

MODELO PROBABILÍSTICO DE SIMULAÇÃO A USINAS INDIVIDUALIZADAS
PARA SISTEMAS INTERLIGADOS

MODELO PROBABILÍSTICO DE SIMULAÇÃO A USINAS INDIVIDUALIZADAS
PARA SISTEMAS INTERLIGADOS

SUBCOMITÊ DE PLANEJAMENTO E ENGENHARIA DE SISTEMAS ELÉTRICOS

Comitê Nacional: Brasileiro

Autor(es) : Maria Elvira Pineiro Maceira
Mario Veiga Ferraz Pereira
Gerson Couto de Oliveira
Jerson Kelman
Sergio Henrique Ferreira da Cunha

Empresa : CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

Endereço : Av. Hum - Cidade Universitária - Ilha do Fundão
CEP: 21.910 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Caixa Postal : 2754

Telex : (021) 21035

Telefones : (021)270-0112

Impresso : Rio de Janeiro - RJ

Título do Trabalho: MODELO PROBABILÍSTICO A USINAS INDIVIDUALIZADAS
PARA SISTEMAS INTERLIGADOS

Tema do Trabalho : Técnicas para Tomada de Decisões

ÍNDICE

pág.

0 -	SÍNTESE DO TRABALHO	1
1 -	DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA - MODELO SIMULADIN	3
1.1-	INTRODUÇÃO	3
1.2-	DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA	3
1.2.1-	REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA	3
1.2.2-	SIMULAÇÃO EM PARALELO	4
1.2.3-	RESTRIÇÃO DO INTERCÂMBIO ENTRE OS SUBSISTEMAS	4
2 -	DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA - MODELO MSH	5
2.1-	APLICAÇÃO DE SÉRIES NO PLANEJAMENTO E OPERAÇÃO DE SISTEMAS HIDROTÉRMICOS	5
2.2-	LIMITAÇÕES DOS ESTUDOS FEITOS COM SÉRIES SINTÉTICAS	6
2.3-	TRABALHOS ANTERIORES DESENVOLVIDOS NO CEPEL	6
2.5-	ESQUEMA DE GERAÇÃO DE VAZÕES	7
3 -	ESTUDO DE CASO	7
4 -	REFERÊNCIAS	7
5 -	ILUSTRAÇÕES	9
6 -	TABELAS	14

MODELO PROBABILÍSTICO DE SIMULAÇÃO A USINAS INDIVIDUALIZADAS
PARA SISTEMAS INTERLIGADOS

Autores: Maria Elvira Pineiro Maceira
Mario Veiga Ferraz Pereira
Gerson Couto de Oliveira
Jerson Kelman
Sergio Henrique Ferreira da Cunha

Síntese do Trabalho:

Este trabalho apresenta avaliações probabilísticas da operação do sistema interligado Norte-Nordeste do Brasil.

Utilizam-se dois modelos: (a) Um modelo de simulação a usinas individualizadas para configurações estáticas ou dinâmicas puramente hidráulicas - SIMULADIN - capaz de representar as seguintes restrições adicionais (às dos modelos normalmente utilizados pelo setor elétrico): limites de intercâmbio de energia entre dois subsistemas, controle de cheias, desvios de água para irrigação e vazão mínima para navegação. Além disso, o modelo é capaz de simular várias séries hidrológicas, em paralelo, facilitando a obtenção de índices probabilísticos de desempenho do sistema. (b) Um modelo multivariado de geração de séries sintéticas de vazões mensais - MSH - desenvolvido para produzir inicialmente vazões médias anuais que são em seguida desagregadas em vazões mensais.

São estimadas a probabilidade de déficit de cada subsistema e a distribuição do déficit dado que ele ocorre para algumas hipóteses de limitação de intercâmbio. Os resultados do modelo de simulação são também comparados aos de um modelo analítico.

1. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA - MODELO SIMULADIN

1.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são descritas as principais características de um modelo de simulação a usinas individualizadas, denominado SIMULADIN. Embora este modelo tenha sido desenvolvido pelo CEPEL em cooperação com a CHESF especialmente para estudos do sistema Norte/Nordeste do Brasil, levando-se em conta o impacto de usos múltiplos da água no Rio São Francisco, sua metodologia é geral, podendo ser aplicado também a outros sistemas hidroelétricos interligados.

Quanto à sua especificação e hipóteses básicas, o modelo SIMULADIN é bastante semelhante ao modelo MSUI (1) desenvolvido pela ELETROBRÁS, distinguindo-se deste pelas seguintes características principais:

- pode simular dois subsistemas hidraulicamente independentes, mas eletricamente interligados, levando em conta os limites nas capacidades de intercâmbio de energia nos dois sentidos.
- considera as seguintes restrições operativas decorrentes do uso múltiplo da água: controle de cheias e desvio de vazão do rio para irrigação.
- simula múltiplas séries hidrológicas em paralelo, permitindo a mais fácil obtenção de índices probabilísticos de desempenho do sistema.
- considera apenas configurações puramente hidráulicas e não faz balanço de ponta.
- é bem mais eficiente do ponto de vista computacional viabilizando estudos de maior porte e mais ambiciosos (configurações grandes, longos horizontes de estudo, utilização de séries sintéticas de vazões, etc.).

O presente trabalho apresenta uma descrição sucinta dos principais algoritmos e fórmulas utilizados pelo programa, dando-se maior ênfase aos pontos que constituem uma novidade metodológica. Maiores detalhes podem ser obtidos nas referências (2) e (3).

1.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

A metodologia empregada no modelo SIMULADIN constitui-se de uma mistura de técnicas de simulação, técnicas de otimização, algoritmos heurísticos e técnicas de programação estruturada. Os itens a seguir descrevem resumidamente as partes importantes do modelo.

