

II WORKSHOP BRASILEIRO DE SIMULAÇÃO

1 e 2 de setembro de 1988
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
São José dos Campos, S.Paulo

ORGANIZAÇÃO

- Instituto de Pesquisas Espaciais/Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada
- Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional/Núcleo Regional de São Paulo Re

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
● Projeto de Experimentos para a Comparação de <u>Pro</u> <u>cedimentos de Simulação de Redes de Filas em Tem</u> <u>po Discreto</u>	
Hugo Passos Simão, Warren B. Powel	1
● Uma Nota sobre a Incorporação de Geradores de <u>Pro</u> <u>gramas a Ambientes Integrados de Auxílio a Modē</u> <u>lagem e a Simulação Discretas</u>	
Germano de Souza Kienbaum	7
● Planejamento de Modelos de Simulação de Sistemas de Aquecimento Solar Residencial	
Celio Costa Vaz, Walter Gill	17
● Simulação da Linha da Produção do Circuito <u>Im</u> presso do INPE	
Arthur Tórgo Gomes	28
● Sobre Interfaces em Linguagem Natural	
Carlos Alberto de Oliveira	39
● ESTSIM - Um Modelo de Simulação de <u>Estacionamen</u> <u>to de Shopping Centers</u>	
Antonio Augusto Gonçalves, Licínio da Silva Portugal, Mário Jorge Ferreira de Oliveira	48
● Aplicação da Técnica de Simulação na Engenharia de Tráfego: Travessia Semaforizada para <u>Pedes</u> <u>tres</u>	
Ângela Rúbia Schwambach Ferreira, Míriam Vieira Soares	56
● Modelamento auxiliado por computador: <u>Simulação</u> <u>MACSIM</u>	
C.A. Fernandes, M.F. Carvalho, W. Fontanini	70

• ALEAXPRJ: Linguagem e Software para Simulação e Análise Econômica de Projetos em Condições de Risco	
Adriano J.B.V. Azevedo Filho, Evaristo M. Neves .	75
• O Modelo de Redes de Agências e sua Aplicação na Simulação de Sistemas	
Flávio Rech Wagner	81
• Sistemas de Jogos de Guerra	
Fernando Manoel Athayde Reis	89
• Modelo de Simulação Estocástica para Saturação de Área	
Eric Sergi Sanches	98
• Uma Implementação do Modelo de Simulação do Sistema VM/370	
Celso Hirata	103

PLANEJAMENTO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR RESIDENCIAL

VAZ, CÉLIO COSTA - INPE/Cachoeira Paulista
GILL, WALTER - INPE/Cachoeira Paulista

SUMÁRIO

Este trabalho propõe uma estratégia para o planejamento das fases de desenvolvimento e validação de modelos de simulação de sistemas de aquecimento solar residencial, buscando dar ao planejamento uma abordagem sistêmica. A estratégia encontra-se dividida em três fases principais: identificação da situação, planejamento preliminar e planejamento final. O detalhamento de cada fase é feito definindo-se os seus objetivos e as atividades principais que devem ser realizadas.

INTRODUÇÃO

A elevação dos custos da energia tem justificado os esforços realizados para racionalizar o seu uso. Além de encontrar e desenvolver fontes novas de energia, torna-se cada vez mais necessário aproveitar a energia de que se dispõe do modo mais eficaz possível, buscando o ajuste mais adequado entre fonte e finalidade específica. Uma das formas mais disseminadas é o uso direto da energia solar para o aquecimento de água para uso em residências, hospitais, indústrias etc., através dos sistemas de aquecimento solar. Na busca do desenvolvimento e projeto desses sistemas que aproveitem a energia solar da forma mais eficaz possível, tem sido desenvolvidas e utilizadas técnicas de modelagem e simulação.

