

SIMULAÇÃO CONTÍNUA EM REGISTRADOR X-Y

ANTONIO SOARES DE GOUVÊA

Analista Supervisor

Instituto de Energia Atômica

Centro de Processamento de Dados

Cidade Universitária - Butantã



R E S U M O

O presente trabalho visa tornar disponível aos usuários do sistema de simulação "Continuous System Modeling Program" a obtenção de soluções gráficas para as variáveis do problema. Este programa manipulando as informações contidas em arquivo gerado pelo comando "PREPARE" do "CSMP", dá origem a um arquivo em fita magnética que processado num "plotter" EAI 430 constroi as respostas gráficas em coordenadas X-Y.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ELETRONIC ASSOCIATES INC. EAI 430/IBM 360 programming manual - 430 Data Plotter. /s.l./, sept. 1972. (00827.0041-1).

2. INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CO. System/360 Continuous System Modeling Program (360A-CX-16X) System Manual. White Plains, N. Y., 1967. 223p. (Application Program Y20-0111-0).

3. _____. System/360 Continuous System Modeling Program User's Manual (360A-CX-16X). 5.ed. White Plains, N.Y., jan. 1972. (Application Program GH20-0367-4).

1. INTRODUÇÃO

O programa "Continuous System Modeling Program" (CSMP) desenvolvido pela I.B.M. faz a simulação digital de sistemas contínuos, área típica dos computadores analógico e analógico-híbrido. É particularmente útil para solução de problemas científicos expressos por sistemas dinâmicos lineares e invariantes no tempo.

O CSMP dispõe de linguagem orientada para a aplicação que permite, a partir da descrição do problema por seu diagrama de blocos ou por equações diferenciais, expressá-lo através de comandos adequados (anexo I). No Centro de Processamento de Dados do Instituto de Energia Atômica acha-se instalado o S/360 CSMP versão 1, nível 2, contendo 34 blocos funcionais, que em sua maioria, representam componentes convencionais do computador analógico. O CSMP converte os comandos de entrada num sub-programa em "FORTRAN" de nome "UPDATE" que é compilado e executado. Há portanto três fases na execução de uma simulação:

- * fase de tradução - obtenção do sub-programa em "FORTRAN".
- * fase de compilação - geração do programa objeto a partir do programa fonte.
- * fase de execução - obtenção dos resultados.

Na fase de execução os resultados podem ser impressos através dos comandos "PRINT e/ou PRTPLT" e/ou gravados num arquivo auxiliar pelo comando "PREPARE".

O comando "PRINT" especifica o nome das variáveis (máximo 49) que devem ter seus valores impressos a cada intervalo "PRDEL". Os valores são impressos na forma de colunas ou de equação dependendo do número de variáveis existente no comando.

O comando "PRTPLT" (anexos I e II) especifica o nome das variáveis (Máximo 4) que devem ter seus valores impressos em coluna a cada intervalo "OUTDEL", sendo que para a primeira também será produzido um gráfico pela impressora. Para ambos os comandos são automaticamente impressos os valores da variável independente do problema.

O comando "PREPARE" (anexo I) é usado para criar um arquivo contendo informações que possibilitem a construção de gráficos num registrador X-Y. Seu emprego numa simulação em CSMP presuppõe:

- a) existência na instalação de equipamento gráfico X-Y.
- b) desenvolvimento de sistema que a partir do arquivo criado pelo co-

horizontal em relação a um ponto origem (coordenada X) e por uma distância vertical em relação a mesma origem (coordenada Y).

Foi elaborado um programa "CPEAI" em linguagem "FORTRAN" que a partir dos registros criados pelo comando "PREPARE" e utilizando-se dos comandos disponíveis para a unidade gráfica gera um arquivo em fita

magnética que processa e apresenta os resultados. Este programa funciona para o CSMP (anexo III).

As variáveis de controle do programa "CPEAI" é possível esta

mando "PREPARE" e empregando o "software" da unidade gráfica construa a solução do problema em coordenadas X-Y.

