

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Deptº de Engenharia de Estruturas e Fundações

ISSN 0103-9822

BT/PEF/9410

**A Descrição do Domínio
para o Projeto por
Elementos Finitos**

**José Antonio Lerosa de Siqueira
João Cyro André**



Escola Politécnica - EPBC



31200053684

876268

São Paulo - 1994

Siqueira, José Antonio Lerosa de

A descrição do domínio para o projeto por elementos finitos / J.A.L. de Siqueira, J. C. André. -- São Paulo : EPUSP, 1994.

18p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, BT/PEF/9410)

1. Elementos finitos I. André, João Cyro II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações III. Título IV. Série

CDU 519.60

A DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO PARA O PROJETO

POR ELEMENTOS FINITOS

José Antonio Lerosa de Siqueira

João Cyro André

LMC - Laboratório de Mecânica Computacional
Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações
Escola Politécnica da USP
05424-970, C. Postal 61548, São Paulo, SP, Brasil

Introdução

A modelagem de sólidos é importante para uma série de aplicações da computação gráfica na engenharia. Estas aplicações podem tratar da criação de uma representação realista de um objeto ou de toda uma cena, da determinação de características geométricas como área e volume, ou então, como se deseja aqui analisar, da geração de elementos finitos para uma análise estrutural.

Este trabalho procura apresentar conceitos básicos relativos à ciência da modelagem de domínios, tendo como objetivo final sua utilização em análises por elementos finitos, seja na elaboração de pré e pós-processadores, seja em algoritmos que aprimorem a malha de elementos finitos em uma análise adaptativa.

Os Modelos Usados pelo Projetista

Um *modelo* é uma idealização de um objeto, concebida para estudar uma faceta de seu comportamento ou uma determinada reação do ambiente a ele em condições controladas. Entre todas as características mensuráveis do objeto, escolhe-se um subconjunto constituído por aquelas que sejam relevantes para o comportamento em observação, quando submetido a um elenco pré-definido de estímulos externos. As características escolhidas, ou *atributos*, são utilizadas para compor o modelo. Todo modelo é uma aproximação. Sabe-se de antemão que o comportamento simulado não corresponde exatamente ao comportamento real do objeto. Há uma simplificação proposital, que ignora características que possam eventualmente ter alguma influência secundária nos fenômenos estudados. Isto não diminui sua utilidade. Apenas enfatiza a

importância do processo de modelagem, durante o qual são escolhidas as características do objeto que serão os atributos do modelo.

É comum o uso de uma família de modelos para simular um objeto. Parte-se de um modelo que capte um conjunto de atributos essenciais. A partir deste, e de maneira hierárquica, são gerados novos modelos gradativamente mais complexos. A Figura 1 mostra a hierarquia de todos os modelos necessários para a execução de uma análise por elementos finitos.

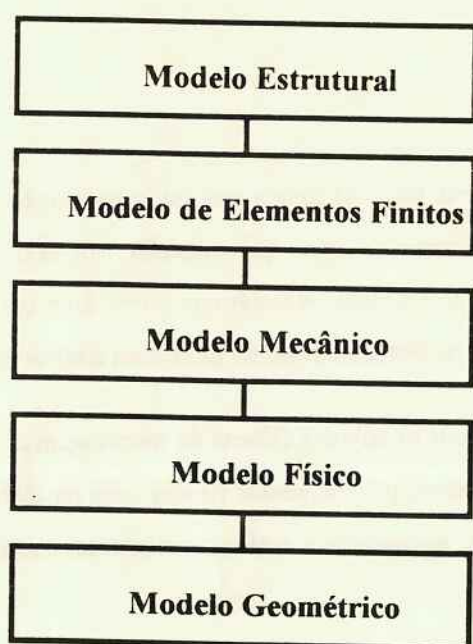


Figura 1 - Hierarquia dos modelos necessários para a análise por elementos finitos.

Inicia-se com a criação de um *modelo geométrico*, que define a geometria da estrutura. Este modelo capta o posicionamento relativo das partes da estrutura em relação a um sistema de coordenadas bidimensionais ou tridimensionais, e suas dimensões. O contorno externo e eventuais contornos internos ficam definidos, delimitando o domínio geométrico do problema.

A seguir, cria-se o *modelo físico*, composto pelo modelo geométrico adicionado de atributos correspondentes às características físicas dos materiais que compõem a estrutura. O modelo geométrico simula apenas a ocupação de um espaço. O modelo físico declara o quê o ocupa.

O nível hierárquico imediatamente superior corresponde ao *modelo mecânico*, constituído pelo modelo físico e pelos atributos que definem os vínculos do objeto com o ambiente que o rodeia e as ações que este ambiente aplica sobre ele.

A seguir, é criado o *modelo de elementos finitos*, acrescentando-se ao modelo mecânico um conjunto de elementos finitos que substituem o domínio geométrico, até então contínuo. O processo de substituição do domínio do problema por uma coleção de elementos finitos denomina-se *discretização*. A coleção de elementos finitos é normalmente referida como a *malha de elementos finitos*.

Finalmente, a alimentação da descrição do modelo de elementos finitos a um sistema de processamento estrutural cria o *modelo estrutural*, que, consistindo de dados e funções armazenados em memória de computador, pode ser usado para simular o comportamento da estrutura por meio de algoritmos de simulação.

Esta sucessão de modelos é capaz de simular o comportamento mecânico da estrutura, e fornecer resultados que, por exemplo, representem estados de tensões e de deformações, numericamente próximos àqueles que ocorreriam na estrutura se esta fosse efetivamente submetida aos estímulos estipulados. Os resultados obtidos da simulação são agregados ao modelo de elementos finitos.

Idealizações

Ao criar o modelo geométrico, cabe ao usuário simplificar adequadamente a geometria do objeto. Assim, contornos irregulares são aproximados por concatenações de curvas analiticamente descritíveis e furos de pequenas dimensões são desprezados, substituindo-se características geométricas reais por outras idealizadas. Este processo de simplificação do domínio, denominado *idealização*, pode ainda transformar uma estrutura tridimensional em plana, na qual as espessuras não são associadas a atributos geométricos, mas sim a atributos físicos. Ao definir esta idealização, o analista está definindo uma regra de geometria subjacente, ou *regra de idealização*: percepções decorrentes da análise do comportamento plano são extensíveis para posições ao longo da espessura.

As regras de idealização precisam ser validadas após a análise. De alguma forma, os resultados obtidos devem fornecer subsídios para que o analista compare as hipóteses iniciais que permitiram a idealização com o que de fato ocorre com o modelo da estrutura.

Na inexistência de ferramentas adequadas, cabe ao analista estrutural a tarefa de determinar a posição de cada nó e descrever a incidência de cada elemento. Esta tarefa, fatigante e tediosa,

está sujeita a erros que comprometem a qualidade do modelo. Os erros cometidos podem ser de três tipos:

- falta de integridade da malha - quando são violadas as regras de decomposição do domínio em elementos. A intersecção entre dois elementos quaisquer deve ser vazia. A união de todos os elementos devem ser equivalente ao domínio;
- baixa qualidade dos elementos - quando os elementos não respeitam os critérios de boa formação, por estar alongados ou distorcidos demais, ou porque suas dimensões variam bruscamente.
- ocorrência inesperada de pontos de singularidade geométrica (Figura 2) - pontos de singularidade que surjam em função do processo de discretização (e que não espelhem uma singularidade presente no modelo físico) desestabilizam o processo de resolução.

Quando uma destas situações acontece, há violação de condições matemáticas subjacentes ao método de análise e os resultados obtidos podem ser inconsistentes ou demasiadamente imprecisos.

