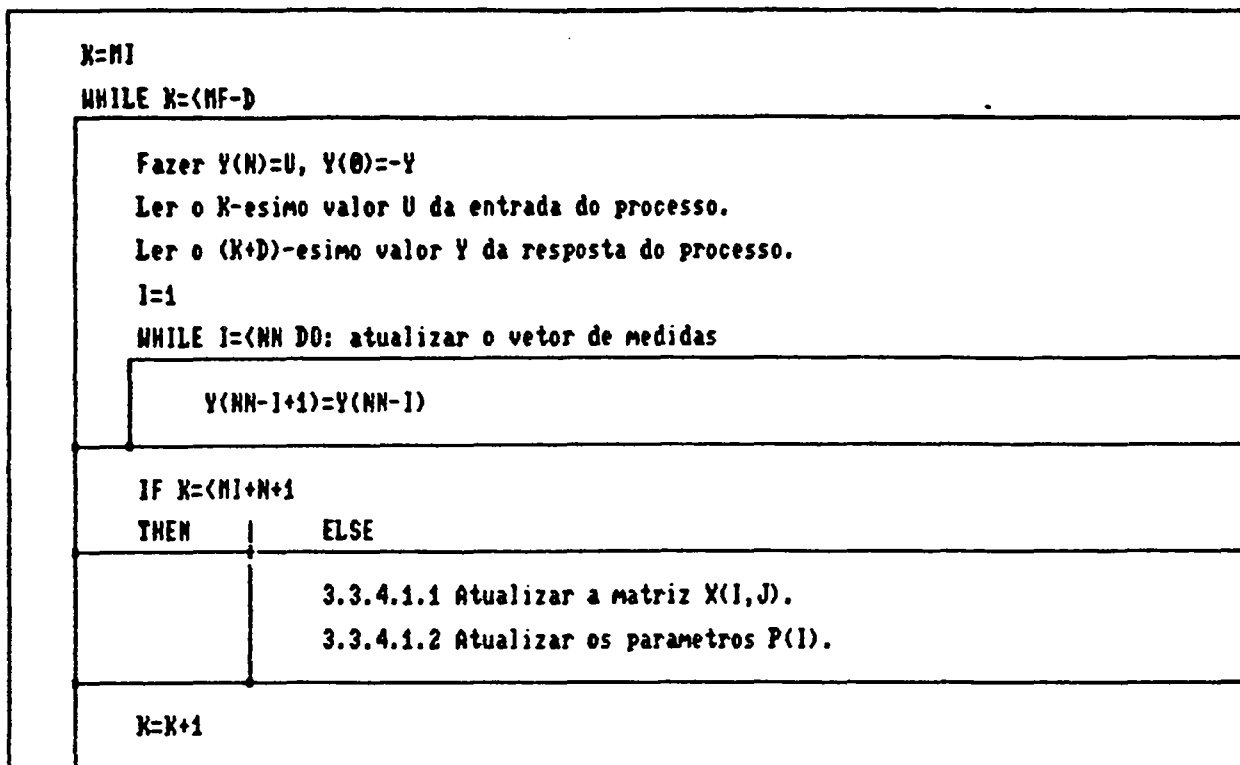
WHILE D1>D OR D2<D DO:	
Pedir o atraso D	
IF D1=<D=<D2	
THEN	ELSE
Informar no video: "COMANDOS: 0 PARA SAIR -1 PARA IMPRIMIR O MODELO -2 PARA MUDAR PARAMETROS "	Informar no video que: "ATRASSO MINIMO = D1 ATRASSO MAXIMO = D2"
Carregar na memoria os parametros do modelo de ordem N e atraso D existentes no arquivo Q\$.	
3.3.3.1.1 Escrever no video o vetor de parametros P(i).	
Fazer DX = D	

<p>Fazer $D=DX$, $N=MX$, $C\\$.=C1\\$\$ Escrever o cabeçalho na impressora. Escrever a orden N e o atraso D na impressora.</p>
<p>3.3.3.2.1 Escrever na impressora o vetor de parametros $P(i)$.</p>
<p>Fazer $C\\$.=C\\$\$ Escrever o cabeçalho no video.</p>
<p>3.3.3.1.1 Escrever no video o vetor de parametros $P(i)$.</p>

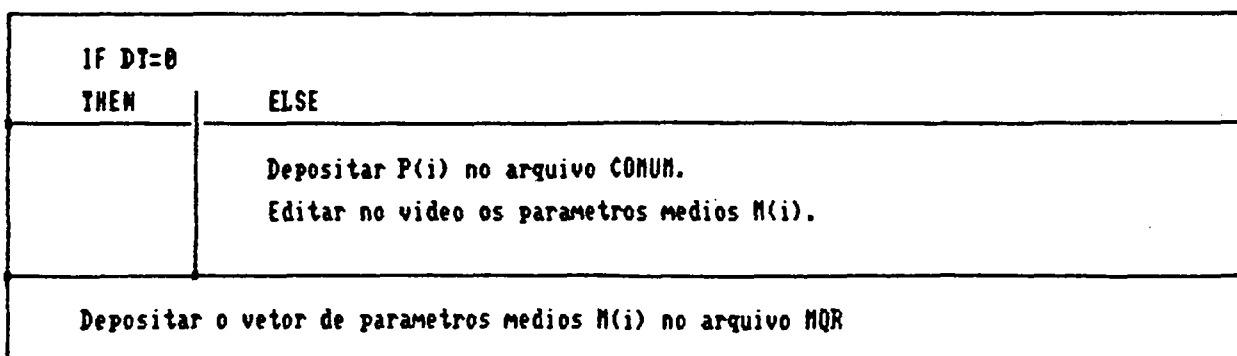
3.3.3.3 MUDAR OS PARAMETROS INICIAIS.

<p>Fazer $D=DX$, $N=MX$ Escrever o cabeçalho no video</p>
<p>3.3.3.1.1 Escrever no video o vetor de parametros $P(i)$.</p>
<p>$J=1$ WHILE $J=N$ DO:</p>
<p> Posicionar o cursor no parametro $P(J)$ da tabela no video Pedir $P(J)$</p>
<p> 3.3.3.1.1 Escrever no video o vetor de parametros $P(i)$.</p>
<p> $J = J + 1$</p>
<p>$J=1$ WHILE $J=N$ DO:</p>
<p> Posicionar o cursor no parametro $P(J+n)$ da tabela no video Pedir $P(J)$</p>
<p> 3.3.3.1.1 Escrever no video o vetor de parametros $P(i)$.</p>
<p> $J = J + 1$</p>
<p>Escrever o cabeçalho no video.</p>
<p>3.3.3.1.1 Escrever no video o vetor de parametros $P(i)$.</p>
<p>Depositar os parametros $P(I)$ no arquivo $Q\\$\$.</p>

