

INTERPRETAÇÃO GRÁFICA DE RESULTADOS NO SISTEMA GAELI

Prof. Ademar G. Groehs

Deptº Eng. Mecânica - UFRGS

C.Postal 303-Ag.Central, P.Alegre, RS

Prof^a Maria Inês G. Santos

Deptº Eng. Civil - UFRGS

C.Postal 303-Ag.Central, P.Alegre, RS

RESUMO - Neste trabalho é focado o funcionamento do pós-processador do sistema GAELI. Este pós processador foi desenvolvido para microcomputadores e permite representações gráficas de deslocamentos e velocidades, acelerações e tensões de estruturas. São também apresentados os algoritmos que permitem a eliminação de faces ocultas e a realização de cortes.

1. INTRODUÇÃO

A partir de 1986 o grupo de análise numérica da Escola de Engenharia da UFRGS iniciou o desenvolvimento de um sistema computacional de análise de estruturas aplicável a microcomputadores do tipo IBM-PC. O desenvolvimento deste sistema, denominado de GAELI (1) (2) (gerador e analisador de estruturas lineares) tinha como objetivo possibilitar o estudo de técnicas iterativas homem-máquina compatíveis com as possibilidades oferecidas por um computador pessoal e o desenvolvimento de rotinas gráficas que permitissem a representação de estruturas geradas tanto no seu estado não deformado quanto no seu estado deformado e tensionado. Além disto uma série de rotinas de análise estática e dinâmica foram especialmente desenvolvidas com o objetivo de tirar o máximo proveito das características especiais dos computadores pessoais. Como parte desta pesquisa foi desenvolvido um módulo que objetiva o tratamento gráfico dos resultados produzidos pela análise.

Para possibilitar a realização da interpretação gráfica mencionada foi necessário desenvolver um algoritmo de faces ocultas e outro de cortes realizados a partir de indicação na tela, por meio de cursor movimentado pelas setas, que são descritos de

forma sucinta a seguir.

2. ALGORITMO DE FACES VISÍVEIS

O uso de um algoritmo de faces visíveis e não de linhas visíveis [6] [7] [8] justifica-se porque o mesmo deverá ser utilizado para representar as faixas de tensões nas superfícies visíveis dos elementos. A seguir apresenta-se primeiro o algoritmo de faces visíveis e após o algoritmo auxiliar de corte. Por fim são apresentados exemplos realizados.

O algoritmo pode ser descrito esquematicamente como segue, supondo o observador no infinito.

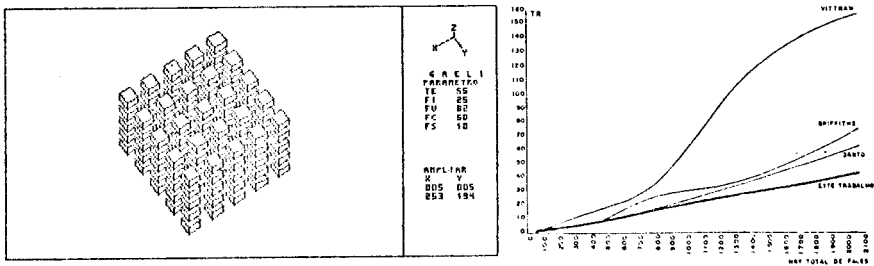
```

Varrer os elementos
┌ Se o elemento é tridimensional então
├   Varrer as faces do elemento
├   ┌ Se os elementos não forem contraídos então*
├   │ ┌ Eliminar faces comuns entre os elementos
├   │ └ Fim do Se
├   └ Eliminar as faces trazeiras (back faces) [3] [5]
├     Guardar conectividades da face não eliminada em arranjo
├   Fim da varredura de faces do elemento
├ Se não se o elemento é de casca ou barra
├   guardar as conectividades no arranjo de faces
├ Fim do Se
└ Fim da varredura dos elementos.
Varrer faces potencialmente visíveis
┌ Calcular distância média entre a face e a origem
└ Fim da varredura das faces potencialmente visíveis
Ordenar as faces potencialmente visíveis segundo a distância média
Pintar as faces potencialmente visíveis na ordem.