1.2.1 Representação do Sistema

O sistema de geração é constituído por dois subsistemas hidraulicamente independentes mas eletricamente interligados como ilustra a Figura 2.1. Cada subsistema é composto de um conjunto de usinas hidroelétricas com reservatório ou fio d'água. Usinas termoeletricas, se existirem, devem ser tratadas como geração externa. A configuração pode ser estática ou evoluir dinamicamente ao longo de um período de estudo. No segundo caso, a capacidade da interligação em cada sentido também pode variar ao longo do período de estudo.

O uso alternativo da água dos rios (irrigação) é representado por um arquivo de vazões mensais cujos valores devem ser subtraídos da vazão natural afluente no correspondente posto e no correspondente mês.

Os dados básicos para o modelo podem ser agrupados do seguinte modo:

- Dados gerais
- Dados de mercado

- Dados da configuração hidráulica
- Dados básicos das usinas
- Faixas de operação e controle de cheias
- Polinômios volume x cota e cota x área
- Dados de evaporação
- Plano de expansão
- Vazões naturais e de uso alternativo

Uma descrição mais detalhada dos dados de entrada pode ser encontrada em (2).

1.2.2 Simulação em Paralelo

Devido à incerteza existente sobre qual será a série de vazões afluentes futuras, na maioria dos estudos de planejamento é necessário considerar-se um conjunto, por vezes bastante grande, de possíveis séries hidrológicas, obtendo-se como resultado estatísticas mensais e anuais de performance do sistema.

Os simuladores a usinas individualizadas tradicionais costumam repetir todo o processo de simulação ao longo do período de estudo tantas vezes quanto for o número de séries hidrológicas considerado.

Este procedimento possui a desvantagem de exigir o armazenamento de informações de todos os meses do período de estudo até que se complete a varredura de todas as séries hidrológicas, além de repetir desnecessariamente, para cada série, um conjunto de operações tais como alterações da configuração, leitura de dados mensais, etc.

O programa SIMULADIN contorna estes problemas realizando a simulação das diversas séries hidrológicas "em paralelo", ou seja, inverte-se a ordem dos "loops" de séries e de período de estudo. Isto é possível, reconhecendo-se que o estado do sistema hidroelétrico fica perfeitamente caracterizado pelo vetor de volumes de fim de mês de todas as usinas do sistema. Assim, para se retomar a simulação de uma série no mês seguinte, basta recuperar este vetor de volumes de fim de mês relativo a esta série e fazê-lo igual aos volumes no início do novo mês.

Assim o fluxograma principal do programa SIMULADIN fica conforme ilustra a Figura 2.2.

1.2.3 Restrição de Intercâmbio entre os Subsistemas

A simulação da operação de dois subsistemas interligados deve considerar implicitamente nas suas regras de operação a restrição de intercâmbio entre os subsistemas. Em geral, isto requer um modelo de simulação bem mais complexo como, por exemplo, o modelo MISS (4) que utiliza um modelo de programação linear para cuidar do subproblema de operação mensal.

Para o caso particular de representação do sistema considerado por SIMULADIN (ver item 2.2.1) utiliza-se um algoritmo mais simples, inspirado na técnica de relaxação, muito usada em problemas de otimização de grande porte. O algoritmo adotado é o seguinte:

- 1) Relaxe a restrição de intercâmbio, simulando a operação do sistema integrado (S1 U S2). Assuma-se, por hipótese, que esta é a melhor operação possível (dentro das limitações do modelo de simulação).
- 2) Calcule a diferença entre a geração própria e a demanda própria de cada subsistema, obtendo assim o intercâmbio implícito na operação do sistema integrado.
- 3) Se este intercâmbio implícito for menor ou igual à capacidade da interligação (convertida em unidade de energia), a operação é viável e o problema está resolvido. Caso contrário, vá para o passo 4.

- 4) Fixe o intercâmbio de energia igual à capacidade máxima de interligação. Some este valor ao mercado próprio do subsistema exportador e o subtraia do mercado próprio do subsistema importador.
- 5) Refaça a simulação de cada subsistema, em separado, procurando atender a estes mercados corrigidos. Respeitando-se o limite de intercâmbio, esta é a melhor operação para o sistema global (a que mais se aproxima da operação integrada).

Este algoritmo pode ainda ser facilmente estendido para o caso de n subsistemas hidraulicamente independentes, interligados em linha conforme mostrado em (5).

2. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA - MODELO MSH

Neste capítulo são apresentadas as principais características de um modelo multivariado de geração de séries sintéticas de vazões - MSH, desenvolvido pelo CEPEL.

2.1 APLICAÇÕES DE SÉRIES SINTÉTICAS NO PLANEJAMENTO E OPERAÇÃO DE SISTEMAS HIDROTÉRMICOS

A produção energética de um sistema hidroelétrico depende, entre outras coisas, da série cronológica de vazões afluentes às diversas usinas que compõem o sistema. Na impossibilidade de se prever as afluições futuras, adota-se frequentemente a hipótese de que o registro de vazões observadas no passado, a chamada série histórica, será repetida.

Por exemplo, uma nova usina hidroelétrica é usualmente avaliada pela "energia firme" que ela acrescenta ao sistema. "Energia firme" é definida como a máxima demanda energética que o sistema pode atender, sem que ocorra alguma falha no suprimento, quando as vazões que afluem aos diversos aproveitamentos são idênticas àsquelas registradas na pior seca (período crítico) observada no passado.

A série histórica é apenas uma das possíveis realizações de um processo estocástico, ou seja, pode-se imaginar que a Natureza "sorteou" a série histórica, segundo algum conjunto de leis probabilísticas. Um novo sorteio redundaria numa outra série, diferente da histórica, mas igualmente provável. Neste capítulo será apresentado um modelo que procura aproximar este comportamento estocástico. Tal modelo permite que, artificialmente, se façam tantos sorteios quantos forem necessários para o estudo em foco.

