

Uso da Tecnologia Computacional como Ferramenta para a Tomada de Decisão no Projeto de Estruturas Metálicas

Use of Computer Technology as a Decision-Making Tool in Metal Structure Projects

Eduardo Cardoso, Ms.

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
Duda2508@gmail.com

Branca Freitas de Oliveira, Dra.

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
branca@ufrgs.br

Abstract. *A world of intense and quick changes has led the society to the Information and Knowledge Age. The use of information technologies leads to deep changes and new processes. Systems and organizations must be prepared for the growing amount and speed of information. The main objective of this work is the application of the computer simulation tools CAD/CAE to help decision-making in architecture and engineering projects, specifically metal structure projects. This work presents the application of the finite element method-based software Abaqus/CAE to analyze and propose possible project solutions to the case study of a metal structure which covers a food court in a shopping mall.*

Keywords. *Design; CAD; CAE; Metal Structure; Computacional Simulation.*

Introdução

As estruturas metálicas utilizadas na construção civil têm grande eficiência e apresentam bom efeito estético, mas não são tão exploradas em sua geometria quanto poderiam em função de regras estruturais e formas pré-concebidas. Sua riqueza espacial e versatilidade podem contribuir muito mais para a arquitetura e encorajar novas soluções geométricas.

Como base para a tomada de decisões projetuais, diversas tecnologias computacionais podem ser utilizadas, propondo soluções inovadoras através de modelagem, cálculo e visualização destas estruturas. A detecção de erros ou potencialidades ainda na fase de projeto pode significar uma enorme economia de tempo ou recursos, maior segurança ou melhor solução estética.

Objetivos

A fase de projeto é, em geral, a etapa de maior importância no processo de produção de um produto, seja ele qual for. Nesta etapa tomam-se decisões que provocam repercussões no custo da produção e manutenção do produto, tempo de produção, desempenho e satisfação do cliente. A falta de um sistema de informação para apoio aos projetistas cria um ambiente de incerteza, sem ferramentas que os auxiliem numa análise de soluções alternativas. Obter dados, transformá-los em informações e informação em conhecimento permitiria incrementar a qualidade do produto e otimizar tempo e custo de produção.

O presente trabalho tem como objetivo geral apresentar a aplicação da metodologia existente de apoio à tomada de decisão de projeto de estruturas metálicas. Além disso, pretende-se evidenciar a importância das atuais tecnologias computacionais disponíveis e as ferramentas para o tipo de trabalho proposto. Para tanto será utilizado software de elementos finitos para cálculo, análise e visualização de esforços e deformações das estruturas.

Conceitos Básicos

Definição de Projeto

Definido de várias maneiras, o termo projeto, depende do contexto aonde se encontra inserido. Pode ser a idéia que se tem em executar ou realizar algo de maneira que atenda da melhor forma possível às necessidades dos clientes em conformidade com seus requisitos. Nobre (1999) define na acepção popular de intenção de realizar algo; em economia como conjunto de informações obtidas com o objetivo de analisar uma decisão de investimento; na construção civil como conjunto de informações que instruem a implantação de um empreendimento. Para TZORTZOPOULOS (1999), projeto é definido em diferentes contextos por vários autores que entendem que qualquer coisa a nossa volta que não seja parte da natureza foi projetada por alguém. LAWSON (1983, apud Tzortzopoulos, 1999) define projeto como a produção de uma solução e também como a resolução de problemas. A ASBEA (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura) define a palavra projeto como intento, desígnio, empreendimento e, em sua acepção técnica, um conjunto de ações caracterizadas e quantificadas, necessárias à concretização de um objetivo.

Tecnologia da Informação

Termo adotado para o conjunto dos conhecimentos que se aplicam na utilização da informática, envolvendo-a na estratégia da organização para obter vantagem competitiva. Trata das relações complexas entre sistemas de informação, o uso e inovação de hardware, sistemas de automação, software, serviços e usuários. Pode contribuir para solução de problemas, gerando efetivamente informação ou conhecimento e tendo como objetivo o auxílio aos processos de tomada de decisão, determinar fatores diferenciais e proporcionar ganho. Segundo MEZZOMO (2002), o uso de tecnologia da informação pode reduzir em até 70% o prazo de horas trabalhadas para a realização de um projeto.