```

Para a ordenação das faces foi utilizado um algoritmo do tipo recipiente (bucket sort) e para a pintura das faces foi utilizado o algoritmo de preenchimento de polígonos da referência [4]. Como o algoritmo foi implementado com o objetivo de representar malhas de elementos finitos apenas utiliza-se a ordenação das faces pela média das distâncias dos nós de cada face. Não são realizados testes adicionais para resolver eventuais falhas que este critério possa apresentar. Isto permitiu aumentar a veloci

dade do algoritmo sem causar problemas de qualquer ordem. Na figura 1b pode-se ter uma idéia da eficiência do algoritmo. Nesta figura tem-se o tempo relativo gasto, pelo algoritmo, na eliminação de faces do problema cubos dentro de um cubo citado na referência 6 (figura 1a). Pode-se notar que a medida, que aumenta o número de faces o algoritmo apresenta significativas vantagens sobre os demais. Em tempo real, para um AT, o algoritmo gasta 117s na manipulação de 343 cubos (2058 faces) quando não existem faces comuns entre os cubos. Se houverem o tempo diminui para 67s (*no algoritmo)



a

b

Figura 1 - Tempo de CPU relativo gasto na representação de cubos

Outras comparações podem ser vistas na referência [9]

3. ALGORÍTMO PARA REALIZAÇÃO DE CORTES

Esquemáticamente o algoritmo pode ser descrito como segue.

- Sobre a figura desenhada posicionar a linha de corte
- A partir desta determinar a nova posição do observador
Esta posição deverá ser tal que a linha de mirada do observador resulte perpendicular ao plano de corte. Isto pode ser feito com formulário apresentado na referência [9]
- Para a nova posição do observador calcular as coordenadas dos nós do ponto de vista do observador (x_0, y_0, z_0 .)

Calcular a distância Z do plano de corte à origem do sistema de coordenadas.

Varrer os elementos

- Utilizando a distância z e as coordenadas z dos nós classificar os elementos como abaixo, acima ou interceptados pelo plano de corte.
- Se o elemento está acima ele deve ser eliminado
- Se o elemento está abaixo deve-se chamar o algoritmo de faces visíveis para selecionar as potencialmente visíveis
- Se o elemento for interceptado marcar este elemento com sinal negativo

Fim da varredura de elementos

Varrer os elementos

Se o elemento é negativo então

Varrer as faces do elemento

Varrer arestas da face obtendo novas conectividades

Se a aresta intercepta o plano então

O ponto de intersecção é um novo nó

Determinar qual vértice da aresta está abaixo do corte

Eliminar o outro

Senão se a aresta está acima do plano então

Eliminar ambos os nós (aresta não visível)

Senão se a aresta está abaixo do plano então

Incorporar ambos os nós (aresta visível)

Fim do Se

Guardar as conectividades em arranjo

Fim da varredura de arestas e faces

Fim do Se

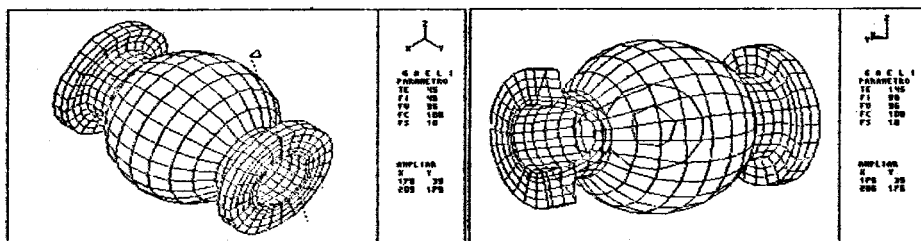
- Estabelecer as conectividades da face pela intersecção do plano com o elemento e incorporar as mesmas no arranjo de faces a serem pintadas
- Eliminar os nós de mesmas coordenadas que foram criados no processo
- Colocar as conectividades das faces no arranjo de faces a serem representadas

Fim da varredura dos elementos

Ordenar as faces pela distância média

Pintar pela ordem, as faces potencialmente visíveis

Na figura 2b pode-se ver o resultado de um corte realizado em um corpo de válvula a partir da indicação por cursor que pode ser observada na figura 2a. O objeto é constituído por 1200 elementos de sólido tridimensional de oito nós. O tempo gasto pelo algoritmo para realização do corte é de 37s em um 386 a 20 MHz



(a)

(b)

Figura 2 - Corte realizado em corpo de válvula

4. MÓDULO PÓS-PROCESSADOR

Este módulo, da mesma forma como a entrada principal do GAELI, é baseado em planilhas eletrônicas acopladas aos modos gráficos de representação correspondente. Assim a qualquer instante o usuário a partir da planilha de resultados numéricos pode realizar a manipulação e interpretação gráfica dos mesmos. Note-se que operações de combinação de resultados de diversos carregamentos são realizados neste módulo sobre as próprias planilhas eletrônicas de deslocamentos e tensões, dando como resultado uma nova planilha de valores os quais podem também ser interpretados

graficamente de forma imediata. Operações como tensões principais e tensões equivalentes também são realizadas diretamente sobre as planilhas de tensões dando como resultado uma nova planilha que pode ser manipulada ou interpretada graficamente pelo usuário. Isto permite ao usuário manipular os resultados utilizando o módulo como se fosse uma máquina de calcular muito especializada e acoplada a adequados sistemas de representação gráfica. Na figura 3 pode-se ver o menu principal do pós-processador.