Cada sorteio estará associado a uma série de vazões, chamada de série sintética. Como estas séries serão todas distintas entre si, pode-se obter diversos resultados provenientes de simulações, ao invés de um único resultado que seria obtido caso apenas a série histórica estivesse disponível. Desta forma, a informação contida na série histórica pode ser mais completamente extraída, permitindo assim que se avalie riscos e incertezas pertinentes a um sistema hidroelétrico. Por exemplo, pode-se calcular para cada uma das séries sintéticas uma "energia firme sintética", à semelhança do que se faz com a série histórica. A probabilidade de não atendimento de uma demanda energética, dentro do horizonte de planejamento, pode ser estimada pela frequência com que as "energias firmes sintéticas" forem inferiores à esta demanda. A figura 3.1 ilustra o conceito para o caso em que a demanda é igual a energia firme histórica.

As séries sintéticas podem ser utilizadas para determinar a relação entre demanda energética e risco de não atendimento da demanda num ano qualquer. A figura 3.2 mostra uma curva típica que relaciona estas duas grandezas. O sistema hidroelétrico poderia ser considerado capaz de suprir a demanda e , que, como se vê, corresponde ao risco p , previamente selecionado.

Na mesma linha de raciocínio, a contribuição de uma usina hidroelétrica para o sistema poderia ser considerada, por exemplo, como a média da produção de energia da usina ao longo de "períodos secos". Um período seco é o correspondente probabilístico do período crítico do histórico: um mês, na simulação com uma série sintética, estará contido num período seco se houver algum déficit no futuro e se o reservatório equivalente (1) não encher completamente ao intervalo que vai deste mês até a ocorrência de déficit. Esta avaliação exigiria uma simulação com um modelo a usinas individualizadas que utilizasse a série sintética como dado de entrada. A simulação produziria também outros resultados de interesse. Por exemplo, a distribuição de probabilidades da potência disponível nas diversas usinas, devido à variações de nível nos reservatórios, como ilustrado na figura 3.3.

Séries sintéticas podem ser utilizadas também para determinar a política de operação para o sistema através de regras que sejam em média melhores para um grande número de séries, e não uma regra feita sob medida para a série histórica, como às vezes se faz, ou seja, a alternativa entre a geração térmica e geração hidráulica, para cada mês e para cada estado do sistema hidroelétrico, pode ser resolvida de forma a minimizar o valor esperado do custo de combustível e dos déficits que ocorrerão no horizonte de planejamento.

2.2 LIMITAÇÕES DOS ESTUDOS FEITOS COM SÉRIES SINTÉTICAS

A disponibilidade de séries sintéticas com centenas de anos de duração pode dar a impressão de que é possível ter confiança absoluta nos resultados encontrados com o seu emprego. É importante ressaltar, no entanto, que a utilização de séries geradas não cria informação alguma. Afinal, o processo de seleção de um modelo e de estimação de seus parâmetros é feito a partir de interferência com a série histórica. Portanto, a utilização de séries geradas não cria informação alguma. Afinal, o processo de seleção de um modelo e de estimação de seus parâmetros é feito a partir de interferência com a série histórica. Portanto, a utilização do modelo estocástico de vazões deve ser encarado simplesmente como uma maneira eficiente de se manipular a informação existente.

2.3 TRABALHOS ANTERIORES DESENVOLVIDOS NO CEPEL

Desde 1976 o CEPEL vem desenvolvendo estudos para a modelagem de vazões mensais afluentes às usinas hidroelétricas que comporão o parque gerador nos próximos anos. No IV SNPTEE, realizado em 1977, foram apresentados dois trabalhos referentes ao assunto. O primeiro (6), apresentava um modelo capaz de gerar multivariadamente vazões mensais. Tratava-se de um modelo do tipo auto-regressivo, em que a dependência espacial era preservada através da matriz de covariância dos resíduos. O artigo resumia os principais resultados do desenvolvimento de um sistema orientado para produzir séries sintéticas de vazões.

O segundo trabalho apresentado no IV SNPTEE (7) examinava testes a que devem ser submetidas as séries geradas. Estes testes têm o propósito de verificar se a série histórica e a série sintética podem ser consideradas como realizações distintas de um mesmo processo estocástico. A aplicação dos testes revelou em geral um desempenho razoável do modelo acima mencionado. Entretanto, notou-se que o coeficiente de autocorrelação das séries anuais geradas pelo modelo foi quase sempre inferior ao estimado a partir das séries históricas. Estudos posteriores, feito para as vazões afluentes ao reservatório de Furnas (8), revelaram problemas com o uso de vazões anuais obtidas a partir de vazões mensais sintéticas. Lá mostrava-se que a série histórica parecia englobar uma seca de caráter excepcional. Entretanto, quando se optava por modelar as vazões anuais por um simples auto-regressivo de memória unitária e distribuição normal, a seca histórica, que parecia tão improvável à luz dos resultados obtidos através do modelo sugerido, podia ser considerada como um evento não excepcional.

2.4 MODELOS DE DESAGREGAÇÃO

Se as séries sintéticas de vazões anuais obtidas a partir de vazões mensais suscitam dúvidas, parece razoável percorrer o caminho inverso, isto é, gerar vazões anuais e depois desagregá-las em mensais. No modelo MSH (9), as séries de vazões anuais são modeladas multivariadamente, preservando-se tanto a dependência espacial quanto a temporal. Assume-se que o processo anual é estacionário, isto é, ignoram-se as eventuais mudanças climáticas bem como fisiográficas para a região sob estudo.