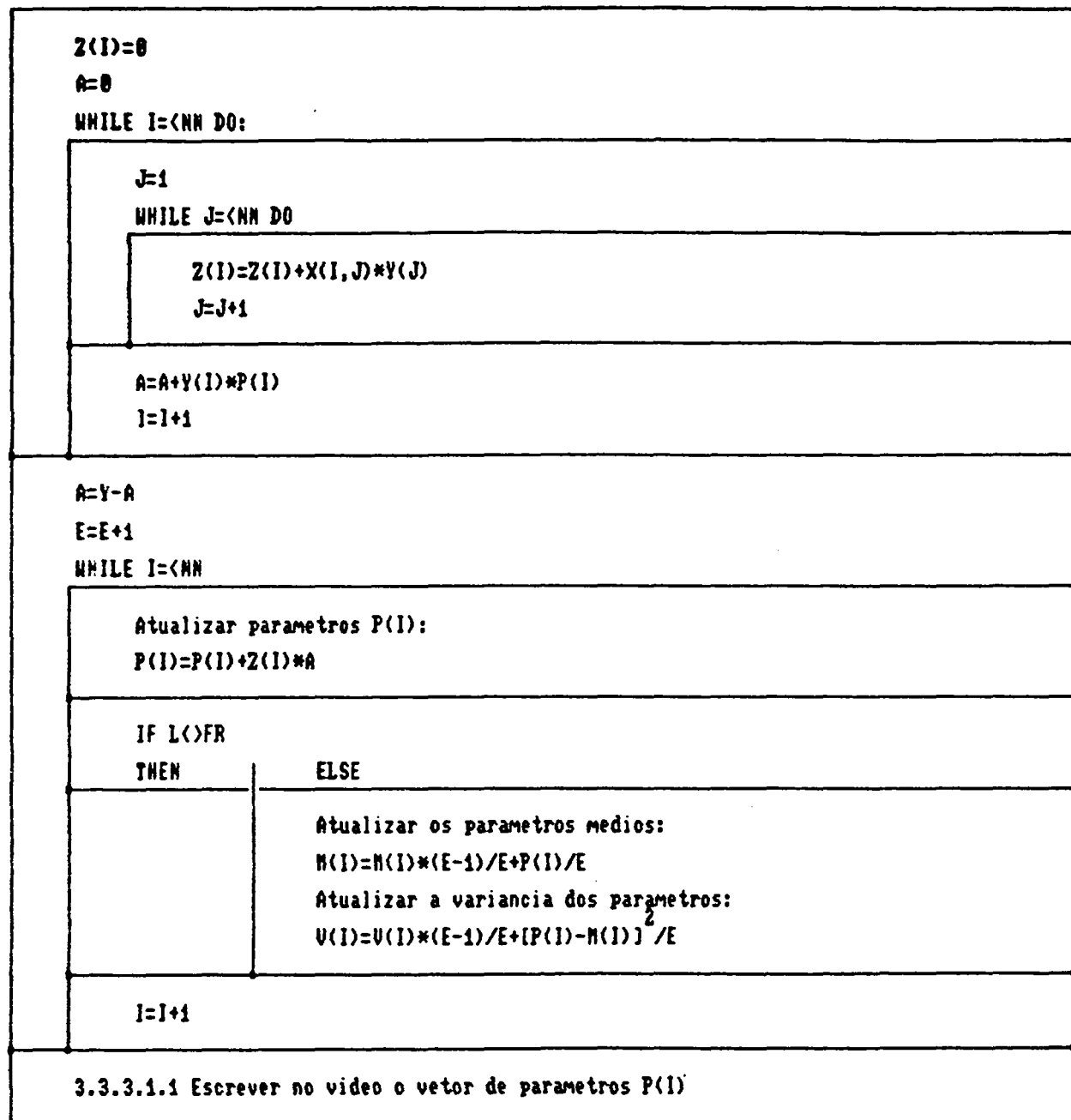
3.3.4.1 PROCESSO MQR



3.3.4.2 DEPOSITAR O VETOR DE PARAMETROS NO DISCO.



3.3.4.4 ATUALIZAR OS PARAMETROS.



3.3.5.1 EDITAR NA IMPRESSORA OS MODELOS M(N,D): DI=<D=<DF E NI=<N=<NF

Fazer D=DI, C\$=CI\$

Escrever o cabeçalho na impressora.

WHILE D=<DF DO:

Escrever o atraso D.

Fazer N=NI

WHILE N=<NF DO:

Escrever a ordem N.

Ler no arquivo Q\$ os parametros correspondentes ao modelo ordem N e atraso D.

3.3.3.2.1 Escrever na impressora os parametros P(I).

N=N+1

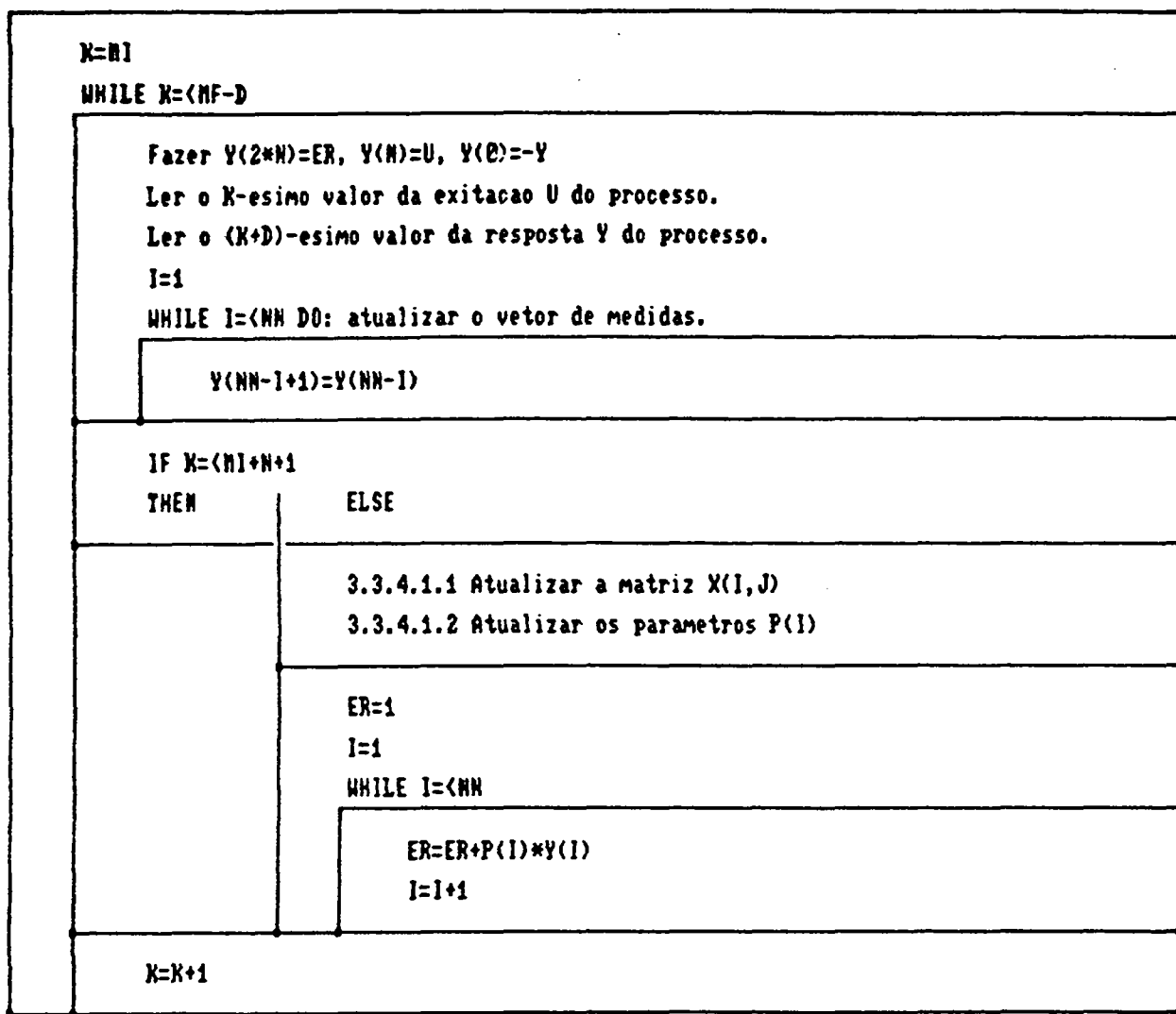
D=D+1

Fazer D=D-1, N=N-1, C\$=CU\$

Escrever o cabeçalho no video.

3.3.3.1.1 Escrever no video os parametros P(I).

3.4.2.1 PROCESSO MQG



3.6.2.1 PORCENTAGEM DE DADOS PROCESSADOS POR NQR ANTES DA
COMUTACAO P/ O METODO DAS VARIAVEIS INSTRUMENTAIS.

```
WHILE Q4=6 OR TP>100 OR TP<0 DO:
```

```
  Pedir a porcentagem TP para a comutacao  
  Fazer TP=INT(TP*100)/100  
  Q4=0
```

3.6.3.2 ATRASO PARA O VETOR INSTRUMENTAL.

```
WHILE ABS(DU)>10 OR Q4=2 DO:
```

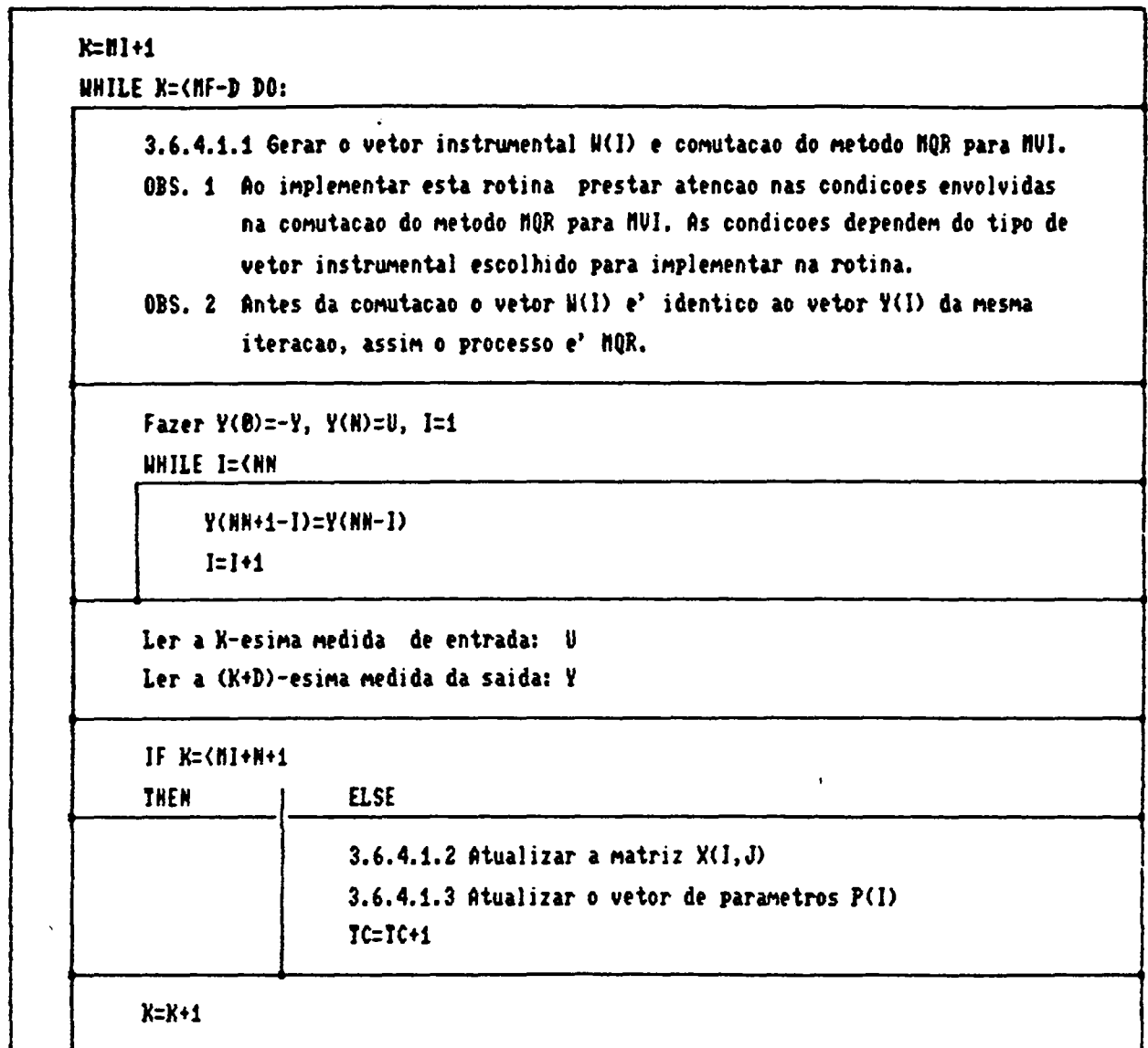
```
  Pedir o atraso DU do vetor instrumental  
  Fazer DU=INT(DU)  
  Q4=0
```