A experiência revela, entretanto, que nas situações em que a modelagem e a simulação de sistemas se mostram como uma alternativa viável, existe uma forte tendência

cia de partir-se imediatamente para o esforço de modelagem e simulação. Esta tendência, geralmente, conduz a soluções insatisfatórias e ao dispêndio de tempo e recursos desnecessários, e aliada à relativa complexidade dos modelos de simulação de sistemas de aquecimento solar e à ordem de grandeza dos custos para o seu desenvolvimento e validação, justificam o planejamento detalhado desses tipos de modelos. Dessa forma, é objetivo desse trabalho apresentar uma estratégia para o planejamento das fases de desenvolvimento e validação de modelos de simulação de sistemas de aquecimento solar, buscando-se dar ao planejamento uma abordagem sistêmica.

A estratégia proposta encontra-se dividida em três fases principais: identificação da situação, planejamento preliminar e planejamento final. O detalhamento de cada uma dessas fases é feito buscando-se definir os seus objetivos e as atividades principais que devem ser realizadas em cada uma delas. Foram introduzidos, em certos casos, alguns conceitos julgados necessários para a sua compreensão, procurando-se particularizar suas apresentações para o caso dos sistemas solares ou apresentar exemplos hipotéticos para proporcionar uma melhor compreensão. Entretanto, algumas definições conservam um certo grau de generalidade por terem sido consideradas comuns ao planejamento e/ou desenvolvimento de modelos de simulação de qualquer outro tipo de sistema, fugindo ao escopo deste trabalho uma discussão mais por menorizada a cerca dos mesmos.

ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO

A experiência advinda com o desenvolvimento de modelos de simulação de sistemas mostra que a forma como se inicia um projeto de modelagem e simulação pode resultar no seu sucesso ou fracasso. Quando se inicia um projeto de simulação existe uma tendência muito forte de partir-se ime-

diatamente para o esforço de modelagem e simulação. Esta tendência deve ser evitada, pois, geralmente, conduz a soluções insatisfatórias e ao dispêndio de tempo e recursos desnecessários. Deve-se, inicialmente, realizar uma análise criteriosa do sistema a ser modelado e planejar-se cuidadosamente o desenvolvimento do modelo de simulação. Dessa forma, a estratégia a ser apresentada a seguir para o desenvolvimento de modelos de simulação de sistemas de aquecimento solar residencial procura abordar de forma sistêmica o planejamento das etapas de concepção, desenvolvimento, verificação e validação desses sistemas. As principais fases dessa estratégia são as seguintes: identificação da situação, planejamento preliminar e planejamento final. As informações referentes à execução de cada uma dessas fases devem ser expressas, respectivamente, nos seguintes documentos: diagnóstico da situação, plano de detalhamento do projeto e plano de desenvolvimento do sistema. A Figura 1 esquematiza as fases da estratégia e os documentos que devem ser gerados em cada fase.

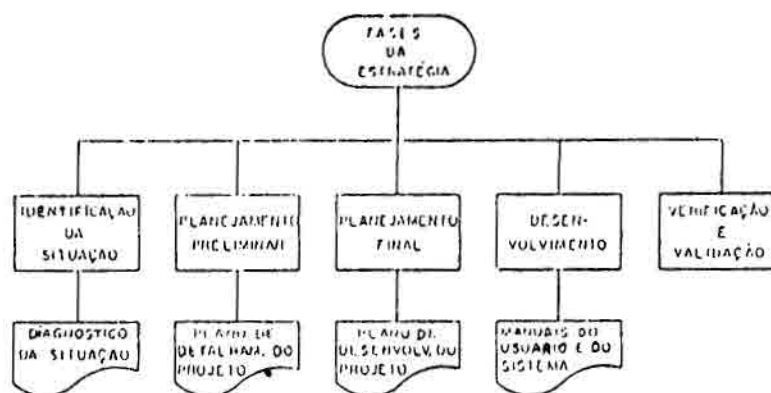


Figura 1. Fases da estratégia e documentos gerados.

IDENTIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO

Esta fase consiste basicamente num levantamento de informações que permitam: definir o problema existente; ca

racterizar o sistema de aquecimento solar a ser modelado; caracterizar modelos previamente disponíveis; definir a versatilidade do modelo; levantar as limitações de recursos e prazos; e finalmente, esboçar soluções alternativas para o problema. A seguir será feita uma breve descrição das principais atividades que devem ser realizadas em cada uma dessas etapas. A Figura 2 mostra as etapas e as principais atividades da fase de identificação da situação.

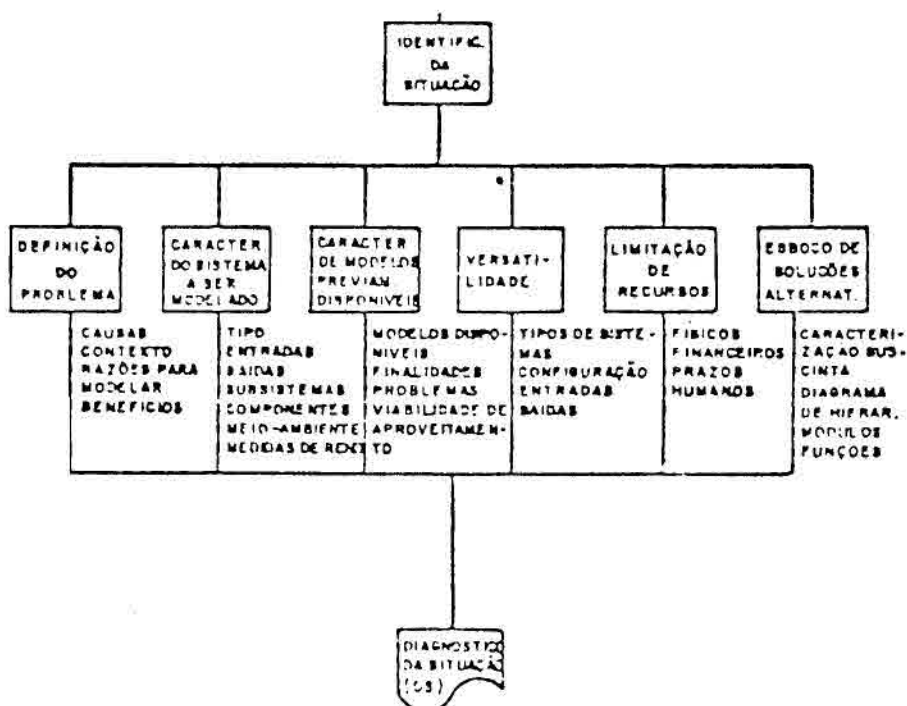


Figura 2. Etapas da fase de identificação da situação.

Deve-se iniciar o planejamento do desenvolvimento de modelos de simulação de sistemas de aquecimento solar residencial buscando-se levantar informações que permitam definir o problema existente, de modo que fiquem evidentes as causas do problema, as razões ou objetivos para a modelagem e os benefícios que se espera obter com a utilização do modelo.

Vale ressaltar a importância da definição do problema pois as informações levantadas nesta etapa orientarão toda a idealização do modelo de simulação, sendo o sucesso ou fracasso nas etapas subsequentes fortemente dependente dessa definição.

A caracterização do sistema solar a ser modelado deve ser feita identificando-se o seu tipo, subsistemas componentes e funções, descrevendo-se as entradas e saídas e estabelecendo-se as medidas de rendimento para as saídas. Iso pode ser feito abordando-se o sistema solar por componentes ou por funções. Qualquer que seja a abordagem a ser utilizada são de especial importância informações acerca:

- do tipo de construção tubo de elevação - placa absorvedora do coletor solar;
- dos meios de adição e remoção de calor do sistema, incluindo-se os sistemas de aquecimento auxiliar;
- dos meios de estratificação da temperatura no tanque de armazenamento;
- dos tipos de controles funcionais do sistema.