Processo de Apoio à Decisão – Tomada de Decisão

Segundo DETONI (1996), o apoio à decisão é atividade daquele que, servindo-se de modelos claramente explicitados e mais ou menos formalizados, procura obter elementos de resposta às questões que se colocam a um interveniente num processo de decisão.

Para BANA E COSTA (1992, apud DETONI, 1996), um processo de apoio à decisão é um sistema aberto de que são componentes os valores e objetivos dos atores e as ações e suas características. É da interação entre eles que emergirão elementos para avaliação e decisão.

Morfologia Arquitetônica das Estruturas Metálicas

Morfologia é o estudo da forma que a matéria pode tomar. Para CHILTON (2000), o processo de imaginação do design de estruturas é restrito em função da inábil visualização dos modelos e croquis dos sistemas estruturais quando usado CAD somente como ferramenta de desenho e não de design, passível de explorar a morfologia de estruturas mais complexas e capazes de produzir melhores desenhos.

No campo do projeto de estruturas, nota-se a evolução dos métodos de tentativa e erro que produziram as magníficas catedrais góticas, passando pelas técnicas e regras de cálculo de estruturas até as presentes ferramentas computacionais de análise de elementos complexos tridimensionais disponíveis atualmente.

Simultaneamente, na arquitetura houve equivalente evolução desde os croquis a mão livre, passando pelos desenhos em 2D em CAD, culminando nas imagens renderizadas e representações em realidade virtual. Em ambos os casos, a velocidade do processo de informação foi incrivelmente alta. Em função disto, CHILTON (2000), afirma que a imaginação dos projetistas não parou, considerando novas oportunidades para explorar a morfologia das estruturas civis usando as ferramentas computacionais disponíveis.

Atualmente, as empresas são forçadas a reduzir custos e encontrar tempo para inserir novas tecnologias em seus processos de produção para aumentar a performance de seus produtos e reagir rapidamente às mudanças do mercado e dos usuários, cada vez mais exigentes e bem informados.

Métodos de Modelagem e Ferramentas Computacionais

Os métodos de modelagem incluem realidade virtual, modelagem tridimensional e ferramentas de simulação para descrever os componentes do produto durante todo o seu ciclo de vida. Muitas destas ferramentas são baseadas em sistemas CAD, CAM, CAE, entre outros. Muitas formas os distinguem dos outros sistemas tradicionais de design, tais como, a inovação e as atividades computacionais. A integração entre estes sistemas (CAD, CAM, CAE) propicia uma completa avaliação virtual do produto. Vários métodos de modelagem e ferramentas são combinados para gerar um simples e rápido modelo do produto, que associado às correntes ferramentas de renderização, podem chegar a um nível mais próximo da visualização fotorrealística.

Tecnologia CAE – O Método dos Elementos Finitos – Abaqus/CAE

É grande o número de empresas que vem desenvolvendo os seus produtos com a utilização de modernas ferramentas de análise como CAE, aplicando o método dos elementos finitos (MEF) na solução de problemas estruturais e/ou mecânicos para obtenção de produtos com alta qualidade e desempenho. Com estes recursos diminuí-se custos de produção, pois o comportamento dos componentes é simulado no computador, aonde são previstas as falhas e/ou deficiências de performance (Engenharia Preditiva), podendo-se prever e realizar as correções dos problemas.

Segundo ALVES (2000), é próprio da mente humana querer subdividir os sistemas em seus componentes individuais (Elementos), assim, surge a idéia que, entendendo-se o comportamento de cada trecho da estrutura ou elemento, entender-se-á o conjunto, por mais complexo que possa parecer.