3.6.3.3 FATOR DE PESO FP PARA O VETOR INSTRUMENTAL W(1).

```
WHILE Q4=3 OR FP<-10 OR FP>10 OR FP=0 DO:
```

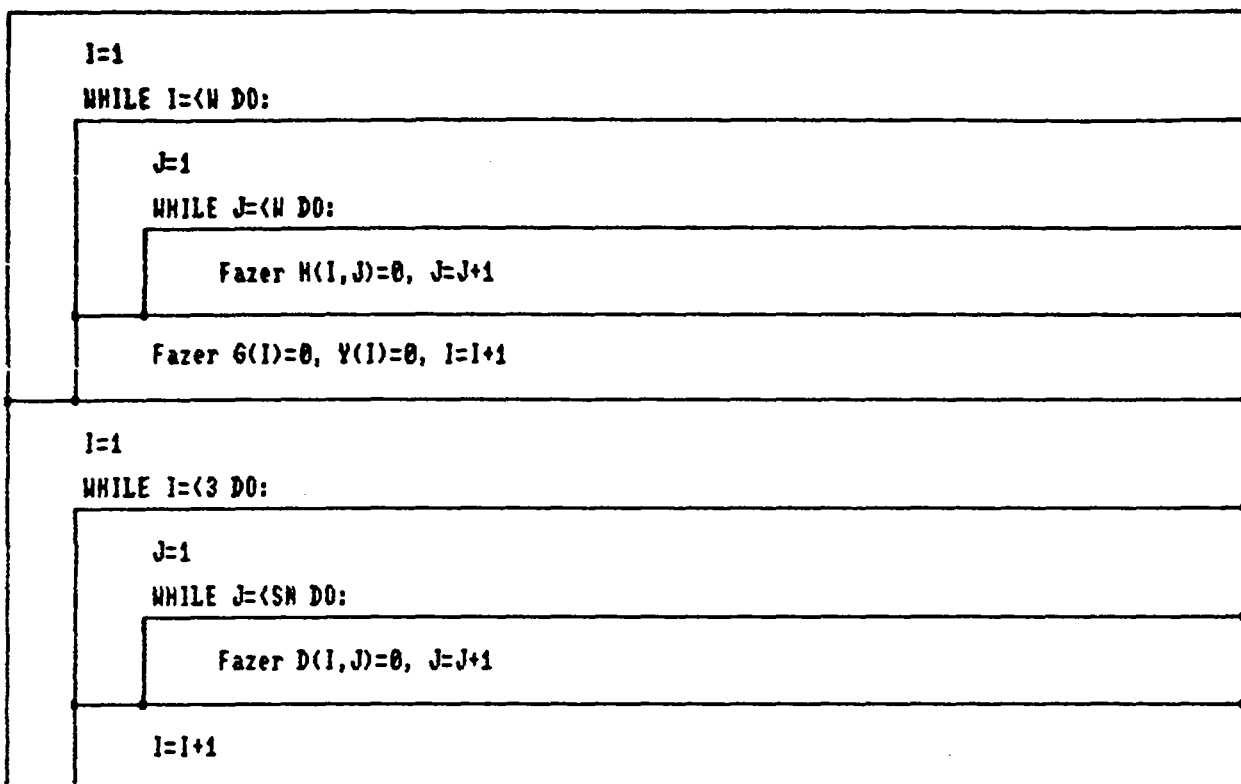
```
  Pedir o fator de peso FP  
  Fazer Q4=0
```

3.6.4.1 PROCESSO MVI.



OBS.- Para utilizar um vetor instrumental particularmente desejado, deve implementarse unicamente o procedimento 3.6.4.1.1

3.7.4.1 ZERAR MATRIZES E VETORES



<p>K=1</p> <p>WHILE K<(MI+DN DO: iniciar o metodo.</p>		
<p>3.7.4.2.1 Calcular o erro E(K)</p> <p>3.7.4.2.2 Calcular as derivadas parciais de E(k) em relacao ao vetor de parametros.</p> <p>3.7.4.2.3 Atualizar X(I), Y(I)</p> <p>3.7.4.2.4 Atualizar D(I,J)</p> <p>k=k+1</p>		
<p>K=MI+DN+1</p> <p>WHILE K<(MF-D</p>		
<p>3.7.4.2.1 Calcular o erro E(K).</p>		
<p>IF E(k) > 1 E+10</p>		
THEN	ELSE	
K=MF	<p>3.7.4.2.1 Calculo do erro E(K)</p> <p>3.7.4.2.2 Calcular as derivadas de E(K) em relacao ao vetor P(I)</p> <p>3.7.4.2.3 Atualizar X(I), Y(I)</p> <p>3.7.4.2.4 Atualizar D(I,J)</p> <p>3.7.4.2.5 Calcular o gradiente G(I)</p> <p>3.7.4.2.6 Calcular o Hessian H(I,J)</p> <p>K=K+1</p>	
K=K+1		
IF E(k) > 1E+10		
THEN	ELSE	
<p>Anunciar no video:</p> <p>"O METODO NAO CONVERGE"</p> <p>Fazer L=NI,</p> <p>P(I)=0, II=0</p>	3.7.4.2.7 Preparar e inverter o Hessian	
	IF II=0	
	THEN	ELSE
	<p>Anunciar no video:</p> <p>"A L-ESIMA ITERACAO FOI REPROVADA"</p> <p>(Hessian singular)</p> <p>CR=2*EP</p>	<p>Atualizar os parametros e calcular o valor de CR:</p> $P(I) = P(I) - H^{-1}(I, J) * G(J)$ $CR = ABS(H^{-1}(I, J) * G(J)$

Calcular o numero R0 de registros ocupados no disco:

$$R0 = \{ 0.5 * NP * (MH * (MH+1) - NL * (NL-1)) + NX * (MH - NL + 1) \} * (DH - DL + 1) * X + 2 * (MH + CH)$$

Calcular a ocupacao porcentual do disco:

$$OC = INT(10000 * R0 / RD) / 100$$

6.3.2.2 Tabela do Menu

SELECAO DOS INTERVALOS DE IDENTIFICACAO

OPCAO	INTERVALO	EXTREMOS DOS INTERVALOS			
		MIN	INF	SUP	MAX
(1)	MEDICOES		0	MH	
(2)	CORELACAO		0	CH	
(3)	ORDEN		NL	MH	
(4)	ATRASSO		DL	DH	
(5)	RETORNAR	*	*	*	*

IF OC > 100

THEN

Anunciar no video:
CAPACIDADE DO DISCO EXEDIDA EM (OC-100)%

ELSE

Anunciar no video:
OCUPACAO ATUAL = OCx

6.3.2.3 Pedir e analisar os extremos do intervalo de medicoes.

Calcular o numero de registros livres RL: $RL = INT((RD - R0 + 2 * MH) / 2)$

WHILE RL < MH OR R0 > RD OR Q4 = 1 DO:

