

Simulação de processos na indústria de celulose e papel

MFN -0817

N CHAMADA:

TITULO: Simulação de processos na indústria de celulose e papel

AUTOR(ES): LIMA, A.F.YOJO, L.M.ASSUMPÇÃO, R.M.V.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 14

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 03-06.11.1981

IMPRESSÃO: São Paulo, 1981, ABTCP

PAG/VOLUME: p.813-820, v.3

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 14, 1981, São Paulo, v.3, p.813-820

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR:

RESUMO:

SIMULAÇÃO DE PROCESSOS NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL

Alberto Ferreira Lima
Luiz Motohissa Yojo
Rosely Maria Viegas Assumpção.

Centro Técnico em Celulose e Papel .



RESUMO

Sistemas de simulação por computador podem ser extremamente úteis para engenheiros de processo e de projeto na avaliação de alternativas tecnológicas e mesmo para melhor compreensão das várias etapas de processamento e de suas inter-relações. Em muitos casos, os sistemas de simulação têm sido utilizados para auxiliar em processos de tomada de decisão.

O cálculo manual e detalhado para cada etapa do processo, principalmente quando se tem um grande número de ciclos, torna-se muito difícil, tedioso e às vezes impossível, razão pela qual o computador representa uma excelente comodidade, especialmente para analisar casos operacionais alternativos e para revisões de cálculos devido à mudança nas informações básicas. Consegue-se ainda uma substancial redução nos custos e prazos de execução dos trabalhos.

O objetivo deste trabalho é descrever alguns aspectos da simulação de processos por computador e particularmente a utilização do programa GEMS (General Energy & Material Balance System) desenvolvido para simular processos na Indústria de Celulose e Papel.

ABSTRACT

Computerized simulation procedures may be highly useful for process design and engineering engineers in evaluating technological alternatives and sometimes for the better understanding of the various stages of the process and their interrelation. Frequently, simulation systems have been used to assist in decision making.

For processes showing a large number of returns of the material, the detailed calculation for every step of the process is difficult, tedious and perhaps impossible, unless performed with the help of a computer; its use permits a quick analysis of operational aspects and parameters, particularly if different procedures or process modifications should be evaluated and compared. Another advantage of computer use is the economy in time required to execute the calculations.

The objective of the present paper is to describe some aspects of the simulation by computer, especially, of the utilization of the GEMS program (General Energy and Material Balance System) developed for process simulation in the field of pulp and paper technology.

1- INTRODUÇÃO

A simulação ou modelagem de processos tem-se tornado uma ferramenta das mais poderosas e amplamente utilizada pelo engenheiro tanto na análise de sistemas como na análise de tecnologia alternativa.

A existência de várias soluções tecnológicas para um determinado problema faz surgir dúvidas sobre qual opção escolher em vista de se alcançar maior rendimento dos equipamentos e das instalações, bem como diminuir a demanda energética do processo.

As soluções para tal impasse estão quase sempre associadas à realização de balanços de massa e de energia das instalações em questão. De um modo geral a execução destes balanços não é simples e nem rápida devido às várias fases dos processos e da existência de numerosas correntes de reciclo, o que requer inúmeras iterações matemáticas para a solução de cada etapa. A situação complica-se ainda mais quando surgem diversas alternativas de fluxograma e/ou de equipamentos para uma mesma operação, o que implica em novos balanços.

Em vista da rapidez com que se exigem respostas e às vezes devido à falta de disponibilidade de recursos humanos, nem sempre a melhor solução é encontrada. A modelagem de processo por computador permite a simulação de processos industriais da qual se obtém de forma rápida e detalhada os balanços de massa e de energia para uma ou mais alternativas de processamento.

O objetivo deste trabalho é descrever alguns aspectos da simulação de processos por computador e particularmente a utilização dos programas GEMS (General Energy & Material Balance System), desenvolvido na University of Idaho (1) e disponível no Brasil através do CITEP/IPT (Centro Técnico em Celulose e Papel / Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A.).

2- A TÉCNICA DE SIMULAÇÃO

A simulação é uma metodologia experimental que visa:

- descrever o comportamento de sistemas,
- construir teoria ou hipótese que quantifiquem o fato observado,
- usar tais teorias para predizer um comportamento futuro.

Embora muitas vezes passe despercebido o processo de simulação constitui-se de duas etapas distintas: a construção de um modelo e o uso analítico deste modelo para estudar um determinado problema.

