



**COBEM 81**

VI CONGRESSO BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA MECANICA

RIO DE JANEIRO, 15 - 18 de dezembro de 1981



TRABALHO  
PAPER

N.º D-38

P. P. 389 - 398

PUC/RJ

ANÁLISE DE SÓLIDOS AXISSIMÉTRICOS-ASAS-TD

José Mendes Damian

Analista de Sistemas - GRANTE/UFSC

José Luiz A. F. Rodrigues

Prof. Assistente Deptº Eng. Mecânica UnB

Clovis Sperb de Barcellos

Prof. Titular Deptº Eng. Mecânica CT/UFSC

Sumário

A ocorrência de peças de revolução submetidas a cargas axissimétricas é frequente em estruturas. Visando a análise de segurança de tais componentes foi desenvolvido o sistema de programas ASAS-TD. O processo de solução utilizado é baseado no método de elementos finitos tanto para a análise de transmissão de calor em regime transitório como para a análise de tensões resultantes dos carregamentos mecânicos e térmicos.

Summary

The use of solids of revolution under axisymmetric loading is frequently found in mechanical components. In order to make a safety analysis if such components the code ASAS-TD was developed. The numerical procedure is based on the finite element method for the thermal transient analysis as well as for the stress analysis due to thermal and mechanical loading.

## 1 - Introdução

Este sistema destina-se a aplicações em análise de tensões em corpos de revolução solicitados a carregamentos (térmicos e mecânicos) axissimétricos em regime transiente. O Processo de solução utiliza o método de elementos finitos e análise modal para o cálculo do transiente térmico, tal processo é desenvolvido nas referências [1] e [2] respectivamente.

O sistema foi proposto e desenvolvido de forma bastante flexível, permitindo a inclusão de novos métodos de solução, como por exemplo no cálculo de autovalores e autovetores utilizando apenas a banda da matriz, análise de modelos com diferentes tipos de carregamentos térmicos e mecânicos, utilização de coordenadas cilíndricas ou retangulares, bem como diferentes opções de processamento.

## 2 - Arquitetura do sistema

O sistema é formado por quatro fases distintas, interligadas entre si por um programa gerenciador o qual permite as seguintes formas de processamento:

a) Processamento Global - neste caso são processados todas as fases para cada modelo.

b) Processamento Inicial - neste caso cada modelo é

processado nas fases LEDAD, PTEMP e CTEMP.

c) Processamento Final - este processamento é a continuação do processamento inicial, porém com a vantagem de selecionar (restringir) os dados para a análise termo-elástica.

A transferência de dados entre as fases é feita através de arquivos em disco, arquivos em fitas e áreas comuns de memória, sendo a maioria dos dados agrupados em bibliotecas.

A flexibilidade do sistema é suficiente para permitir além da análise do comportamento termo-elástico devido a carregamentos térmicos e mecânicos, fazer a análise devido a carregamentos apenas térmicos ou apenas mecânicos ou apenas análise das temperaturas da peça.

Os programas deste sistema foram desenvolvidos com uma estrutura propícia a utilização de overlays, (fi. 1) e em alocação dinâmica de memória alocada.

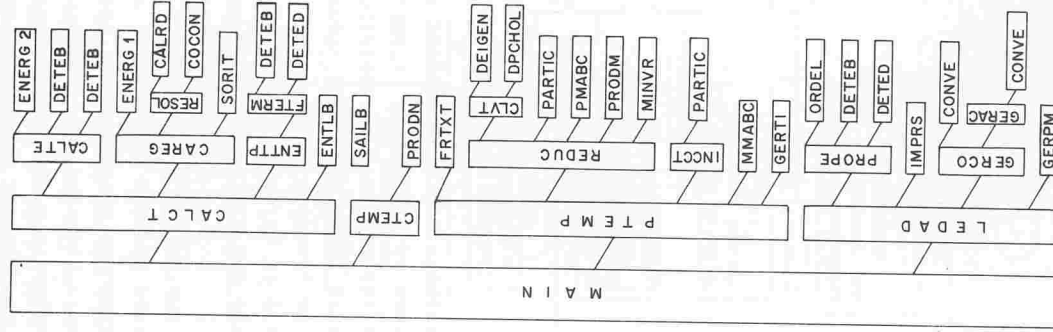


Figura 1 - Estrutura do ASAS-TD.