Indicar (na tabela) do video: Extremo minimo = 25

Extremo maximo = RL

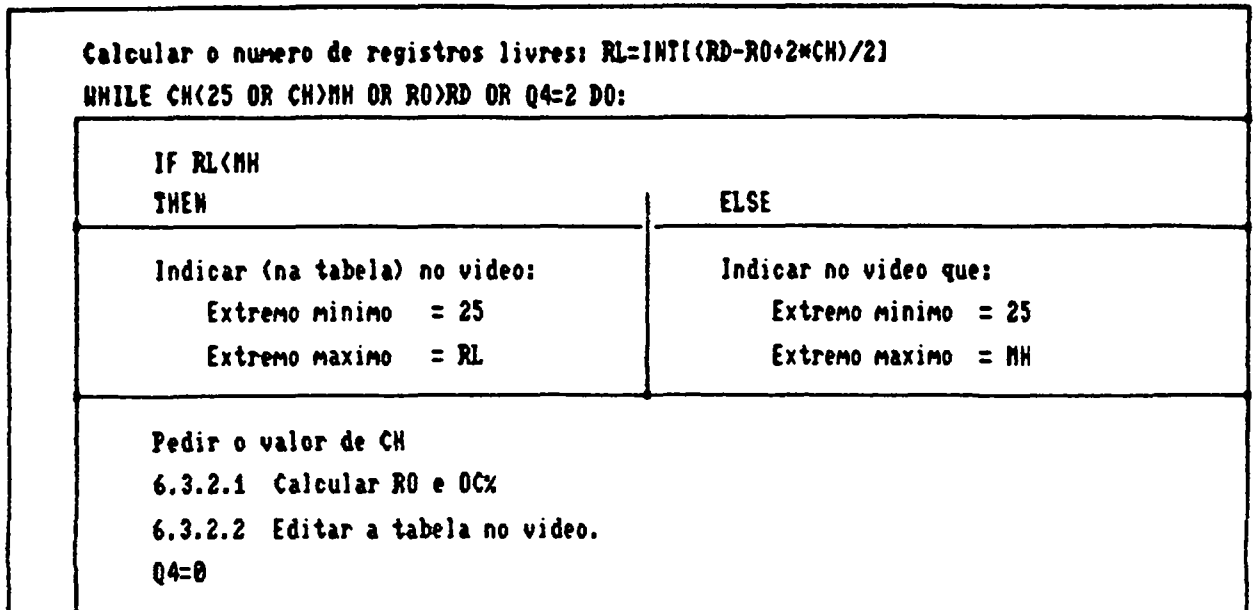
Pedir o valor de MH

6.3.2.1 Calcular R0 e OC% para o disco.

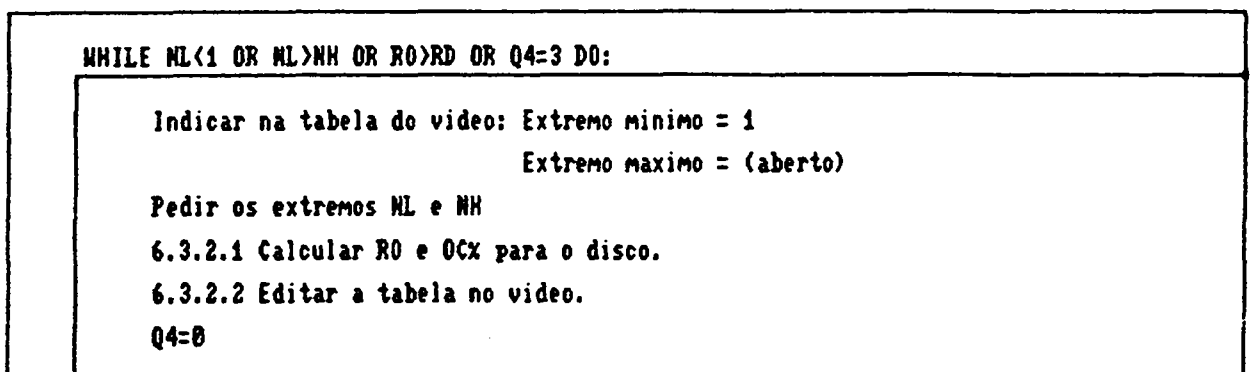
6.3.2.2 Editar no video a tabela.

Q4 = 0

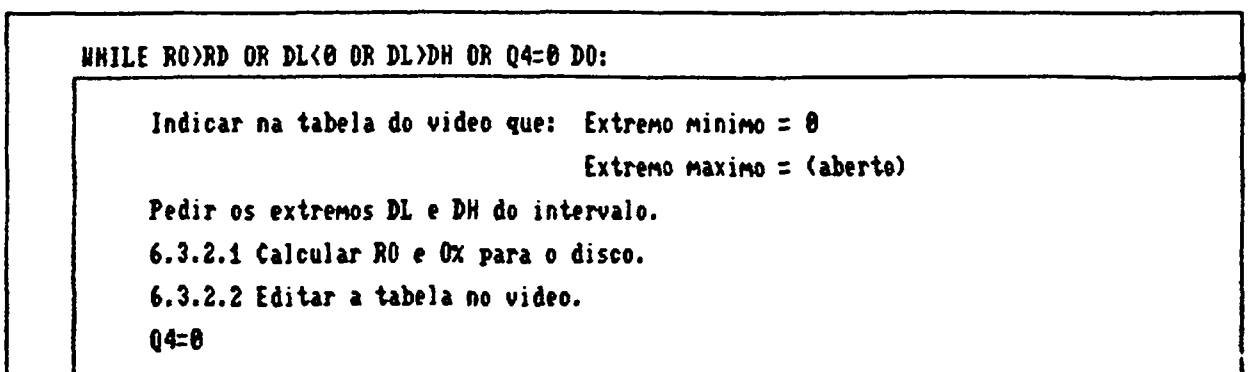
6.3.2.4 PPEIR E ANALISAR O EXTREMO FINAL CH DO INTERVALO DE CORRELAÇÃO.



6.3.2.5 PEDIR E ANALISAR OS EXTREMOS DO INTERVALO DA ORDEM N.



6.3.2.6 PEDIR E ANALISAR OS EXTREMOS DO INTERVALO DO ATRASO D.



3.3.3.1.1 Escrever no vídeo o vetor de parâmetros P(i)

```
I=1
```

```
WHILE I<=N DO:
```

```
    Escrever no vídeo P(i) e P(i+N).
```

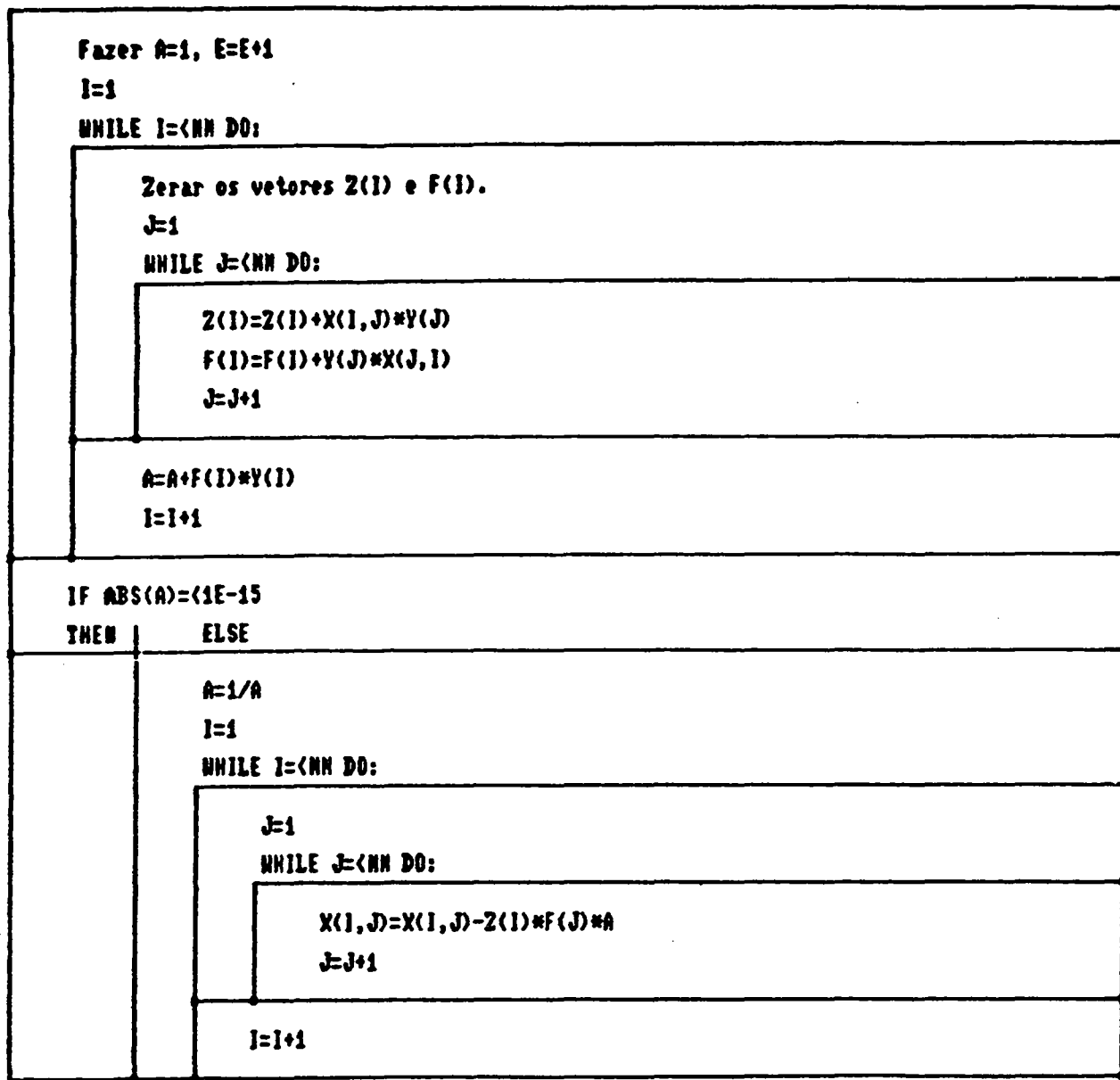
3.3.3.2.1 Escrever na impressora o vetor de parâmetros P(i)