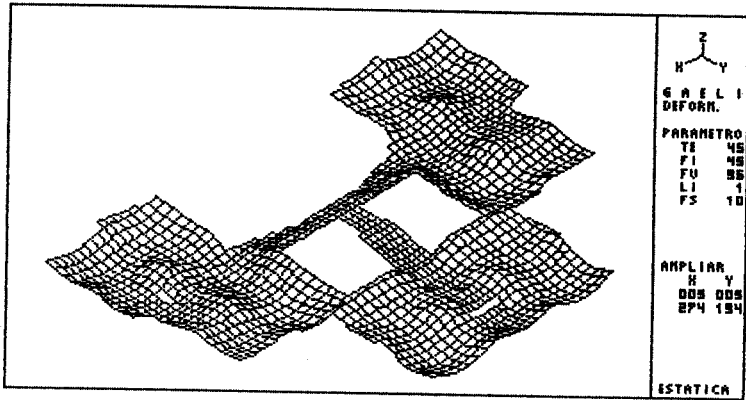
■ - RESULTADOS FINAIS - ■		
■ Geometria	■ Resultados de	■ Comandos
1 Coordenadas	F1 Deslocamentos	R Reinicio
2 Conetividades	F2 Velocidades	T Terminio
3 Propriedades	F3 Aceleracoes	■ Modulos
4 Tipo de Elemento	F4 Reacoes	E Analise Estatica
	F5 Tensoes-Solicitacoes	D Analise Dinamica
	F6 El. Barras-Tensoes	M Analise Modal
	F7 El. Cas/Pla-M/Ta. Media	A Autovalores
	F8 El. Sol/Mem-Tens. Media	G Gerador/Modelador
		C Corretor
		V Valores Dinamicos
		P Pos Processador
		S Vasos de Pressao
		U Ver. de Tubulacao
		X Ver. de Eixos

■ ─────────────────── G A E L I ─────────────────── ■

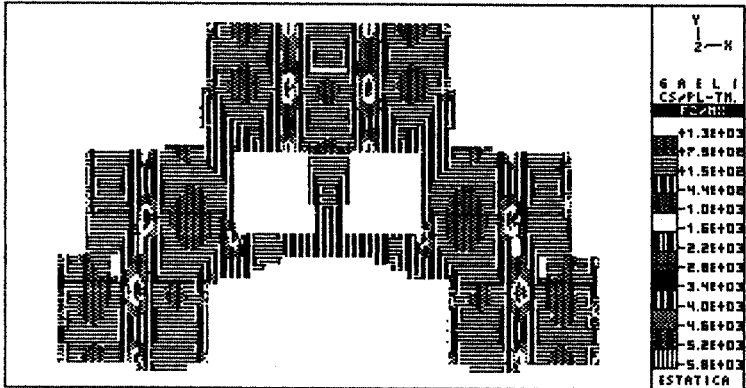
Figura 3 - Menu do módulo de Pós-Processamento

As possibilidades atuais do módulo pós-processador são as seguintes:

- representação de estruturas deformadas com opção de eliminação de faces ocultas e cortes arbitrários.
- representação gráfica de modos de vibração.
- representação gráfica de tensões.
- representação de gráficos de deslocamentos, velocidades e acelerações ao longo do tempo para qualquer ponto e direção.
- cálculos de tensões equivalentes.
- filtros de impressão de resultados
- cálculo de médias das tensões em elementos finitos
- ampliações das representações gráficas em impressora



(a)



(b)



(c)

Figura 4 - Representação da deformada, distribuição de momentos e concentração dos mesmos

com possibilidade de ampliações de 4,16,25 ou 100 vezes.

As representações gráficas podem ser feitas tanto para monitores CGA como EGA. A representação gráfica em impressoras matriciais é realizada pelo uso de faixas de diferentes padrões em preto e branco como aparecem nas figuras deste trabalho.

O módulo permite ainda a verificação de estruturas de barras e de tubulações industriais segundo norma ANSI B31.3

5. EXEMPLOS

Na figura 4a pode-se observar a deformada de uma placa com 1487 elementos e na figura 4b aparece a distribuição de momentos M_x desta placa. Para maior clareza foram retiradas as linhas que apresentam os elementos. Na figura 4c aparece uma ampliação de um dos pontos de concentração dos momentos.

