



De 21/10/2015 a 23/10/2015

## ANÁLISE PARCIAL DA ESTRUTURA DO CHASSI DE UMA CENTRAL MÓVEL DE CONCRETO

Everton Roberto Freddi, ef000909@fahor.com.br<sup>1</sup> Augusto Marcel Garbrecht,  
ag001712@fahor.com.br<sup>1</sup> Richard Thomas Lermen, richard@fahor.com.br<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FAHOR - Avenida dos Ipês, 565 - Horizontina - RS - CEP: 98.920-000 - Brasil

### Resumo

O estudo apresenta uma análise estrutural parcial do chassi de uma central móvel de concreto com silo movediço, projetada e produzida por uma empresa do ramo metalomecânico situada no município de Santa Rosa, Rio Grande do Sul, Brasil. O objetivo do trabalho é analisar a estrutura do chassi que sustenta o silo de cimento do equipamento, devido à constatação de uma deformação apresentada nas vigas próximas ao ponto de fixação dos cilindros hidráulicos. A análise foi feita através do software Solidworks e, após simulação, se projetou uma treliça para suportar a tensão máxima atuante na máquina. Os resultados mostraram que a deformação ocorrida na estrutura original foi decorrente da concentração de tensões. A tensão máxima encontrada durante a simulação – 494 MPa – foi superior ao limite de escoamento do aço ASTM A36 – 250 MPa. Já a treliça projetada apresentou tensão máxima de apenas 64,94 MPa, isto é, o novo chassi com treliças suportou as tensões máximas aplicadas, garantindo a segurança e durabilidade da estrutura, mostrando-se apta para realização do trabalho.

**Palavras-chave:** Central de concreto, dimensionamento estrutural, elementos finitos, SolidWorks Simulation.

### ABSTRACT

The study presents a partial structural analysis of the chassis of a mobile concrete central with slippery silo, designed and produced by a company in the mechanical engineering branch in the municipality of Santa Rosa, Rio Grande do Sul, Brazil. The objective of the study is to analyze the chassis frame that supports the cement silo equipment due to a deformation shown in the beams near the fixing point of the hydraulic cylinders. The analysis was performed using the Solidworks software and after the simulation, a truss was designed to withstand the maximum active tension in the machine. Results showed that the deformation occurred in the original structure was due to the stress concentration. The maximum tension found in the simulation - 494 MPa - was higher than the yield strength of the steel ASTM A36 - 250 MPa. The projected truss presented a maximum tension of only 64.94 MPa, that is, the new chassis trusses supported the maximum applied tension, assuring the safety and durability of the structure, being suitable for carrying out the work.

**Palavras-chave:** Concrete central, structural design, finite element, SolidWorks Simulation.

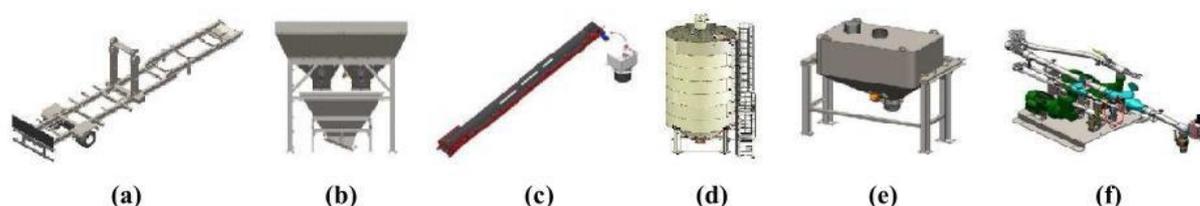
### INTRODUÇÃO

Segundo Martins (2005), central de concreto é um conjunto de equipamentos responsável por desenvolver as principais etapas para produção de concreto, que são: armazenamento, manuseio, fornecimento de materiais, homogeneização da mistura, transporte e lançamento do concreto.