Os softwares de elementos finitos oferecem uma biblioteca com diferentes tipos de elementos (placas, cascas, membranas, sólidos, vigas, etc) e neles são introduzidas as condições de contorno e carregamento apropriados além dos modelos constitutivos (elástico, plástico, etc). Montado o modelo estrutural, pode-se simular a estrutura inteira, qualquer que seja sua forma e tipo de carregamento, determinando o estado das tensões e avaliando sua resistência mecânica. Assim, o MEF é uma ferramenta extremamente útil para auxiliar as equipes de projeto no desenvolvimento de um produto. Exemplo deste tipo de sistema é o ABAQUS CAE, utilizado nesta pesquisa como ferramenta para a tomada de decisão de projeto. Com ele o usuário pode, de forma rápida e eficiente, criar, editar, monitorar, diagnosticar e visualizar as análises.

Estudo de Caso

O objetivo deste estudo é modelar a estrutura proposta, submetê-la ao cálculo e visualizar as tensões e deformações de forma a propiciar a análise de novas formas otimizando a mesma para cumprir seu papel estrutural (custos, qualidade física de instalação e manutenção) e também levar em conta os aspectos estéticos. As soluções propostas são submetidas a novo cálculo e análise para comprovar os benefícios do uso de programas de elementos finitos como ferramenta no auxílio à tomada de decisão de projeto. Esta flexibilidade na exploração da forma destas estruturas permite maior liberdade na representação das intenções e necessidades de projeto.

No processo de modelagem usa-se o software Rhinoceros 4.0 capaz de modelar desde simples superfícies planas até geometrias complexas difíceis de serem realizados em outros softwares. Para o cálculo e visualização da estrutura utiliza-se o Programa ABAQUS CAE.

Estudo de Caso da Estrutura Metálica da Cobertura da Praça de Alimentação do Moinhos Shopping – Porto Alegre – RS

Tanto nas imagens (figura 01) quanto no projeto a estrutura em questão é apresentada como um conjunto de vigas metálicas sustentando uma cobertura em vidro, mas para efeito de cálculo, será analisada somente uma viga isolada sob a carga de cobertura compatível com o trecho. Foram considerados para o cálculo das cargas os esforços devidos ao vento, peso próprio do vidro e carga devido ao peso próprio da estrutura (aço), para se chegar a carga total da estrutura.



Figura 01: Estrutura da Cobertura - Moinhos Shopping - RS.

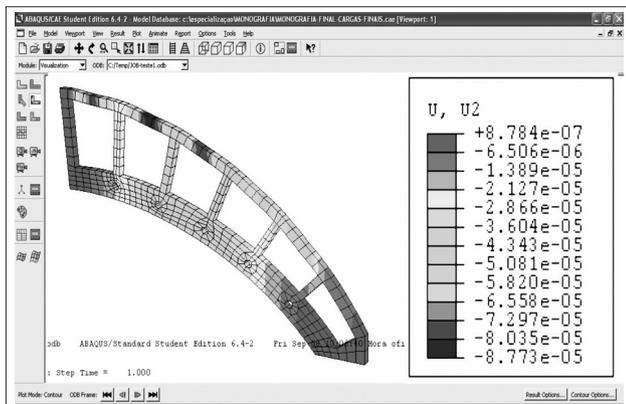


Figura 02: Visualização das deformações (deslocamento).

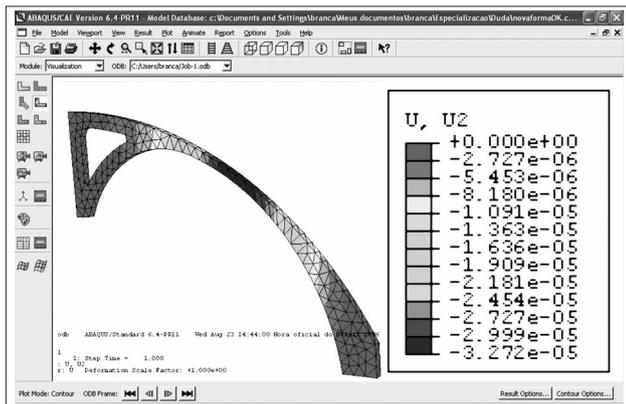


Figura 03: Terceira Alternativa – Visualização das deformações.

