

AValiação DAS LIGAÇÕES TUBULARES TIPO T COM RELAÇÃO β IGUAL A 1 – COMPARAÇÃO ENTRE O AÇO CARBONO E O AÇO INOXIDÁVEL

Daniel Costa da Silva¹
Max Willian Costa Lyra²
Vivianne Machado da Costa³

RESUMO

A utilização de softwares para desenvolvimentos de grandes projetos estruturais, hoje em dia, é de suma importância, pois possibilita uma dinâmica muito mais rápida e precisa de trabalho, dada a complexidade dessas estruturas. As ligações entre perfis tubulares de aço têm grande aplicabilidade na construção metálica e, além disso, possuem características singulares que precisam ser consideradas durante o processo de análise estrutural. Em países desenvolvidos, a utilização do aço inoxidável não é uma novidade, porém no Brasil sua utilização ainda é mais recente e tem ganhado força nos últimos anos. O presente trabalho apresenta uma metodologia para avaliação das ligações tubulares tipo T com relação β igual a 1 – comparação entre o aço carbono e o aço inoxidável, utilizando o pacote computacional ABAQUS®, que permite modelagens via método dos elementos finitos. A partir dessa análise, procuram-se soluções para o dimensionamento desse tipo de ligação e sua comparação com resultados experimentais encontrados na literatura. O modo de flambagem encontrado no modelo do Abaqus pode ser relacionado aos propostos pelas normas vigentes, além de também possuir uma força máxima bastante semelhante à encontrada nos modelos experimentais. Dessa forma, pode-se concluir que os modelos propostos são satisfatórios.

Palavras-chave: Abaqus, modelagem, perfis tubulares.

INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis podem ser definidos como ligas compostas substancialmente de ferro (Fe), carbono (C) e cromo (Cr), porém também possui outros elementos metálicos como Titânio (Ti), Níquel (Ni), Molibidênio (Mo), etc; contendo cerca de 12%p de Cr, sendo este último o elemento mais importante, já que é o elemento que concede aos aços inoxidáveis sua principal característica: uma elevada resistência à corrosão, possibilitada pela formação de películas de passivação que protegem essas ligas de ataques (COUTINHO, 1992).

Os aços inoxidáveis podem ser classificados em três grupos: ferríticos, martensíticos e austeníticos, de acordo com a fase constituinte predominante na microestrutura. As estruturas cristalinas destes aços são estrutura cúbica de corpo centrado (CCC), tetragonal de corpo

¹ Mestrando do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, daniel.costa.silva@hotmail.com;

² Mestrando pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, max.wcl@hotmail.com;

³ Mestranda do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, vivianmachadoc@gmail.com;

centrado (TCC) e cúbico de face centrada (CFC), respectivamente (CALLISTER e RETHWISCH, 2012).

O aço inoxidável, inicialmente, possui um alto custo. Porém seu uso na construção civil se baseia na numerosa quantidade de vantagens que esse material apresenta, podendo diminuir seu custo em longo prazo. Algumas dessas vantagens são:

- Alta durabilidade;
- Facilidade de limpeza;
- Resistência à variações térmicas;
- Maleabilidade e conformação;
- Resistência a impactos;
- Baixo custo de manutenção;
- Resistência à corrosão.

Esse artigo tem como principal função a avaliação das ligações tubulares tipo T com relação β igual a um (Figura 1), realizando a comparação entre o aço carbono e o aço inoxidável. Através da formulação já existente na literatura para o aço carbono, será possível verificar sua aplicabilidade para o aço inoxidável. Esses processos serão realizados por meio da análise de elementos finitos do software Abaqus.