O propósito de um modelo é geralmente nos auxiliar na compreensão, explicação ou melhora de um sistema. Na construção de um modelo de um sistema deve-se escolher o tipo adequado para a execução da fase posterior, isto é, de nada adianta construir um modelo sofisticado e não poder realizar ensaios através dele, pois neste caso o objetivo de estudar o sistema através de tal modelo não seria atingido.

Existem várias classificações de modelos empregados na simulação e aqui é transcrita, a título de ilustração, a classificação sugerida por Shannon (2), que é feita segundo uma escala contínua, onde à esquerda está localizado o modelo mais próximo do real e à direita o mais abstrato.

-modelo físico

-modelo escalar

-modelo analógico

-simulação por computador

-modelo matemático

Uma vez escolhido o tipo de modelo a ser utilizado passa-se à fase de ensaios. Uma técnica clássica é o estudo paramétrico, que consiste em variar alguns parâmetros manipuláveis pelo engenheiro enquanto se mantém constante todas as outras variáveis e se observa o resultado.

É importante destacar que os modelos utilizados na simulação são incapazes de gerar uma solução por si próprios, servindo somente como um instrumento para analisar as reações de um sistema sob uma condição preestabelecida.

O processo de simulação é empregado para poder avaliar como o sistema real se comportaria, mas como os testes são realizados sobre um modelo do sistema, os resultados são apenas uma imagem parcial da situação real. O ensaio direto elimina este inconveniente da simulação mas introduz uma série de dificuldades:

- pode interromper a operação industrial;
- pode ser muito mais difícil manter as mesmas condições ao se tentar repetir um ensaio;
- a obtenção de uma amostragem razoável, estatisticamente, pode ser demorada e dispendiosa;
- pode ser impossível experimentar no sistema real as várias alternativas de processo.

Além de evitar os problemas acima referidos a simulação de processo apresenta algumas vantagens adicionais:

- permite que o engenheiro observe minuciosamente e manipule o sistema;
- contribui para que o engenheiro aumente o conhecimento e a sensibilidade relativa ao problema em análise;
- possibilita o treinamento de profissionais.

3- A SIMULAÇÃO NA ENGENHARIA QUÍMICA

O desenvolvimento da indústria química está intimamente relacionado ao aprimoramento da técnica de simulação aplicada aos processos químicos. A sua utilização nas diversas atividades deste tipo de indústria tem-se intensificado devido à grande flexibilidade que fornece. Esta técnica é particularmente útil na área de projeto, de processo, controle, laboratório de pesquisa e desenvolvimento e treinamento de pessoal.

A sua utilização racional confere uma grande agilidade às indústrias. Permite desenvolver novos métodos de produção e estudar a sua viabilidade com um custo e tempo significativamente menor do que

construir ou alterar uma unidade e operá-la experimentalmente. Permite ainda um controle mais eficaz do processo através da utilização do modelo criado especificamente para tal finalidade.

4- A SIMULAÇÃO POR COMPUTADOR DIGITAL

Devido à sua grande flexibilidade operacional, a utilização de simulação digital permite, ao engenheiro de projeto ou de processo, se concentrar nos resultados e opções de processo. Além disto tanto em tempo de cálculo como os riscos de erros aritméticos são enormemente reduzidos.

O início do emprego de computadores na simulação remonta à década de 50, com o surgimento do programa PACER. Outros programas apareceram em seguida (CHESS, CHEOPS, FLEXIFLOW, FLOWTRAN, GEMCS, etc) (3).

A maioria destes programas é do tipo determinístico, modular, sequencial e aplicáveis a regime permanente ("steady-state"). Uma discussão sobre a classificação de simuladores é dada por Parker (4).

Nestes tipos de programa, as várias operações existentes na indústria química são representadas por módulos (blocos), interligados por linhas que fornecem as informações dos fluxos. Esta estrutura permite avaliar várias alternativas num reduzido espaço de tempo.