O modelo de simulação de um sistema de aquecimento solar pode ser versátil em relação à configuração do sistema simulado, em relação aos dados ambientais e operacionais utilizados como entradas para o modelo e, em relação às saídas do modelo. Deve-se ter em mente que maior versatilidade, geralmente, implica em maior complexidade e maiores custos de desenvolvimento do modelo.

Na fase de identificação da situação deve-se ainda levantar as limitações de recursos físicos, humanos e financieiros existentes, e informações sobre os prazos disponíveis.

veis para a concepção, desenvolvimento, verificação, validação e implementação do modelo. Finalmente, deve-se procurar esboçar uma ou mais soluções alternativas para o problema. Este esboço deve constituir-se de uma caracterização suscinta e de um diagrama geral do sistema de simulação, identificando os subsistemas e as funções principais.

PLANEJAMENTO PRELIMINAR

Nesta fase, considerando-se as informações contidas no diagnóstico da situação, devem ser especificados em conformidade com as definições a serem apresentadas: o modelo estático e o modelo dinâmico; caracterização do sistema de simulação; definição dos processos de verificação e validação; e, finalmente, levantamento dos recursos necessários para a obtenção do sistema. A Figura 3 mostra as etapas e as principais atividades dessa fase.

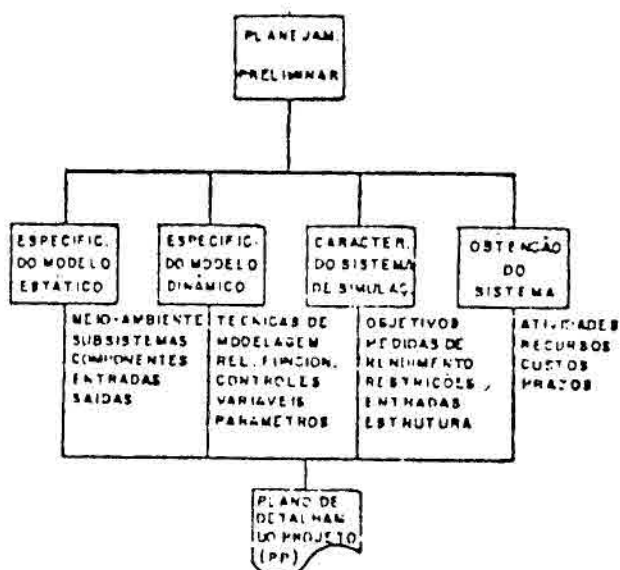


Figura 3. Etapas e atividades principais da fase de planejamento preliminar.

Zeigler e Oren /1/ definem as características estáticas de um sistema como sendo aquelas referentes à representação dos modelos dos componentes do sistema e aos parâmetros e variáveis que descrevem os seus estados, entradas e saídas.

A especificação do modelo estático dos sistemas de aquecimento solar pode ser feita projetando-se um esquema representativo do sistema como um todo, organizado por componentes ou por funções, conforme for mais conveniente à natureza do problema em questão. Em seguida, para cada componente ou função do sistema isoladamente deve-se fornecer um esquema representativo do mesmo, de forma que fiquem identificadas as variáveis e parâmetros que definem as entradas e saídas relevantes para a modelagem, em função do problema em questão. Este esquema representativo deve ser acompanhado de uma lista dos parâmetros de interesse e variáveis que definem as entradas e saídas do modelo. O modelo dinâmico de um sistema de aquecimento solar residencial usualmente consiste num modelo matemático que representa o sistema, seus componentes, processos e relações funcionais através de equações algébricas, equações diferenciais, integrais, expressões lógicas, gráficos e tabelas. Dessa forma, deve-se inicialmente, com base nas informações contidas no diagnóstico da situação e na especificação do modelo estático, especificar: o tipo de modelo a ser desenvolvido baseando-se na classificação fornecida por Shannon /2/; e o método ou os métodos de modelagem de sistemas de aquecimento solar nos quais o desenvolvimento do modelo dinâmico deve ser baseado. Deve ser, também, realizada uma descrição do comportamento dinâmico do modelo estático mostrando as principais relações funcionais entre os componentes do sistema, incluindo-se um esquema térmico representativo do modelo dinâmico, envolvendo as variáveis que compõem as saídas e entradas relevantes para a modelagem, que devem ter sido definidas na especificação do modelo estático. Finalmente, deve ser elaborado um diagrama mostrando os principais módulos da modelagem dinâmica (estruturados por componentes ou por funções) podendo desde já serem elaboradas hipóteses sobre o sistema de aquecimento solar, as quais deverão ser consideradas na fase de desenvolvimento do modelo dinâmico. A Figura 4 mostra um diagrama dos principais módulos do modelo dinâmico. O desenvolvi