Uma central de concreto é capaz de preparar grandes quantidades de concreto em tempo reduzido. Ainda, o equipamento permite preparar concretos com propriedades distintas para atender diferentes necessidades, como: tipos específicos de peças estruturais, alturas e dificuldades de lançamento (IXON, 2012).

Uma central dosadora móvel de concreto com silo move-dição é composta por vários equipamentos, sendo os principais: chassi da usina, dosador de agregado, moega de recepção, correia transportadora, silo de armazenamento de cimento, dosador de cimento e dosagem de água e aditivo (IXON, 2012). Esses equipamentos encontram-se na Fig. 1.

Figura 1. (a) Chassi. (b) Dosador de agregado com moega de recepção. (c) Correia transportadora. (d) Silo de cimento. (e) Dosador de cimento. (f) Sistema de dosagem de água/aditivo por vazão.



Segundo Ixon (2012), o chassi da usina, que é um semirreboque, possui eixo com rodados e sistema de freios tipo Spring Brake. O dosador de agregado com a moega de recepção é composto por quatro silos para armazenamento de material e uma balança, responsável pela dosagem. A correia transportadora envia os agregados da moega até a bica de carga de um caminhão betoneira.

Ainda segundo o autor, o silo de armazenamento tem a função de armazenar o cimento, enquanto que o dosador recebe o material e efetua sua pesagem. O sistema de dosagem de água/aditivo é formado por um hidrômetro digital, que envia pulsos elétricos para um totalizador de vazão fazer o controle de dosagem e transmitir os dados ao operador.

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise estática parcial do chassi de uma central móvel dosadora de concreto com silo move-dição utilizando o software Solidworks

Simulation. Também se pretende projetar um novo chassi, no formato de treliça, para suportar a tensão máxima atuante no equipamento.

### 1.1 Método dos elementos finitos

O método dos elementos finitos, também denominado FEA – Finite Element Analysis – é usado para resolução de problemas encontrados na construção mecânica. A aplicação do FEA não é limitada apenas a problemas estruturais sendo utilizado, também, na solução de problemas das áreas de transferência de calor, mecânica dos fluidos, eletromagnetismo, entre outros.

Silva et al. (2011), afirma que este método numérico consiste numa aproximação numérica para a decisão de equações diferenciais por integração. O processo é aplicado após a divisão de um sistema em partes discretas menores, etapa que é conhecida como discretização do modelo. As equações diferenciais correspondentes a cada parte discretizada, popularmente conhecida como elemento finito, são resolvidas a partir de rotinas numéricas.

O princípio básico do método é respaldado pela partição do domínio em elementos sobre os quais as variáveis do problema são aproximadas por combinações lineares de funções de interpolação e ponderadas por parâmetros a determinar. Alcançadas tais funções, o comportamento dos elementos é determinado através de uma relação entre valores nodais das variáveis, aproximadas pelas funções de interpolação, e os parâmetros a definir, contanto que estes representem as incógnitas do problema. (SILVA et al., 2011).

### 1.2 Simulação numérica utilizando o Solidworks Simulation

O software Solidworks possui um recurso denominado Solidworks Simulation, responsável por simulações virtuais e que possui um conjunto de ferramentas para simulação de respostas não lineares e dinâmicas (VIRTUALCAE, 2014).

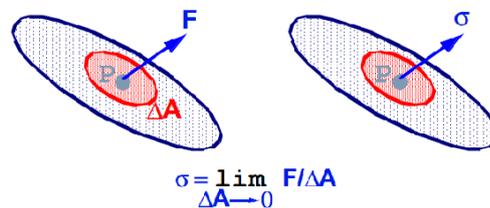
De acordo com Fonseca e Tavares (2012), o SolidWorks Simulation utiliza o método FEA para resolver problemas simples ou complexos. Nesse método, o problema complexo é substituído por um conjunto de problemas simples. O princípio do método é dividir o modelo em peças menores e mais simples, chamadas elementos. A Figura 2 exemplifica a divisão de uma peça em número finito de elementos.

