

ANÁLISE ESTRUTURAL DO SUPORTE HARNESS DA ADUTORA DE ITALUÍS NA CIDADE DE SÃO LUÍS MARANHÃO

TAKACHI FRÓES CHUMAN^{1*}, MARCOS CÉSAR KLEIN², DANIEL ROCHA PEREIRA³

¹ Acadêmico de Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras de São Luís, São Luís-MA. Fone: (98) 98751-7712, takachi@megamixconstrucoes.com.br

² Acadêmico de Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras de São Luís, São Luís-MA. Fone: (98) 991596249, marcos.klein@megamixconstrucoes.com.br

³ Me. Professor Engenharia Civil, Pitágoras de São Luís, São Luís-MA. Fone: (98) 9 8142-4710, daniel.rocha.drp@gmail.com@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

RESUMO: A presente pesquisa faz uma análise estrutural estática pelo Método dos Elementos Finitos, usando como base de referência deformação real obtida num fixador do suporte *Harness*, na tubulação nova, recém-instalada, no trecho do remanejamento da adutora do Italuís. Preliminarmente será feita uma apresentação de forma macro o projeto de remanejamento da Adutora de Italuís, bem como seus equipamentos e peças especiais, explicação do fenômeno de flambagem. Em seguida, uma revisão de literatura do Método dos Elementos Finitos e, em contraponto, a visão do modelo da Mecânica Clássica apresentada no livro de Resistência dos Materiais do Timoshenko (1958). Foi realizado um teste de carga para a verificação da carga crítica de flambagem. Em seguida as medidas de campo sem modeladas e inseridas no *software SolidWorks*. Sugeriu-se, então, o redimensionamento da peça.

PALAVRAS CHAVES: Estruturas; Deformação; Elementos Finitos; Otimização; *SolidWorks*;

STRUCTURAL ANALYSIS OF THE HARNESS ITALUÍS THE MAINS IN SUPPORT OF SÃO LUIS CITY MARANHÃO

ABSTRACT: This research is a static structural analysis by finite element method, using as true strain baseline achieved a fastener *Harness* support, the new pipe, newly installed in the relocation of the stretch of the pipeline Italuís. Preliminarily will be a macro way of presenting the relocation project of the Aqueduct of Italuís as well as their equipment and special parts, buckling phenomenon explanation. Next, a method of literature review Finite Element and, in contrast, the model view of classical mechanics presented in the book of Resistance of Materials Timoshenko (1958). A load test to verify the critical buckling load was carried out. Then the modeled without field measurements and inserted into the *SolidWorks* software. It was suggested, then the resizing part.

KEYWORDS: Structures; deformation; Finite Element; optimization; *SolidWorks*;

INTRODUÇÃO

O sistema Italuís é responsável por 65% do abastecimento da água tratada de São Luís. A captação de água está no Rio Itapecuru, a cerca de 180 quilômetros de São Luís, onde recebe tratamento, seguindo por uma adutora, passando a *posteriori* por estações elevatórias em pontos estratégicos até chegar à distribuição. Esse sistema opera com capacidade reduzida devido ao envelhecimento e ao alto índice de corrosão nos tubos de ferro. Essa adutora construída na década de 80 possui 56 quilômetros de tubulação. O trecho onde está ocorrendo o remanejamento tem o seu encaminhamento pelo Campo de Perizes, entre os quilômetros 25 a 43, da rodovia BR 135, que liga o Maranhão ao estado de Minas Gerais (CAEMA, 2012).

O remanejamento da adutora do Sistema Italuís consiste na implantação de uma nova tubulação com 1500 tubos, em aço patinável, de 12 metros de comprimento, diâmetro de 1400

milímetros, com uma extensão de 18.671 metros. Está previsto que com a conclusão do remanejamento, sua vazão seja elevada de 1,8 para 2,1 metros cúbicos por segundo (ALVES FILHO, 2008).

O trecho em remanejamento é composto por tubos e peças especiais para seu funcionamento. Dentre as peças especiais, temos a junta de desmontagem tipo *Dresser* com suporte *Harness*. Esse suporte tem por finalidade travar a estrutura para que o atrito entre os tubos e a junta *Dresser* não danifique a borracha de vedação, uma vez que essa junta entre os tubos não é soldada.

Nesses suportes *Harness* foi detectado o fenômeno da flambagem, que ocorre em inúmeras outras situações onde estão presentes tensões de compressão. A tensão que será levada em consideração é a térmica, uma vez que a temperatura varia muito durante o dia. O objetivo do presente trabalho é fazer uma estrutural pelo Método dos Elementos Finitos (ALVES FILHO, 2005).

MATERIAL E MÉTODOS

As juntas *Dresser* se destinam principalmente a emenda de tubos de ponta lisa, sem solda, sem rosca e sem flanges, obedecendo às dimensões da norma para tubulações em geral. Proporcionando junções estanques com diminuição de custo tanto de instalação quanto de manutenção. Absorvem vibrações, pequenos movimentos axiais e angulares de até 40, podendo desta forma serem utilizados em: Redes de água e esgoto, gás, água salgada, óleo, ar condicionado e fluidos diversos (ESSE ENGENHARIA², 2012).