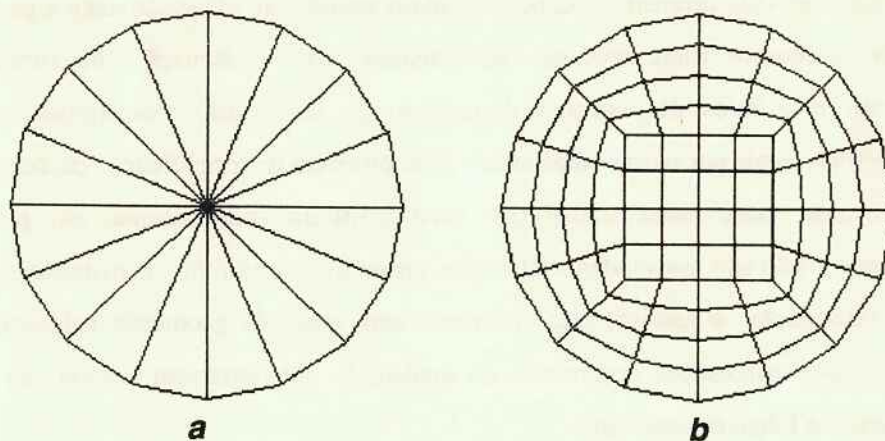


Figura 2 - a) Discretização com ponto de singularidade; b) discretização mais adequada.

Para que os resultados obtidos sejam confiáveis, é preciso que a tecnologia existente esteja sendo corretamente utilizada. Isto somente pode ser alcançado se cada passo do processo passar por um

controle de erro. A robustez e a confiabilidade de todo o processo de análise pode ser assegurada se todo o processo for automatizado, evitando-se ao máximo a interferência humana.

Uma Ciência de Modelagem

Os primeiros esforços em busca de uma automação do processo de discretização do domínio começaram na década de 60. [Thacker 80] publicou uma extensa bibliografia sobre o assunto. Intuía-se que algo com tão fortes conotações geométricas deveria poder ser feito automaticamente, com pouca ou eventualmente nenhuma interferência humana. Até a década de 70, as tentativas de descrição não-ambígua do domínio do problema eram insatisfatórias. Faltava uma ferramenta de suporte que conseguisse descrever adequadamente um domínio qualquer, de modo a permitir que ele fosse armazenado em meio eletrônico e manipulado por procedimentos genéricos, desamarrados da geometria, que se encarregariam de gerar a sua discretização.

A percepção de que seria necessário um estudo mais formal da modelagem geométrica surgiu durante a década de 70. [Baumgart 75] apresentou uma forma mais completa do que as existentes até então para gerar a representação gráfica de um objeto real, lançando a fundação de uma técnica de modelagem, embora não tenha usado esta expressão. Segundo [Mäntylä 88], a noção de modelagem como algo separado da necessidade de se representar graficamente um objeto veio a público pela primeira vez em uma conferência em Seillac, França, em 1976.

A percepção de que modelagem geométrica e visualização são tarefas distintas levou ao estudo dos requisitos necessários para que a modelagem de objetos ficasse livre de ambigüidades.

Modelagem de sólidos (ou *modelagem sólida*) é um ramo da área geral da modelagem geométrica que procura garantir que apenas modelos completos e integros de um objeto sejam criados. Além disso, se os preceitos ditados pela modelagem sólida forem observados, é possível desenvolver algoritmos genéricos, aplicáveis a qualquer modelo, sem que seja preciso levar em conta nenhuma característica específica. Esses algoritmos normalmente calculam grandezas geométricas derivadas, como área de superfície externa, volume e distância entre pontos, ou efetuam operações Booleanas entre dois modelos.

Os conceitos a seguir fazem parte da modelagem sólida, voltada para a criação de modelos geométricos bem comportados, que serão doravante referidos simplesmente como modelos.

Para que um objeto possa ser modelado, precisa ser *rígido* (não se alterar quando movido de um local para outro), *regular* (ser constituído de um contorno e de um interior; se um ponto do objeto não estiver no seu contorno, então está no seu interior) e *finito* (ser possível medir seu contorno, sua superfície, seu volume).

Um modelo é *plano* quando cada um de seus pontos tem como vizinhos apenas outros pontos que estão contidos na mesma superfície. O modelo não precisa necessariamente estar contido em um plano. O modelo de uma casca ou de uma superfície poliédrica é plano (Figura 3). Para que um modelo seja plano, deve ser possível deformá-lo até que ele se transforme num disco.

O contorno externo do domínio de um modelo plano corresponde ao perímetro externo que o limita. A vazios dentro do domínio, se existirem, corresponderão contornos internos. O conjunto de pontos do contorno externo e dos eventuais contornos internos é referido simplesmente como o *contorno* do domínio. O contorno não faz parte do domínio. Um modelo é *espacial* quando contiver pelo menos um ponto em cuja vizinhança existam pontos pertencentes a superfícies distintas.

Pela generalidade que apresenta, o modelo criado em conformidade com os preceitos da modelagem sólida serve como infraestrutura para o desenvolvimento e aplicação de algoritmos de discretização.

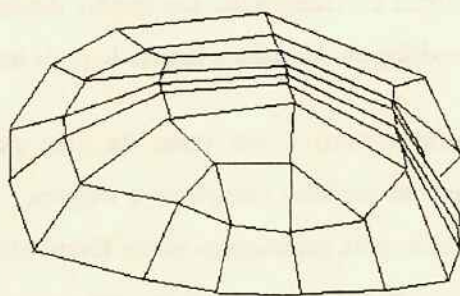


Figura 3 - Modelo plano, representado por uma superfície poliédrica.

O modo como os dados geométricos de um objeto são armazenados no computador define três grandes classes de técnicas de modelagem sólida:

- modelagem por decomposição;
- modelagem por construção; e
- modelagem por delimitação.

Modelagem por Decomposição

As técnicas desta classe representam o objeto como uma coleção de ocorrências de figuras simples, denominadas *primitivas*, justapostas, que são agregadas numa única operação de união, sem se permitir que haja superposição entre elas.

Entre as técnicas de modelagem por decomposição, a de representação por *quadtree* de modelos planos e a sua extensão para modelos espaciais, a representação por *octree*, tem sido intensamente empregada como infraestrutura para algoritmos de discretização.

A representação por *quadtree* usa uma subdivisão recursiva do plano de interesse em quatro quadrantes, que são hierarquicamente organizados numa estrutura de árvore com quatro ramos (Figura 4). Cada quadrante passa por um procedimento de classificação que determina como ele intercepta o domínio. Assim, um quadrante pode ter três estados: totalmente dentro do domínio (codificado como C), totalmente fora (V) ou parcialmente fora (P). Os quadrantes que possuem este terceiro estado são subdivididos em quatro quadrantes filhos. O processo é repetido até se atingir a precisão desejada para a representação do domínio (Figura 5). Percebe-se que a modelagem por *quadtree* (ou por *octree*) é aproximativa, mas o usuário tem controle sobre a precisão obtida. [Sammet, Webber 88a e 88b] apresentam em detalhe esta abordagem.

É interessante lembrar que a discretização do domínio em elementos finitos é, em si, uma forma de modelagem por decomposição.

Modelagem por Construção

Os modelos por decomposição examinados no item anterior eram aglutinados por uma operação de união. Em contraste, as técnicas de modelagem por construção utilizam operações mais poderosas.

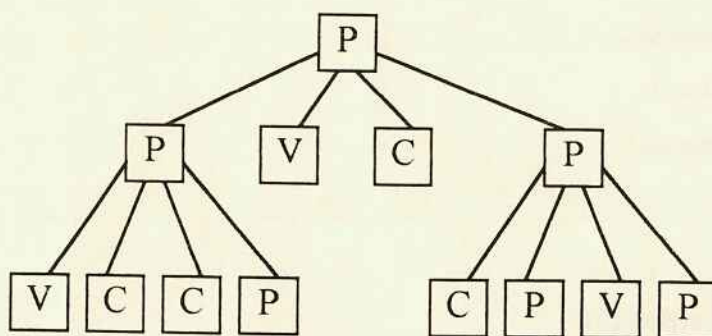


Figura 4 - Estrutura de árvore do quadtree.