As séries de vazões anuais sintéticas são desagregadas em vazões mensais sintéticas (ou bimensais, trimestrais, etc.), para um posto de cada vez. O sistema desenvolvido é bastante flexível no que diz respeito à definição, alteração e ampliação da configuração de postos que caracterizam um parque hidroelétrico.

Convém mencionar que modelos semelhantes ao adotado neste texto têm sido desenvolvidos em outras instituições, usualmente devido às mesmas limitações dos modelos tradicionais que foram anteriormente mencionados. Registre-se, por exemplo, o trabalho de Bureau of Reclamation (6).

2.5 ESQUEMA DE GERAÇÃO DE VAZÕES

Séries sintéticas de vazões são obtidas através do esquema ilustrado na figura 3.4.

3. ESTUDO DE CASO

Os modelos SIMULADIN e MSH foram utilizados para estudar o sistema CHESF-Eletronorpe no período de 10 anos compreendidos entre janeiro de 1985 e dezembro de 1994. As Tabelas 4-1 a 4-13 apresentam os dados do sistema.

Foram simulados 9991 cenários hidrológicos com 10 anos de duração cada, obtidos a partir de 1000 cenários de 10 anos de vazões geradas pelo modelo MSH. A tabela 4.14 apresenta o valor esperado e desvio padrão do risco anual de déficit em cada subsistema, e ainda o valor esperado e desvio padrão do déficit (em MW-mês) dado que houve falha no atendimento. A tabela 4.15 apresenta estes resultados para o caso em que a capacidade de intercâmbio é ilimitada a partir de 1990.

5. REFERÊNCIAS

- 1 - ELETROBRÁS/DENE - "Modelo de Simulação a Usinas Individualizadas (MSUI) Manual de Utilização", Relatório Técnico, 1977
- 2 - Cunha, S.H.F.; Cotia, C.B. - "Programa SIMULADIN - Manual do Usuário", Relatório Técnico CEPEL, 1984
- 3 - Cunha, S.H.F.; Cotia, C.B. - "Programa SIMULADIN - Manual do Sistema", Relatório Técnico CEPEL, 1984
- 4 - Trinkenreich, J.; Pereira, M.V.F. - "Modelo Linear de Intercâmbio entre Subsistemas (MISS)", IV SNPTEE, Rio de Janeiro, 1977
- 5 - Cunha, S.H.F. - "confiabilidade no Planejamento do Sistema Elétrico Brasileiro", Tese de D.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 1984
- 6 - Geração de Séries Hidrológicas Mensais para Estudos Energéticos - Pedro Guerreiro Salazar, Mário V.F. Pereira, Jerson Kelman, Frederico B.M. Gomes - IV SNPTEE, 1977
- 7 - Critérios de Avaliação para Modelos de Séries Hidrológicas, Jerson Kelman, Mario V.F. Pereira - IV SNPTEE, 1977

- 8 - Uso do Modelo Estocástico de Vazões Mensais no Estudo da mais Severa Seca Ocorrida no Local do Barramento de FURNAS, Relatório Técnico CEPEL, 1978
- 9 - Pereira, M.V.F.; Oliveira, G.C.; Costa, C.C.G.; Kelman, J.; "Stochastic Streamflow Models for Hydroelectric Systems", Water Resources Research, Vol. 20, Nº 3, págs. 379-390, Março 1984