2. COMANDO "PREPARE"

O comando "PREPARE" permite ao usuário especificar o nome das variáveis (máximo 49) cujas informações serão armazenadas durante a simulação em arquivo contido em fita magnética ou disco a intervalos indicados pelo parâmetro "OUTDEL". Os valores da variável independente são automaticamente registrados.

O arquivo criado pelo comando "PREPARE" é constituído pelos seguintes registros:

- a) registros de identificação contendo: método de integração; título da simulação; número e nome de variáveis salvas para o gráfico; valores máximos e mínimos das variáveis armazenadas no arquivo com os correspondentes valores da variável independente do problema; nome de todas as variáveis do problema com seus valores iniciais.
- b) registros de dados contendo os valores assumidos pelas variáveis selecionadas no comando "PREPARE". Há um registro de dados para cada especificação de saída, sendo que o primeiro valor corresponde a variável independente do problema.

3. PROGRAMA DE "PLOTTER"

O Centro de Processamento de Dados do I.E.A. dispõe de um registrador de 2 eixos "EAI 430 DATAPLOTTER" de alta velocidade da "Electronic Associates Inc." Os pontos são especificados usando-se um sistema de coordenadas cartesianas, ficando cada um identificado por uma distância horizontal em relação a um ponto origem (coordenada X) e por uma distância vertical em relação a mesma origem (coordenada Y).

Foi elaborado um programa "PCEAI" em linguagem "FORTRAN" que a partir dos registros criados pelo comando "PREPARE" e utilizando-se dos comandos disponíveis para a unidade gráfica gera um arquivo em fita magnética que processado num "plotter" EAI 430 dá origem a solução gráfica para o CSMP (anexo III).

Através das variáveis de controle do programa "PCEAI" é possível estabelecer-se:

- as dimensões dos gráficos, podendo ser o padrão ou a critério do usuário.
- a escolha das curvas a serem traçadas num mesmo gráfico.
- a impressão de informações como identificação dos eixos e outras

observações em qualquer ponto do gráfico.

- a escolha do modo de operação do "plotter", podendo os pontos serem ligados por linhas retas, parando ou não a pena em cada ponto e por curvas interpoladas.

4. PROBLEMA AMOSTRA

Como exemplo foi considerado a evolução da concentração de iodo e xenônio num reator nuclear. A simulação abrangeu um período de 7 dias com o reator operando nos 5 primeiros durante 8 horas diárias com fluxo de neutrons constante, e os 2 últimos dias com o reator desligado.

Equações Diferenciais do Problema:

$$\frac{dI}{dt} = -\lambda_I I + \gamma_I \Sigma_f \phi - \sigma_I I \phi \quad ; \quad (I(t=0) = 0)$$

$$\frac{dX}{dt} = \lambda_I I + \gamma_X \Sigma_f \phi - \lambda_X X + \sigma_X \phi X \quad ; \quad (X(t=0) = 0)$$

onde:

- I = concentração de iodo (átomos/cm³).
- X = concentração do xenônio (átomos/cm³).
- λ_I = constante de desintegração do iodo (seg⁻¹).
- λ_X = constante de desintegração do xenônio (seg⁻¹).
- γ_I = "yield" de fissão do iodo.
- γ_X = "yield" de fissão do xenônio.
- Σ_f = secção de choque microscópica de fissão (cm⁻¹).
- σ_I = secção de choque microscópica de absorção do iodo (cm²).
- σ_X = secção de choque microscópica de absorção do xenônio (cm²).
- ϕ = fluxo de neutrons (n/cm² x seg) .

Com o desaparecimento do iodo por captura radioativa é pequeno, o termo $\sigma_I I \phi$ na primeira equação pode ser desprezado.

No anexo I o sistema de equações está formulado em comandos CSMP e a

simulação executada para dois valores distintos do fluxo
 $\phi_1 = 1.1 \times 10^{13}$ e $\phi_2 = 2.75 \times 10^{13}$.