O suporte *Harness* tem por principal finalidade travar a estrutura de forma a evitar o atrito entre o tubo e a junta *Dresser*, ou seja, garantir rigidez longitudinal. Quando a tubulação se movimenta, a mesma deverá vencer a resistência do movimento oferecida pelos anéis de vedação fortemente pressionados contra a parede externa da tubulação. Essa força que podemos denominar como força de atrito, também liberada ao sistema, deve ser igualmente suportada pelos pontos fixa da instalação. Na figura 1 está o suporte *Harness* que será analisado neste estudo (ESSE ENGENHARIA¹, 2012).

Da mesma forma que acontece com a resistência oferecida pelos elementos de vedação ao movimento da tubulação, a movimentação das linhas através dos suportes *Harness* gera uma resistência devida ao atrito guia/tubulação.

Além das tensões, mudanças na temperatura também podem provocar deformações nos materiais. Para materiais isotrópicos homogêneos, uma mudança na temperatura ΔT graus causa deformação linear uniforme em cada direção. Em mecânica, energia é definida como a capacidade de produzir trabalho, este é o produto de uma força pela distância na direção do movimento (BEER, 1995).

Nas figuras abaixo é possível observar que às 07h15min da manhã a tubulação está menos dilatada, enquanto que às 12h55min da tarde a tubulação chega ao ápice da sua dilatação, o que comprime uma estrutura contra a outra causando a deformação máxima no suporte *Harness* como visto na figura 02.

Figura 1. Deformação às 07:12 AM - 13/05/15



Fonte: Acervo do autor (2015)

Figura 2. Deformação às 12:55 AM - 13/05/15



Fonte: Acervo do autor (2015)

Na memória de cálculo fornecido pela CAEMA (2012), responsáveis pelo projeto, foram verificadas as premissas, com base nessa memória de calculo, foi levantado em campo as temperaturas e deformações conforme tabela abaixo.

Tabela 1 – Comparativo entre as premissas de projeto e a realidade em campo

Projeto		Realidade	
Deformação	Δ Temperatura	Deformação	Δ Temperatura
18 cm	30° C	20,25 cm	46° C

Fonte: Autor (2015)

O equipamento utilizado para medir a temperatura, chama-se Pirômetro. Esse aparelho é um tipo de termômetro que mede a irradiação térmica através de laser, o tempo de resposta é instantâneo e a variação de erro é abaixo de 1% (S&E INSTRUMENTOS, 2015).

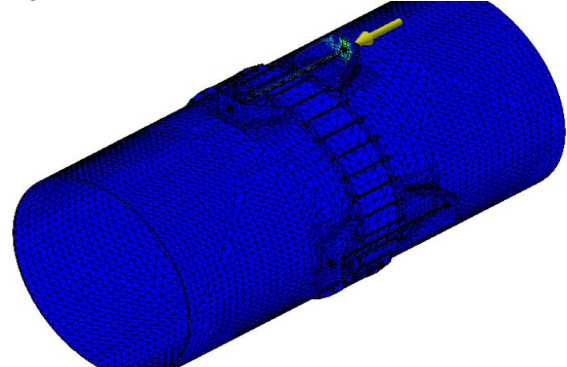
A modelagem geométrica do suporte *Harness* da Junta *Dresser* da adutora de Italuís foi elaborada com a utilização do *SolidWorks*, *software* de CAD e CAE. Após a modelagem geométrica, que definiu as principais dimensões da tubulação, da junta *Dresser* e do suporte *Harness*, foi iniciada a modelagem numérica. Nesta etapa acontece o processo de discretização do problema, onde definimos os elementos e as espessuras dos equipamentos, bem como o material utilizado na fabricação das peças. No modelo foi escolhido o elemento finito tipo casca triangular com dois graus de liberdade por nó, o referido estudo constitui de 337.128 elementos e 582.622 nós como veremos na figura 4. Vale ressaltar que foi aplicada apenas uma carga, pois o objetivo é analisar apenas o suporte, visto que este sofreu a deformação.

Figura 3. Modelo Geométrico



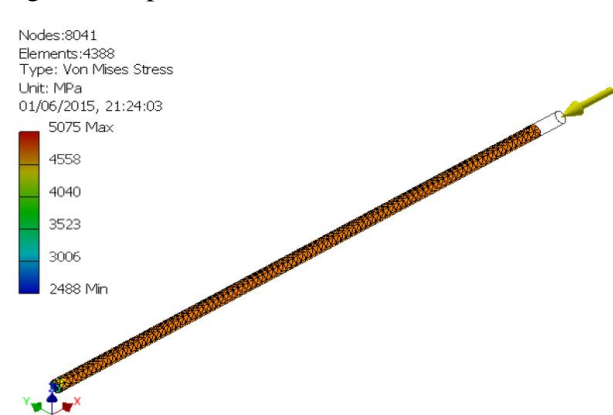
Fonte: Acervo do autor (2015)