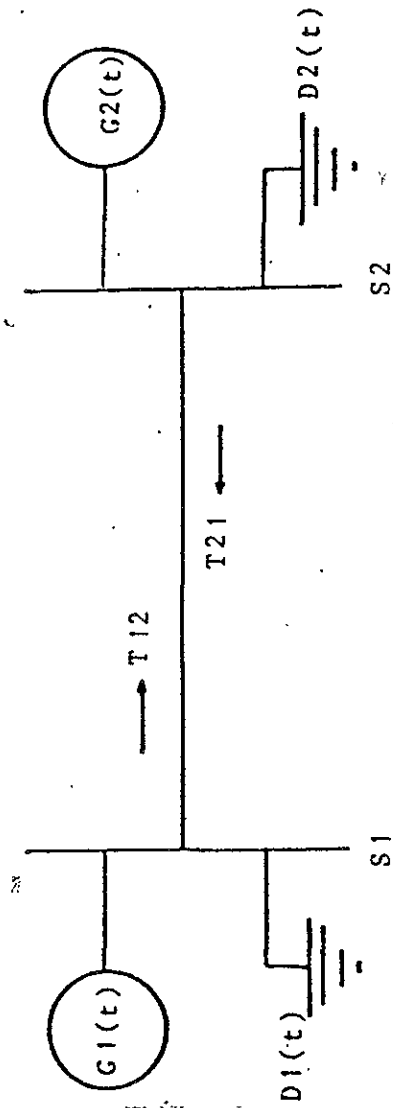


FIGURA 2.1-1 Representação do Sistema

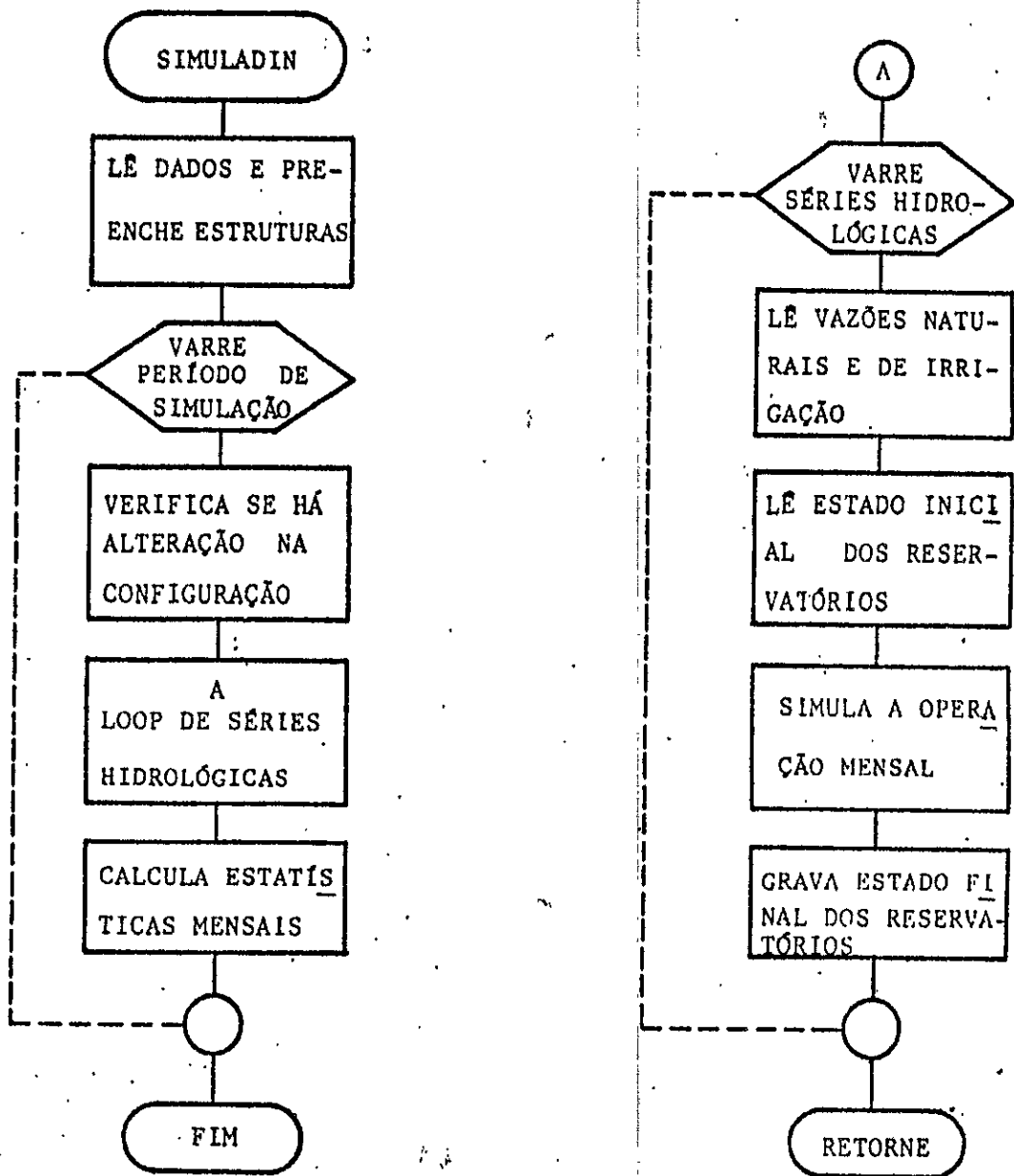


Figura 2.2 - Fluxograma principal do modelo

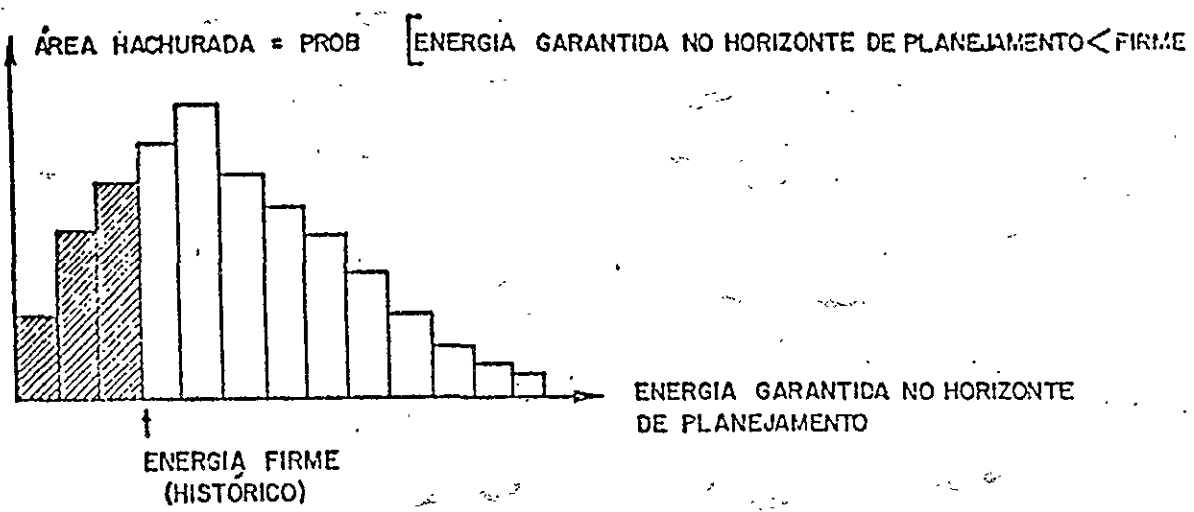


Figura 3.1 - Gráfico de frequência relativa de energia garantida no horizonte de planejamento