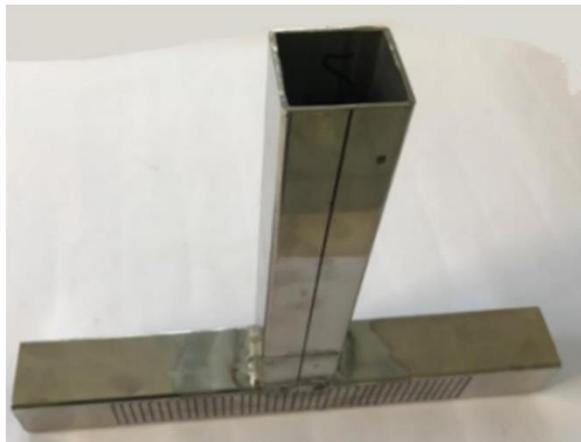


Figura 1 - Ligação tubular tipo T com relação β igual a um Fonte: VIEIRA (2019)

METODOLOGIA

Nesse trabalho, o tubo adotado foi o tubo quadrado de seção 40x40x2mm. Nesse caso, também é verificado que o valor de β é igual a um e os aços escolhidos para material da ligação estudada foram o aço inoxidável austenítico e o aço carbono. A solda foi modelada com tensão

última igual a 550Mpa. O software escolhido para essa modelagem foi Abaqus Student Edition (2018).

A curva tensão x deformação dos diversos tipos de aços inoxidáveis, incluindo o que foi o utilizado nesse trabalho, podem ser observadas na Figura 2, a seguir:

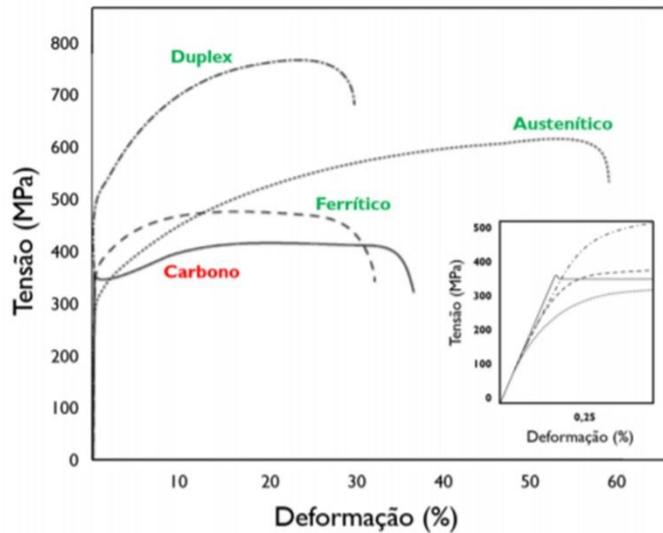


Figura 2 – Gráficos tensão vs deformação de aços carbono e inoxidáveis Fonte: Nogueira (2021)

Em seguida, os contatos foram gerados como descritos a seguir:

- Solda e peça: Tie (Solda como master e peça como slave);
- Banzo e montante: General contact.

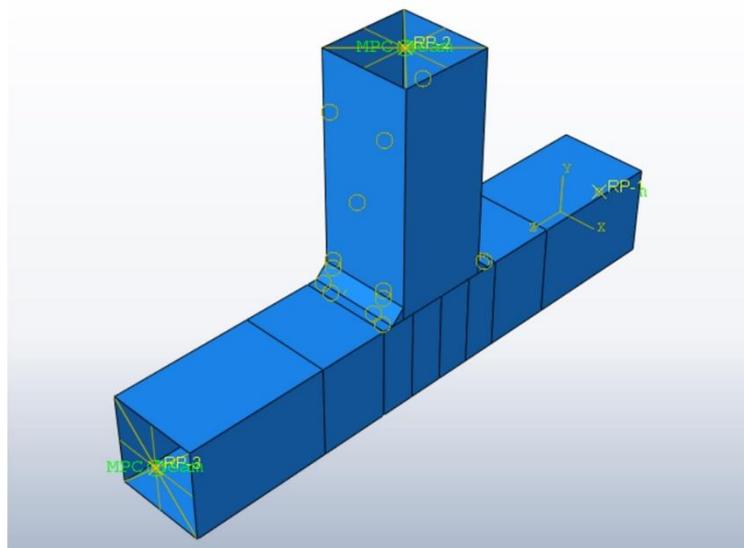


Figura 3 – Contatos Fonte: Próprio autor (2021)

Após a aplicação das condições de contorno (Figura 4), foi então aplicado uma carga unitária em RP-2 para a realização da análise buckling.