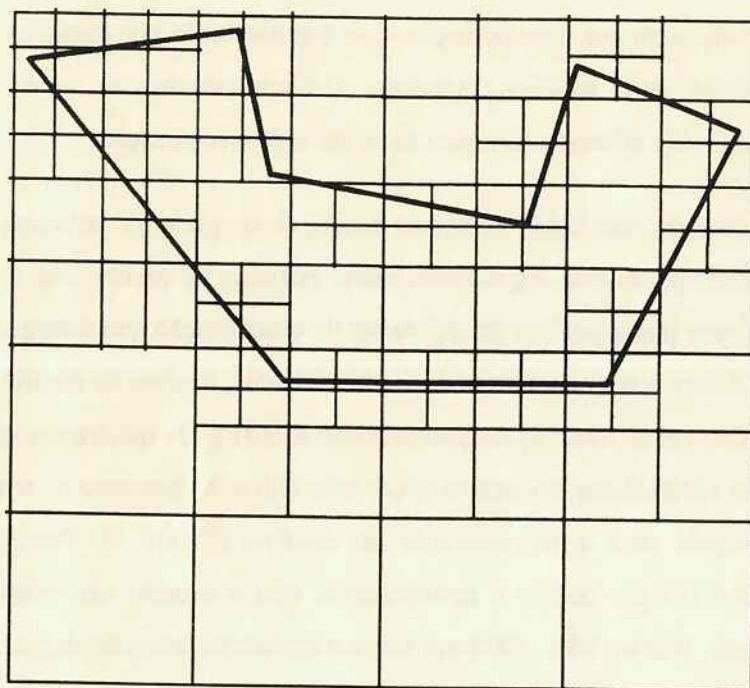


Figura 5 - Um domínio representado por um quadtree de quatro níveis.

A técnica mais disseminada é a chamada *Geometria Sólida Construtiva*, ou *CSG* (de *Constructive Solid Geometry*). O usuário de um modelador *CSG* trabalha com instâncias parametrizadas de primitivas sólidas combinadas entre si por meio de operações Booleanas de união, intersecção e diferença.

O modelo é armazenado numa estrutura de árvore, em que os nós representam:

- instâncias de primitivas, representadas por um identificador do tipo de primitiva e uma sequência de parâmetros dimensionais; ou
- uma operação Booleana entre seus dois nós filhos; ou
- uma transformação de corpo rígido, de translação ou rotação.

O topo da árvore, isto é, seu nó de nível 0, corresponde ao modelo como um todo. Os nós intermediários são operações Booleanas ou transformações de corpo rígido. Os nós sem filhos, ou *folhas*, representam as instâncias de primitivas a ser combinadas entre si. Na Figura 6 está representada uma árvore *CSG*. Parte-se da criação de duas ocorrências, ou *instâncias*, da primitiva *retângulo*, parametrizadas em função da base e da altura. Cada uma delas é uma folha da árvore. A seguir, define-se uma operação de união entre esta folhas, que resulta num domínio correspondente a um polígono irregular de seis lados. Em continuação, cria-se uma nova folha, correspondente a uma instância da primitiva *círculo*. Finalmente, efetua-se uma operação de diferença Booleana entre o polígono irregular e o círculo que resulta no domínio hachurado.

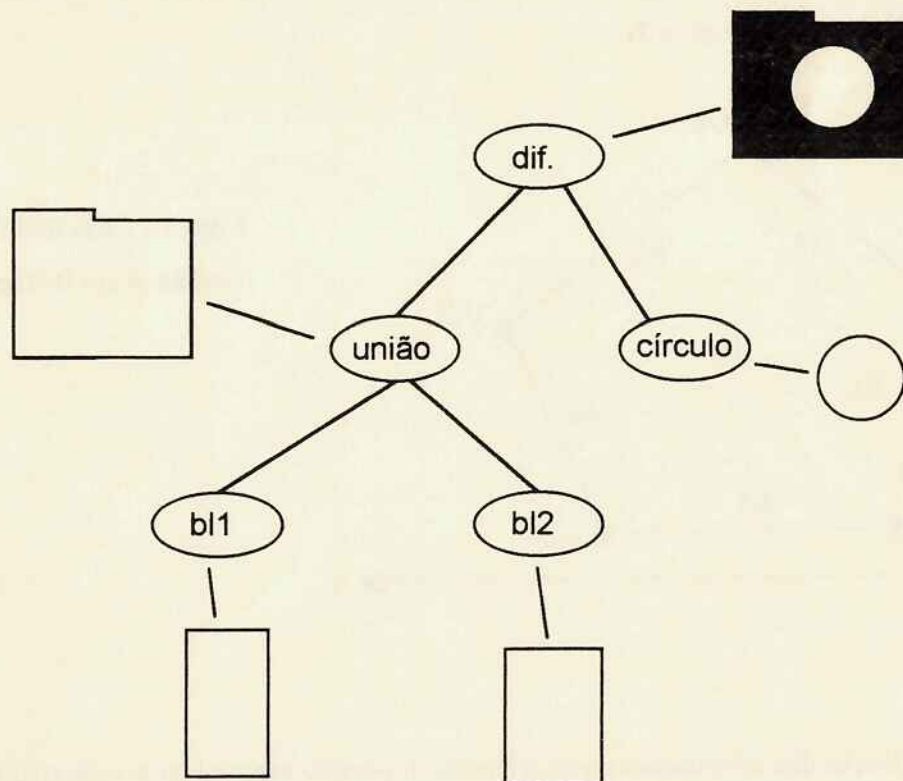


Figura 6 - Árvore CSG e representação associada.

Modelagem por Delimitação do Contorno (*B-Rep*)

Os modelos por decomposição e por construção enxergam o objeto a ser modelado como uma coleção de pedaços que devem ser convenientemente reunidos. Em contraste, a modelagem por delimitação do contorno representa a peça indiretamente através de uma descrição da sua superfície de contorno. Deriva daí o nome *B-Rep* pelo qual é normalmente conhecido (de “*Boundary Representation*”).

Talvez em virtude do fato de que os desenhos de engenharia se baseiam indiretamente num modelo *B-Rep*, esta abordagem tem um apelo especial para os engenheiros. Ao definir um domínio plano através do traçado do seu contorno, está-se utilizando um modelo *B-Rep*.

Os constituintes básicos dos modelos *B-Rep* são a *face*, a *aresta* e o *vértice*. O modelo precisa representar informações geométricas como coordenadas de vértices e equações de curvas e de superfícies. Deve ainda armazenar as *relações de adjacência* entre faces, arestas e vértices, que expressam a forma como se conectam entre si. Todas as informações essencialmente geométricas são reunidas sob o termo *geometria do modelo*, e as informações de conectividade como *topologia do modelo* (Figura 7).

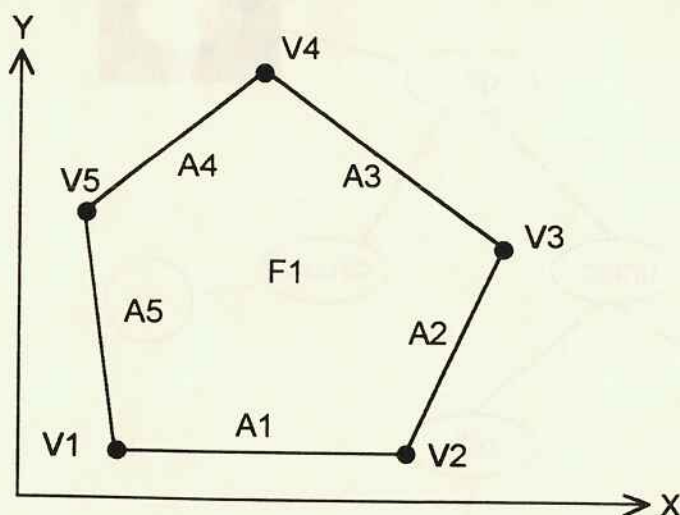


Figura 7 - Um domínio modelado em *B-Rep*.

