

Análise Numérica pelo Método dos Elementos Finitos de Ativação de Junta de Vedação Tipo BX em Flanges API

Egnaldo G. S. Neto, Prof. Dr. Afonso Reguly

INTRODUÇÃO

A junta metálica de vedação tipo BX é uma das mais utilizadas nos dutos flexíveis que transportam fluidos em alta pressão e temperatura provenientes do reservatório até a unidade de produção na superfície. Sua utilização padrão é composta de uma junta para cada interface e é regulamentada pela norma API-6A. Quando dois flanges são pressionados um contra o outro pelos parafusos de fixação, a junta metálica deforma plasticamente e realiza a vedação na interface com os assentos dos flanges. No presente trabalho foi avaliada a funcionalidade de um cenário alternativo com adição de um componente entre os flanges denominado espaçador. Esta alteração demandou uma junta de metálica adicional para que cada interface fosse vedada.

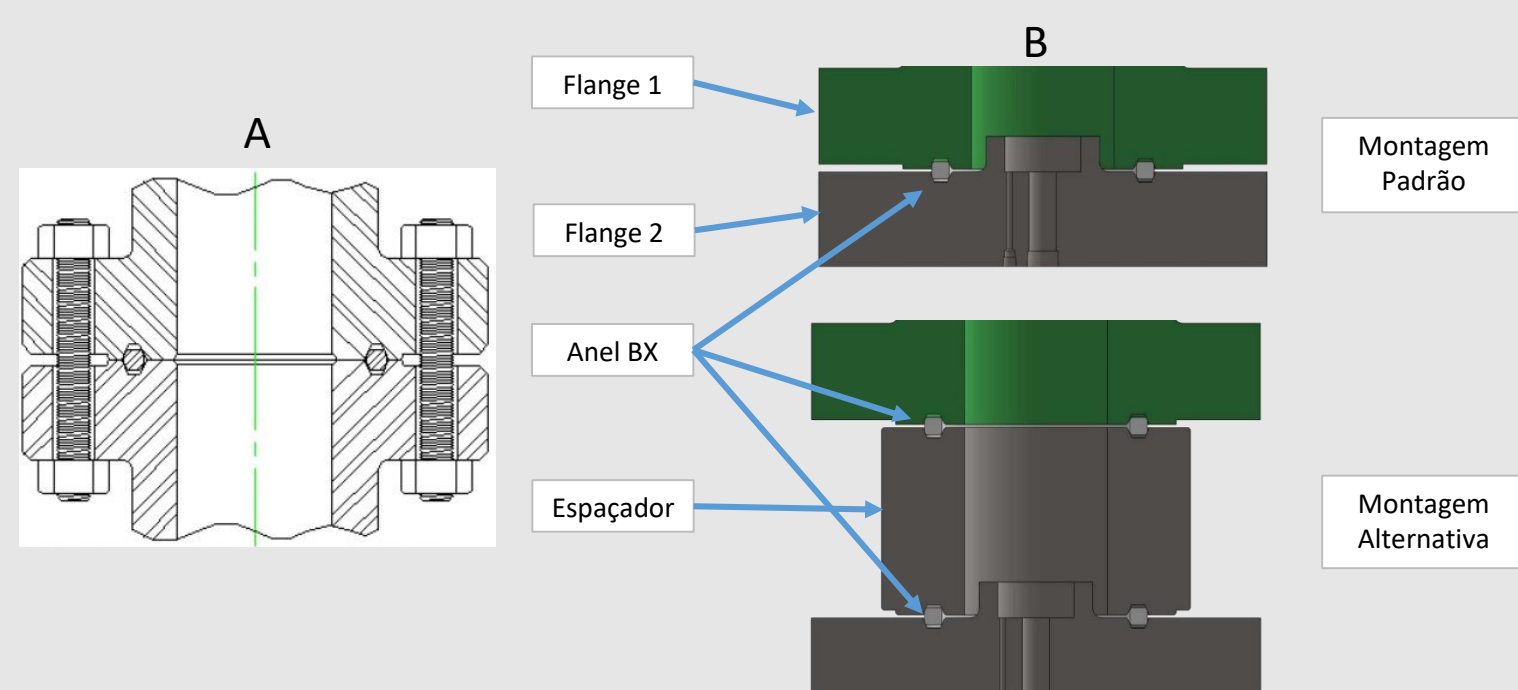


Imagem 1: a) utilização da junta de vedação BX; b) comparação entre cenário padrão de montagem e alternativo proposto para análise;

OBJETIVO

Por meio de uma análise numérica pelo método de elementos finitos (MEF) estudar o comportamento da junta durante o aperto e verificar se o mesmo torque previsto pela norma é capaz de deformar plasticamente as duas juntas vedando as duas interfaces da montagem alternativa.