Constantes do Problema:

$$\lambda_I = 2.09 \times 10^{-5} \text{ seg}^{-1}$$

$$\gamma_I = 5.5 \times 10^{-2}$$

$$\sigma_I = 6.7 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$$

$$\Sigma_f = 0.201 \text{ cm}^{-1}$$

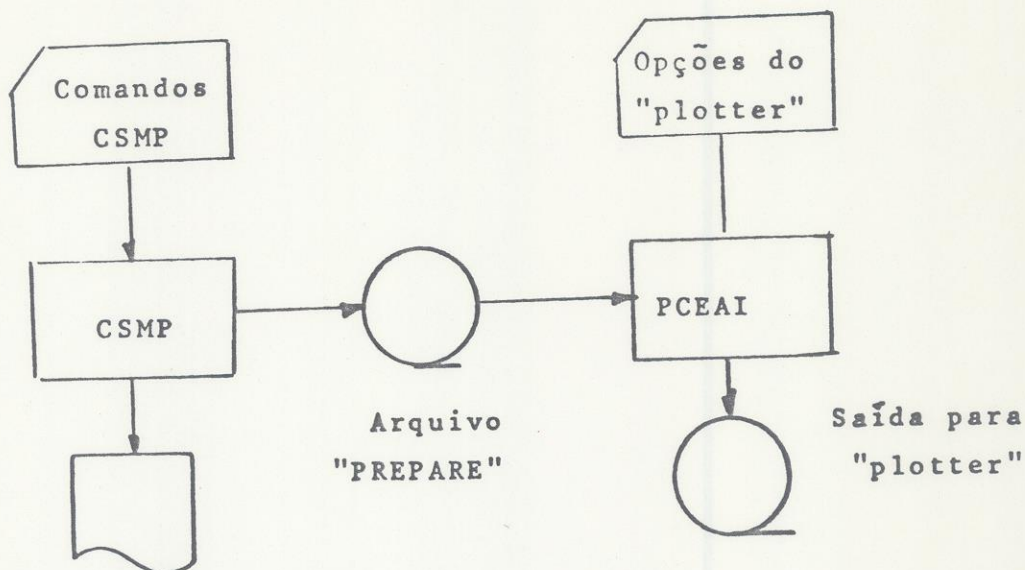
$$\lambda_X = 2.88 \times 10^{-5} \text{ seg}^{-1}$$

$$\gamma_X = 3.0 \times 10^{-2}$$

$$\sigma_X = 3.5 \times 10^{-18} \text{ cm}^2$$

ANEXO I

1. Fluxograma geral.



2. Problema do envenenamento por Xenônio descrito em comandos CSMP.

```

****CONTINUOUS SYSTEM MODELING PROGRAM****

***PROBLEM INPUT STATEMENTS***

LABEL   ENVENENAMENTO POR XENONIO
METHOD  KKSFX
RENAME  TIME=T
INITIAL
CONSTANT  LAMDAX=2.88E-5,LAMDAI=2.09E-5,GAMAX=3.0E-3,...
          GAMAI=5.5E-2,SIGMAX=3.5E-18,SIGMAC=0.201,Z=4.5E+05
PARAMETER  PHI=(1.1E+13, 2.75E+13)
DYNAMIC
DXENON=-LAMDAX*XENON+LAMDAI*I0DD+GAMAX*SIGMAC*FLUXO-...
          SIGMAX*XENON*FLUXO
DI0DD=-LAMDAI*I0DD+GAMAI*SIGMAC*FLUXO
FLUXO=PHI*PULSE(28800.,X)*Y
Y= CUMPAR(Z,T)
X= IMPULS(28800.,86400.)
I0DD= INTGKL(0.0,DI0DD)
XENON= INTGRL(0.0,DXENON)
TERMINAL
TIMER   FINTIM=60.48E+04,  OUTDEL=1.44E+04,  DELT=72.
PRTPLT  XENON(I0DD),  I0DD(XENON)
PREPAKE  XENON,I0DD
END
STOP
    
```

L.P.E.N.