Figura 2. Modelo CAD dividido em número finito de partes.



Quando uma carga é aplicada a um corpo, este tenta absorver esse o efeito desta carga através da geração de forças internas, de forma que o efeito seja passado a outros pontos. Esse efeito é conhecido por tensão, que representa o valor de uma força aplicada em determinada área. A Figura 3 mostra que a tensão num ponto é a intensidade da força numa pequena área em volta desse ponto (FONSECA e TAVARES, 2012).

Figura 3. Análise estática de tensões.



### 1.3 Análise estrutural utilizando o MDSolids

O MDSolids é um software utilizado para análise estrutural de vigas, treliças, colunas, entre outros elementos. O escopo do MDSolids fornece rotinas para auxiliar a compreensão dos conhecimentos fundamentais e do tipo de aplicação. O software também fornece gráficos para orientar os usuários nos sinais de entrada. Várias unidades estão disponíveis e os fatores de conversão estão presentes para garantir a consistência dimensional. (MDSOLIDS, 2014).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia está dividida em três partes. Na primeira foi realizada a verificação do equipamento e a identificação da região onde ocorreu a deformação. Ainda nesta etapa, a estrutura do chassi foi modelada no software Solidworks e analisada via Solidworks Simulation, para verificação da região com maior concentração de tensões. A segunda parte traz o modelamento de uma nova estrutura para chassi sob a forma de treliça plana. A última parte trata da análise estática da treliça, que irá substituir a estrutura que apresentou deformação.

### 2.1. Verificação e análise da estrutura deformada

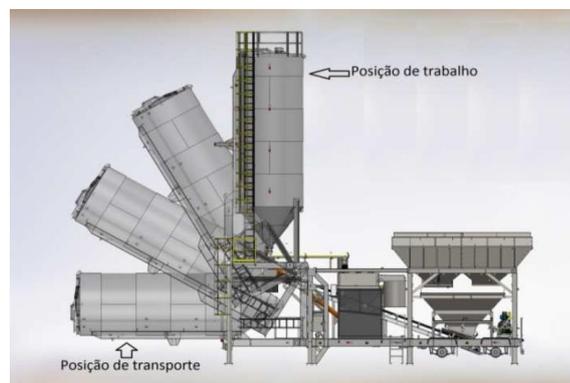
A estrutura analisada foi o chassi de uma central móvel dosadora de concreto com silo movediço, fabricada numa empresa metalomecânica situada no município de Santa Rosa, Rio Grande do Sul, Brasil.

Durante inspeção do equipamento se constatou uma deformação estrutural na região próxima ao ponto de fixação do cilindro hidráulico, o que está indicado na Fig. 4.

Figura 4. Deformação na estrutura original.

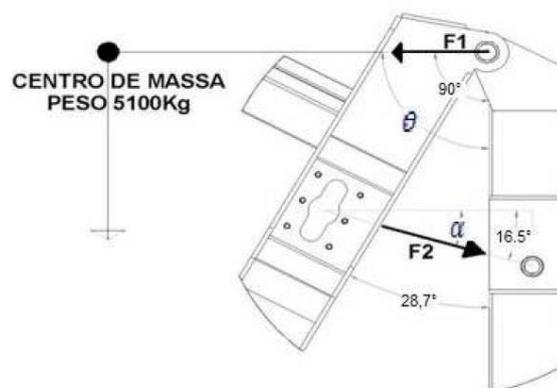


De forma a analisar a área deformada fez-se necessário isolar a seção de estudo do restante da estrutura. Após isolar os conjuntos realizou-se a análise estática do equipamento na condição de maior esforço, isto é, durante o movimento de elevação do silo, que, em situação de trabalho, forma ângulo reto com o solo. A Figura 5 mostra o caminho percorrido pela central para levar o silo da posição de transporte para a posição de trabalho. Figura 5. Mudança de posição da central móvel de concreto.