De um modo geral, a simulação de um processo através do computador compreende as seguintes fases:

- I- Seleção de variáveis para as correntes de processo de modo que os itens importantes a controlar sejam identificados.
- II- Transformação do fluxograma de processo em um diagrama de blocos representando um módulo previsto no repertório do simulador. Os blocos podem representar operações simples (mistura e repartição de correntes, por exemplo) ou equipamentos específicos (bomba, trocador, vaso de flash, caldeira, etc.). Muitas vezes um equipamento do processo só pode ser representado por uma combinação de blocos simples. Os blocos e as correntes de processo são então identificados convenientemente (normalmente numerados).
- III- Especificação das correntes de entrada cujos valores são fixados pelo usuário.
- IV- Definição dos parâmetros de cada bloco de acordo com as características do processo e de um modo que representem a condição de equipamento em operação.
- V- Fixação da ordem em que os blocos devem ser colocados, visando minimizar o número de correntes indeterminadas (alguns simuladores fazem isso automaticamente).
- VI- Escolha de valores iniciais para as correntes de reciclo a fim de acelerar a convergência (opcional).
- VII- Codificação dos dados de entrada de modo a ser corretamente interpretados pelo programa. Nesta fase são fixados os parâmetros de execução tais como número máximo de ciclos (loops) de cálculo, critério de convergência, etc.
- VIII- Execução do programa. Normalmente há um período inicial de depuração (debugging) em que se eliminam os erros grosseiros (sintaxe, perfuração), verifica-se a correção dos dados de processo adotados e ajustam-se os parâmetros de execução de modo a se obter a convergência dos cálculos num razoável número de iterações.
- IX- Análise e interpretação dos resultados.

Normalmente os programas oferecem como resultado as características de todas as linhas envolvidas no processo e certas condições dos equipamentos (parâmetros de saída). Estes dados são utilizados para verificar o dimensionamento, avaliar o custo do processo e determinar os pontos críticos do sistema. Após a identificação dos pontos críticos, estes são alterados visando conhecer a sua influência no desempenho do processo tanto do ponto de vista técnico como econômico. Este passo é repetido várias vezes até se obter um resultado favorável. Neste ponto reside uma das grandes vantagens da simulação digital, pois com uma simples alteração nos parâmetros dos módulos (blocos) e/ou variáveis das linhas, verifica-se o comportamento do novo sistema. Tal procedimento se efetuado por cálculo manual, seria um serviço altamente repetitivo e tedioso o que possibilitaria a ocorrência de erros.

5- A SIMULAÇÃO DIGITAL NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL

Inicialmente, o estudo da indústria de celulose e papel através da simulação digital era realizado pelo emprego dos programas citados no item anterior. Tais programas foram desenvolvidos primariamente para a indústria petroquímica e com pequenas modificações eram adaptados a outros tipos de indústria. Entretanto apresentavam um sério inconveniente à simulação na área de celulose e papel pois não previam na sua estrutura a inclusão de componentes sólidos nas correntes de processo.

O programa GEMS, desenvolvido pela Universidade de Idaho com a finalidade específica de simular processos da indústria de celulose e papel, superou esta deficiência utilizando uma estrutura de corrente de processo que prevê o controle simultâneo de vários tipos de sólidos suspensos, além de espécies iônicas em solução. Tal esquema permite a simulação dos diversos estágios da fabricação de celulose e papel (digestão, evaporação, branqueamento, recaustificação, etc.).

O GEMS utiliza um conceito modular que torna possível a solução de problemas de diferente natureza, sem alterar o programa, bastando para tanto apenas fornecer os novos dados do problema.

A principal vantagem da construção modular é a sua simplicidade.

O sistema GEMS (figura 1) consiste em um programa executivo que controla o fluxo de informações na simulação (controle do processo iterativo, leitura de dados, impressão de resultados, etc.) e em um conjunto de sub-rotinas pré-programadas, as quais descrevem as várias operações nos processos industriais. As sub-rotinas são rearranjadas pelo programa executivo em várias configurações de acordo com os dados de entrada para melhor representar a unidade em questão.

Algumas destas sub-rotinas e suas funções estão apresentadas na tabela 1.