Na figura 5 esta representado um túnel quadrado modelado com elementos de casca axissimétrica podendo ser vista a distribuição de momentos. Na figura 6 tem-se a representação de tensões equivalentes em uma gaiola de junta homocinética.

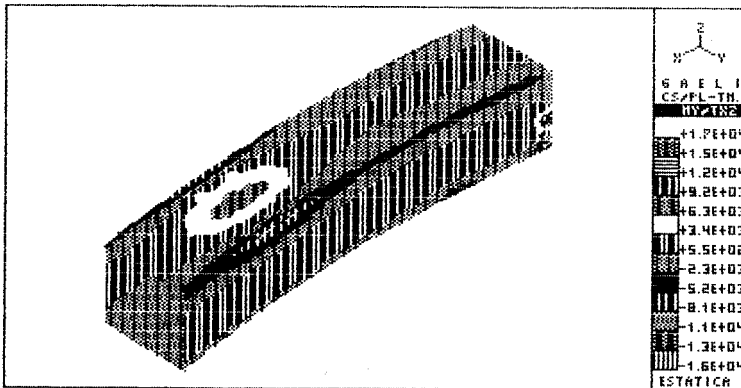


Figura 5 - Túnel de secção quadrada representação de movimentos fletores.

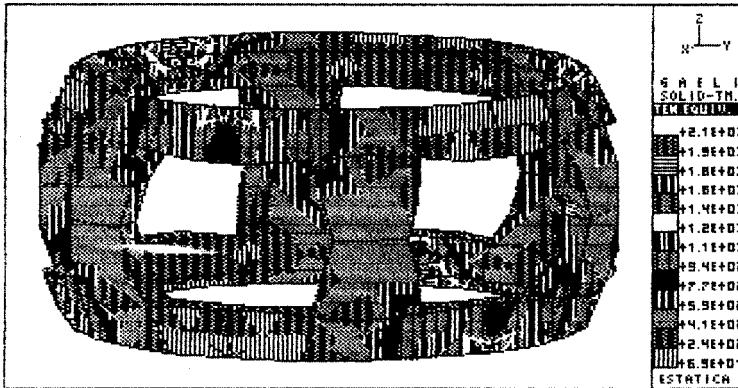


Figura 6 - Tensões equivalentes em gaiola da junta homocinética

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O módulo de pós-processamento do sistema GAELI é o resultado de um ano e meio de pesquisa e desenvolvimento. Ele procura tirar proveito ao máximo da interatividade entre usuário e máquina e foi especialmente desenvolvido com este objetivo. Devido a isto, no entender do autor, é bastante versátil e poderoso para atender praticamente a todas as necessidades normais de pós-processamento de estruturas. Pode ainda, de forma relativamente fácil, ser acrescido de outras funções.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Groehs, A.G., Santos, M.I.G. - Geração de Malhas no Sistema GAELI. COLLOQUIA 88 - Espanha, Vol. III, pp 661-677
- [2] Groehs, A.G., Santos, M.I.G. - Modelagem de Peças de Microcomputador com uso do sistema GAELI - X Seminário de Forjamento, maio de 89, Porto Alegre.
- [3] PARK, G.S. - Interactive Microcomputer Graphics - Addison Wesley Publishing Company - 1985.
- [4] Foley, J.D., VAN Dam, A. - Fundamentals of Interactive Computers Graphics - Addison Wesley Publishing Company - 1982.

- |5| Harrington, S. - Computer Graphics - A Programming Approach
McGraw Hill Book Company 1983.
- |6| Santo , H.P. - Um Algoritmo Geral e Eficiente para Traçado
das Linhas Visíveis de Modelos Estruturais - VIII Congresso
Latino Americano sobre Métodos Computacionais para Engenharia,
pp 1541, 1561 4 a 7 de novembro de 1986.
- |7| Hornung, C - An Approach to a Calculation Minimized Hidden
Line Algorithm - Comp. & Graphics, Vol 6, Nº 3, pp 121-126,
1982.
- |8| Janssen, T.L. - A Simple Efficient Hidden Line Algorithm
Computers & Structures, Vol 17, Nº 4, pp 563 - 571, 1983.
- |9| Bet, Isabel - Pós-Processamento no Sistema GAELI - Tese de
Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil - UFR
setembro de 1989.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, CAPES, FINEP e FAPERGS pelo suporte financeiro proporcionado a este trabalho.