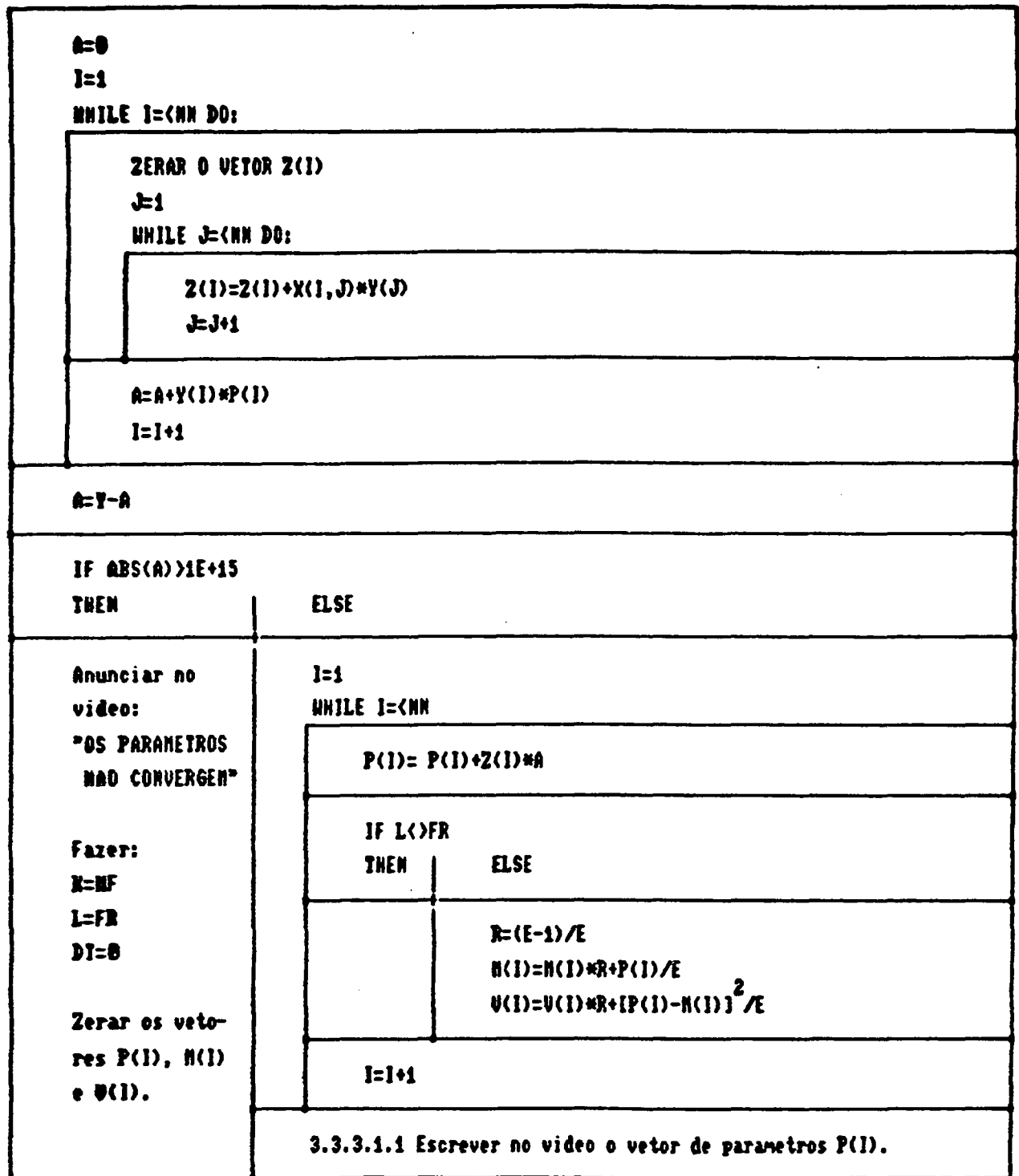
```
I=1
```

```
WHILE I<=N DO:
```

```
    Escrever no vídeo P(i) e P(i+N).
```


3.3.4.1.1 ATUALIZAR A MATRIZ X(I,J).





3.6.4.1.1 GERACAO DO VETOR INSTRUMENTAL W(I) E CONUTACAO DO METODO NQR PARA MVI.

S=K+D-DU-N		
IF TC<TR OR S-N<0		
THEN	ELSE	ELSE
Fazer o vetor W(I)=Y(I) para que o processo seja mínimos quadrados recursivos.	Ler a S-esima medida da saída Y e depositar o valor na variável instrumental: W(0)=Y	I=0 WHILE I<(N-1) DO: inicializar W(I). Ler a (S-I)-esima medida de saída Y e depositar o valor na variável instrumental: W(I)=-Y I=I+1
	Fazer W(N)=U, I=1 WHILE I<(NN) DO: atualizar o vetor instrumental W(I).	
	W(NN-I+1)=W(NN-I) I=I+1	

Vetor instrumental utilizado:

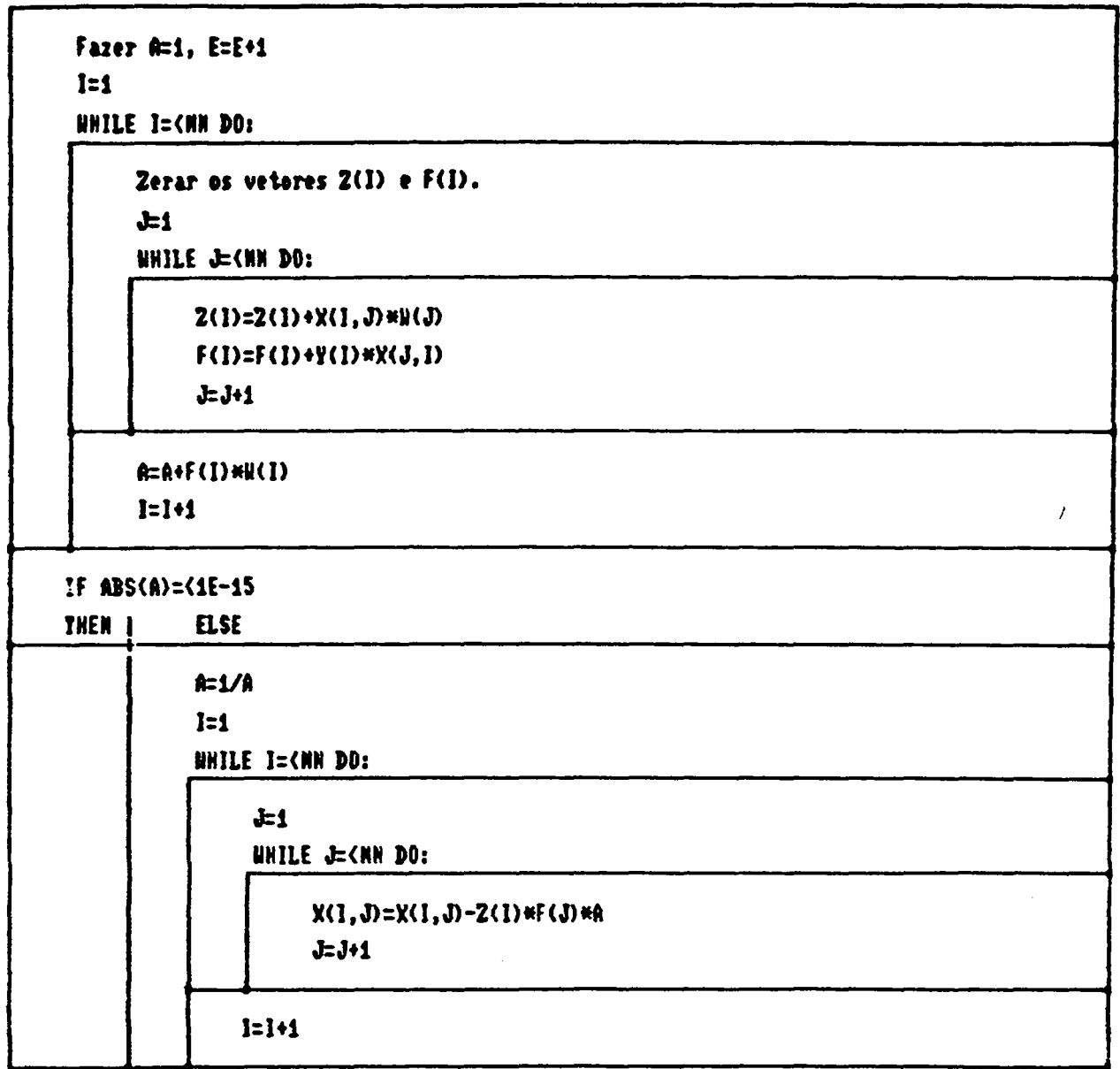
$$W^t(I) = [-y(s-1) \dots -y(s-N) ; u(k-) \dots u(k-N)]$$

onde: $y(s-i)$ é a (s-i)-ésima medida da saída do processo.
 $u(k-i)$ é a (k-i)-ésima medida da entrada do processo.

$$S=K+D-DU-N$$

DU é o atraso para o vetor instrumental

3.6.4.1.2 ATUALIZAR A MATRIZ X(I,J) DO METODO NUI.



APÊNDICE E

EXEMPLO: NÍVEL DE TESTOSTERONA DO PLASMA EM HOMEM

A testosterona é um hormônio relacionado com a função sexual do homem, contribuindo para a libido e o desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários masculinos, tais como a distribuição dos pêlos, a textura da pele e a qualidade da voz. Este hormônio é secretado pelas glândulas testiculares, produzido pelas células intersticiais de Leyding e regulado por um sistema de controle com realimentação [34, 37] cujo diagrama em blocos aproximado é mostrado na figura E1 [63].

LH é o hormônio luteinizante, também conhecido por ICSH ou hormônio estimulante das células intersticiais, que estimula a produção de testosterona pelo testículo, o qual por sua vez mantém ativo o desenvolvimento dos órgãos sexuais acessórios tais como o conduto deferente, a próstata e as vesículas seminais [36, 37]. Uma variação do LH provoca uma variação no nível de testosterona.