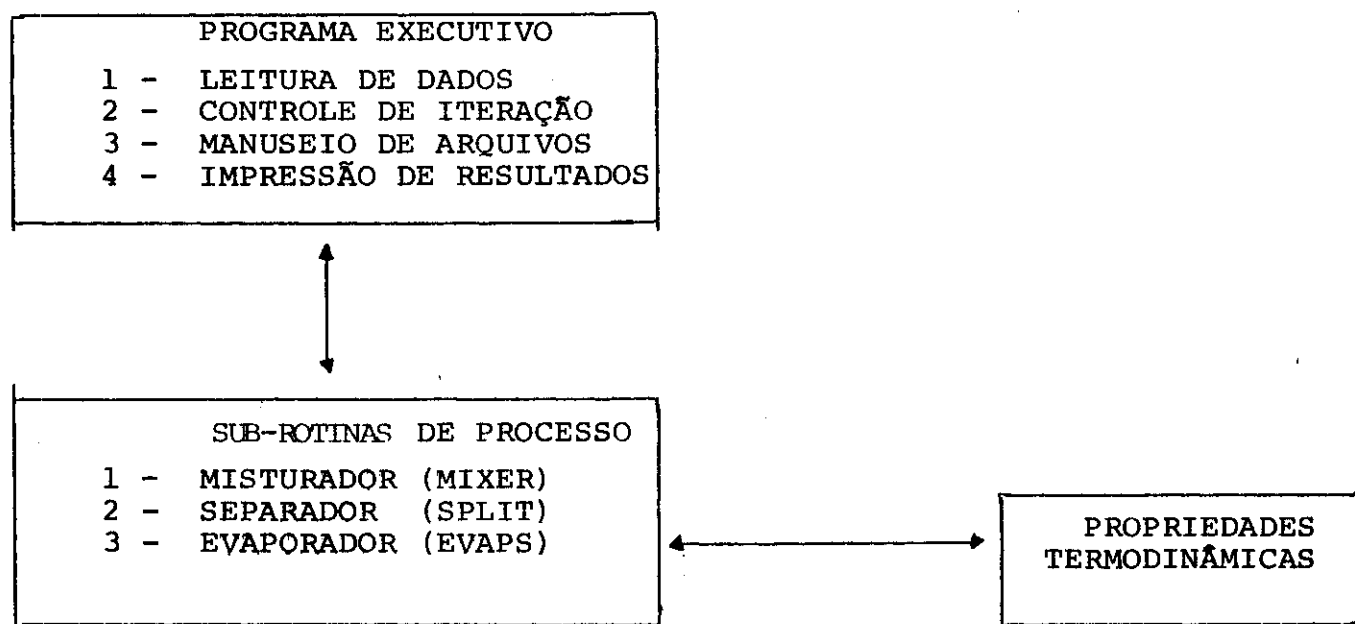
Os cálculos iterativos são feitos de bloco para bloco segundo a seqüência especificada pelo usuário. As iterações continuam até que a convergência atinja o nível de precisão desejada.

Os dados a serem fornecidos ao programa são basicamente dados de engenharia como vazão, temperatura, concentração, características dos equipamentos, estruturas do fluxograma, etc.

TABELA 1 - Algumas sub-rotinas do programa GEMS

BLOCO GEMS	SÍMBOLO	FUNÇÃO
MIXER	M	Misturar até cinco correntes.
SIMIX	SM	Misturar quando uma das correntes é vapor. É utilizado também para aquecimento de uma corrente por vapor ^T direto ou indireto.
SPLIT	S	Separar uma corrente em duas. Pode separar seletivamente um dos componentes, o que permite sua utilização como filtro, espessador, hidrociclone, etc.
FLASH	F	Expandir adiabaticamente uma corrente líquida super-aquecida em vapor e líquido.
EVAPS	E	Concentrar uma corrente de licor.
CHARGE	CH	Adicionar um produto a fim de manter uma determinada concentração de um dos componentes.
GCTRL	GC	Manter uma vazão ou componente no valor especificado

Figura 1 - SISTEMA GEMS DE SIMULAÇÃO



O programa GEMS fornece como resultado as características de todas as correntes de processo e alguns parâmetros de blocos que são calculados durante a execução (parâmetros de saída). Estes dados são necessários para o dimensionamento de linhas, bombas e demais equipamentos, além de servirem para identificar pontos críticos do sistema.

Com GEMS é possível ocorrer um caso base e logo em seguida as alternativas através da adição de cartões de mudança. Os cálculos de cada alternativa se iniciam com os valores das correntes de reciclo obtidas na convergência do caso anterior. Isto normalmente favorece bastante o tempo de execução, principalmente se as modificações são pequenas.

A dimensão atual do programa fonte está em torno de 7000 registros de 80 "bytes", sendo a linguagem adotada o FORTRAN. O compilador utilizado foi o Fortran G da IBM, estando o módulo objeto presentemente

implantado em disco no computador IBM 370/155 do IPEN (instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares) - São Paulo e no B/ 700/1800 do IPT.