3 - Arquitetura das fases

Cada fase do sistema ASAS-TD são controladas por uma subrotina de mesmo nome as quais executam tarefas específicas de gerenciamento tais como: inicializar variáveis, definir e redefinir endereços inerentes a alocação dinâmica de memória, leitura de informações de controle, transferência de dados da memória principal para arquivos secundários e vice-versa, preparar dados que serviram de entrada para outras fases, além de uma precisa interface com o programa principal (programa gerenciador).

A fase LEDAD faz a leitura das condições de contorno e topologia, quando então determina as propriedades que definem a topologia da estrutura em análise, as quais são armazenadas em bibliotecas. Esta fase monta três bibliotecas (figura 2) que são: Biblioteca de propriedades mecânicas e térmicas dos materiais (XMAT), Biblioteca de coordenadas dos nós (CO) e biblioteca de propriedades dos elementos (PROPE).

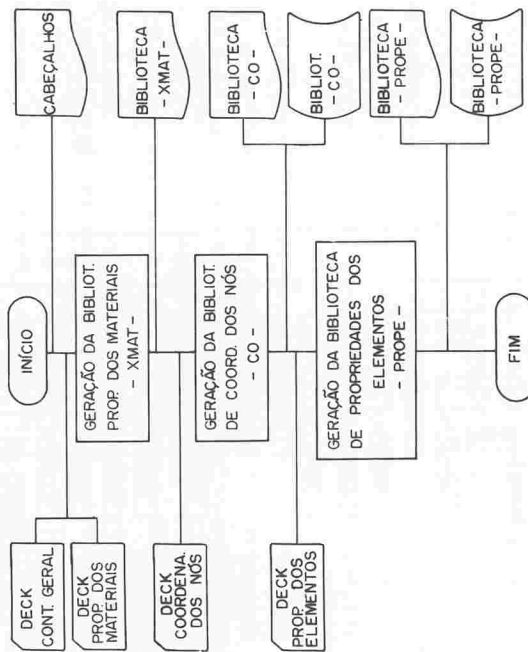


Figura 2 - Fluxograma da fase LEDAD.

A fase PTEMP faz a leitura das condições de contorno térmica, determina os coeficientes matriciais das matrizes da equação matricial do problema  $AT + BT + C = \theta$  a biblioteca ca TERMO. A ordem destas matrizes é reduzida se houver nós com temperaturas especificadas (NNST) e/ou for usado o processo economizador (NS). Após, a equação matricial é desacoplada sendo a redução de Choleski e os autovalores a autovetores são obtidos pelo método de GIVEN, ver figura 3.