Na figura 1 os blocos indicados como "desaparecimento do LH" e "desaparecimento da testosterona" referem-se a

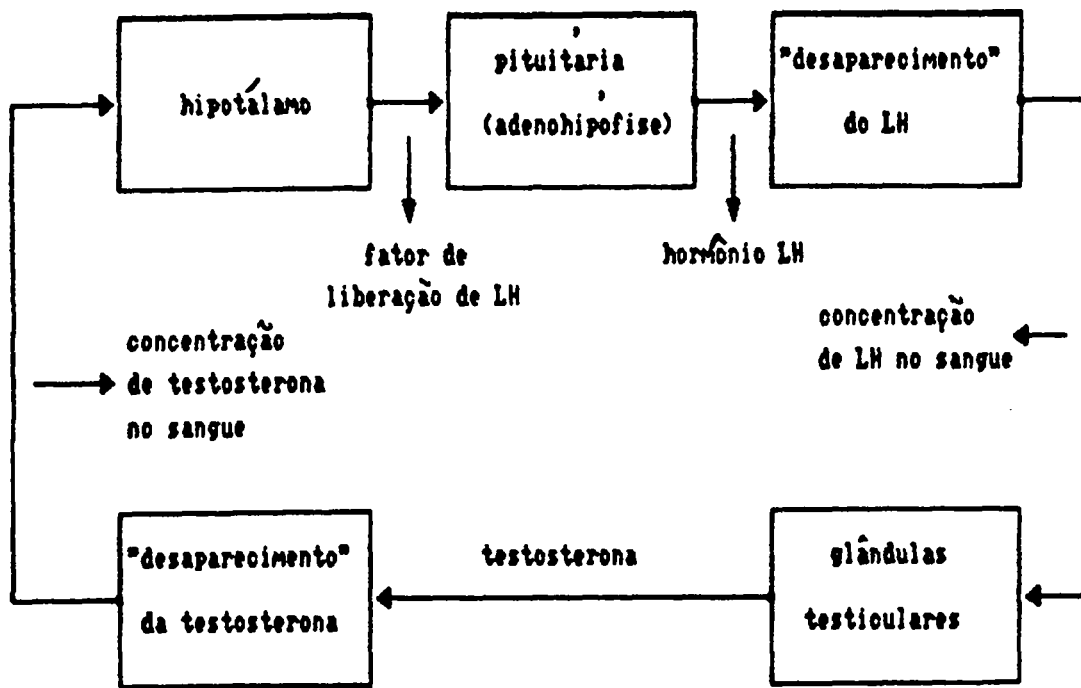


Fig. E1 Processo fisiológico relacionado com a liberação de testosterona.

todos os mecanismos de metabolização e eliminação natural do LH e da testosterona do sangue, respectivamente. A testosterona é eliminada pelo rim sob a forma de um metabolito com pequena atividade andrôgina [43].

O processo "desaparecimento da testosterona" tem propriedades lineares, Reisman [63]. A partir de dados experimentais, Gay & Bogdanove [32], Gay et al [33], Yamamoto et al [31] e utilizando o método dos mínimos quadrados recursivos foram obtidos os resultados das tabelas E1 e E2. Destas 5 funções de transferência a de ordem 1 é a que mais se aproxima do processo. As funções de ordem 2 e 3 representam processos inestáveis, e os modelos de ordem 4 e 5 apresentam menor aproximação. As respostas obtidas por simulação para as funções de transferência de ordem 1 e 5 estão nas figuras E3 e E4, e a superposição da resposta do processo e a do modelo de ordem 1 está na figura E5.

As amostras foram obtidas por amostragem manual (período de amostragem de 1 minuto) da curva de resposta mostrada na figura E2.

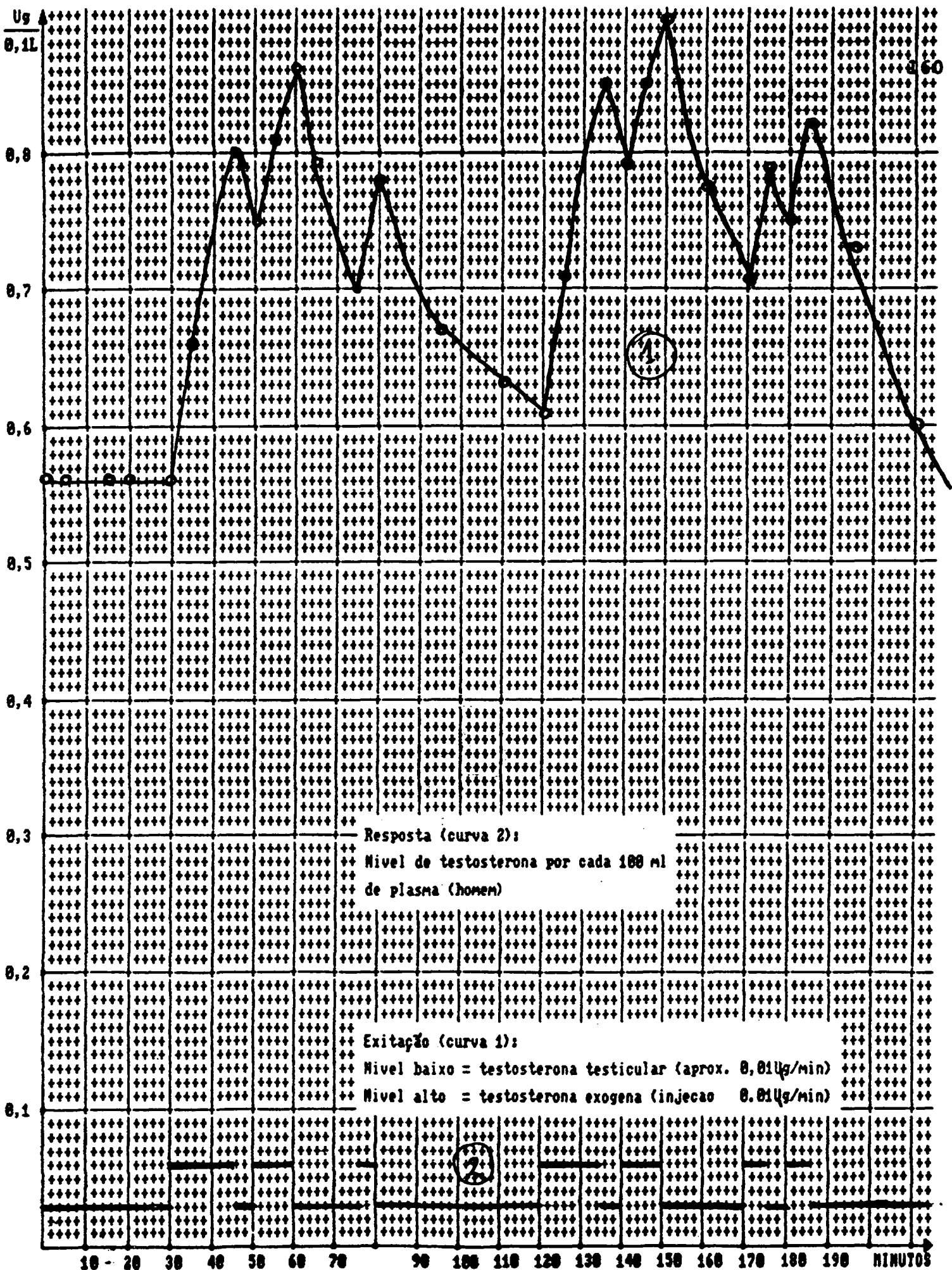


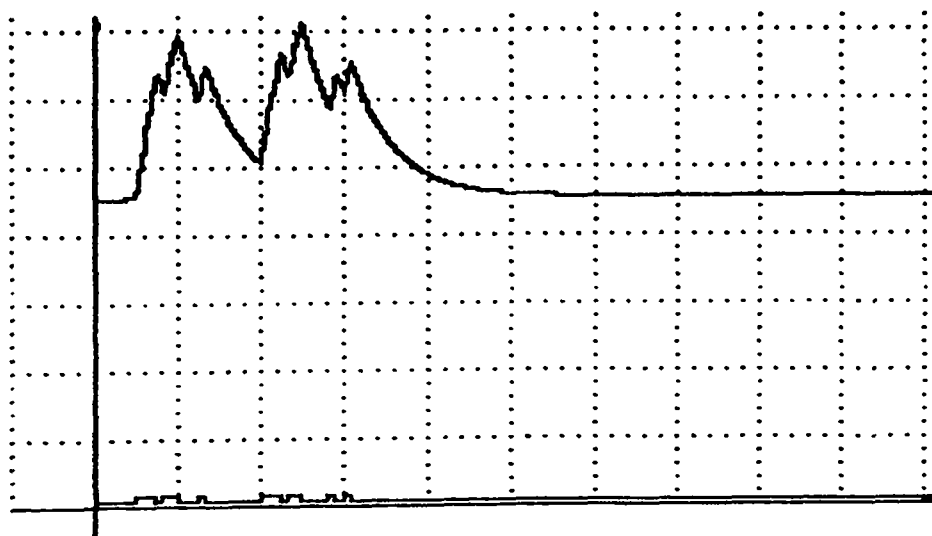
Fig E2 Sinais de exitacao e resposta para o bloco "desaparecimento" da testosterona. Os pontos referem-se a dados experimentais obtidos na literatura (vide texto).