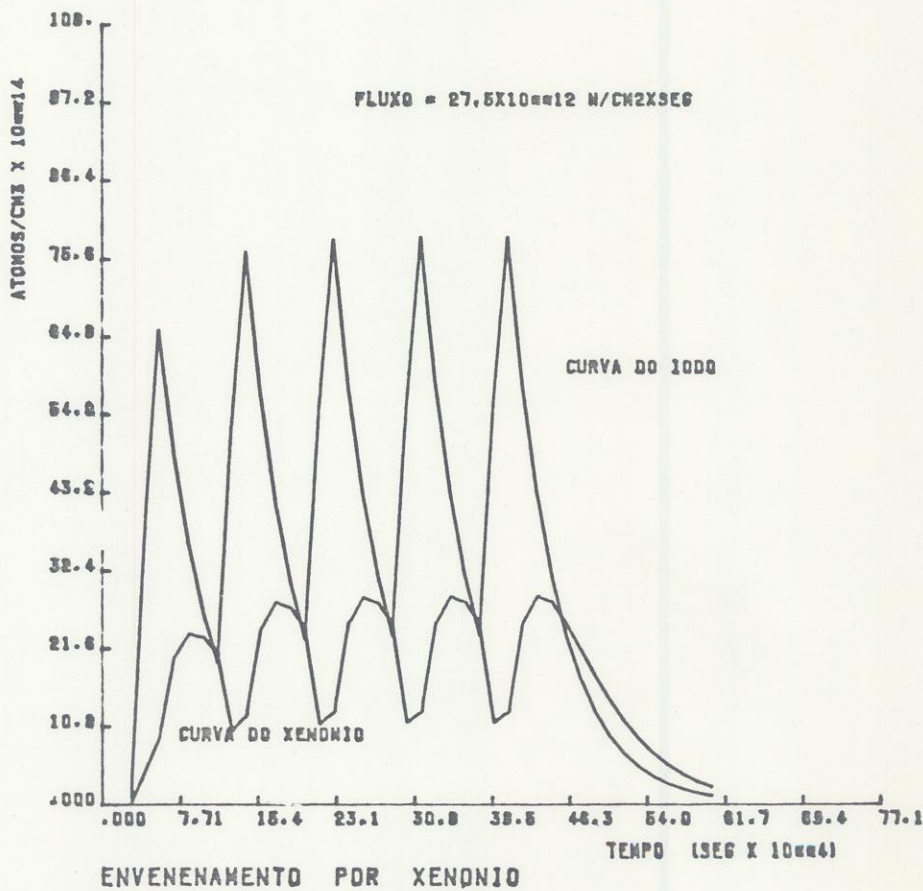
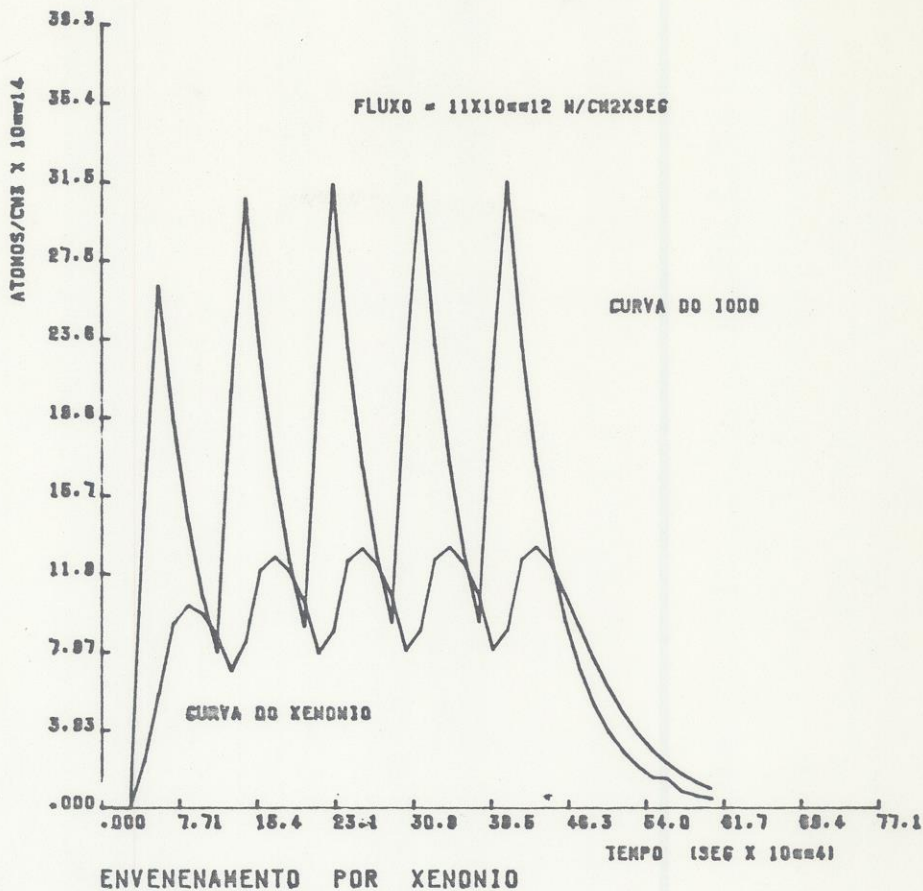
ANEXO II