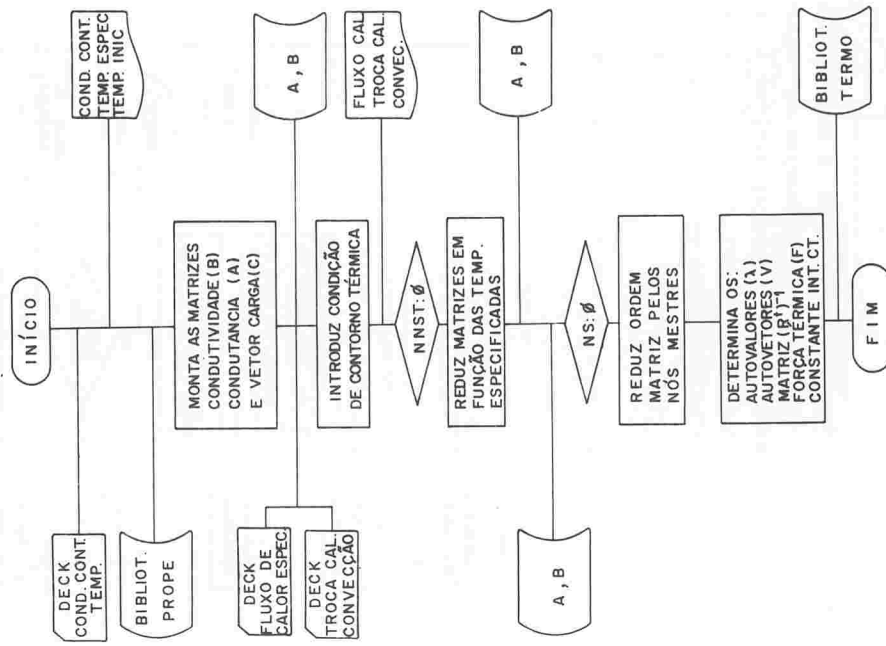


Figura 3 - Fluxograma da fase PTEMP.

A fase CTEMP faz a leitura dos transientes térmicos, utiliza a biblioteca TERMO para a cada transiente, calcula as temperaturas dos nós e a temperatura dos elementos, bem como procede a montagem de um arquivo em fita contendo as bibliotecas XMAT,CO e PROPE e as temperaturas dos elementos para cada transiente (figura 4).

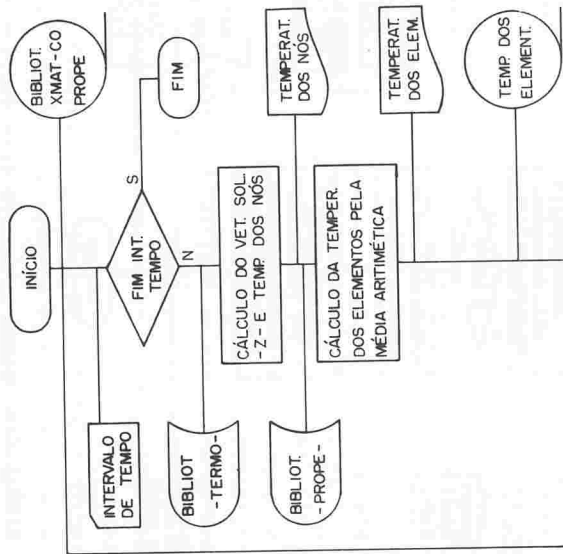


Figura 4 - Fluxograma da fase CTEMP.

A fase CALCT transfere as bibliotecas do arquivo em disco, faz a leitura das condições de contorno mecânicas e após faz a leitura das temperaturas dos elementos, do arquivo em fita e análise do comportamento termo-elástico para cada transiente. As informações constantes no arquivo em fita são suficientes para o processamento independente desta fase (figura 5).

