

# Análise de resistência à compressão e à flexão de perfil de seção tubular formado a frio com diferentes geometrias

DOI: <http://dx.doi.org/10.18616/civiltec.v2i1.5352>

Daniel Sehnem<sup>1</sup>

Augusto Wanderlind<sup>2</sup>

Marcio Vito<sup>3</sup>

## 1 Introdução

Os perfis de aço formados a frio (PFF) são cada vez mais viáveis para uso na construção civil, em vista da rapidez e da economia exigidas pelo mercado. Esse elemento estrutural pode ser eficientemente utilizado em galpões de pequeno e de médio porte, coberturas, mezaninos, em casas populares e edifícios de pequeno porte (SILVA; PIERIN; SILVA, 2014). Uma vantagem que os PFF possuem em relação ao aço laminado é a grande variedade de formas e seções transversais que podem ser obtidas, por se tratar de um processo industrial menos oneroso, facilitando a otimização de sua geometria em relação a seu carregamento. Ainda como vantagem, a obtenção de perfis rígidos a partir de chapas finas traz boa relação massa por resistência. Esse fato fez o PFF alcançar lugar de destaque nas estruturas de aço (NANDHAKUMAR; RAMESH; SREEVIDYA, 2019). A presente pesquisa focou em analisar e comparar a resistência mecânica de um perfil de aço tubular circular convencional (modelo encontrado no comércio) dobrado em mesa de roletes e um perfil de aço tubular circular formado em prensa dobradeira, com as execuções de doze e seis dobras. Foram avaliadas a resistência à compressão e a resistência à flexão dos elementos citados por ensaio de compressão direta e flexão estática a quatro pontos.

## 2 Metodologia

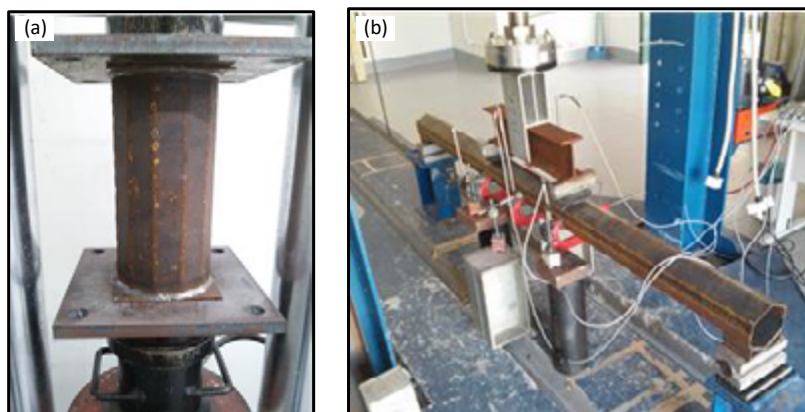
O aço empregado na obtenção dos tubos analisados foi o SAE 1010, por ser um material comum na fabricação de tubos industriais e atender à solicitação de relação entre limite

<sup>1</sup> Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, [daniel\\_sehnem@hotmail.com](mailto:daniel_sehnem@hotmail.com)

<sup>2</sup> Mestre, Engenheiro Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, [augustoawd@gmail.com](mailto:augustoawd@gmail.com)

<sup>3</sup> Mestre, Engenheiro Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, [marciovito@unesc.net](mailto:marciovito@unesc.net)

de resistência à tração e à tensão de escoamento exigida pela norma NBR 14762:2010. Essa escolha também levou em consideração a NBR 6591:2008. Os perfis dobrados em prensa dobradeira foram fabricados em duas partes com iguais dimensões e ligados longitudinalmente por duas linhas de solda de topo, conforme AWS A5.1, em todo o seu comprimento. O ensaio de flexão estático a quatro pontos foi realizado nos tubos com 2500 mm de comprimento. No ensaio de compressão direta, o comprimento adotado foi de 450 mm. Essas dimensões fornecem uma escala real de utilização dos tubos e evitam a ocorrência de flambagens laterais ou por flexão. A Figura 1a mostra a montagem do ensaio de compressão direta em um dos tubos, e a Figura 1b é relativa ao ensaio de flexão. Os equipamentos utilizados na realização dos ensaios foram o macaco hidráulico e a célula de carga da marca HBM para a aplicação e a obtenção do carregamento, sendo este aplicado de forma monotônica a fim de simular uma carga estática. No ensaio de flexão para aferir os deslocamentos verticais foram acoplados ao tubo no centro do vão dois medidores LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*). Essas informações foram transmitidas para um computador por meio do sistema de dados QuantumX MX840B da marca HBM. Os ensaios foram realizados no Laboratório Experimental de Estruturas do Parque Científico e Tecnológico (Iparque) da UNESC.



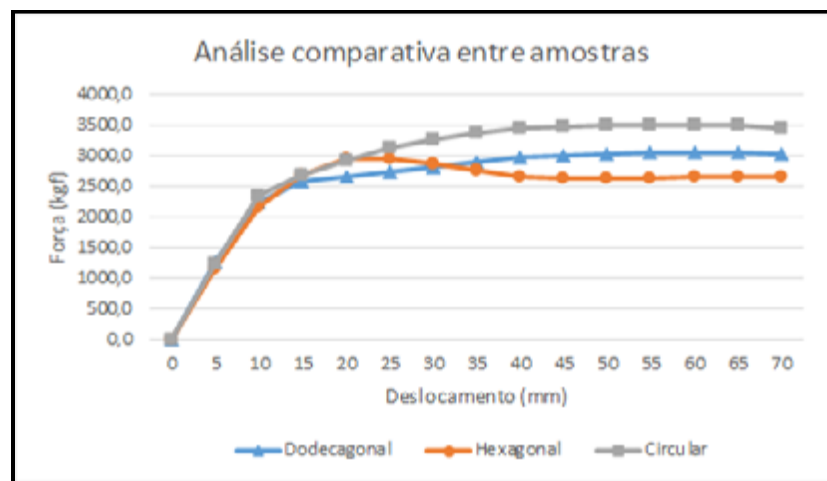
**Figura 1** - (a) amostra montada no ensaio de compressão direta e (b) amostra montada para o ensaio de flexão estática a quatro pontos.

