

CONSTRUÇÃO DE GEOMETRIAS TRIDIMENSIONAIS COM AUXÍLIO DO PROGRAMA TETGEN¹

**Vanessa Faoro², Rodolfo França De Lima³, Saul Vione Winik⁴, Kelly Pereira Duarte⁵,
Juliane Andreia Tibulo⁶, Oleg Khachatourian⁷.**

¹ Pesquisa de uma das etapas da dissertação da mestranda Vanessa Faoro, desenvolvida no curso de Mestrado em Modelagem Matemática da UNIJUÍ.

² Aluna do Curso de Mestrado em Modelagem Matemática da UNIJUÍ, bolsista UNIJUÍ, vanefaoro@yahoo.com.br

³ Aluno do Curso de Mestrado em Modelagem Matemática da UNIJUÍ, bolsista UNIJUÍ, rodolfofrancadelima@hotmail.com

⁴ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UNIJUÍ, bolsista PIBIC/CNPq, saul.winik@gmail.com

⁵ Aluna do Curso de Mestrado em Modelagem Matemática da UNIJUÍ, bolsista CNPq, kelly_duartee@yahoo.com.br

⁶ Graduada em Matemática Licenciatura da UNIJUÍ, julianetibulo@hotmail.com

⁷ Orientador, Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, olegkha@unijui.edu.br

Introdução

No campo das pesquisas, existem muitas aplicações que são tipicamente bidimensionais, tais como mapas, gráficos, etc. No entanto, nosso mundo é tridimensional (3D) e sua visualização permite oferecer formas de observar e analisar modelos computadorizados mais eficientes seja na arquitetura, indústria, simulação, animação, entre outros.

Um software utilizado para a construção de geometrias 3D é o TetGen, criado por Hang Si Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastics, em Berlin, Alemanha. O TetGen além de gerar geometrias, também subdivide-as em tetraedros utilizando algoritmos Delaunay, onde maximiza o menor ângulo de todo triângulo (evitando ângulos pequenos). Esta subdivisão consiste no aumento da qualidade da malha tetraédrica (SI H., 2006).

O software é um poderoso aliado em modelos matemáticos, pois seu refinamento e discretização da geometria são adequados para realizar a implementação de métodos numéricos, tais como, o Método dos Elementos Finitos (MEF) e o Método dos Volumes Finitos, em 3D. O MEF é uma ferramenta numérica poderosa para resolver Equações Diferenciais Parciais, usado em sistemas mais complexos envolvendo geometrias e condições de contorno mais sofisticadas.

DEVILLA et al. (2005), argumenta que a técnica de elementos finitos pode ser utilizada como uma ferramenta importante na determinação da distribuição do ar em silos providos de sistema de aeração, dotados de dutos. Abrange um problema da agricultura brasileira, no qual a otimização do sistema de aeração, é muito importante para que o Brasil se mantenha no mercado interno, atendendo com flexibilidade e velocidade às exigências da demanda do mercado.

Por essas e outras razões, este trabalho tem como objetivo contribuir para que o leitor aprenda a criar geometrias e malhas tetraédricas, sendo capaz de modelar algum problema proposto e sua discretização, usando arquivos de entrada a partir da linha de comando do software.

SALÃO DO CONHECIMENTO

UNIJUÍ 2013
Ciência • Saúde • Esporte



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XVIII Jornada de Pesquisa

Metodologia

O TetGen é um programa independente, executado diretamente na Prompt de Comando (cmd), atua com diferentes arquivos de entrada criados no acessório Notepad (Bloco de Notas). Parâmetros são usados para controlar o comportamento de TetGen e para especificar a saída arquivos. Em correspondência com as diferentes opções, o TetGen gerará a qualidade conforme malha (Delaunay), seu download pode ser feito através do site: <http://wias-berlin.de/software/tetgen/> Neste trabalho foram utilizados os parâmetros de condições de fronteira (usados para diferenciar materiais da geometria), também foi empregado o parâmetro `-p` no qual gerou uma malha tetraédrica em complexo linear com qualidade. Como também o parâmetro `-a`, com o intuito de refinar a malha tetraédrica.

Os arquivos foram criados no acessório Notepad, contendo uma lista de pontos tridimensionais, seguindo as regras das coordenadas (x, y, z), juntamente com seus respectivos índices de contagem e atributo de fronteira. Em sua primeira linha contem quatro informações da geometria criada, sendo que o primeiro elemento é o número de vértices, o segundo elemento é a quantidade de pontos e os outros dois últimos pontos são atributos de fronteiras, usados para identificar algum comando utilizado.

Foram construídas três geometrias, sendo a primeira, um cubo de dimensão 1x1; a segunda geometria foi construída em forma de uma casa (da mesma dimensão do cubo, com telhado em forma de V); a terceira geometria construída foi um armazém graneleiros horizontal, com dados da Cooperativa Tritícola Santa Rosa.

Para a visualização da interface gráfica do sólido, foi utilizado o TetView, que consiste em um pequeno programa gráfico para visualização de malhas tetraédricas, com a finalidade de analisar os arquivos de entrada e saída do TetGen. O TetView exibe informações como contorno e materiais, permitido o usuário manipular a geometria, estando disponível gratuitamente em <http://tetgen.berlios.de/tetview>.