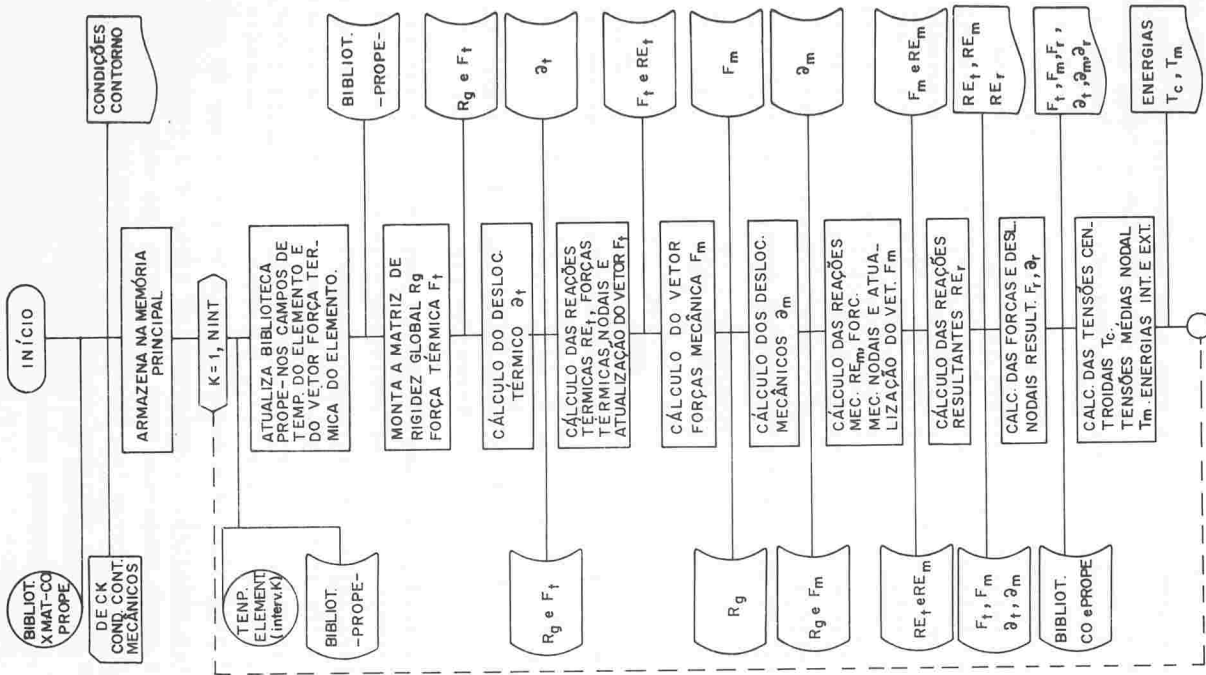


Figura 5 - Fluxograma da fase CALCT.

## 4 - Estrutura dos arquivos

O sistema ASAS-TD utiliza dois arquivos em disco e um em fita definidos pelas variáveis NA, NW, NFTA respectivamente. Estes arquivos são utilizados para armazenar dados a serem processados e ou dados já processados, ocorrendo deste modo uma grande minimização de memória. O arquivo NA é usado para armazenar dados inerentes a topologia (biblioteca CO, biblioteca PROPE) e informações temporárias referentes a análise termo-elásticas (matriz de rigidez global Rg, vetor força térmica Ft, deslocamentos térmicos  $\partial t$ , vetor força mecânica Fm, deslocamentos mecânicos  $\partial m$ , reações térmicas REt, reações mecânicas REM) dispostos conforme figura 6.

CO	PROPE	R <sub>g</sub>	F <sub>t</sub>	$\partial t$	F <sub>m</sub>	$\partial m$	REt	REM
NRE	NRC	NRF						

Figura 6 - Disposição do arquivo NA.

O arquivo NW é usado inicialmente como área de trabalho e após para armazenar a biblioteca TERMO. Este arquivo é montado na fase PTEMP e utilizado na fase CTEMP e suas principais variáveis de controle são: NRA (nº de registros usados para armazenar a matriz (Rt)<sup>-1</sup>), NRB (nº de registros usados para armazenar a matriz de autovalores V), NP21 (nº de registros gastos para armazenar a matriz (J<sub>22</sub>)<sup>-1</sup> se existir), NRL (nº de registros usados para armazenar os vetores força térmica, constantes de integração e autovalores F, CI, VAL respectivamente).

O arquivo NFTA é montado na fase CTEMP e permite o processamento independente da fase CALCT. Neste arquivo é montado um bloco de informações para cada modelo os quais são com postos por:

- a) um registro de informações gerais tais como nº de nós do modelo, nº de elementos, largura da banda etc.

- b) bibliotecas XMAT, CO, PROPE.  
c) temperaturas dos elementos de cada transiente dispostos conforme figura 7.

IG	XMAT	CO	PROPE	TEMP. ELEM.	...	IG	XMAT	CO	PROPE
----	------	----	-------	----------------	-----	----	------	----	-------

Figura 7 - Estrutura do arquivo NFTA.

## 5 - Estrutura das bibliotecas

O sistema ASAS-TD possui as bibliotecas XMAT, CO, PROPE e TERMO usadas para agrupar os dados com determinadas características.

A biblioteca XMAT contém as propriedades mecânicas e térmicas dos materiais, sendo para cada material montado um bloco com as seguintes informações: - módulo de elasticidade, - coeficiente de Poisson, - coeficiente de dilatação térmica, - constante - constante - constante - constante, - condutividade térmica, - densidade, - calor específico. Esta biblioteca é definida em tempo de processamento e pode ter qualquer número de materiais.