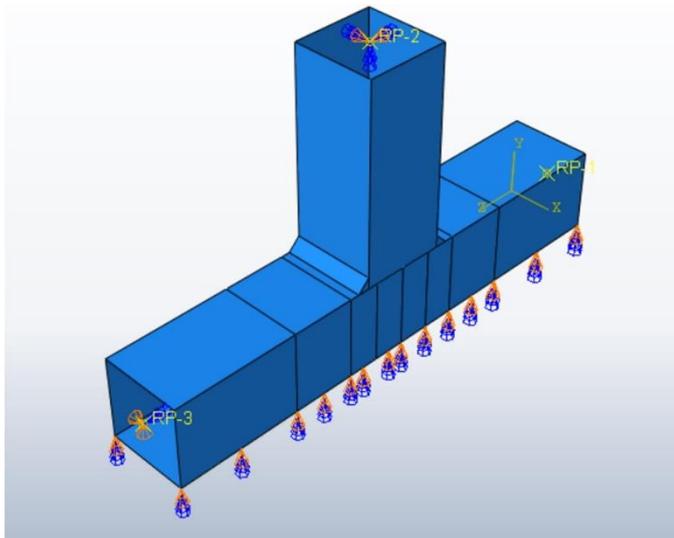


Figura 4 – Condições de contorno Fonte: Próprio autor (2021)

A malha aplicada no modelo foi de 10 mm (Figura 5). Sabe-se que uma malha menor traria resultados mais confiáveis, principalmente no banzo. Porém, por se tratar de uma versão de estudante do ABAQUS, que limita a malha, a menor malha possível de modelagem foi a de 10 mm.

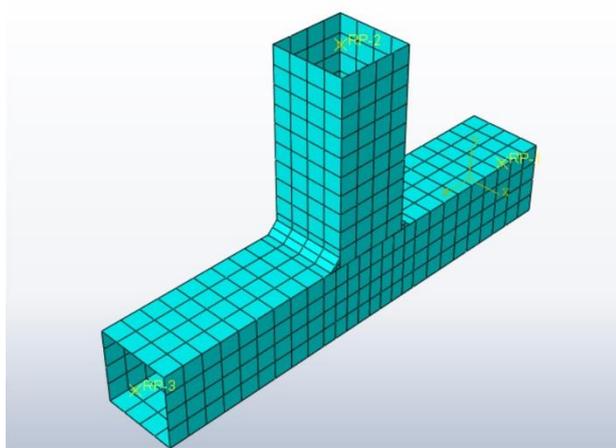


Figura 5 – Malha Fonte: Próprio autor (2021)

REFERENCIAL TEÓRICO

As principais normas de projeto adotadas no mundo para projetos em aço carbono (Eurocode 3 e ISSO 14364) usam como base as regras de projeto para ligações de seção tubular

emitidas pelo CIDETEC (Comitê Internacional para o Desenvolvimento e Estudo da Construção Tubular) e do IIW (Instituto Internacional de Soldagem).

Para unir as barras de seções tubulares, as ligações mais utilizadas são as soldadas, principalmente para sistemas treliçados. A composição das barras pode formar diversos tipos de ligações soldadas, como ligações em T, Y, X, K, N, KT, DK e DY (GOMES, 2017).

Fen e Young (2008) estudaram uma ampla gama de juntas T tubulares soldadas de aço inoxidável moldadas a frio. Nele, amostras de aço inoxidável de alta resistência (duplex e austenítico de alta resistência) e aço inoxidável de resistência normal (AISI 304) foram testadas.