A classificação das informações como referentes à posição espacial ou à conectividade entre as partes permite definir um *submodelo topológico* do modelo geométrico.

A modelagem por decomposição, apesar de ser aproximativa, é a que permite implementações mais simples de abordagens algorítmicas, porém a criação de modelos é complexa se não houver uma representação de outra classe como ponto de partida. O volume de dados a ser armazenado é muito grande.

Modelos construtivos são os mais concisos. Os métodos de geração de dados para aplicações algorítmicas são pesados. Pode-se utilizar um modelo construtivo para descrição do domínio e modelá-lo internamente por um outro tipo de representação.

A geração de saídas gráficas a partir de modelos *B-Rep* é mais fácil do que para os outros tipos de representação. A utilização de memória para armazenamento de dados é aceitável. A implementação de algoritmos é razoavelmente simples.

A Modelagem do Domínio por *B-Rep* e o Modelo Topológico

Os modelos *B-Rep* representam as informações sobre o contorno separando-as conceitualmente em dois grupos distintos: a topologia do modelo, que engloba as ocorrências dos componentes básicos e suas relações de adjacência; e a geometria do modelo, que atribui informações de posição aos vértices e define o traçado de curvas e as equações de superfície. Assim, a *forma* do domínio é descrita pela topologia e a sua *dimensão e localização espacial* pela geometria. O *modelo topológico* é um submodelo do modelo geométrico, que congrega as informações topológicas do domínio.

As exigências da aplicação em vista determinam o grau de riqueza com que a topologia do modelo é descrita. Aumentando-se a complexidade, aumenta-se também a quantidade de informações armazenadas, e conseqüentemente a amplitude com que a estrutura de dados consegue captar e organizar essas informações.

Em função do tipo de domínio a ser modelado, escolhem-se os componentes topológicos adequados e a estrutura de dados topológicos mais conveniente, de modo a facilitar a execução de algoritmos, sem tornar o modelo desnecessariamente complexo.

A escolha do nível adequado de modelagem para um domínio depende essencialmente da espécie de interrogação que os algoritmos da aplicação façam, ou seja, do tipo de informação que se deseja ser possível extrair da estrutura de dados. Um questionamento fundamental para muitos

algoritmos é aquele que trata da relação de pertinência entre um dado ponto e o conjunto de pontos do domínio, ou seja, se o ponto está dentro do domínio, fora dele ou sobre seu contorno. Esta indagação-chave será usada para permitir a distinção entre os diversos tipos de modelos topológicos.

O modelo topológico de um domínio pode ser de um dos tipos descritos a seguir.

O *modelo reticulado* também é conhecido como “*wireframe*”. Cada parte da estrutura sofre uma idealização em que se estabelece que, por ter uma dimensão muito maior do que as outras duas, um eixo ao longo da dimensão preponderante serve como representante da parte. As dimensões transversais ao eixo são consideradas como informações geométricas subjacentes. O domínio é concebido como um esqueleto de eixos de peças.

Os componentes topológicos do modelo reticulado são (Figura 8):

- *arestas*, correspondentes aos eixos das peças; e
- *vértices*, correspondentes aos pontos de conexão entre as arestas.

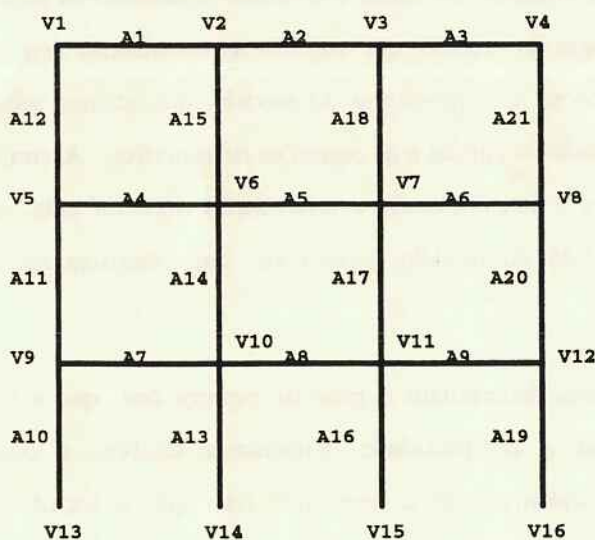


Figura 8 - Um modelo reticulado composto por 16 vértice e 21 arestas.

Não há sentido em se perguntar para este modelo qual a sua relação de pertinência com um certo ponto, porque não existem dados suficientes na estrutura para se ter uma noção de volume, de superfície ou até mesmo de contorno. No máximo, pode-se indagar sobre a relação de proximidade, ou seja, a distância, entre um ponto qualquer e um vértice ou aresta.

Geralmente, todas as arestas do modelo reticulado são retas. Neste caso, a geometria do modelo consiste nas posições de todos os vértices definidas em relação a um sistema de coordenadas. A topologia é descrita pelas relações de adjacência entre vértices e arestas. Estas podem ser enumeradas numa tabela de incidência com os vértices inicial e final de cada aresta.

No *modelo de superfície*, o domínio é idealizado como sendo uma área finita contida numa superfície, com espessura considerada como informação subjacente. É o modelo topológico usado para a descrição dos elementos finitos triangulares ou quadrangulares. Os componentes topológicos são (Figura 9):

- *arestas*;
- *vértices*;
- *circuitos*, que correspondem a um ciclo fechado formado por uma sequência conectada de arestas; e
- *faces*, que constituem regiões da superfície delimitadas no seu contorno externo por um circuito e, eventualmente, em um ou mais contornos internos por outros circuitos.

O teste da relação entre o ponto e o modelo consegue determinar três situações:

- o ponto está fora do modelo;
- o ponto está no contorno do modelo;
- o ponto está contido na superfície do modelo.

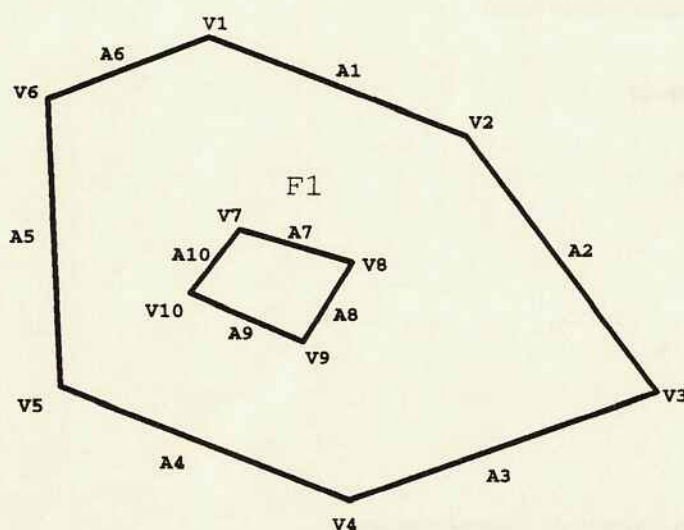


Figura 9 - Um modelo de superfície, com 10 vértices, 10 arestas, dois circuitos e uma face.

O *modelo de sólido* consegue descrever objetos reais tridimensionais. Os componentes topológicos são (Figura 10):

- *aresta*;
- *vértice*;
- *circuito*;
- *face*;
- *casca*, formada por uma concatenação de faces que formam um volume fechado;
- *região*, correspondente a um volume limitado no espaço; cada casca é o contorno de uma região; uma única região pode ser definida por mais de uma casca, como ocorre quando existe um vazio no seu interior.