Para determinar as forças atuantes na estrutura foi desenhando o diagrama de corpo livre de suas partes, exposto na Fig. 6.

Figura 6. Diagrama de corpo livre do chassi com o silo de cimento.

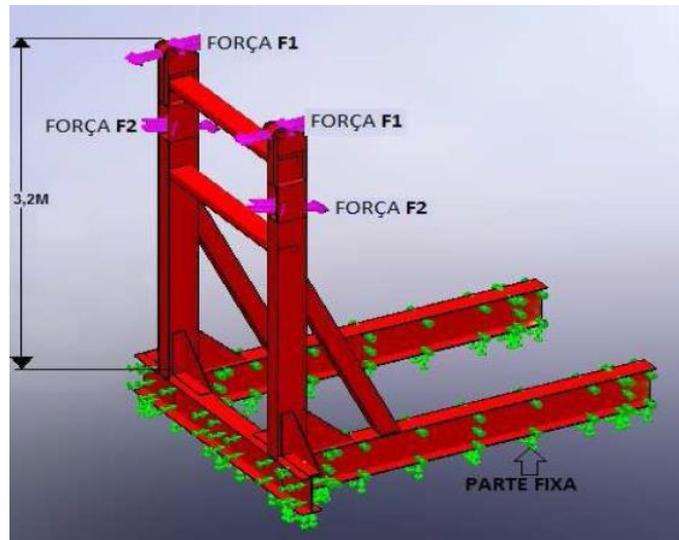


Na Figura 6 destacam-se duas forças: F1 e F2. A força F1, gerada pelo carregamento do silo de cimento, é aplicada no chassi da estrutura. Já a força F2 surge do esforço exigido do cilindro hidráulico para elevação do silo.

Na Figura 7 estão indicados os locais de aplicação destas forças durante a análise

estrutural, bem como a geometria considerada fixa.

Figura 7. Forças aplicadas na viga da estrutura original durante simulação.



Com os esforços máximos encontrados através da simulação, realizou-se o dimensionamento de uma treliça plana para substituir a viga deformada.

## 2.2. Dimensionamento da treliça

O dimensionamento da treliça foi realizado através do software MDSolids. Para simulação, foram aplicadas as forças F1 e F2 encontradas no diagrama de corpo livre. A Figura 8 traz a representação da treliça com os esforços aplicados.

Figura 8. Esforços aplicados na treliça, onde as dimensões são dadas em milímetros.



Após conhecidos os esforços máximos na treliça, fornecidos pela análise via MDSolid, as áreas mínimas para cada seção da treliça foram calculadas através da Eq. (1).

$$\sigma_{trab} = \frac{\sigma_{adm}}{cs} \quad (1)$$

Onde:

$\sigma_{trab}$  = tensão de trabalho;

$\sigma_{adm}$  = tensão admissível;

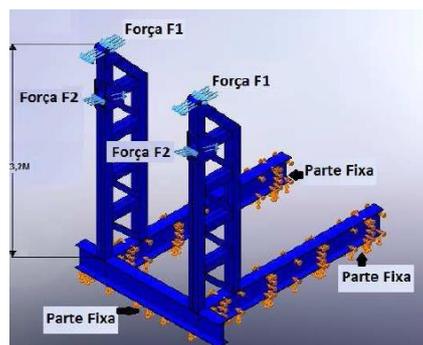
$cs$  = coeficiente de segurança.

Para equacionamento, se utilizou o limite de escoamento do aço ASTM A36 – 250 MPa – e um fator de segurança de 1,8, recomendado para dimensionamento de vigas.

### 2.3. Análise estrutural da treliça

O procedimento para análise estrutural da treliça ocorreu da mesma forma que a simulação da estrutura original. A Figura 9 mostra a simulação em questão.