mento detalhado do modelo dinâmico deve ser realizado na fase de desenvolvimento.

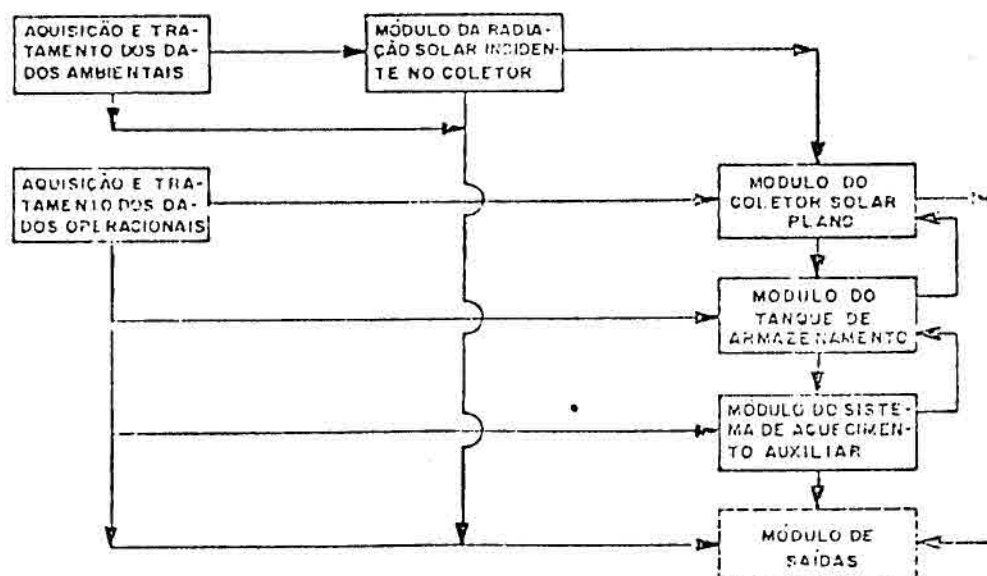


Figura 4. Diagrama dos principais módulos do modelo dinâmico.

Por sua vez, o sistema de simulação deve ser entendido como sendo o conjunto de programas de computador que incorporam em si os modelos estático e dinâmico do sistema de aquecimento solar, proporcionam as formas para introdução dos dados necessários para a simulação do sistema real, processam esses dados e emitem os resultados interessantes desses processamentos. Desta forma, o produto da caracterização do sistema de simulação deve ser um conjunto de especificações que descrevam a estrutura global planejada para o sistema de simulação. Esse conjunto de especificações deve proporcionar o seguinte: a) um esboço global da concepção do sistema de simulação sob o ponto de vista de processamento de dados; b) estruturar os módulos funcionais do sistema de simulação; c) auxiliar na estimativa dos recur