Existe ainda uma grandeza derivada importante na modelagem sólida: o *genus*, correspondente à quantidade de furos no modelo, vazando-o de lado a lado; uma esfera tem *genus* igual a 0; um toróide tem *genus* igual a 1.

As quantidades dos elementos topológicos mantêm uma relação entre si, a *fórmula de Euler-Poincaré*, que deve ser satisfeita para a manutenção da integridade do modelo:

$$v - a - c = 2(s - g - f), \text{ onde:}$$

v é a quantidade de vértices;

a é a quantidade de arestas;

c é a quantidade de circuitos;

s é a quantidade de cascas (a abreviação vem de “*shell*”, em inglês);

g é o *genus* do modelo; e

f é a quantidade de faces.

Para o modelo da Fig. 10, tem-se:

$$v = 16;$$

$$a = 24;$$

$$c = 12;$$

$$s = 1;$$

$$g = 0; \text{ e}$$

$$f = 11,$$

quantidades que satisfazem a fórmula de Euler-Poincaré.

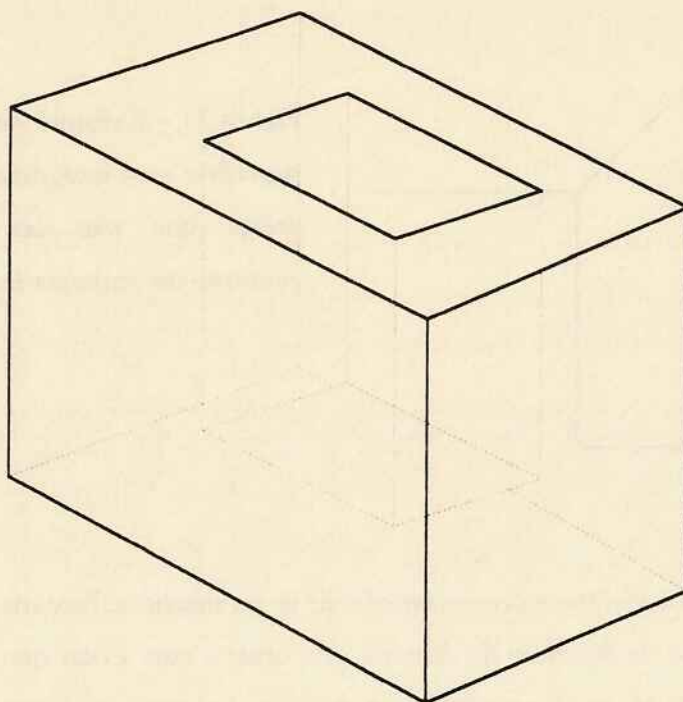


Figura 10 - Um modelo de um sólido constituído por 16 vértices, 24 arestas, 12 circuitos e 11 faces. Existe uma única casca e uma única região.

Requisitos para o Ambiente de Modelagem

A tecnologia da modelagem sólida foi criada para garantir que a representação de um modelo geométrico seja completa, íntegra e passível de ser tratada por algoritmos genéricos.

Uma representação é *completa* quando contém todas as informações necessárias para permitir a resposta a interrogações geométricas arbitrárias que possam ser solicitadas pela aplicação. Para que isto ocorra, é necessário que o modelo não tenha informações ambíguas. A representação de um sólido por meio de um modelo reticulado, por exemplo, não é completa, já que não é possível saber onde existem faces. Além disso, os limites da aplicação devem ser conhecidos, impedindo que sejam feitas interrogações geométricas que não possam ser respondidas pelo modelo.

Um modelo possui integridade se representar corretamente um objeto real onde se imaginam realizadas todas as idealizações pressupostas para a modelagem. Um modelo reticulado de um pórtico espacial é íntegro, por exemplo, se não existir nenhum vértice sem incidência, já que isto não seria possível para o objeto real idealizado. Um modelo de superfície em que exista uma aresta que não faça parte do contorno de uma ou de duas faces não é íntegro (Figura 11).

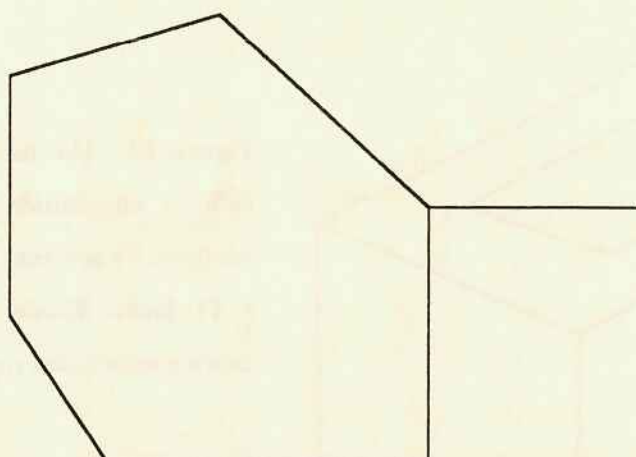


Figura 11 - Exemplo de modelo de superfície sem integridade; há uma aresta que não faz parte do contorno de nenhuma face.

As condições especificadas acima são aparentemente fáceis de ser mantidas. Bastaria um cuidado especial durante o processo de descrição do domínio pelo usuário para evitar que elas fossem desrespeitadas. Ocorre, todavia, que o ambiente de modelagem deve também permitir alterações no modelo originalmente descrito.

A Figura 12 mostra uma situação que precisa ser prevista. Ao se acrescentar uma nova aresta ao modelo de superfície original, o ambiente de modelagem deve executar as seguintes tarefas:

- acrescentar uma aresta ao bloco descritivo do modelo;
- alterar a descrição da face $F1$, que antes era limitada por quatro arestas e agora somente por três;
- acrescentar uma nova face $F1'$ ao modelo.

Se as duas últimas tarefas não forem executadas, o modelo perde sua integridade, pois não é possível que exista uma aresta que não faça parte do contorno de nenhuma face.

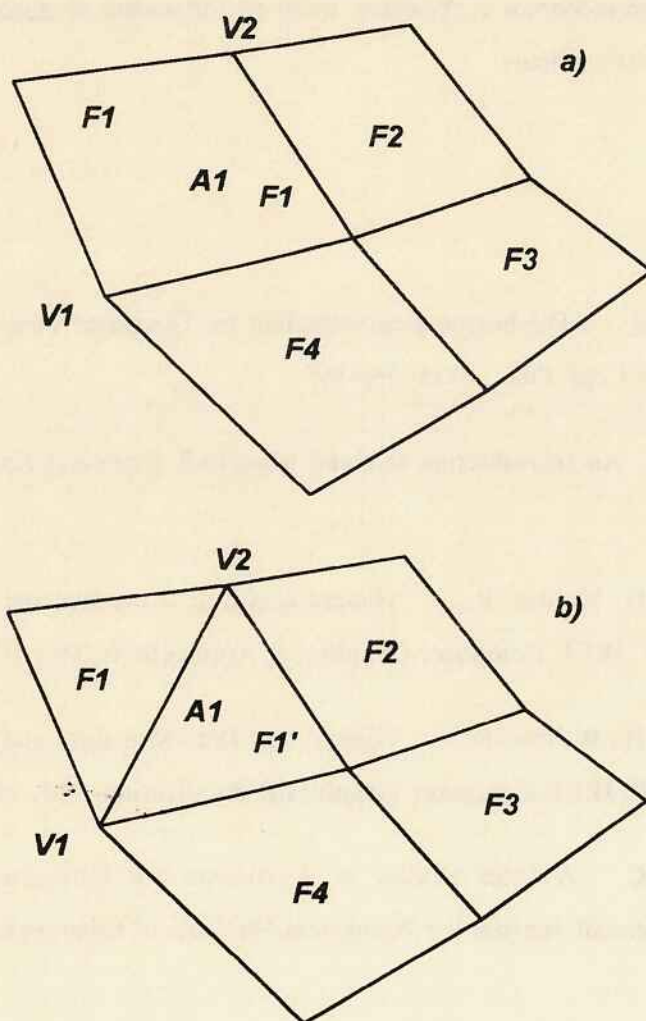


Figura 12 - Divisão de uma face em duas por uma aresta; a) situação prévia; b) situação após a geração da nova aresta A1.