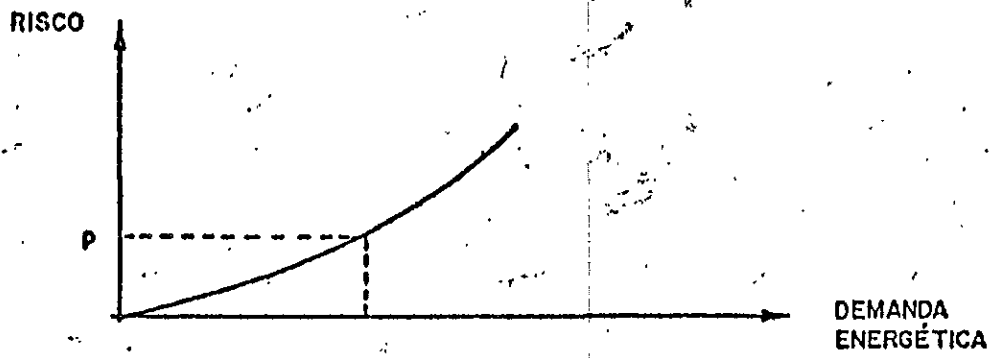


FIGURA 3.2
 RELAÇÃO DEMANDA x RISCO NUM ANO QUALQUER

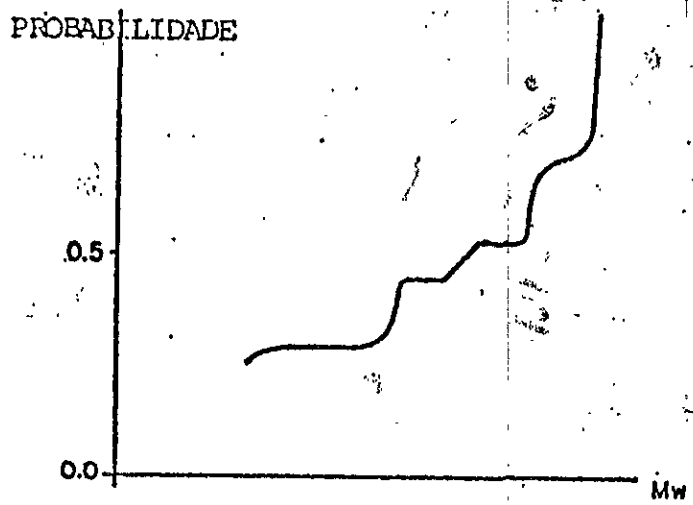


FIGURA 3.3 -
 DISTRIBUIÇÃO DE POTÊNCIA DISPONÍVEL
 NUMA USINA

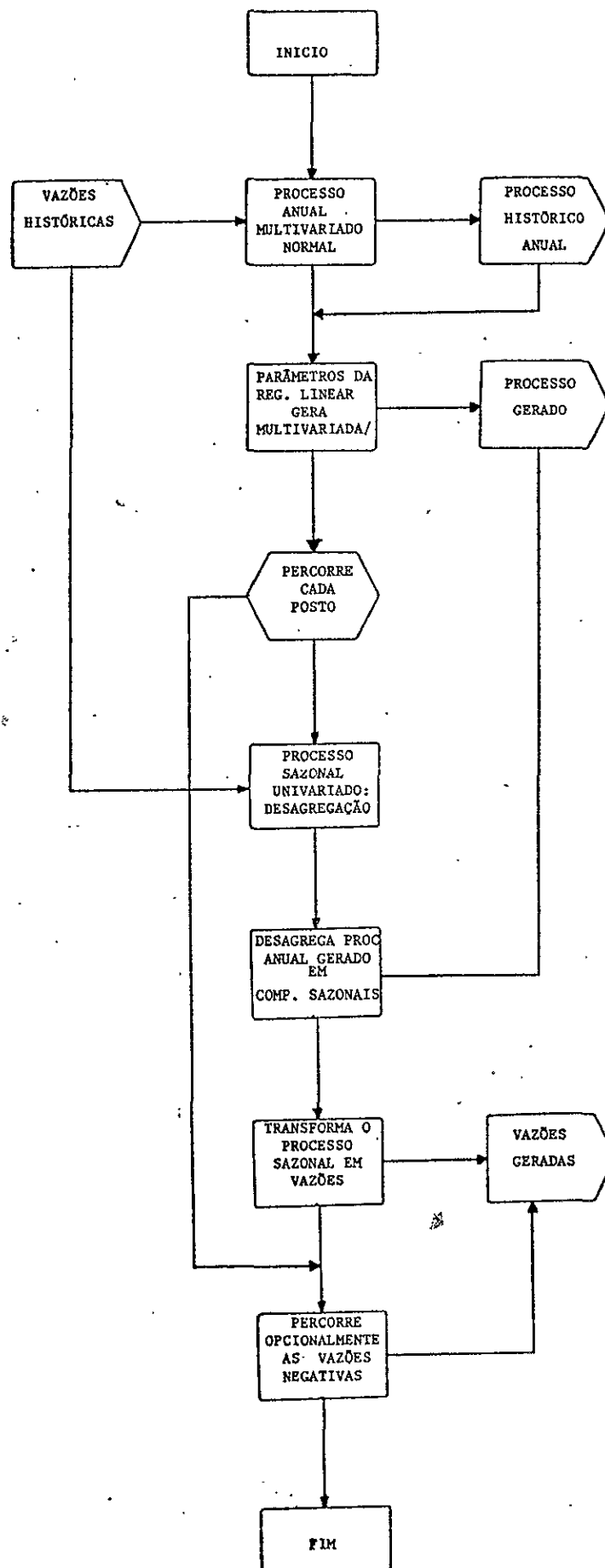


Figura 3.4 - Diagrama de Blocos da Geração de Series Sintéticas

TABELA 4.1 - DADOS DO SISTEMA

MODELO DE SIMULACAO A USINAS INDIVIDUALIZADAS (S I M U L A D I N)

CEPEL PAG. 1

SISTEMA NORTE-NORDESTE - CASO TESTE CHESF

SISTEMA NORTE-NORDESTE - CASO TESTE CHESF

DADOS GERAIS:

DATA DO INICIO DO PERIODO DE ESTUDO: 1 DE 1985
DATA DO FIM DO PERIODO DE ESTUDO: 12 DE 1994

SIMULACAO DINAMICA

UTILIZANDO SERIES HISTORICAS DE VAZoes

NUMERO DE USINAS NA CONFIGURACAO FINAL DO SUBSISTEMA 1: 8
NUMERO DE USINAS NA CONFIGURACAO FINAL DO SUBSISTEMA 2: 2

CAPACIDADE INICIAL DE TRANSMISSAO DO SUBSISTEMA 1 PARA O SUBSISTEMA 2: 851.
CAPACIDADE INICIAL DE TRANSMISSAO DO SUBSISTEMA 2 PARA O SUBSISTEMA 1: 573.