os físicos e dos prazos necessários para as etapas de obtenção do sistema; d) subsidiar o projeto lógico da etapa análise de sistema na fase de desenvolvimento do sistema; e e) selecionar uma linguagem de programação para a translação do modelo. Em seguida devem ser planejados os processos de verificação e validação do modelo de simulação. Inicialmente, vale comentar que, conforme afirma Shannon /2/, o conceito de validação deve ser considerado como um grau e não como um teste passa-não-passa. Portanto, deve-se procurar validar os modelos em relação aos seus propósitos, e o nível de validação a ser alcançado deve ser estabelecido em função dos propósitos do modelo e dos custos do processo de validação. Quanto à verificação do modelo, seja qual for a técnica a ser escolhida, a mesma deve garantir que o programa ou os programas que compõem o sistema de simulação realmente representem de forma correta os modelos estático e dinâmico do sistema ou, utilizando outra terminologia, o modelo conceitual do sistema. Quanto à validação dos modelos de simulação de sistemas de aquecimento solar, Duff e Winn /3/ sugerem que para validar esses tipos de modelos, devem ser considerados os seguintes aspectos referentes ao processo de modelagem: a) qualidade dos dados ambientais e operacionais a serem utilizados; b) a validação das hipóteses e simplificações utilizadas nos modelos estático e dinâmico; c) a validação da lógica do modelo de simulação; d) a validação do comportamento do modelo. Finalmente, devem ser levantados as atividades e os recursos físicos e humanos necessários para a obtenção do sistema. Devem ser estimados de modo preliminar os custos e os prazos necessários.

PLANEJAMENTO FINAL

Os documentos elaborados nas etapas anteriores constituem a base para o planejamento final. Esses documentos devem ser revistos e deverão ser elaboradas as especificações finais e fluxos que constituirão a base para a obten

ção do sistema de simulação. A Figura 5 mostra as etapas e as principais atividades do planejamento final.

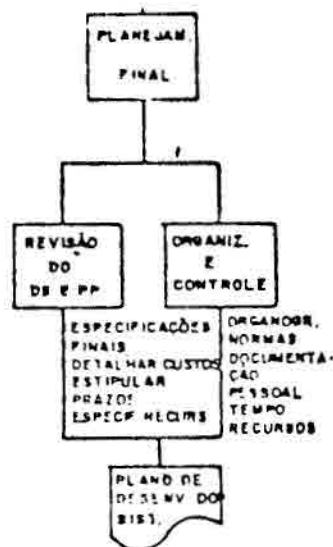


Figura 5. Etapas e principais atividades do planejamento final.

Os recursos e os custos estimados no planejamento preliminar devem ser revistos e detalhados, e estipulados os prazos para o desenvolvimento do sistema de simulação. Devem ser preparados portanto, nesta etapa, os instrumentos para a organização, controle, avaliação e realimentação do projeto no que diz respeito a tempo, custo e pessoal. Estas informações devem ser expressas num documento intitulado plano de desenvolvimento do sistema.

DESENVOLVIMENTO, VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO

Nesta fase devem ser executadas todas as atividades planejadas para a obtenção do sistema. Deverão ser desenvolvidos o modelo dinâmico do sistema de aquecimento solar e a translação desse modelo para uma linguagem de programação.

Ao final da fase de desenvolvimento deve-se elaborar o manual do sistema, o qual deve conter as informações

referentes ao desenvolvimento do modelo dinâmico e as referentes à fase de análise mencionada anteriormente devendo o sistema de simulação estar pronto para a fase de verificação e validação. Na fase de verificação deve-se determinar se o modelo realmente representa o sistema que se pretende modelar (sistema real), o que implica em se ter disponíveis dados sobre a performance de um sistema "real" e sobre as condições ambientais e operacionais mediante as quais esses foram obtidos. Em seguida, deve-se realizar o processo de verificação do modelo conforme planejado anteriormente. Uma vez obtidos os dados da validação do modelo, cumpre computar as estatísticas básicas e analisar-se estes dados para se concluir sobre o grau de validade do modelo.

Referências:

- /1/ Zeigler, B.P., Oren, T.I., Simulation: 69-82, 1979.
- /2/ Shannon, R.E., Systems Simulation, The Art and Science, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1975.
- /3/ Duff, W., Winn, B., Solar Energy Handbook, McGraw-Hill, New York, 1981.