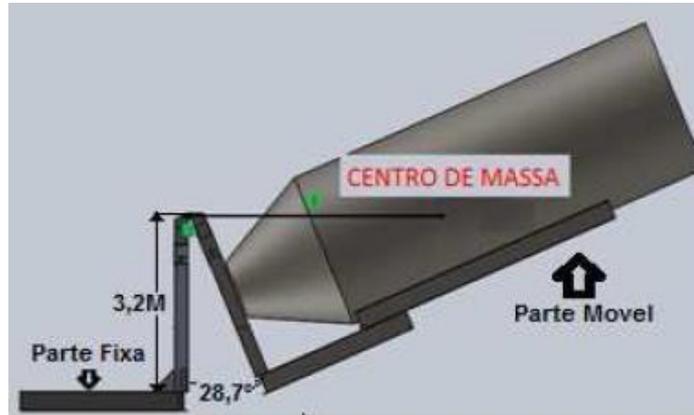
Figura 9. Forças aplicadas na treliça durante simulação.



## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da posição do centro de gravidade do silo durante seu movimento de elevação mostrou que o maior esforço na estrutura do chassi é atingido quando o ângulo entre chassi e silo é de  $28,7^\circ$ . A Figura 10 mostra a central de concreto nesta posição.

Figura 10. Central de concreto na posição de  $28,7^\circ$ .



Com base no momento gerado pela força peso do silo na inclinação de  $28,7^\circ$ , as forças  $F_1$  e  $F_2$  atuantes na estrutura foram, respectivamente, 48345 N e 50031 N.

Depois de encontrados os valores dessas forças foi realizada a análise estática do chassi da central, que apontou uma tensão máxima de 494 MPa atuando na estrutura, isto é, superior ao limite de escoamento do material - 250 MPa. A Figura 11 mostra a região de concentração de tensões encontrada na simulação em comparação com a deformação encontrada na estrutura física.

Figura 11. Comparação do local de deformação.

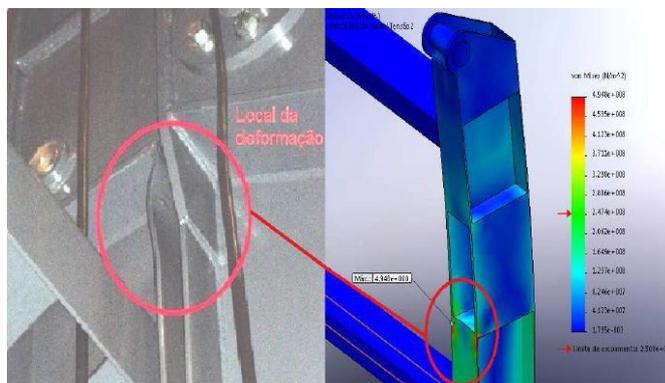
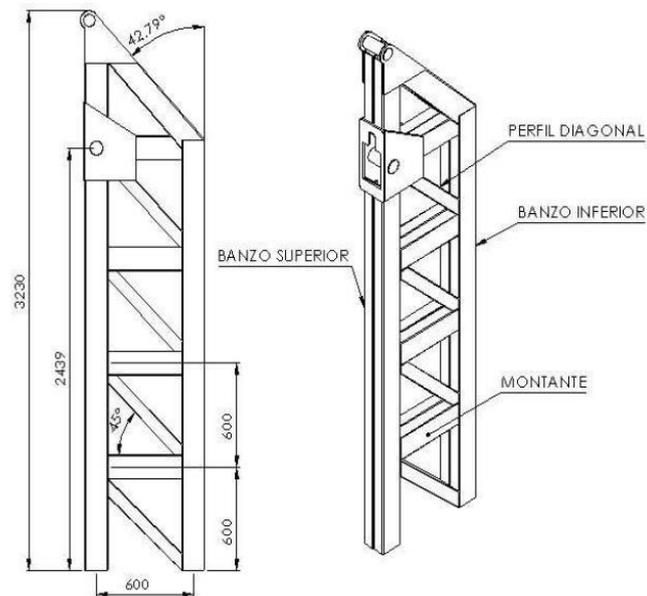