NUMERO DE REGIOES DE EVAPORACAO: 14

PERDAS DE ENERGIA EM TRANSMISSAO: 0.04

VALOR CRITICO PARA CONVERGENCIA: 1.00% DO MERCADO

NUMERO DE FAIXAS DE OPERACAO DOS RESERVATORIOS: 5

NAO SERA CONSIDERADO CONTROLE DE CHEIAS

OPCAO DE IMPRESSAO: RELATORIO MENSAL DETALHADO PARA TODO O PERIODO, TODAS AS SERIES

TABELA 4.2 - DADOS DO SISTEMA

MODELO DE SIMULACAO A USINAS INDIVIDUALIZADAS (S I M U L A D I N)

CEPEL PAG. 2

SISTEMA NORTE-NORDESTE - CASO TESTE CHESF

DADOS DE MERCADO:

- SISTEMA 1 -

FATORES DE SAZONALIDADE:

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0.9440	0.9360	0.9830	0.9820	0.9830	0.9730	0.9810	0.9920	1.0930	1.0740	1.0800	1.0890

MERCADOS ANUAIS

1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
2577.	2770.	3040.	3344.	3872.	4028.	4541.	4907.	5377.	5753.

TABELA 4.4 - DADOS DO SISTEMA

MODELO DE SIMULACAO A USINAS INDIVIDUALIZADAS (S I M U L A D I N)

CEPEL PAG. 5

SISTEMA NORTE-NORDESTE - CASO TESTE CHESF

DADOS DA CONFIGURACAO FINAL:

SISTEMA NO.	NOME	NUM	VOL. INIC	VAZ.REST.	VERT	PRIORIDADE		USO ALT.
						ENCHIMENTO	ESVAZIAMENTO	
NAO ESTA SENDO CONSIDERADO CONTROLE DE CHEIAS - VAZAO DE RESTRICAO E NULA								
								USINA 155
NAO ESTA SENDO CONSIDERADO CONTROLE DE CHEIAS - VAZAO DE RESTRICAO E NULA								
								USINA 189
1	1. TRES MARIAS	155	0.531	0.	1	6	1	0
1	2. SOBRADINHO	169	0.434	0.	1	5	2	0
1	3. ITAPARICA	-172	0.0	0.	1	4	3	0
1	4. A.S.-PA1/4	175	1.000	0.	0	0	0	0
1	5. XINGO	-176	1.000	0.	0	0	0	0
1	6. B.ESPERANCA	191	0.520	0.	0	3	4	0
2	7. S. MESA	-209	0.0	0.	0	2	5	0
2	8. TUCURUI	255	0.900	0.	0	1	6	0

OBS: N. DA USINA PRECEDIDO DE SINAL NEGATIVO INDICA QUE A USINA NAO PERTENCE A CONFIGURACAO INICIAL DO SISTEMA

TABELA 4.6 - DADOS DO SISTEMA

MODELO DE SIMULACAO A USINAS INDIVIDUALIZADAS (S I M U L A D I N)

CEPEL PAG. 7

SISTEMA NORTE-NORDESTE - CASO TESTE CHESF

10 FAIXA DE OPERACAO

	NUM	NOME	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1.	155	TRES MARIAS	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000
2.	189	SOBRADINHO	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000
3.	172	ITAPARICA	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000
6.	191	B.ESPERANCA	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000
7.	209	S.MESA	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000
8.	255	TUCURUI	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000
1.	155	TRES MARIAS	18000.2	18000.2	18000.2	18000.2	18000.2	18000.2	18000.2	18000.2	18000.2	18000.2	18000.2	18000.2
2.	189	SOBRADINHO	31252.8	31252.8	31252.8	31252.8	31252.8	31252.8	31252.8	31252.8	31252.8	31252.8	31252.8	31252.8
3.	172	ITAPARICA	10330.0	10330.0	10330.0	10330.0	10330.0	10330.0	10330.0	10330.0	10330.0	10330.0	10330.0	10330.0
6.	191	B.ESPERANCA	4870.4	4870.4	4870.4	4870.4	4870.4	4870.4	4870.4	4870.4	4870.4	4870.4	4870.4	4870.4
7.	209	S.MESA	50075.0	50075.0	50075.0	50075.0	50075.0	50075.0	50075.0	50075.0	50075.0	50075.0	50075.0	50075.0
8.	255	TUCURUI	31869.8	31869.8	31869.8	31869.8	31869.8	31869.8	31869.8	31869.8	31869.8	31869.8	31869.8	31869.8

TABELA 4.8 - DADOS DO SISTEMA

MODELO DE SIMULACAO A USINAS INDIVIDUALIZADAS (S I M U L A D I N)

