

# ESTUDO COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS ATRAVÉS DE ENSAIO DE TRAÇÃO EM CORPOS DE PROVA NORMALIZADOS E EM COMPONENTES<sup>1</sup>

*Diego Moises Maciel Vieira<sup>2</sup>  
Bill Paiva dos Santos<sup>3</sup>  
Jefferson Haag<sup>3</sup>  
Vagner Machado Costa<sup>3</sup>  
Altamir Inácio dos Santos<sup>3</sup>  
Guilherme Vieira Braga Lemos<sup>4</sup>  
Telmo Roberto Strohaecker<sup>5</sup>*

## Resumo

A competitividade do mercado e as exigências em projetos cada vez mais complexos faz com que testes rotineiros, como o ensaio de tração, apresentem grande importância no desenvolvimento de produtos. Sendo assim, é essencial que estes ensaios reproduzam com confiabilidade as propriedades do material. Com base nestas questões, foram realizados dez ensaios de tração no componente original (tubo) e em dez corpos de prova retirados do próprio tubo, a fim de comparar a reprodutibilidade dos resultados. Os parâmetros empregados nos ensaios, baseados nas normas ASTM E8 e ISO 6892, foram os mesmos para as duas condições analisadas. Com os resultados obtidos, foi possível observar modificações nos valores de escoamento, de resistência máxima e alongamento, atribuídas, principalmente, à presença do cordão de solda, ausência de superfície livre e maior quantidade de deformação não uniforme.

**Palavras-chave:** Ensaio de tração; Corpos de prova normalizados; Componentes; Propriedades mecânicas.

## COMPARATIVE STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES THROUGH TENSILE TESTING IN STANDARD SPECIMENS AND COMPONENTS

### Abstract

Market competitiveness and requirements on complex projects make routine testing present great importance in the development of products. Based on this concept, it is important that mechanical tests reliably reproduce the materials properties. It was performed ten tensile tests on an original component (pipe) and another ten tensile tests on standardized specimens from the same pipe with the purpose of compare the results reproducibility. The applied parameters were based on ASTM E8 and ISO 6892 standards and were the same for both of analyzed conditions. Through the obtained results, it was possible to observe modifications on the yield strength, ultimate tensile strength and elongation, these being assigned to the presence of a weld, absence of free surface and greater amount of nonuniform deformation.

**Key words:** Tensile testing; Standardized specimens; Pipe component; Mechanical properties.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

<sup>2</sup> *Graduando, Engenharia Metalúrgica, UFRGS, RS, Brasil.*

<sup>3</sup> *Engenheiro Metalúrgico, PPGE3M, UFRGS, RS, Brasil.*

<sup>4</sup> *Engenheiro Metalúrgico, MSc, PPGE3M, UFRGS, RS, Brasil.*

<sup>5</sup> *Engenheiro Metalúrgico, Professor Doutor, PPGE3M, UFRGS, RS, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

Os ensaios de tração são rotineiramente aplicados na caracterização dos diversos tipos de materiais existentes. Os resultados oriundos dos ensaios são influenciados por diversas variáveis como: temperatura, taxa de deformação, anisotropia do material, tamanho de grão, porcentagem de impurezas e condições ambientais.<sup>(1-4)</sup>

Para facilitar a execução dos ensaios, corpos de prova com dimensões padronizadas são sugeridos em normas internacionais (dentre elas pode-se citar a ISO 6892<sup>(5)</sup> e a ASTM E8,<sup>(6)</sup> pois a realização destes com o próprio componente, em muitos dos casos, seria impraticável e/ou inviável devido suas dimensões e/ou capacidade do equipamento a ser utilizado. Quando realizados no próprio produto, os ensaios têm maior significado, pois procuram simular as condições reais de funcionamento do mesmo. Além disso, os resultados assim obtidos teriam apenas uma importância particular para aquele produto específico,<sup>(7)</sup> Devido a esta dificuldade, torna-se imprescindível conhecer o que implica o emprego de corpos de prova nos resultados de ensaios de tração, como limite de resistência à tração (LR), limite de escoamento (LE) e alongamento percentual. O conhecimento destas particularidades e o cumprimento das normas específicas de engenharia garantem a confiabilidade e reprodutibilidade dos projetos.