Observações Finais

Neste trabalho, foram apresentados alguns conceitos relacionados com a ciência da modelagem de domínios. As principais abordagens para modelagem foram mostradas e os conceitos relativos à topologia dos modelos sólidos foram definidos.

Uma vez tido sido efetuada a descrição de um domínio, é possível aplicar diversas abordagens distintas para a geração de uma coleção de elementos finitos que o substitua para a execução de uma análise por elementos finitos.

Ressalta-se que este trabalho é parte de um esforço que se desenvolve para implementar o uso de computação gráfica no âmbito do LMC do Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações. Considera-se tal recurso fundamental no desenvolvimento de sistemas para análise

por elementos finitos que sejam modernos e eficientes, tanto no tratamento de dados iniciais e intermediários como no de resultados finais.

Bibliografia

[Baumgart 75] Baumgart, B. A Polyhedron Representation for Computer Vision, **National Computer Conference, AFIPS Conf. Proc.**, 1975, 589-596.

[Mäntylä 88] Mäntylä, M., **An Introduction to Solid Modeling**, Computer Science Press, 1988.

[Samet; Webber 88a] Samet, H.; Webber, R. E. Hierarchical Data Structures and Algorithms for Computer Graphics - Part I, **IEEE Computer Graphics & Applications**, May 1988, 48-68.

[Samet; Webber 88b] Samet, H.; Webber, R. E. Hierarchical Data Structures and Algorithms for Computer Graphics - Part II, **IEEE Computer Graphics & Applications**, July 1988, 59-75.

[Thacker 80] Thacker, W. C. A Brief Review of Techniques for Generating Irregular Computational Grids, **International Journal for Numerical Methods in Engineering**, Vol. 15, 1335-1341 (1980).

BOLETINS PUBLICADOS

- 8501 - "Métodos Variacionais Aplicados à Estabilidade dos Taludes e Fundações" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8502 - "O Processo de Cross Derivado do Método dos Deslocamentos" - JOÃO CYRO ANDRÉ
- 8503 - "Fundações por Bloco" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8504 - "Investigação Experimental sobre o Valor Limite Wu das Tensões de Cisalhamento no Concreto Estrutural" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 8505 - "Investigação Experimental sobre o Cisalhamento em Lajes de Concreto Armado" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 8506 - "Cálculo das Alterações de Tensão, ao Longo do Tempo, nas Peças de Concreto Protendido: Procedimentos Diretos, Simples, Alternativos ao do CIB" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8507 - "Elementos de Cálculo Variacional e suas Aplicações nas Estruturas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8508 - "Spline Cúbico e suas Aplicações" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8509 - "Correlação Paramétrica Deformatória Flexão Composta, Concreto Armado" - PIETRO CANDREVA
- 8510 - "Lugares Geométricos Notáveis na Flexão Composta - Concreto Armado - PIETRO CANDREVA
- 8511 - "Regiões Deformatórias Notáveis Flexão Composta - Concreto Armado" - PIETRO CANDREVA
- 8512 - "Diagramas Momentos-Curvaturas Flexão Composta Normal - Seções Retangulares Armadura Qualquer nas Barras" - PIETRO CANDREVA
- 8601 - "Alterações, ao Longo do Tempo, dos Estados de Tensão nas Seções de Concreto, Armadas para Diferentes Etapas de Carregamento" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8602 - "Peças de Concreto Armadas com Barras Protendidas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8603 - "A Relaxação do Concreto e a Redistribuição das Tensões nas Peças Armadas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8604 - "Análise Não Linear de Trelças Especiais" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8605 - "Variação, no Tempo, do Estado de Tensão nas Seções de Concreto Armado" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8606 - "Evolução ao Longo do Tempo, das Tensões de Cisalhamento nas Vigas de Concreto Protendido" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO
- 8607 - "Cômputo de Fluência por Problemas de Estabilidade" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8608 - "Erros Usuais Cometidos nas Determinações das Tensões de Cisalhamento nas Peças de Altura Variável" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8609 - "Contribuição da Fluência do Aço, da Fluência e Retração do Concreto nos Deslocamentos Devidos à Flexão, nas Peças de Concreto Protendido" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8610 - "Sistema VX-IQB para Processamento de Textos Científicos" - IVAN DE QUEIROZ BARROS
- 8611 - "Análise Não Linear de Pórticos Planos" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8612 - "Erros a Serem Evitados no Cálculo de Pórticos, em Particular no dos Edifícios" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8613 - "Minima Correctio Methodi Inveniendi Lineas Curvas Elasticii" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 8614 - "Nova Técnica para Codificações de Procedimentos Envolvendo Matrizes - Avaliação de Desempenho" - IVAN DE QUEIROZ BARROS
- 8615 - "Casos Especiais de Flambagem de Pórticos de Edifícios Altos" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ

- 8616 - "Vigas Protendidas: Alterações das Tensões, das Deformações e dos Deslocamentos ao Longo do Tempo" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8701 - "Consideração sobre Não-Linearidade Geométrica em Estruturas Reticuladas Planas" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 8702 - "Consideração da Não-Linearidade Geométrica em Estruturas Laminas Planas" - Parte I - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8703 - "Consideração da Não-Linearidade Geométrica em Estruturas Laminas Planas" - Parte II - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8704 - "Estado Plano de Tensão (Método dos Resíduos Ponderados e Método dos Elementos Finitos)" - VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 8705 - "Aplicação das Equações de Diferenças a um Caso Particular de Estrutura" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8706 - "Verificação da Estabilidade dos Pilares de Pontes" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8707 - "Aplicação do Método Variacional ao Cálculo do Empuxo sobre as Paredes de Arrimo" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8708 - "Análise das Chapas em Regime Elasto-Plástico pelo Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8709 - "Análise das Placas em Regime Elasto-Plástico pelo Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8710 - "A Flambagem de Euler e a "Elástica" Revisitadas: Uma Formulação Unificada para os Cinco Casos Clássicos" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 8711 - "Laje Protendida e Perdas de Protensão Resultantes da Retração, Fluência do Concreto e do Aço" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8712 - "O Método dos Elementos Finitos na Solução de Placa, Solicitadas no seu Plano ou Fletidas. Vinculação com o Método de Ritz" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8713 - "Sobre o Conceito de Corpo Material Linearmente Elástico" - PAULO BOULOS
- 8714 - "Rotações Finitas" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8715 - "Efeitos Estruturais de Segunda Ordem nas Treliças" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, YZUMI TAGUTI
- 8716 - "Estudo das Placas: Resíduos Ponderados e Elementos Finitos" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 8717 - "Estacas com Diversos Vínculos de Extremidades Modelo de Winkler. Coeficiente de Reação Lateral do Solo com Distribuição Uniforme" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8718 - "Estacas com Diversos Vínculos de Extremidades - Modelo de Winkler. Coeficiente de Reação Lateral do Solo com Distribuição Triangular" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8719 - "Estacas com Diversos Vínculos de Extremidades - Modelo de Winkler. Coeficiente de Reação Lateral do Solo com Distribuição Trapezoidal" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8720 - "Sobre a Matriz de Rigidez Tangente das Barras de Treliças Planas Sujeitas a Rotações Grandes" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8721 - "Um Método Geral para a Redução da Matriz de Rigidez Tangente de Elementos Finitos" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8722 - "A Matriz de Rigidez Tangente do Elemento de Pórtico Plano - Teoria de Timoshenko" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8801 - "Distribuição Transversal de Carga nas Pontes de Vigas Justapostas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8802 - "O Método de Galerkin no Problema das Placas Fletidas - Teoria de Reissner" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA
- 8803 - "Um Algoritmo para o Cálculo do Tensor Rotação e do Tensor das Deformações Logarítmicas em Problemas Incrementais" - PAULO DE MATTOS PIMENTA