Tabela E1

PARAMETROS EXISTENTES NO ARQUIVO MQR					
F.T. AMostrada = $B(Z)/[1+A(Z)]$ & FILTRO C(Z)					
ATRASSO	ORDEM	GRAU DE Z	POLINOMIO A(Z)	POLIMONIO B(Z)	POLINOMIO C(Z)
0	1	-1	-.96701966	1.87360742	0
		2	-2.37907458	-1.1978632	0
	2	-2	1.35633652	-.102805837	0
		3	-2.03756009	-.381062011	0
		-2	.453311714	-1.44328454	0
	3	-3	.551555376	-.0428108139	0
		4	-1.565436	.702154583	0
		-2	.44025625	-.318105391	0
	4	-3	.0651442247	-.166755079	0
		-4	.0588350022	-.287974922	0
		5	-1.49656865	.76201517	0
	5	-2	.401307481	-.189940378	0
		-3	.0758413432	-.0810800978	0
		-4	.0128209064	-.0610716086	0
		-5	8.46238537E-03	-.324814209	0

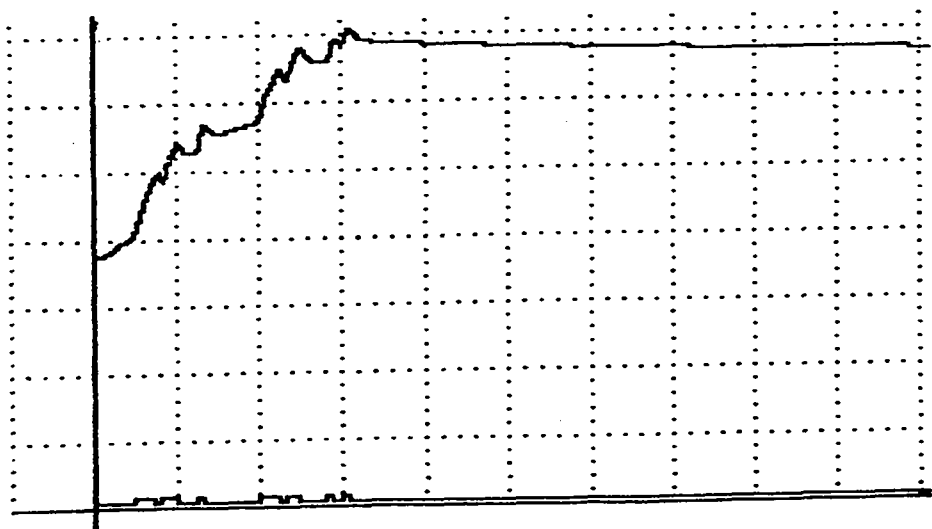
Tabela E2

RESULTADOS DOS TESTES DOS MODELOS MQR					
CRITERIOS DE TESTE					
MODEL	D	N	J	AIC	T
0	1	.19422499	-616.7781	...	
0	2	OVERFLOW			
0	3	OVERFLOW			
0	4	38.387252	10071.958	...	
0	5	2.0452383	-90.10017	2532.0945	



RESOLUCAO VERTICAL :.12 UNIDADES/DIVISAO
RESOLUCAO HORIZONTAL:60 UNIDADES/DIVISAO

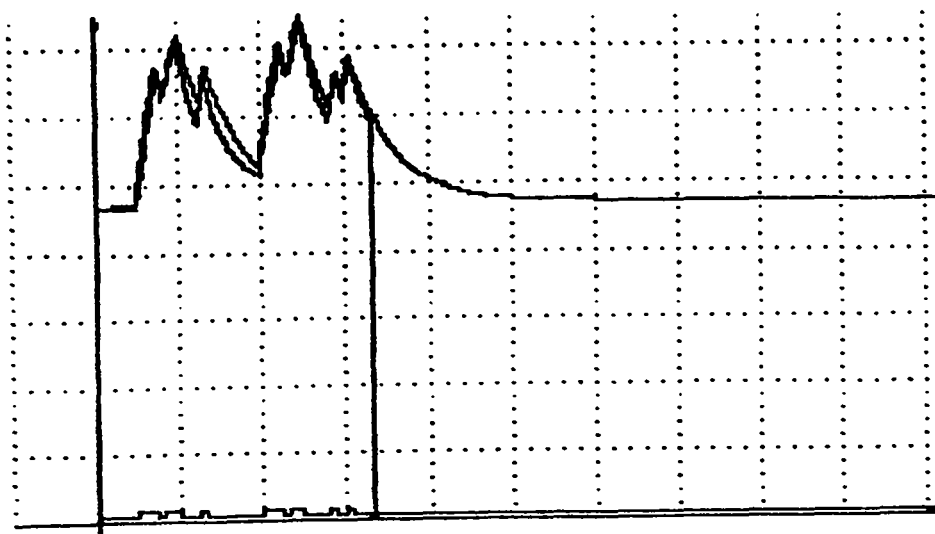
Fig. E3.- Excitação e resposta para o modelo de ordem 1 e atraso 0.



RESOLUCAO VERTICAL :.15 UNIDADES/DIVISAO
RESOLUCAO HORIZONTAL:60 UNIDADES/DIVISAO

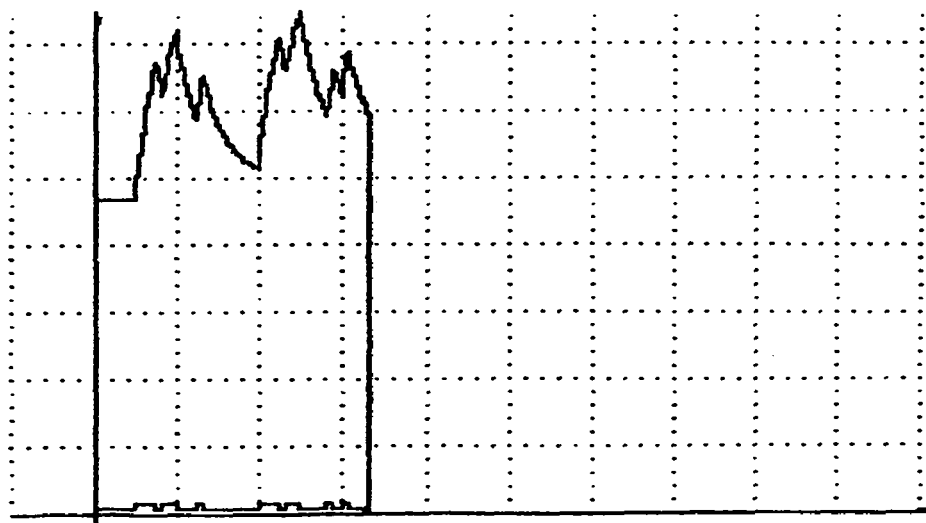
Fig. E4.- Excitação e resposta para o modelo de ordem 5 e atraso 0.

OBS.- As unidades são $U_g/100ml$ para a curva de resposta U_g/min para a excitação e o tempo em minutos.



RESOLUCAO VERTICAL : .12 UNIDADES/DIVISAO
RESOLUCAO HORIZONTAL: 60 UNIDADES/DIVISAO

(a)



RESOLUCAO VERTICAL : .12 UNIDADES/DIVISAO
RESOLUCAO HORIZONTAL: 60 UNIDADES/DIVISAO

(b)

Fig. E5.- Comparação das respostas do processo e do modelo de ordem 1 e atraso 0. (a) Superposição das respostas. (b) Resposta do processo elaborada a partir das amostras.

BIBLIOGRAFIA

1. ISERMANN R. "advanced Methods of process computer control for industrial process", Computer in industry, vol 2:59-72, 1981.
2. ÅSTRÖM K. J., EYKOFF P. "System identification - A survey", automatica, vol. 7:123-162, 1971.
3. ISERMANN, R., BAUR, U., BAMBERGER, W., KNEPPO, P. & SIEBERT, H. "Comparision of six on-line identification and parameter estimation methods", Automatica, vol. 10:81-103, 1974.
4. CARDOSO M. "Identificação em tempo real de sistemas lineares pelo método da correlação", trabalho de mestrado eng. elétrica UFSC - Florianópolis, 1979.
5. ÅSTRÖM K. J. "Maximum likelihood and prediction error methods". Departament of automatic control, Lund institute of technology, s-220 07 Lund, Swenden.
6. GALLIER P. W. "process identification for control: a review" ISA transactions, Vol. 13:50-58, 1974.
7. NIEMAN R. E. et all. "A review of identification nd and parameter estimation techniques", Int. J. Control, vol. 13:209-264, 1971.

8. ARTEAGA C. A., LIMA, W. C., BARRETO, J. M. & ZANCHIN, C. I. "Software para identificación de procesos biológicos", III Symposium intermational de ingenieria biomédica. Madrid, España 647-650, 1987.
9. GODFREY K. R. "The aplication of pseudo random sequences to industrial process and nuclear power plant", 2nd IFAC Symp. identification and process parameter estimation, Prague, paper 7.1, 1970.
10. ANDERSON T. W. "The choice of a degree of a polinomial regression as a multiple desicion problem", Ann. math. stat. 33, 255-256, 1962.
11. RICHARDS J. A. "Modeling parametric process - A tutorial review", Proceeding of the IEEE, vol. 65, 1977.
12. LAPORTE P. et all. "An interative computer aided identification pakcage", IFAC identification and system parameters estimation 1985, York, UK, 1985.
13. LIMA, W. C. "Identificação de sistemas" Notas de aula do curso de pos-graduação. eng. elétrica da UFSC Fpolis., Brasil 1985.
14. BARRAUD, A. et all. "Sirena+: a versatile interactive system for simulation, identiofication and control design" 3rd. IFAC Symposium on Computer Aided in Control and Engeeneering Copenhagen Danmark, 1985.