CEPEL PAG. 8

SISTEMA NORTE-NORDESTE - CASO TESTE CHESF

36 FAIXA DE OPERACAO

	NUM	NOME	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	1.	155	TRES MARIAS	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000
	2.	169	SOBRADINHO	0.6000	0.6000	0.8000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000
	3.	172	ITAPARICA	0.8000	0.8000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000
	6.	191	B.ESPERANCA	0.6000	0.6000	0.6000	0.8000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000
	7.	209	S.MESA	0.8000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000	0.6000
	8.	255	TUCURUI	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	0.6000	0.6000	0.6000	0.8000	0.6000
	1.	155	TRES MARIAS	13416.8	13416.8	13416.8	13416.8	13416.8	13416.8	13416.8	13416.8	13416.8	13416.8	13416.8
	2.	169	SOBRADINHO	22663.2	22663.2	22663.2	22663.2	22663.2	22663.2	22663.2	22663.2	22663.2	22663.2	22663.2
	3.	172	ITAPARICA	9220.0	9220.0	9220.0	9220.0	9220.0	9220.0	9220.0	9220.0	9220.0	9220.0	9220.0
	6.	191	B.ESPERANCA	4304.6	4304.6	4304.6	4304.6	4304.6	4304.6	4304.6	4304.6	4304.6	4304.6	4304.6
	7.	209	S.MESA	37100.0	37100.0	37100.0	37100.0	37100.0	37100.0	37100.0	37100.0	37100.0	37100.0	37100.0
	8.	255	TUCURUI	28058.4	28058.4	28058.4	28058.4	28058.4	28058.4	28058.4	28058.4	28058.4	28058.4	28058.4

TABELA 4.10 - DADOS DO SISTEMA

MODELO DE SIMULACAO A USINAS INDIVIDUALIZADAS (S I M U L A D I N)

CEPEL PAG. 11

SISTEMA NORTE-NORDESTE - CASO TESTE CHESF

50 FAIXA DE OPERACAO

	NUM	NOME	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	1.	155	TRES MARIAS	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
	2.	189	SOBRADINHO	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
	3.	172	ITAPARICA	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
	8.	191	B.ESPERANCA	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
	7.	209	S.MESA	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
	8.	255	TUCURUI	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
	1.	155	TRES MARIAS	7305.8	7305.8	7305.8	7305.8	7305.8	7305.8	7305.8	7305.8	7305.8	7305.8	7305.8
	2.	189	SOBRADINHO	11210.4	11210.4	11210.4	11210.4	11210.4	11210.4	11210.4	11210.4	11210.4	11210.4	11210.4
	3.	172	ITAPARICA	7740.0	7740.0	7740.0	7740.0	7740.0	7740.0	7740.0	7740.0	7740.0	7740.0	7740.0
	6.	191	B.ESPERANCA	3550.2	3550.2	3550.2	3550.2	3550.2	3550.2	3550.2	3550.2	3550.2	3550.2	3550.2
	7.	209	S.MESA	19800.0	19800.0	19800.0	19800.0	19800.0	19800.0	19800.0	19800.0	19800.0	19800.0	19800.0
	8.	255	TUCURUI	22976.8	22976.8	22976.8	22976.8	22976.8	22976.8	22976.8	22976.8	22976.8	22976.8	22976.8

TABELA 4.12 - DADOS DO SISTEMA

MODELO DE SIMULACAO A USINAS INDIVIDUALIZADAS (S I M U L A D I N)

CEPEL PAG. 13

SISTEMA NORTE-NORDESTE - CASO TESTE CHESF

P O L I N O M I O S V O L U M E - C O T A

	NUM	NOME	X**0	X**1	X**2	X**3	X**4
1.	155	TRES MARIAS	0.53160E+03	0.39185E-02	-0.19282E-06	0.62773E-11	-0.89875E-16
2.	189	SOBRADINHO	0.37418E+03	0.13967E-02	-0.53516E-07	0.11560E-11	-0.95460E-17
3.	172	ITAPARICA	0.27581E+03	0.67649E-02	-0.88684E-06	0.70679E-10	-0.22399E-14
4.	175	A.S.-PA1/4	0.25200E+03	0.0	0.0	0.0	0.0
5.	176	XINGO	0.41738E+02	0.68169E-01	-0.25940E-04	0.55188E-08	-0.44493E-12
6.	191	B.ESPERANCA	0.28203E+03	0.68807E-02	-0.62855E-06	0.36899E-10	-0.77991E-15
7.	209	S.MESA	0.37777E+03	0.50571E-02	-0.16980E-06	0.30959E-11	-0.21555E-16
8.	255	TUCURUI	0.30715E+02	0.21651E-02	-0.56249E-07	0.87758E-12	-0.54962E-17

MODELO DE SIMULACAO A USINAS INDIVIDUALIZADAS (S I M U L A D I N)

CEPEL PAG. 14

SISTEMA NORTE-NORDESTE - CASO TESTE CHESF

P O L I N O M I O S C O T A - A R E A

	NUM	NOME	X**0	X**1	X**2	X**3	X**4
1.	155	TRES MARIAS	-0.14395E+05	0.27129E+02	0.0	0.0	0.0
2.	189	SOBRADINHO	-0.50371E+06	0.49138E+04	-0.89669E+01	-0.18917E-01	0.46538E-04
3.	172	ITAPARICA	-0.19970E+06	0.18222E+04	-0.44357E+01	-0.19176E-02	0.12921E-04
4.	175	A.S.-PA1/4	0.11700E+03	0.0	0.0	0.0	0.0
5.	176	XINGO	-0.36015E+02	0.10945E+01	-0.65647E-02	0.35216E-04	0.0
6.	191	B.ESPERANCA	-0.54059E+03	-0.11257E+02	0.14923E+00	-0.67027E-03	0.10969E-05
7.	209	S.MESA	-0.90293E+06	0.80301E+04	-0.28598E+02	0.38750E-01	-0.20893E-04
8.	255	TUCURUI	0.22579E+05	-0.14819E+04	0.36465E+02	-0.39141E+00	0.16224E-02