- 8804 - "Um Algoritmo para a Integração das Tensões na Plasticidade Perfeita" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8805 - "Análise das Cascas Cilíndricas em Regime Elasto Plástico pelo Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8806 - "Consideração do Efeito de Membrana nas Placas pelo Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8807 - "Alteração do Estado de Tensão nas Estruturas Hiperestáticas Devida à Fluência do Aço, do Concreto e Retração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8808 - "O Método dos Mínimos Quadrados no Exame de alguns Casos de Instabilidade, Computada à Fluência do Material" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8809 - "A Matriz de Rigidez Tangente do Elemento de Pórtico Espacial" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8810 - "Consideração da Fluência do Material da Determinação da Carga Crítica das Barras Mergulhadas em Meio Elástico" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8811 - "Um Programa para Solução do Problema Generalizado de Autovalores e Autovetores para Matrizes Reais Densas" - PRISCILA GOLDENBERG, REYOLANDO M.L.R.F. BRASIL, MÁRCIA CIMERMANN
- 8812 - "Pilar de Pontes: Riscos dos Cálculos Correntes" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8813 - "Sugestões à Norma, em Discussão, sobre "Projeto de Estrutura de Concreto Protendido" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8814 - "Esforços Resistentes do Concreto" - LAURO MODESTO DOS SANTOS
- 8815 - "Tabelas Momento-Curvatura" - LAURO MODESTO DOS SANTOS
- 8816 - "Análise Não-Linear de Arcos" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8817 - "Estados Limites das Uniões Pregadas de Madeira" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO, PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA
- 8818 - "O Emprego da Técnica de Aceleração da Convergência para a Resolução de Problemas Estruturais Através do Método dos Elementos Finitos por Algoritmo do Tipo Resíduo das Tensões" - FRANCISCO BRASILIENSE FUSCO JR., RUBENS AKEL
- 8819 - "Um Critério para o Estabelecimento dos Estimadores de Erro para os Elementos Finitos Adaptativos na Modalidade P" - FRANCISCO BRASILIENSE FUSCO JR., JARBAS A. GUEDES
- 8820 - "Non-Linear Finite-Element Formulation in Dynamic" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 8821 - "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" de Newton: 300 Anos - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8822 - "A Estabilidade das Fundações Arenosas Estratificadas, Segundo V. V. Sokolovskiy" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8823 - "Flambagem de Estacas Totalmente Enterradas. Solo com Coeficiente de Reação Variável" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8824 - "As Equações de Vlasov e a Estabilidade Espacial das Barras de Seção Delgada" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8825 - "Um Programa para Solução de Sistemas Lineares de Grande Porte - Aplicação à Engenharia de Estruturas" - PRISCILA GOLDENBERG, REYOLANDO M.L.R.F. BRASIL
- 8826 - "Sobre a Aceleração do Centro Instantâneo de Rotação" - NELSON ACHCAR, PAULO BOULOS
- 8827 - "Esforços Resistentes do Concreto" - LAURO MODESTO DOS SANTOS
- 8828 - "Tabelas Momento-Curvatura" - LAURO MODESTO DOS SANTOS
- 8901 - "A Estimativa da Coesão para o Cálculo da Estabilidade de Aterros e Fundações sobre Argilas Moles" - CARLOS DE SOUSA PINTO
- 8902 - "Treliças Espaciais de Madeira em Regime Viscoelástico sob Não-Linearidade Geométrica" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, TAKASHI YOJO

- 8903 - "O Método dos Prismas Equivalentes Aplicado ao Cálculo das Variações de Tensão, ao Longo do Tempo, nas Seções de Concreto" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8904 - "Efeitos de Laje Concretada Posteriormente sobre Viga Protendida" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ, JOSÉ LOURENÇO BRAGA DE ALMEIDA CASTANHO
- 8905 - "O Cálculo das Grelhas de Pontes pelo Método de Courbon: Uma Hipótese por Demonstrar" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8906 - "Erosão - Erosão em Área Urbana - Erosão Associada à Construção de Estradas Vicinais" - VERA MARY NINETA COZZOLINO
- 8907 - "Solos Tropicais - Proposta de Classificação Baseada nas Características de Compactação" - VERA MARY NINETA COZZOLINO
- 8908 - "Método Variacional de Cálculo de Construções Estaiadas sob Cargas Dinâmicas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8909 - "Métodos Aproximados de Determinação de Frequência de Vibração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8910 - "Non-Linear Analysis of Plane Framer I. Quasi-Static Analysis of Plane Framer with Initially Curved Members" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8911 - "Non-Linear Analysis of Plane Framer II. Dynamic Analysis of Plane Framer with Initially Curved Members" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8912 - "Derivation of Tangent Stiffness Matrices of Simple Finite Elements I. Straight Bar Elements" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8913 - "A Stress Integration Algorithm for the Analysis of Elastic-Plastic Solids by the Finite Element Method I. Small Deformation Analysis" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8914 - "A Stress Integration Algorithm For the Analysis of Elastic-Plastic Solids by the Finite Elements Method II. Large Deformation Analysis" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8915 - "Flambagem de Estacas Parcialmente Enterradas Solo com Coeficiente de Recalque Constante" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8916 - "Caracterização da Deformabilidade na Elasticidade Linear" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 8917 - "Um Pacote de Subrotinas Matemáticas para o LMC" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG
- 8918 - "Relatório de Subrotinas Matemáticas (I)" - PRISCILA GOLDENBERG, PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8919 - "Relatório de Subrotinas Matemáticas (II)" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG
- 8920 - "Viga Contínua Mista Aço-Concreto, Conectada Elasticamente, sob a Ação da Fluência e Retração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8921 - "Relatórios de Subrotinas Matemáticas (III)" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG
- 8922 - "O Problema da Flexão Plana na Teoria da Elasticidade dos Corpos Não Homogêneos" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8923 - "Alterações das Tensões de Cisalhamento nas Peças de Concreto Protendido, devidas à Fluência e Retração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9001 - "Os Deslocamentos Devidos à Flexão das Vigas Protendidas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9002 - "Dinâmica das Estruturas Aporticadas Planas e Comportamento Geometricamente Não Linear" - REYOLANDO M.L.R.F. BRASIL, CARLOS e.N. MAZZILLI
- 9003 - "Teoria de Segunda Ordem das Placas - Estudo da Rigidez Secante" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 9004 - "Influência das Tensões de Cisalhamento na Deformação da Viga sob o Regime Elasto-Plástico" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9005 - "Ainda a Estabilidade dos Sistemas Elásticos. Aceno Histórico. o Erro de Euler" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ

- 9006 - "A Origem das Funções de Bessel com algumas Aplicações em Problemas Estruturais" - AUGUSTO CARLOS DE VASCONCELOS
- 9007 - "Considerações sobre o Emprego do Teorema dos Trabalhos Virtuais na Resolução de Estruturas Hiperestáticas" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9008 - "Non-linear Finite-element Formulation in Dynamics II" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 9009 - "Fatores de Forma e Fatores de Carga Generalizados" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9010 - "Corpos Hiperelásticos Homogêneos Transversalmente Isotrópicos Não Ortotrópicos" - NELSON ACHCAR
- 9011 - "Análise das Cascas de Revolução em Regime Elasto Plástico pelo Método dos Elementos Finitos" - JOSÉ MARQUES FILHO, LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9012 - "O Algoritmo de Mínimo Grau para Reordenação e Solução de Sistemas Lineares Esparsos" - PRISCILA GOLDENBERG, REYOLANDO M.L.R.F. BRASIL, SÉRGIO PINHEIRO
- 9101 - "Consideração da Não-Linearidade Física e da Não-Linearidade Geométrica na Análise das Placas pelo Método dos Elementos Finitos - Parte I" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9102 - "Introdução ao Estudo dos Pórticos Esbeltos - Matriz de Rigidez Secante" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, ALFONSO PAPPALARDO JR.
- 9103 - "Cálculo de Estruturas Sujeitas a Terremotos" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, SELMA H. SHIMURA
- 9104 - "Análise Não-Linear de Pórticos Espaciais - Parte I: Teoria e Método dos Elementos Finitos" - PAULO M. PIMENTA, TAKASHI YOJO
- 9105 - "Flambagem de Edifícios Altos" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9106 - "Programas de Microcomputador para Análise Dinâmica de Estruturas nos Domínios do Tempo e da Frequência" - REYOLANDO M.L.R. DA F. BRASIL
- 9107 - "Variação nas Peças Protendidas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9108 - "Análise das Placas Sujeitas a Grandes Rotações Mediante o Uso do Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9109 - "Consideração Tópica sobre o Código Modelo 1990 do CEB-FIP" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9110 - "Materiais Compatíveis com as Barras Cujas Seções Normais Permanecem Planas" - NELSON ACHCAR
- 9111 - "Dinâmica das Placas: Elementos Finitos via Resíduos Ponderados" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, FLÁVIO JOSCE GARZERI, REYOLANDO M.L.R. FONSECA BRASIL
- 9112 - "Estabilidade do Equilíbrio dos Sistemas no Campo Conservativo de Forças" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9113 - "Sobre a Estabilidade Elástica de Arcos Abatidos" - REYOLANDO M.L.R. FONSECA BRASIL, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 9114 - "Considerações Teóricas sobre o Adensamento Secundário" - HELOÍSA HELENA SILVA GONÇALVES
- 9115 - "Teoria de Vlassov sobre Barras, Placas e Cascas, de Parede Fina, Protendidas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9201 - "Consideração da Não-Linearidade Física e da Não-Linearidade Geométrica na Análise das Placas pelo Método dos Elementos Finitos - Parte II" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9202 - "Sobre a Interpretação de Provas de Carga em Estacas Considerando as Cargas Residuais de Ponta e a Reversão do Atrito Lateral" - FAIÇAL MASSAD
- 9203 - "Um Programa para Análise Limite de Pórticos Planos em Regime Elasto-Plástico" - REYOLANDO M.L.R. DA FONSECA BRASIL
- 9204 - "Equação Constitutiva das Barras Hiperelásticas Transversalmente Isotrópicas" - NELSON ACHCAR
- 9205 - "Análise Não-Linear de Pórticos Espaciais de Madeira" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, TAKASHI YOJO
- 9206 - "Perda de Estabilidade à Tração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ

- 9207 - "Teoria de Segunda Ordem das Placas - Estudo da Rigidez Tangente" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 9208 - "Vibrações Não-Lineares de Placas" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, REYOLANDO M.L.R. DA FONSECA BRASIL, PAULO SHIGUEME IDE
- 9209 - "Variedades Vinculadas Reduzidas" - PAULO BOULOS, NELSON ACHCAR
- 9210 - "Estudo da Perda de Estabilidade. Segundo Critérios Dinâmicos" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9211 - "Programas de Microcomputador para Análise Dinâmica de Estruturas - Parte II - Vários Graus de Liberdade" - REYOLANDO M.L.R. DA FONSECA BRASIL
- 9212 - "Otimização da Deposição de Rejeitos" - LUIZ GUILHERME F.S. DE MELLO
- 9213 - "Andros - a Finite Element Program From Nonlinear Dynamics" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI, REYOLANDO M.L.R. DA FONSECA BRASIL
- 9214 - "Considerações sobre o Cálculo Dinâmico de Estruturas Usando Transformadas de Fourier" - ALFREDO PINTO DA CONCEIÇÃO NETO, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 9215 - "Placas Delgadas" - ALFONSO PAPPALARDO JUNIOR, HENRIQUE DE BRITTO COSTA
- 9216 - "Excitação Paramétrica em Sistemas com um Grau de Liberdade" - MÁRIO EDUARDO SENATORE SOARES, CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 9301 - "PEFMAT - Relatórios de Subrotinas Matemáticas - Parte IV" - PRISCILA GOLDENBERG, PAULO DE MATTOS PIMENTA, MARCIA CIMERMAN
- 9302 - "Vibrações de Pórticos com Vigas de Rigidez Infinita" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9303 - "Direct Along-Wind Dynamic Analysis of Tall Structures" - MARIO FRANCO
- 9304 - Comportamento Pós-Crítico de Barra Delgada Protendida - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9305 - Os Polinômios Trigonométricos na Solução de Problemas de Vibração Mecânica - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9306 - Linhas de Influência Dinâmicas para Deslocamentos, Momentos Fletores e Forças Cortantes nas Vigas Simples - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9307 - O Modelo Clam-Clay Revisto - JOSÉ JORGE NADER
- 9308 - Patologia da Concepção Estrutural: Danos por Efeitos de Segunda Ordem em Edifícios Altos, um Exemplo - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9309 - Vibração de Sistemas Não Lineares: Método de Aproximações Sucessivas - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9310 - Normalização dos Símbolos Gráficos para Projetos de Estruturas de Madeira - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9311 - Ensaio de Adensamento - HELOISA HELENA SILVA GONÇALVES
- 9312 - Comentários sobre a Normalização das Ações e Segurança nas Estruturas - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9313 - Introdução à Análise Dinâmica de Estruturas por Meio de Elementos Finitos - Parte I - Galerkin e Elementos Finitos - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, SELMA HISSAE SHIMURA
- 9314 - Vibrações Aleatórias na Dinâmica de Estruturas - REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL
- 9315 - Determinação da Equação para Cálculo do Momento Crítico à Flambagem Lateral - VALDIR PIGNATTA E SILVA, LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9316 - Efeito dos Sismos nas Estruturas Aporticadas - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9317 - As Estruturas Aporticadas com Vigas de Rigidez Infinita, Submetidas ao Sismo - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9318 - Uma Proposta de Normalização das Resistências da Madeira Estrutural - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9319 - Resistência dos Materiais Anisotrópicos - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO

- 9401 - Soluções Analíticas para a Deformação do Material Elasto-Plástico Cam-Clay úteis na Interpretação de Ensaaios Triaxiais com Diferentes Trajetórias de Tensão - JOSÉ JORGE NADER
- 9402 - Introdução à Fotoelasticidade por Reflexão - PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA, FRANCISCO ROURE FERNANDEZ, FREDERIC MARINON CARVAJAL
- 9403 - Numerical Conditioning in Structural Solutions: a Proposal for a new Condition Number - HENRIQUE LINDENBERG NETO
- 9404 - A Esbeltez Estrutural e sua Influência nas Frequências de Vibrações - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9405 - Determinação do Momento Crítico à Flambagem Lateral de Vigas de Aço - VALDIR PIGNATTA E SILVA, LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9406 - Uma Análise dos Parâmetros de Ensaio Utilizados para Cálculo de Recalques por Adensamento - HELOISA HELENA SILVA GONÇALVES
- 9407 - Programação Matemática Aplicada à Análise Limite de Estruturas I - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG, ERNESTO COUTINHO COLLA
- 9408 - Programação Matemática Aplicada à Análise Limite de Estruturas II - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG, ERNESTO COUTINHO COLLA
- 9409 - Formulação de um Elemento Finito de Cabo Incorporando o Efeito de Atrito - RUY M. PAULETTI, PAULO M. PIMENTA