Figura 4. Modelo Numérico



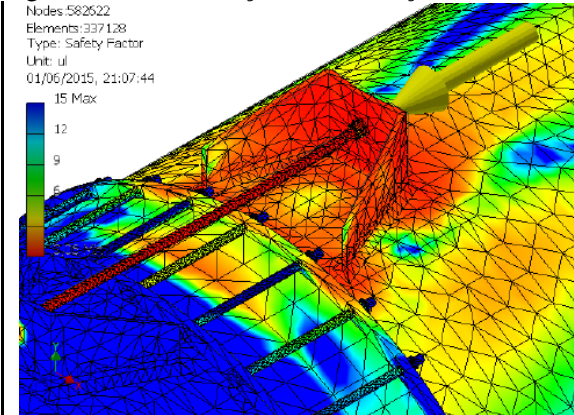
Fonte: Acervo do autor (2015)

Figura 5. Suporte harnnes sendo escoado



Fonte: Acervo do autor (2015)

Figura 6. Demonstração da simulação com 163T



Fonte: Acervo do autor (2015)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta tensão equivalente pode ser comparada com valores máximos de resistência à tração e ao escoamento do material da estrutura. A seguir, serão apresentados os resultados das análises de tensões atuantes sobre os modelos.

Tabela 2 – Resultados das análises de tensões da modelagem

Tensão	Mínimo	Máximo
Tensão de Von Mises	2488,33 Mpa	4874,8 Mpa
Tensão F/A	-	4794,0 Mpa

Fonte: Autor (2015)

A primeira vista, se pode imaginar que barras com esbeltez menor que o limite não apresentam o fenômeno da flambagem (POPOV, 1987). Isto não é verdade, estas barras também podem apresentar flambagem. Para barras com índice de esbeltez muito pequeno, como no caso do primeiro cálculo do diâmetro em função da carga crítica de Euler, com isso foi encontrado um diâmetro de 63,3 mm o que ainda não é suficiente (TIMOSHENKO, 1958). No entanto é necessário redimensionar com base na tensão de escoamento do material (250 Mpa), daí encontramos pela relação entre Força e Área da seção transversal um diâmetro mínimo de 91,1 mm.

CONCLUSÕES

Com os levantamentos em campo, numa época do ano que não é o mais quente, fica evidenciado que a variação de temperatura tida como premissa em projeto é 65% menor que a vista em campo, o que aumenta a tensão térmica da tubulação. Aumentando assim a tensão de compressão no suporte, este não suporta a carga aplicada pela dilatação dos tubos. O modelo usado como premissa para a modelagem numérica no *SolidWorks* teve como base a Lei de *Hooke*, uma vez que o sistema precisa trabalhar no regime elástico. Para a tensão encontrada e mesma seção transversal seria necessário um módulo de elasticidade muito alto, que nem existe para o aço.

A carga encontrada no modelo escolhido foi suficiente para escoar o suporte *Harness*. A deformação no suporte não continua porque a tubulação encosta uma na outra. Sendo excêntrica a carga devido à dilatação térmica que age na tubulação, surge um plano triaxial de tensão que não foi considerado no estudo. Vale ressaltar que foi considerado que a tubulação encontra-se livre, desprezando-se o atrito entre a tubulação e os blocos de apoio. Entre os tubos e os blocos de apoio há placas de polietileno, das quais a função é evitar que a pintura da tubulação - de aço patinável - seja danificada pelo atrito. Assim, a forma mais segura de redimensionar a peça é considerar toda a carga.

Uma das soluções possíveis foi o redimensionamento do suporte, que passaria a ter diâmetro superior a 91,11 mm, pois abaixo desse valor a estrutura estaria trabalhando abaixo da tensão de escoamento. Pelo exposto, o objetivo da pesquisa foi atingido.

REFERÊNCIAS

- BEER, F.P.; JOHNSTON Jr., E.R. Resistência dos Materiais, 3ª Edição. São Paulo: Pearson Makron Books, 1995.
- ALVES FILHO, A. Elementos Finitos a base da Tecnologia CAE. ÉRICA. 2008
- ALVES FILHO, A. Elementos Finitos. ÉRICA. 2005.
- CAEMA. Operações. 2012. Disponível em http://www.caema.ma.gov.br/portalsaema/index.php?option=com_content&view=article&id=107&Itemid=115. Acesso em 03/05/2015.
- ESSE ENGENHARIA¹. Memorial descritivo. 2012.
- ESSE ENGENHARIA². Projetos Hidromecânicos. 2012.
- POPOV, E. P. Introdução à Mecânica dos Sólidos. Edgar Blucher Ltda. 1987.
- S&E INSTRUMENTOS. Indicadores e Controladores de Temperatura. Disponível em <http://www.seinstrumentos.com.br/pirometros.html>. Acesso em 15 de Maio de 2015.
- SHINGUE, C. Y. Métodos dos Elementos Finitos. Lorena – SP: Escola de Engenharia de Lorena – DEMAR, 2008.
- TIMOSHENKO, S. P. Teoria da Elasticidade. MCGRAW KOGAKUSHA, LTD. 1958.