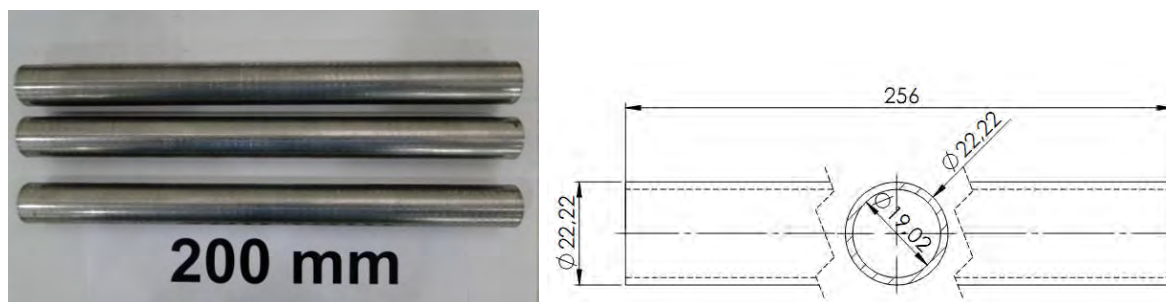
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A Tabela 1 mostra a composição química que se refere ao material testado, resultado de uma análise com espectrometria de emissão ótica (equipamento Spectrolab tipo LAVMB08B).

**Tabela 1.** Composição química do material analisado

C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Nb	Al	Ni	Mo
0,10	1,110	0,088	0,018	0,05	0,007	0,013	0,049	0,041	0,009	0,003

As Figuras 1 e 2 apresentam os componentes (tubos) e os corpos de prova utilizados no estudo, respectivamente. Foram realizados dez ensaios de tração em corpos de prova, sendo estes retirados dos próprios tubos posteriormente ensaiados e dez ensaios de tração em tubos de 22,22 mm de diâmetro e espessura de parede de 1,60mm. Os corpos de prova e os tubos seguem as recomendações das normas ISO 6892<sup>(4)</sup> e ASTM E8.<sup>(6)</sup>



**Figura 1.** Tubos (esquerda) e representação com suas dimensões em milímetros (direita).



**Figura 2.** Corpos de prova (esquerda) e dimensões em milímetros (direita).

Os ensaios de tração foram realizados em uma máquina eletromecânica marca Instron (modelo 5585H) com capacidade para 25 toneladas. Após usinagem dos corpos de prova e corte dos tubos, estes foram submetidos a ensaios de tração em temperatura ambiente (25°C), sendo que as velocidades de deslocamento e o comprimento inicial ( $L_0$ ) empregados para os corpos de prova foram de 0,75 mm/min e 50 mm e, para os tubos 1,35 mm/min e 90 mm, respectivamente.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 3 e 4 mostram os resultados com as curvas tensão-deformação de engenharia para cada condição de ensaio, tubos e corpos de prova, respectivamente. Observa-se que as curvas dos dez tubos e dos dez corpos de provas encontram-se semelhantes e agrupadas. O comportamento é típico de um material elasto-plástico perfeito, em que após o escoamento não há um aumento significativo de resistência. É importante salientar que as curvas foram construídas a partir do deslocamento da máquina eletromecânica com a finalidade de comparar o comportamento entre as amostras. Entretanto, os resultados de limite de escoamento e limite de resistência foram calculados com auxílio de um extensômetro usando  $L_0$  de 25 mm e o alongamento com um paquímetro calibrado.