METODOLOGIA

O estudo foi dividido em três etapas principais:

- 1- Análise do cenário previsto pela norma, onde são levantadas as tensões e pressões de contato na junta após o aperto;
- 2- Análise do cenário proposto alternativamente, onde são levantadas as tensões e pressões de contato nas duas juntas após aperto;
- 3- Comparação dos resultados de ambos os cenários mensurando se há diferença significativa entre as tensões e pressões de contato nos dois casos;

A modelagem foi feita em plataforma CAE usando componentes com simetria axial. Para união dos flanges foi usada uma força axial de 3400 kN resultante do torque recomendado pela norma (1727 Nm).

RESULTADOS

Os resultados de cada modelo são mostrados nas imagens abaixo. São enfatizadas as regiões de contato onde ocorre a vedação.

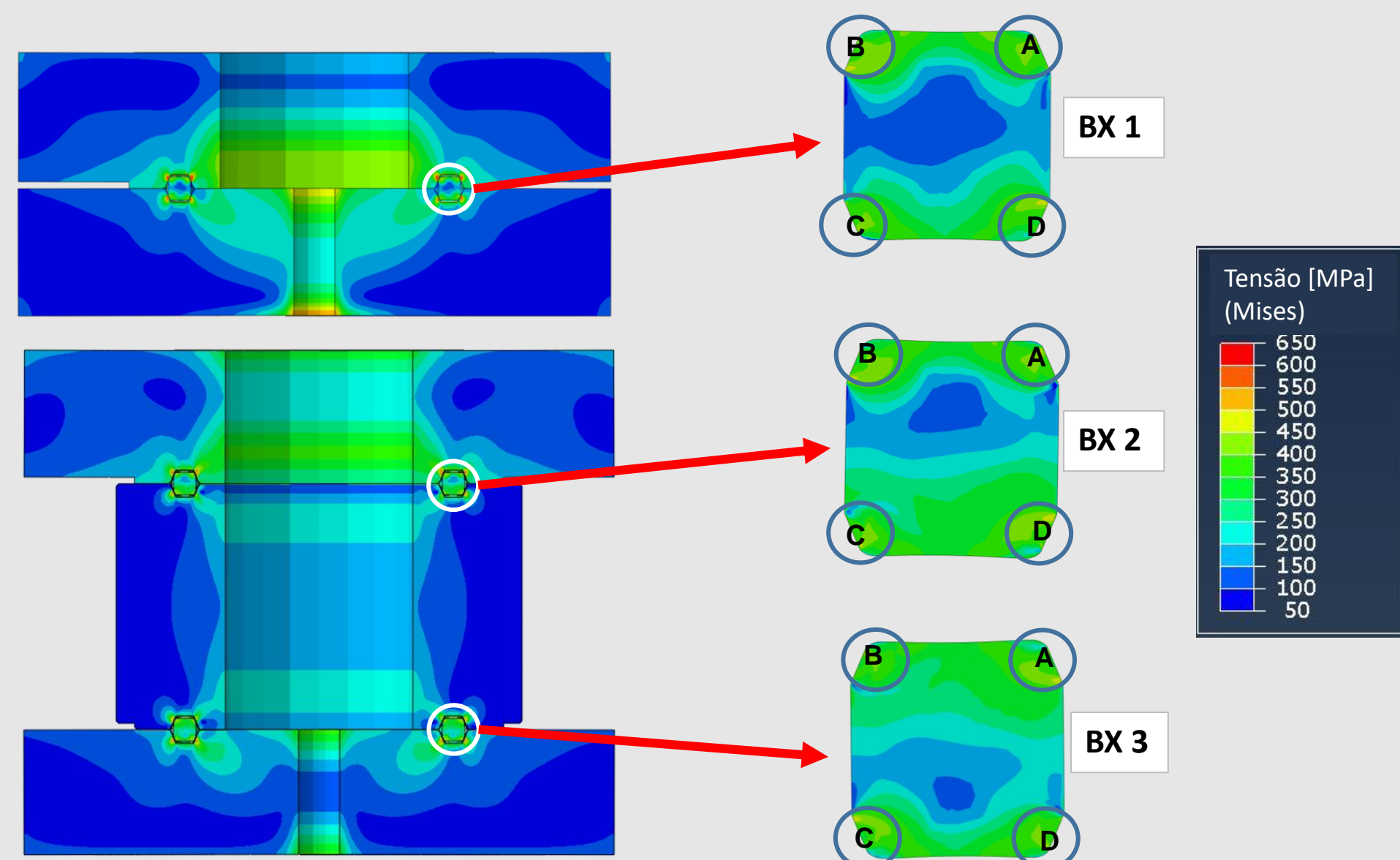
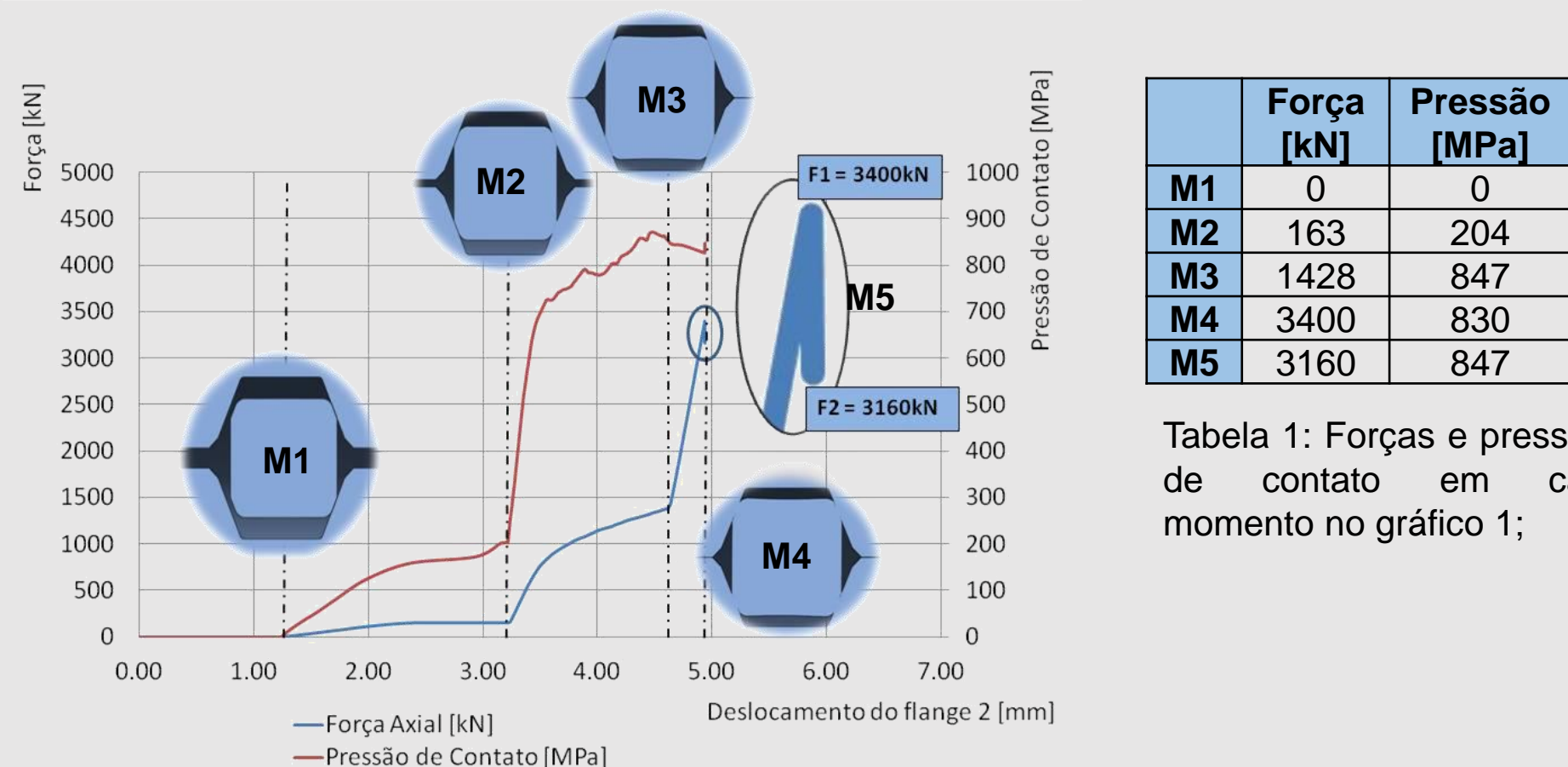