**Fonte:** Acervo dos autores.

### 3 Resultados

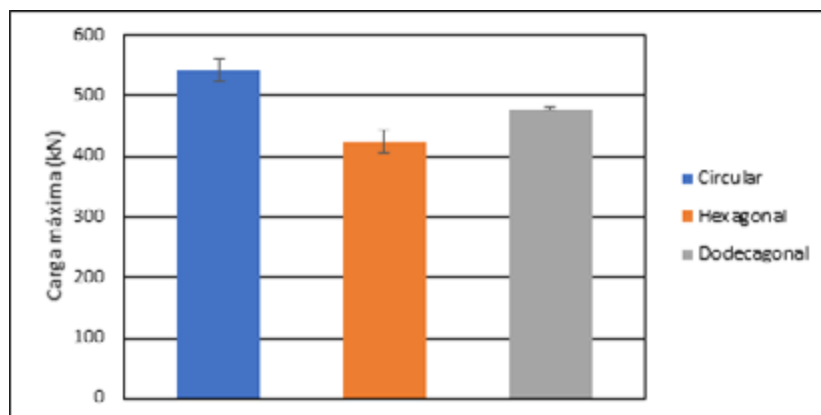
Os tubos apresentaram pequena variação entre as peças de mesma forma geométrica, mas o comportamento diferiu quando comparada uma geometria com outra.

Todas as amostras foram levadas até a ruptura, porém a NBR 8800: 2008 estabelece limites de deslocamentos máximos, conforme a utilização do elemento, onde ele será aplicado, e a carga de ruptura extrapolou os limites máximos de deslocamento. Durante a execução dos ensaios, foi estabelecido o deslocamento máximo de 70 mm. Esse valor foi escolhido, pois em todas as amostras já se observava a redução de carga. Para os gráficos comparativos entre as diferentes formas geométricas, utilizou-se uma média dos resultados das três amostras de cada tipo de seção. Essa análise consta graficamente nas Figura 2 e 3. Para os ensaios de flexão, o perfil circular apresentou resistência 13% maior que o perfil dodecagonal e 15% maior que o perfil hexagonal. Para os ensaios de compressão, o perfil circular apresentou resistência 12% maior que o perfil dodecagonal e 22% maior que o perfil hexagonal. Percebeu-se que a variação de resistência à compressão apresentou diferença mais elevada em relação à resistência à flexão, mas proporcionalmente similar, uma vez que a resistência à compressão é maior que a resistência à flexão nesse ensaio. A conformação do material à temperatura ambiente modificou as regiões dobradas de elásticas em plástica, apresentando maior resistência mecânica nas regiões em que o material foi conformado por meio do fenômeno de encruamento, conforme NBR 14762 (2010), porém essa norma também indica que os perfis tubulares com seção transversal circular devem ser dimensionados seguindo a NBR 8800, a qual não considera o aumento de resistência devido à dobra e analisa o material como aço virgem, uma vez que o perfil tubular pode ser fabricado também por extrusão.



**Figura 2** - Média dos resultados do ensaio de flexão estática em carga por deslocamento vertical.

**Fonte:** Elaborada pelos autores.



**Figura 3** - Resultados médios com desvio padrão representado nas barras de erro para o ensaio de compressão direta.

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

## 4 Conclusões

A viabilidade da substituição dos tubos com diferentes processos de fabricação pôde ser realizada satisfatoriamente nos quesitos de resistência mecânica. Essa substituição trouxe vantagens, já que um perfil formado a frio não ficou limitado às dimensões predeterminadas, podendo otimizá-lo para a obtenção da redução de custos de mão de obra e do uso de material. Também é possível afirmar que a quantidade de dobra tem relação com o aumento da resistência do perfil. O perfil hexagonal teve seis regiões plastificadas e apresentou resultado médio menor que o perfil dodecagonal, o qual teve doze regiões plastificadas. Já o perfil circular se apresentou o mais resistente, justamente porque a plastificação do processo de fabricação em mesa de roletes não ocorreu apenas em pontos do perfil, mas se estendeu ao longo de todo o perímetro, plastificando toda a seção transversal do perfil.

**Palavras-chave:** Perfil de aço tubular; Resistência à compressão; Resistência à flexão.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14762**. Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 87 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6591**. Tubos de aço-carbono com solda longitudinal de seção circular, quadrada, retangular e especial para fins industriais – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8800**. Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 237 p.

NANDHAKUMAR, C. S.; RAMESH, R.; SREEVIDYA, V. Investigation of cold formed steel beam subjected to torsion. **Materials Today: Proceedings**, jul. 2019.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de aço**: dimensionamento prático. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 357 p.

SILVA, E. L.; PIERIN, I.; SILVA, V. P. **Estruturas compostas por perfil formado a frio**. Rio de Janeiro: IAB, 2014. 193 p.