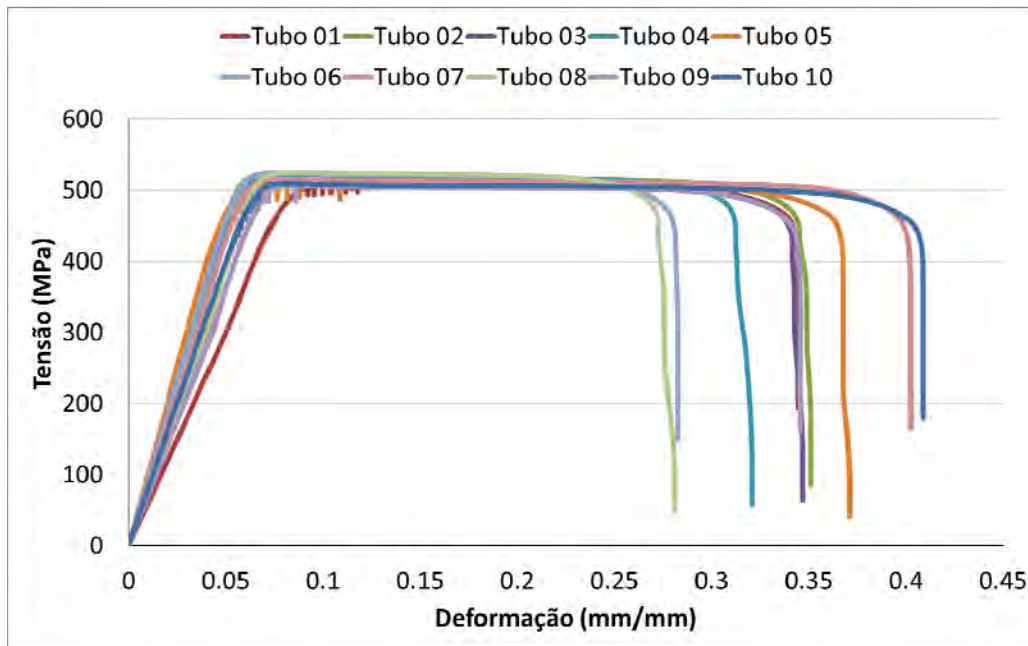


Figura 3. Curvas Tensão-Deformação de Engenharia dos componentes (Tubos).

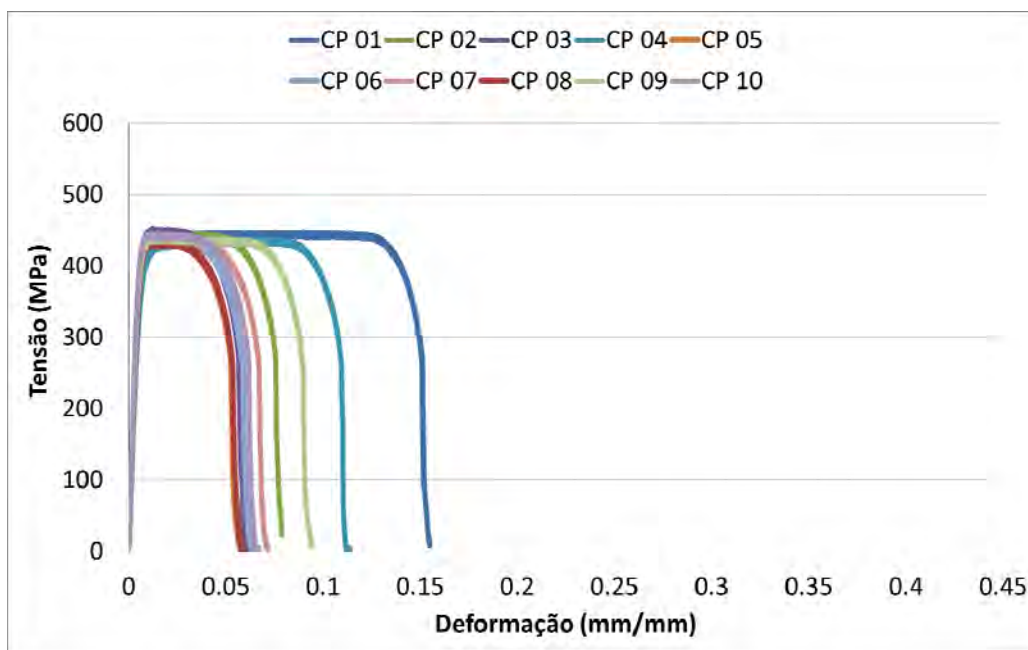


Figura 4. Curvas Tensão-Deformação de Engenharia dos corpos de prova (CPs).

As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados alcançados para todas as amostras ensaiadas mostrando o limite de resistência à tração (LR), limite de escoamento (LE) e alongamento percentual. Para as amostras que não apresentam valor de alongamento, a ruptura ocorreu fora da marcação do  $L_0$ , e, assim, não foram utilizados no cálculo da incerteza de medição. Levando em consideração, para os tubos, somente a média de limite de escoamento (506 MPa) em comparação com os dados obtidos para os CPs nota-se que o LE é 23% maior dos tubos em relação aos CPs. Já para a média de limite de resistência máxima (519 Mpa dos tubos) a diferença foi em torno de 18% dos tubos em relação aos CPs. Resumindo, os componentes com maiores dimensões (tubos) sempre atingiram, de maneira significativa, maiores valores. Sendo assim, pode-se afirmar que a utilização dos

CPs leva a um fator de segurança, pois não representa exatamente o que acontece com o material em sua condição real.