Após aplicadas as cargas e realizada a análise, chega-se à visualização das tensões e das deformações sofridas pela estrutura (Figura 02). Analisando a visualização das tensões pode-se ver os pontos em que a mesma é mais solicitada, mas é na figura 02, que consegue-se visualizar e quantificar as deformações sofridas pela estrutura e através desta análise propor novos modelos ou alternativas de otimização da estrutura (volume de material). Neste caso a maior parte da análise é feita com base na visualização das deformações sofridas (deslocamento), justo por serem facilmente identificáveis e quantificáveis, pois vemos o quanto a estrutura deformou-se e com base nisto podemos propor sua otimização, que neste trabalho é abordada apenas pelo volume de material.

Segundo análise da Figura 02, pode-se ver que a mesma teve apenas 0,51mm de deflexão global. Observa-se, ainda, um deslocamento um pouco maior, de 0,87mm, em algumas das partes da estrutura. Este comportamento indica que, para cargas maiores pode haver falha localizada nestes pontos.

Como a deformação é mínima e o volume de aço da estrutura é de 1,04 m³, propõem-se novas alternativas com menor volume de material e que cumpra efetivamente seu papel estrutural e estético.

Assim como a proposta anterior, esta (Figura 03) teve um deslocamento positivo em uma área da estrutura, ou seja, enquanto a mesma trabalhava para baixo, com ponto máximo de 0,67mm de deslocamento, esta parte (central) tinha em contrapartida, um deslocamento para cima de 0,23mm. Ou seja, esta alternativa continua cumprindo sua função estrutural, mas com otimização ainda maior, mostrando como estas ferramentas podem ser continuamente exploradas até chegar-se ao resultado esperado. Partindo-se de um volume inicial de 1,04m³ de aço, no

modelo real, a terceira alternativa (Figura 03) teve seu volume diminuído para 0,49m³ de aço e a quarta opção para 0,36m³, como novas tentativas de suportar a mesma carga com otimização de material, apresentando resultado satisfatório como demonstrado acima.

Considerações Finais

Neste trabalho demonstrou-se como as ferramentas computacionais podem ser utilizadas como facilitadores da investigação de novas formas de concepção de estruturas metálicas. Neste caso, o uso destas ferramentas de representação, modelagem, cálculo e visualização mostraram-se bem mais eficazes no auxílio à tomada de decisão de projeto do que os meios convencionais sem apoio da tecnologia computacional como ferramenta de design e não simplesmente de desenho. Assim, aumenta-se a diversidade de formas disponíveis a serem pensadas, testadas e executadas pelos projetistas com segurança de maior qualidade, clareza e otimização de tempo e recursos.

Isto pode-se ver claramente nos exemplos dados, uma vez que a alternativa que possuía maior volume (1,04m³), apresentou praticamente a mesma deflexão (0,51mm) que a terceira alternativa com volume menor (0,49m³). E, ainda, a última alternativa analisada, com volume de 0,36m³ de aço, apresentou uma deflexão máxima de 0,67mm, perfeitamente aceitável e, apresentando uma economia de material de 65%. Desta forma, pode-se otimizar a estrutura em um processo contínuo até o ponto em que o projetista desejar ou puder seguir.

Referências

- Alves, F.A. Elementos Finitos, a base da Tecnologia CAE. São Paulo, SP: Érica, 2000.
- Chilton, J.C. Exploring Strutral Morphology using CAD. Copenhagen, U.K.: University of Nottingham, 2000.
- Detoni, M.M.M.L. Aplicação de Metodologia Multicritério de Apoio à Tomada de Decisão na Definição de Características de Projetos de Construção. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, SC. 1996.
- Mezzomo, E. L. Importância da Tecnologia para a competitividade das empresas gaúchas da construção civil: a percepção de seus gestores. Porto Alegre, RS: PPGA/EA/UFRGS, 2002.
- Nobre, S. Gerência de Projetos. São Paulo, SP: Universidade Paulista, 1999.
- Tzortzopoulos, S. Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS. 1999.
- ABAQUS/CAE Version 6.5 User's Guide, 2006.