Os resultados dos testes foram comparados com os procedimentos de projeto do Padrão Australiano / Nova Zelândia para estruturas de aço inoxidável, CIDECT e regras de projeto do Eurocódigo para estruturas de aço carbono. Com esse estudo, eles chegaram a conclusão de que as resistências de projeto previstas pelas especificações de projeto atuais são conservadoras para os corpos de prova calculados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise buckle, o resultado encontrado (Figura 6) foi o esperado, já que um dos modos de falha descrito pelo Eurocode (modo de falha B) é o modo caracterizado pela plastificação, amassamento ou instabilidade da face lateral da seção transversal do banzo.

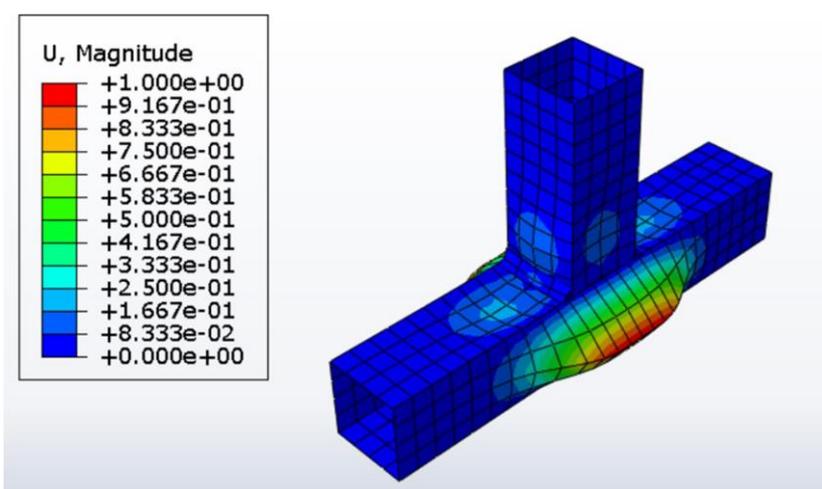


Figura 6 – Análise buckle do aço inoxidável Fonte: Próprio autor (2021)

Na análise pós-buckle, a imperfeição foi utilizada para aproximar os resultados da força máxima suportada pela peça de aço inoxidável aos encontrados por Fen e Young (2008) e assim

calibrar o modelo. Apesar disso, ainda houve certa diferença, já que a malha possível de ser aplicada na versão estudante do Abaqus não era a ideal.

Para a seção escolhida (40x40x2mm), a força máxima encontrada foi de 74,9KN, enquanto para o modelo proposto, com uma imperfeição de 1 mm, a força máxima encontrada foi de 76,57KN. Já para o aço carbono, a força máxima encontrada foi de, aproximadamente, 58,05KN. A seguir (Figura 7), temos a comparação das curvas (força vs deslocamento) encontradas para o aço inoxidável e o aço carbono.

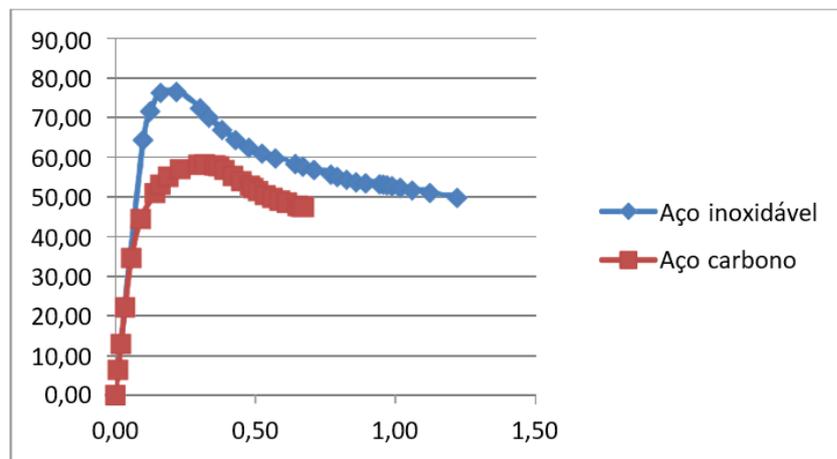


Figura 7 – Força vs deslocamento dos modelos Fonte: Próprio autor (2021)