Os dados de entrada são alimentados através de "deck" de cartões perfurados, podendo entretanto serem utilizados outros meios (fita magnética ou arquivo em disco).

6- UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA GEMS

O programa GEMS foi adquirido pelo CTCP/IPT com o objetivo de prover o seu corpo técnico de uma ferramenta rápida, precisa e versátil para o cálculo de balanços de massa e de energia de processos relativos, principalmente, à área de celulose e papel.

Uma primeira etapa de atividades foi dedicada à familiarização e conhecimento do sistema GEMS.

Numa segunda fase foram modelados e simulados alguns processos com a finalidade de complementar o aprendizado ou de fornecer suporte a projetos em execução no CTCP/IPT.

A seguir é apresentada uma listagem de alguns trabalhos executados com o GEMS.

- A - Polpação Kraft e recuperação de reagentes (5 e 6). Neste trabalho foi simulada a transformação de cavacos em pasta celulósica pelo processo Kraft com branqueamento e ainda a recuperação de reagentes químicos a partir do licor negro.
- B - Lavagem (5 e 6)
Um sistema de lavadores de pasta celulósica foi modelado com detalhes e por meio de simulação foram testadas várias alternativas de processamento.
- C - Evaporadores (6)
Aqui o sistema de concentração de licor negro foi simulado de modo bastante preciso com a finalidade de se determinar a influência de certos parâmetros de processo no consumo de energia.
- D - Produção de papel (5)
Neste trabalho foram construídos vários modelos com o objetivo de obter o balanço de massa e de energia de uma fábrica de papel.
Como caso base foi construído um modelo simplificado do corpo da máquina de papel. Posteriormente foram acrescentados os vários ciclos existentes e conectado o sistema de preparação de massa.
- E - Produção de papel a partir de aparas (5).
Foi elaborado um modelo de uma fábrica de papel a partir das aparas com a finalidade de se estudar a viabilidade econômica. A instalação incluía os estágios de preparação de massa e da máquina de papel.
- F - Produção de pasta celulósica e de papel a partir do bagaço de cana (5)
Foi elaborado um modelo de uma planta de pasta celulósica e papel a partir de bagaço de cana com a finalidade de caracterizar os principais equipamentos e de estudar a viabilidade econômica para várias alternativas de processo. O modelo incluía as unidades de: desmedulamento de bagaço, polpação do bagaço pelo processo soda contínuo e fábrica de papel.

- G - Polpação termomecânica (5)
Foi elaborado um modelo de processo de pasta termomecânica convencional. Atualmente estão sendo estudadas algumas variações de processo e/ou instalação.
- H - Planta de Alumina (7)
Este foi um caso no qual o programa GEMS foi empregado para simular um processo industrial diferente da produção de celulose e papel, mas análogo em termos das operações unitárias envolvidas. A simulação englobou o tratamento da bauxita até obtenção da alumina calcinada. Para este estudo foram criadas duas sub-rotinas (módulos) específicas ao processo da alumina. Este trabalho foi realizado em cooperação com a Promon Engenharia S/A.

7- BIBLIOGRAFIA

- 1- EDWARDS, L. and BALDUS, R. - General Energy and Material Balance Systems: a Modular Computer System for Pulp and Paper Applications - Idaho Research Foundation, In. Rev. May, 1979.
- 2- SHANNON, R.E. - Systems Simulation - The Art and Science Prentice Hall, Inc. - New Jersey - 1975.
- 3- CROWE, C.M. et alii - Chemical Plant Simulation - Prentice Hall, Inc. - New Jersey - 1971.
- 4- PARKER, P.E. - TAPPI, 64 (3) : 97 (1981).
- 5- Trabalhos não publicados - Centro Técnico em Celulose e Papel - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A.
- 6- Lima, A.F.; Camargo, A.A.S.; Neves, J.M.; Yojo, L.M. e Assumpção, R.M.V. - Influência de Alguns Parâmetros de Processo no Consumo de Energia - a ser publicado na revista "O PAPEL".
- 7- Guimaraes, J.C.; Massa, C.D.O.; Lima, A.F. e Yojo, L.M. Balanço de Massas e Energia de uma planta de Alumina por Computador - Promon Engenharia S/A. e CTCP/IPT - A ser publicado.