Saída do Comando PRTPLT.

ENVENENAMENTO POR XENONIO

T	XENON	MINIMUM 0.0	I	XENON PHI	VERSUS T = 1.1000E 13	I000
0.0	0.0		+			0.0
1.4400E 04	0.0		+			0.0
2.8800E 04	7.9595E 10		+			1.4592E 12
4.3200E 04	2.3746E 14		-----+			1.5132E 15
5.7600E 04	5.7312E 14		-----+-----+			2.6320E 15
7.2000E 04	9.3288E 14		-----+-----+-----+			1.9491E 15
8.6400E 04	1.0265E 15		-----+-----+-----+-----+			1.4425E 15
1.0080E 05	9.8172E 14		-----+-----+-----+-----+-----+			1.0676E 15
1.1520E 05	8.7287E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+			7.9156E 14
1.2960E 05	6.9697E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			2.0980E 15
1.4400E 05	8.4247E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			3.0648E 15
1.5840E 05	1.2018E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			2.2694E 15
1.7280E 05	1.2716E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			1.6796E 15
1.8720E 05	1.1935E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			1.2430E 15
2.0160E 05	1.0496E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			9.2142E 14
2.1600E 05	7.8513E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			2.1941E 15
2.3040E 05	8.9153E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			3.1360E 15
2.4480E 05	1.2492E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			2.3220E 15
2.5920E 05	1.3140E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			1.7185E 15
2.7360E 05	1.2297E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			1.2719E 15
2.8800E 05	1.0796E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			9.4276E 14
3.0240E 05	7.9997E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			2.2099E 15
3.1680E 05	8.9973E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			3.1477E 15
3.3120E 05	1.2571E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			2.3307E 15
3.4560E 05	1.3210E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			1.7249E 15
3.6000E 05	1.2357E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			1.2766E 15
3.7440E 05	1.0845E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			9.4626E 14
3.8880E 05	8.0241E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			2.2125E 15
4.0320E 05	9.0108E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			3.1496E 15
4.1760E 05	1.2584E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			2.3321E 15
4.3200E 05	1.3222E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			1.7260E 15
4.4640E 05	1.2367E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			1.2774E 15
4.6080E 05	1.0858E 15		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			9.4538E 14
4.7520E 05	9.1620E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			6.9967E 14
4.8960E 05	7.5246E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			5.1781E 14
5.0400E 05	8.0601E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			3.8321E 14
5.1840E 05	4.8095E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			2.8360E 14
5.3280E 05	3.7736E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			2.0989E 14
5.4720E 05	2.9343E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			1.5534E 14
5.6160E 05	2.2652E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			1.1497E 14
5.7600E 05	1.7383E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			8.5087E 13
5.9040E 05	1.3273E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			6.2972E 13
6.0480E 05	1.0093E 14		-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+			4.6605E 13

ANEXO III



I.P.E. No

CONTINUOUS SIMULATION IN PLOTTER X-Y

A B S T R A C T

This report briefly describes a computer processing code for obtaining graphic solutions to users of the Continuous System Modeling Program (CSMP).

I SIMPÓSIO DE APLICAÇÕES GRÁFICAS PARA COMPUTADOR - 23 a
24 de nov. 1978 - São Paulo.