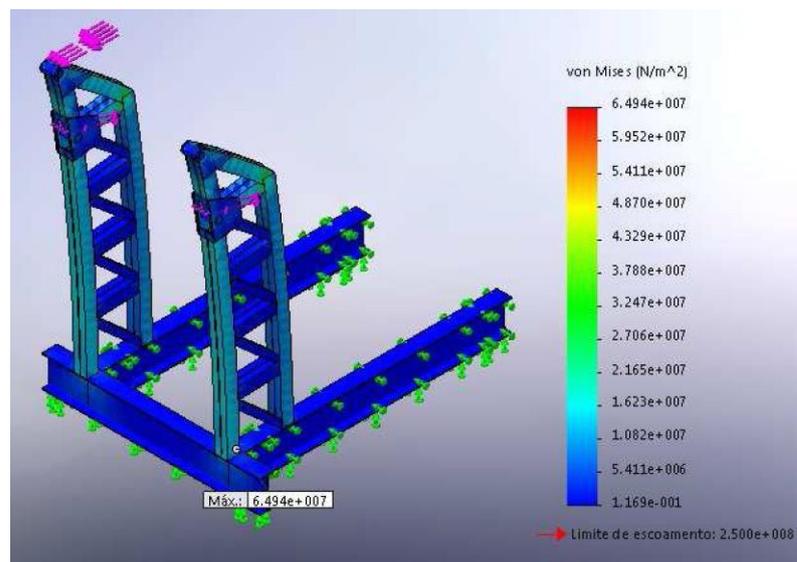


Figura 13. Treliça projetada, onde as dimensões são dadas em milímetros.



Depois de projetada, a estrutura foi submetida à simulação estrutural, cujo resultado encontra-se na Fig. 14.

Figura 14. Simulação de esforços na treliça projetada.



Conforme a Fig. 14, a tensão máxima na treliça atingiu o valor de 64,94 MPa, isto é, a tensão máxima ficou abaixo do limite de escoamento do material, que é de 250 MPa. Os resultados mostraram que a treliça suportou os esforços sem sofrer deformação, tornando o projeto válido para fabricação.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Após análise estática do chassi de uma central móvel de concreto com silo movediço, que sofreu deformação devido à falta de resistência do material, uma treliça foi projetada e analisada pelo recurso Solidworks Simulation presente no software Solidworks.

O resultado da análise mostrou que a tensão máxima atuante na treliça foi inferior ao limite de escoamento do material. Logo, se pode afirmar que a treliça suportou as tensões geradas durante o movimento de elevação do silo de cimento da central.

A treliça garante a segurança e durabilidade do chassi do equipamento estudado, mostrando-se apta para realização do trabalho.

#### **REFERÊNCIAS**

Fonseca, J. O.; Tavares. J. M., 2012, “Introdução ao SolidWorks : Análise de Tensões de Peças – SimulationXpress”, Faculdade de Engenharia – FEUP, Portugal

IXON | QUALITEC IND.COM.LTD, 2012, “Central de Concreto Móvel IX TGM COM SILO ERIGÍVEL / CMP SMART”, Manual de Instruções, 2. ed., Santa Rosa, Brasil.

Martins, V. C., 2005, “Otimização dos processos de dosagem e proporcionamento do concreto dosado em central com utilização de aditivos: estudo de caso”, Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, Brasil.

MDSolids, “Educational software for mechanics of materials”, Disponível em: <<http://www.mdsolids.com/>> Acessado em: 30 out 2014.

Silva, J. G. S. et al., 2011, “Análise Estrutural de Chassis de Veículos Pesados com Base no Emprego do Programa ANSYS”, Dissertação, Universidade do estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, Brasil.

VIRTUALCAE, “SOLIDWORKS SIMULATION PROFESSIONAL” Disponível em: <<http://www.virtualcae.com.br/solidworks-simulation-professional.html>> Acessado em: 13 mar 2014.

## **5. RESPONSABILIDADE AUTORAL**

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.