Também na análise pós-buckle, pode-se observar que as tensões de Von Mises encontradas no modelo de aço inoxidável são maiores que as encontradas no modelo de aço carbono. Essa diferença pode ser observada nas Figuras 8 e 9, expostas a seguir:

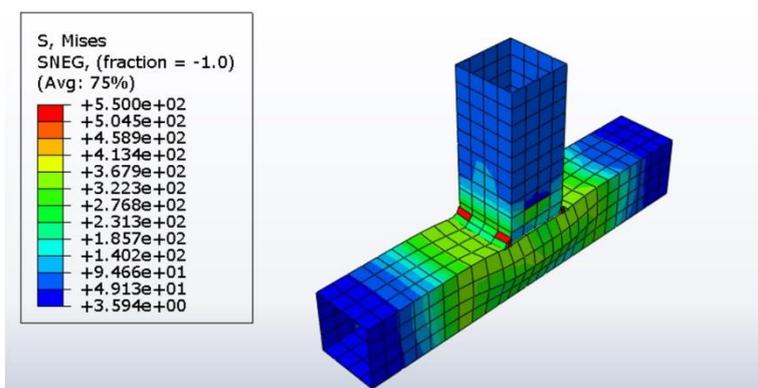


Figura 8 – Tensões de Von Mises na análise pós-buckle do aço carbono Fonte: Próprio autor (2021)

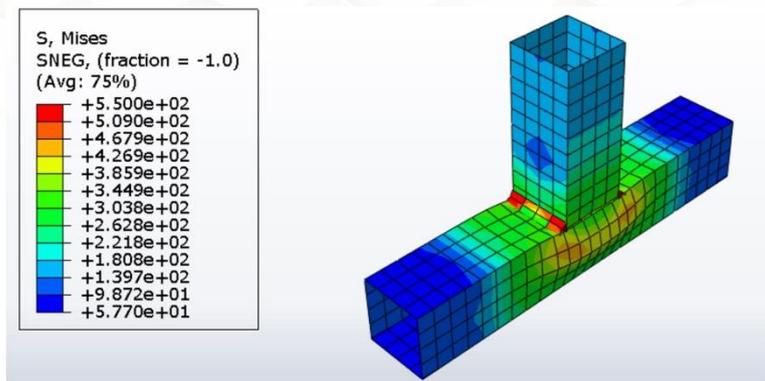


Figura 9 – Tensões de Von Mises na análise pós-buckle do aço inoxidável Fonte: Próprio autor (2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados e analisados na seção anterior, pode-se concluir que os modelos propostos são satisfatórios. Tanto o modo de falha como a força máxima encontrados para o modelo de aço inoxidável foram bastante semelhantes aos encontrados na literatura. Como também exposto anteriormente, o aço inoxidável possui maior resistência que o aço carbono.

Os resultados apresentados também corroboram para a confirmação dessa afirmação. Ao realizar a comparação entre o gráfico força vs deslocamento proposto por Moreira (2021) e o gráfico apresentado nesse artigo também pode-se observar semelhança.

REFERÊNCIAS

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. Ciências e engenharia de materiais: uma introdução. 8 ed. Rio de Janeiro: **LTC**, 2002.

COUTINHO, C. B. Materiais Metálicos para Engenharia. Belo Horizonte: Ed. **Fundação Christiano Ottoni**, 1992.

FENG, R.; YOUNG, B.. Experimental investigation of cold-formed stainless steel tubular T-joints. **Elsevier Journal**, Thin-Walled Structures. 2008.

GOMES, N.V. Avaliação de ligações tubulares tipo T com reforço de chapa lateral. Dissertação de Mestrado. **Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil**. 2017.

NOGUEIRA, M. M. Avaliação da resistência de ligações T entre perfis tubulares soldados em aço inoxidável com o banzo carregado axialmente. Dissertação de Mestrado. **Universidade**

do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. 2021.