Imagem 2: distribuição das tensões nos componentes em cada cenário;

Durante a aproximação dos flanges foram observados eventos que determinaram a variação da força axial resultante e da pressão de contato na região de interface. No gráfico abaixo esses eventos são sinalizados pelas linhas verticais tracejadas e representam os seguintes momentos:

- M1 – Início do aperto;
- M2 – Junta metálica tem seu raio reduzido e encosta na parte de dentro do assento devido a força de aperto;
- M3 – As faces de cada flange entram em contato e não há mais carga sendo transferida para a junta metálica;
- M4 – Força de aperto máxima alcançada (3400kN);
- M5 – Pressurização interna a 600 bar onde é observada redução na força de aperto;



	Força [kN]	Pressão [MPa]
M1	0	0
M2	163	204
M3	1428	847
M4	3400	830
M5	3160	847

Tabela 1: Forças e pressões de contato em cada momento no gráfico 1;

Gráfico 1: Força axial e pressão de contato em função do deslocamento;

As tabelas que seguem mostram as médias das tensões e pressões de contato (σ_m e P_m , respectivamente) no momento 5 (M5) para cada uma das juntas denominadas BX 1, BX 2 e BX 3 nas regiões indicadas conforme a imagem 2.

	σ_A [MPa]	σ_B [MPa]	σ_C [MPa]	σ_D [MPa]	Desvio padrão [MPa]	σ_m [MPa]
BX 1	505	514	497	519	9,74	508,75
BX 2	484	509	478	503	14,84	493,50
BX 3	484	475	510	480	15,61	487,25

Tabela 2: média e desvio padrão das tensões;

	PA [MPa]	PB [MPa]	PC [MPa]	PD [MPa]	Desvio padrão [MPa]	P_m [MPa]
BX 1	924	874	936	892	28,54	904,25
BX 2	883	1041	961	1050	78,18	983,25
BX 3	889	913	987	996	55,48	944,75

Tabela 3: média e desvio padrão das pressões de contato;

A partir dos valores das tabelas 1 e 2 foram calculados os erros relativos dos parâmetros avaliados nas juntas do cenário proposto em relação ao cenário padrão.

$$\text{Erros Relativos para Tensão:} \quad \left(\frac{\sigma_{m1} - \sigma_{m2}}{\sigma_{m1}} \right) 100\% \quad \left(\frac{\sigma_{m1} - \sigma_{m3}}{\sigma_{m1}} \right) 100\%$$

$$\left(\frac{508,75 - 493,5}{508,75} \right) 100\% = 2,99\% \quad \left(\frac{508,75 - 487,25}{508,75} \right) 100\% = 4,22\%$$

$$\text{Erros Relativos para Pressão de contato:} \quad \left(\frac{P_{m1} - P_{m2}}{P_{m1}} \right) 100\% \quad \left(\frac{P_{m1} - P_{m3}}{P_{m1}} \right) 100\%$$

$$\left(\frac{904,25 - 983,25}{904,25} \right) 100\% = 8,73\% \quad \left(\frac{904,25 - 944,75}{904,25} \right) 100\% = 4,47\%$$

CONCLUSÕES

- Analisando os erros relativos das tensões e pressões de contato, não há diferença significativa entre os dois cenários, o que indica que ambos são funcionais;
- A partir do momento 3 (M3), não há grandes mudanças no estado de tensões e pressões de contato da junta. O restante da carga adicionada até o estágio final serve apenas para manter as faces dos flanges pressionadas durante a pressurização;
- A pressão interna nos componentes causa um alívio na força axial de aperto (que é transferida diretamente para os parafusos), mas não é alta o suficiente para diminuir as pressões de contato e interferir na vedação;