A biblioteca CO contém as coordenadas axial e radial dos nós já no sistema retangular de coordenadas.

A biblioteca PROPE contém as propriedades elásticas dos elementos, agrupadas em NEL (nº elementos) blocos de sessenta dados. Durante o processamento cada bloco passa por duas configurações semelhantes conforme figura 8a e 8b.

NE	MAT	NO1	NO2	NO3	a) QQ b)TE	PAREM.GEOM.	XKE	a) COORD. NÓS b) FE
----	-----	-----	-----	-----	------------------	-------------	-----	---------------------------

Figura 8a - Configuração inicial.

Figura 8b - Configuração final.

sendo: NE (nº do elemento), NO1, NO2, NO3 (nós que formam o elemento), MAT (material), QQ (geração interna de calor), TE (temperatura do elemento) FE (Vetor força térmica do elemento).

Biblioteca TERMO - Esta biblioteca armazena os parâmetros (matrizes e vetores) constantes no tempo que são: Inversa da matriz de deslocamento do sistema de equações matriciais  $(R^t)^{-1}$ , autovalores ( $\lambda$ ), autovetores (V), força térmica (F), constantes de integração (CI) e matriz que permite o cálculo das temperaturas dos nós secundários  $(P=(J_{21} J_{11}^T))$ . Estes parâmetros estão dispostos conforme a figura 11.

#### 6 - Conclusão

Foi desenvolvido um programa de acordo com a metodologia apresentada e executados vários modelos testes. Verificou-se então que:

- a) Para uma mesma capacidade de memória, como previsto, o ASAS-TD, processa modelos bem maiores em relação a programas original, sem acréscimo sensível no tempo de execução.
- b) O tempo de acesso a disco é insignificante comparado com os benefícios, por exemplo - o tempo total de processamento do sistema termo-elástico é menor do que a soma dos tempos de execução da análise térmica e elástica isoladamente.
- c) A precisão dos resultados foram as previstas pelos métodos utilizados.
- d) O sistema é flexível permitindo introdução e teste de métodos para determinação do regime transiente e interação subsapacial para determinar autovalores e autovetores.

#### 7 - Bibliografia

- 1 - Barcellos, C. S., "Análise de Tensões em Corpos de Revolução sob Carregamentos e Gradientes Térmicos Axi-Simétricos".
- 2 - Rodrigues, J.L.A., "Cálculo de Transientes Térmicos Bidimensionais pelo Método de Elementos Finitos".

ANAI S



COBEM 81

VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECANICA

RIO DE JANEIRO, 15 - 18 de dezembro de 1981

TRABALHO  
PAPER

N.º D-39

P.P. 399 - 409

PUC/RJ

PROCEEDINGS



#### COMPLEMENTARY ENERGY FOR BUCKLING PROBLEMS

Maurizio Angelillo  
Researcher  
Architectural Dept. University of Naples

Liana Dodaro  
Assistant Professor  
Architectural Dept. University of Naples

#### RÉSUMÉ

Les matériaux élastiques semilinéaires peuvent être convenables pour la description des problèmes d'instabilité infinitésimale. Pour cette classe de matériaux les conditions de compatibilité neutre, dérivées du principe de l'énergie complémentaire stationnaire, sont utilisées pour la détermination des charges critiques ou des "lower bounds" ou même pour lesquelles la méthode est extrêmement efficace dans la évaluation des "lower bounds" aux charges critiques. On propose une solution des équations de l'équilibre pour les états à deux dimensions en termes de deux fonctions scalaires, à fin de séparer dans le tenseur de tension les effets géométriques de ceux redondants.

#### SUMMARY

Semilinear elastic materials seem to be appropriate in describing buckling problems for small strains. For this class of materials neutral compatibility conditions, derived by the principle of stationary complementary energy, are used to get either critical loads or lower bounds to them. In particular pin-jointed frameworks are analyzed, for which the complementary energy method in obtaining lower bounds to critical loads is effective. For plane states, a solution of the equilibrium conditions is proposed in terms of two stress functions, in order to separate geometrical from redundant stress effects.