Resultados e discussão

O primeiro resultado obtido no TetGen, foi a construção de um cubo 3D, um sólido com pontos das coordenadas simples de analisar, mas com o intuito de manejar o software. A primeira etapa para a construção do cubo no Notepad, foi definir pontos para as coordenadas, salvo como cubo.node.

Em decorrência, após chamar o comando TetGen com o respectivo nome do arquivo criado, temos como resultado, na própria página do cmd, a quantidade exata de pontos, tetraedros e faces, do cubo criado. De forma mecânica, o software cria três arquivos, contendo as características da geometria, referente a nodos (nó), elementos (tetraedros) e faces, salvos respectivamente, como: cubo.1.node; cubo.1.ele; cubo.1.face.

Em poucos segundos, foi obtido informações da geometria com precisão, podendo ser implementadas em um modelo matemático. Muito útil em geometrias mais complexas, onde não é possível definir esses dados sem a ajuda de instrumentos.





Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVIII Jornada de Pesquisa

O segundo resultado, é a construção da segunda geometria, em formato de uma casa de mesmas dimensões do cubo, porém com um telhado em formato de V. Nessa geometria, foi acrescentado condição de fronteira no telhado (diferenciando parede e telhado). Para alcançar o novo resultado, foi criado um novo arquivo, chamado de casa.smesh, que possui as coordenadas e as condições “0 ou 1”, nas faces que foram definidas para serem respectivamente parede e telhado. Em sua visualização a parede e o telhado são de cores distintas, permitindo colocar quantas condições de contorno forem necessárias. Podendo ser aplicado em pesquisas que envolvem uma fonte interna (entrada e saída de ar, calor, etc).

Além das condições do contorno atribuídas, na segunda geometria criada, também foi utilizado o comando (-p) que implica em gerar malhas tetraédricas em complexo linear com qualidade. No primeiro momento sua malha possuía 9 tetraedros e 16 faces, após a utilização do comando -p, a malha passou a ter 26 tetraedros e 68 faces. Para a aplicação do método dos elementos finitos, malha com qualidade, resulta na melhor precisão do resultado.

No terceiro resultado é apresentada a construção da terceira geometria, que consiste em um armazém graneleiros horizontal, com dados provenientes da Cooperativa Tritícola Santa Rosa. É uma geometria mais ampla, que consiste na coleta de dados com mais pontos de coordenadas. Nesta construção, foram acrescentadas condições de contorno, definindo parede e teto, como também malhas tetraédricas em complexo linear com qualidade (método da construção da segunda geometria). Se coletado os pontos certos, sua visualização é um ótimo resultado da construção do armazém, permitindo acrescentar outros atributos, como entrada e saída do ar, dutos internos, sensores de termometria, podendo ter uma análise mais eficiente da geometria em 3D.

O diferencial da terceira geometria, foi a aplicação de um comando muito importante para o seu refinamento da malha, utilizando o comando -a (coeficiente de refinamento), que serve como uma restrição do volume máximo de tetraedros, impondo uma restrição de volume fixo, é útil para a refinação de um elemento finito. É importante observar que através do refinamento da malha com coeficiente 5, o armazém passou de 259 tetraedro, para 19.193 tetraedros. Já com coeficiente de refinamento 100, passou para 3.662 tetraedros. Ou seja, quanto menor o número do coeficiente agregado no software, maior é o seu refinamento, resultando uma malha refinada com um número de tetraedros no qual desejamos.

Os resultados, foram possíveis visualizar através do programa TetView, analisando e demonstrando as características da geometria criada, usufruindo o uso do manejo do sólido. É importante destacar, que os resultados das geometrias criadas já estão, segundo as normas da triangularização de Delauney, no qual as informações dos arquivos gerados são adequadas para a implementação do MEF.

Conclusões

O TetGen mostrou um ótimo desempenho e estabilidade, e apesar de não possuir interface gráfica é possível visualizar as malhas geradas através do programa TetView do mesmo autor. Os resultados obtidos podem ser utilizados em simulação numérica com condições de contorno mais complexas, com aplicações científicas e de engenharia. TetGen é um software regularmente atualizado e está





Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVIII Jornada de Pesquisa

sob uma licença do tipo MIT modificada. As restrições são de que o sistema seja utilizado apenas para fins de pesquisa, para utilização comercial, sendo necessário entrar em contato com o autor.

Palavras-Chaves: Malha Tetraédrica; Elementos Finitos; Modelagem Matemática;

Agradecimentos

Agradecemos a UNIJUÍ pelas bolsas disponibilizadas. Ao professor Oleg Khatchatourian e ao Manuel Binelo, por ter nos proporcionado momento de pesquisa e aprendizagem.

Referências Bibliográficas

DEVILLA, I. A.; COUTO, S. M.; QUEIROZ. Airflow distribution in aerated silos: finite element analysis. Rev. bras. Eng. Agrícola. Ambiente. Vol.9, Campina Grande Apr./June 2005.

SI H. TetGen-A Quality Tetrahedral Mesh Generator and Three-Dimensional Delaunay Triangulator. January 18, 2006, Version 1.4



Para uma VIDA de CONQUISTAS