15. CARELLI, R. et all. "Aspectos numéricos en la identificación recursiva por mínimos cuadrados", Revista Telegráfica electronica, No. 878, 1645-1652. Bs. As. Argentina 1986.
16. ROGERS, A. E. et all. "Maximum likelihood estimation rational transfer functions parameters" IEEE Trans. Aut. Control, vol. 12:594-597, 1967.
17. GRUPE, D. "Identification of systems", Van Nostrand Reinold Company, New York 1972.
18. SARIDIS, G. N. et all. "Parameter identification and control of linear Discrete-Time Systems", IEEE Trans. Aut. Control, vol. 17:52-60, 1972.
19. SARIDIS, G. N. "Comparision of six on line identification Algorithms", Automatica, vol.10:69-79, 1974.
20. SINHA, N. K. et all. "Comparision of some on-line Identification Methods for a Simulated First Order Process", Automatic Control Teory and Aplications, vol. 2, 1974.
21. WONG, K. Y. et all. "Identification of linear Discrete Time Systems Using an Instrumental Variable Method", IEEE Trans. Aut. Control, vol. 12:707-719, 1967.
22. YOUNG, P. C. "An Instrumental Variable Method for Real Time Identification of a Noisy Process, IFAC Congres Warsaw, 1979.

23. ÅSTRÖM, K. J. et al. "Application of System identification techniques to the determination of Ship dynamics", Automatica, vol. 12:9-22, 1976.
24. KASHYAP, R. L. "Maximum Likelihood Identification of Stochastic Linear Systems", IEEE Trans. Aut. Control, vol. 15:25-34, 1970.
25. STEIGLITZ, K. & McBRIDGE, L. E. "A technique for the identification of linear Systems". IEEE Trans. Aut. Control, vol. 10:461-464, 1965,
26. SASTRY, V. A. et al. "The application of identification methods to an industrial process", Preprints JACC, 787-794, 1969.
27. CHERUY, J. et al. "A comparison of three dynamic identification methods", Preprints JACC, 982-983, 1969.
28. CUENOD, M. et al. "Comparison of some methods used for process identification in automatic control system", Automatica, vol. 4:235-269.
29. CAINES, P. "Maximum likelihood identification of multivariable systems" Ph. D. thesis, Imperial College London 1970.
30. EYKHOFF, P. "Some fundamental aspects of process parameter estimation", IEEE Trans. AUT. Control, vol.8:347-358, 1963.

31. YAMAMOTO, M. & DIEBEL , N. D. & BOGDANOVE, E. M. "Análisis of initial and delayed effects of orchidectomy and ovariectomy on pituitary and serum lh levels in adults and imarure rats. Endocrinology, vol.5:1102-1111, 1970.
32. GAY, V. L. & BOGDANOVE, E. M. "Dissapearance of endogenous and exogenous luteinizing hormone active from the plasma of previously castrated, acutely hypophysectomized rats: an indirect assessment of sinthesys and release rates" Endocrinology, vol. 2:359-368, 1968.
33. GAY, V. L. & NISWENDER, G. D. & MIDGLEY, Jr., A. R. "Response of individual rats and sheep to one or more injections of hypothalamic extract as determined by radioimmunoassay of plasma LH" Endicronology, vol. 6:1305-1312, 1970.
34. GUYTON, A. C. "Tratado de fisiologia médica". RJ, koogan, 1969.
35. ISERMANN, R. "Practical Aspect of Process Identification", Automatica, vol. 16:575-587, 1980.
36. HARPER, H. A. "Manual de química fisiológica." México, Manual Moderno 2da. edição, 1969.
37. HOUSSAY, B. A. et all. "Fisiologia humana", Buenos Aires, Ateneo, 4ta. edição.

38. GODFREY, K. R. "Correlation Methods", Automatica, vol. 16:527-534, 1980.
39. STREJC, V. "Least Square Parameters Estimation", Autmatica, vol. 16:535-550, 1980.
40. GUPTA N. K. et all. "Computacional aspect of maximum likelihood estimation and reduction in sensitivity function Calculation", IEEE Trans. Aut. Control, vol. 19:774-783, 1974.
41. ASTROM K. J. et all. "Uniqueness of the maximum Likelihood estimates of the parameters of an ARMA model", IEEE Trans. Aut. Control, vol. 19:769-774, 1974.
42. PUTHENPURA, S. & SINHA N. K. "Modified Maximum Likelihood Method for Robust Estimation of Systems Parameters from Very Noisy Data", Automatica, vol. 22:231-235, 1986.
43. KUSCHINSKY, C. & LUHLMANN, H. "Manual de farmacologia", Barcelona, Madrid, 1969.
44. STOICA, P. et all. "Instrumental Variable Methods for System Identification", Springer-Verlag, New York 1983.
45. ROGERS, A. E. "Maximum Likelihood estimation of dinamic systems parameters", Ph. D. dissertation Dept. of Elec. Engrg., Princeton University, Princeton, N. J., 1968.

46. LEONAS, A. et all. "A Discrete-Time Model of Electrically Stimulated Muscle", IEEE Trans. Bio. Eng., vol. 33:829 - 838, 1986.
47. AVANZOLINI, G. et all. "A versatil identification method applied to analysis of respiratory mechanics", IEEE Trans. Eng., vol. BME-31: 520-526, 1984.
48. EYKHOFF, P. "Process parameter and state estimation", Automatica, vol. 4: 205-233, 1968.
49. BALAKRISHNAN, A. V. & PETERKA, V. "Identification i n automatic control syatens", Automatica, vol. 5:817-829, 1969.
50. EYKHOFF, P. et all. "System modelling and identification", Proc. 3rd. IFAC Congress, London, survey paper, 1966.
51. BEKEY, G. A. "Sistem identification - an introduccion and a survey", Simulation, (USA), vol. 15:151-166, 1970.
52. LJUNG, L. et all. "Identification of linear multivariable System operating under linear feedback control", IEEE Trans. Aut. Control, vol. 19:836-840, 1974.
53. PANUSKA, V. "On the maximum likelihood estimation of rational pulse transfer function parameters", Trans. Aut. Control, vol. 13:304-305, 1968.

54. SMITH, F. W. "Systems Laplace transform estimation from sampled data", IEEE Trans. AUT, Control, vol. 13:37-44, 1968.
55. PRESSMAN, R. S. "Software Engineering: a practitioner's approach", Mc Graw Hill, 1982.
56. KENNETH, R. et all. "Estimation of Mechanical Parameters in Multicompartment Models Applied to Normal and Obstructed Lungs During Tidal Breathing", IEEE Trans. Bio. Eng., vol. 33:878-887, 1986.
57. MITCHELL, R. J. "Programs Design - A practical approach", Lecture Notes in Computers Science. Proc., vol. 152: 132-145, 1983.
58. KNUTH, E. "Software structuring: a pragmatic approach", Lecture Notes in Computers Science. Proc., Vol. 152:16-27, 1983.
59. JOSHEPH, P. et all. "Plant identification in the presence of disturbances and application to digital adaptive Systems", Proc. IEEE, vol. 80:18-24, 1961.
60. HASTINGS, R. J. & SAGE, M. W. "Recursive generalized least squares procedure for on line identification of process parameters", Proc. IEEE, vol. 166:2057-2062, 1969.

61. YOUNG, P. C. & JAKEMAN, A. J. "Refined instrumental variable methods of recursive time-series analysis, Part I: Single input, single output systems", Int. Jnl. of Control, vol. 29:1-3, 1979.
62. YOUNG, P. C. & JAKEMAN A. J. "Refined instrumental variable methods of recursive time-series analysis, part II" Int. Jnl. of Control, vol. 31:741-764, 1980.
63. REISMAN, S. "Mathematical Model of the testosterone control system", Ph. D. dissertation in Bioengineering at the polytechnic Institute of New York, 1974.
- 8
64. FRIEDMANN, B. "Principles and techniques of applied Mathematics", Wiley, New York 1954.
65. LEE, R. C. K. "Optimal Estimation, Identification and control", MIT-Press Cambridge, Mass. 1964.
66. CLARKE, D. W. "Generalized Least Squares estimation of the parameters of a dynamic Model", IFAC Symp. Identification in automatic Control System, Prague 1967.
- 67) FARINES J. M. "Técnicas especiais de programação aplicadas a sistemas de controle", Notas de aula do curso de Pós-graduação eng. elétrica da UFSC, Fpolis., Brasil, 1985.

68. PINTO, A. C. "Avaliação e aplicação de métodos para identificação de processos por computador digital", trabalho de mestrado COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1980.
69. NASSI, I. & SHNEIDERMAN, B. "Float Chart Technique for Structured programming", ACM Sigplan Notices, vol.8(8), 1973.
70. NEUHOLD, E. J. "Development Methodologies for Event and Message Based Application Systems", Lecture Notes in Computers Science, vol. 152:30-55,1983.
71. FLETCHER, R. & POWELL, M. J. D. "A rapidly descent method for minimization", Computer Journal, vol. 6:163-168, 1973.