**Tabela 2.** Resultados dos ensaios de tração para os tubos

<b>Amostras</b>	<b>Limite de Escoamento (MPa)</b>	<b>Limite de Resistência à Tração (MPa)</b>	<b>Alongamento Percentual Lo=90mm (%)</b>
<i>Tubo 01</i>	515	525	-----
<i>Tubo 02</i>	515	527	21
<i>Tubo 03</i>	503	514	20
<i>Tubo 04</i>	509	519	-----
<i>Tubo 05</i>	497	512	21
<i>Tubo 06</i>	503	527	-----
<i>Tubo 07</i>	501	514	-----
<i>Tubo 08</i>	514	525	-----
<i>Tubo 09</i>	500	513	-----
<i>Tubo 10</i>	498	512	24
<b>Média</b>	<b>506</b>	<b>519</b>	<b>22</b>
<b>Incerteza</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>3</b>

**Tabela 3.** Resultados dos ensaios de tração para os corpos de prova (CP)

<b>Amostras</b>	<b>Limite de Escoamento (MPa)</b>	<b>Limite de Resistência à Tração (MPa)</b>	<b>Alongamento Percentual Lo=50mm (%)</b>
<i>CP 01</i>	418	448	13
<i>CP 02</i>	414	446	-----
<i>CP 03</i>	423	453	-----
<i>CP 04</i>	381	436	8
<i>CP 05</i>	420	438	-----
<i>CP 06</i>	421	442	-----
<i>CP 07</i>	412	437	-----
<i>CP 08</i>	412	435	-----
<i>CP 09</i>	408	441	9
<i>CP 10</i>	423	446	6
<b>Média</b>	<b>411</b>	<b>439</b>	<b>8</b>
<b>Incerteza</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>2</b>

A Figura 5 sumariza as relações entre as médias de limite de escoamento e do limite de resistência à tração para os tubos e para os CPs. Os tubos atingiram médias de limite de escoamento maiores quando comparados aos resultados dos corpos de prova, enquanto que em relação ao desvio padrão ocorreu o comportamento inverso, sendo este relativamente maior para os corpos de prova do que para os tubos. Para as médias de limite de resistência à tração, conforme já mencionado previamente, os tubos também alcançaram maiores valores quando comparados aos corpos de prova e o desvio padrão foi praticamente igual para ambas às condições.

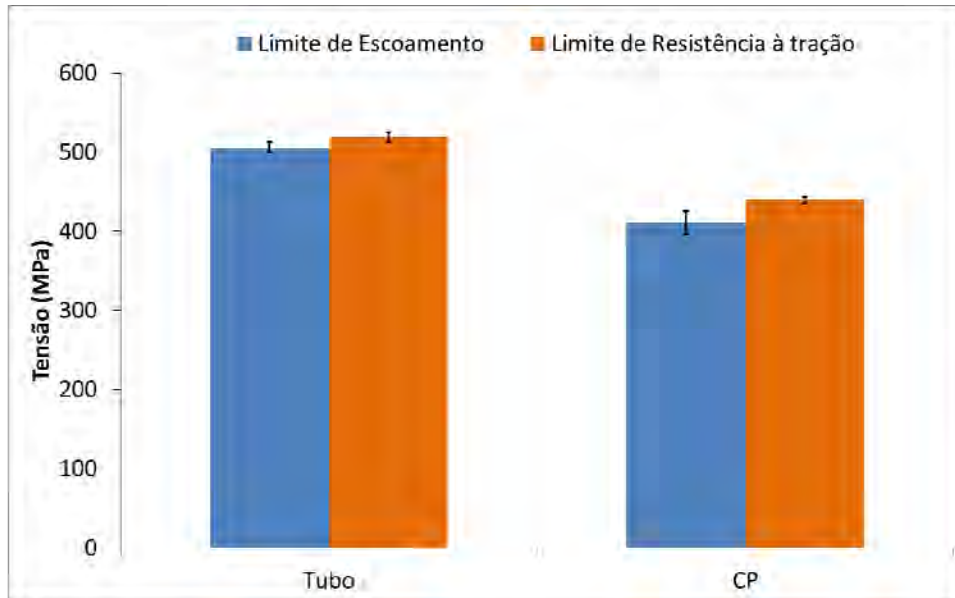


Figura 5. Médias do limite de escoamento e desvios padrão para os tubos e CPs.

De acordo com as médias de alongamento, que podem ser visualizadas através da Figura 6, percebe-se que os tubos obtiveram maiores valores (em torno de 22%, ou seja, aproximadamente três vezes maior). Com respeito ao desvio padrão os tubos também obtiveram uma maior variação entre os dados das dez amostras ensaiadas, fato que talvez possa ser explicado pela maior área, maior quantidade de heterogeneidades e regiões com a presença de solda que certamente influenciam os dados do ensaio. Por outro lado, os CPs passaram por um processo de usinagem para sua fabricação, têm menor diâmetro, menor comprimento total e, além disso, foram fabricados a partir do material base.

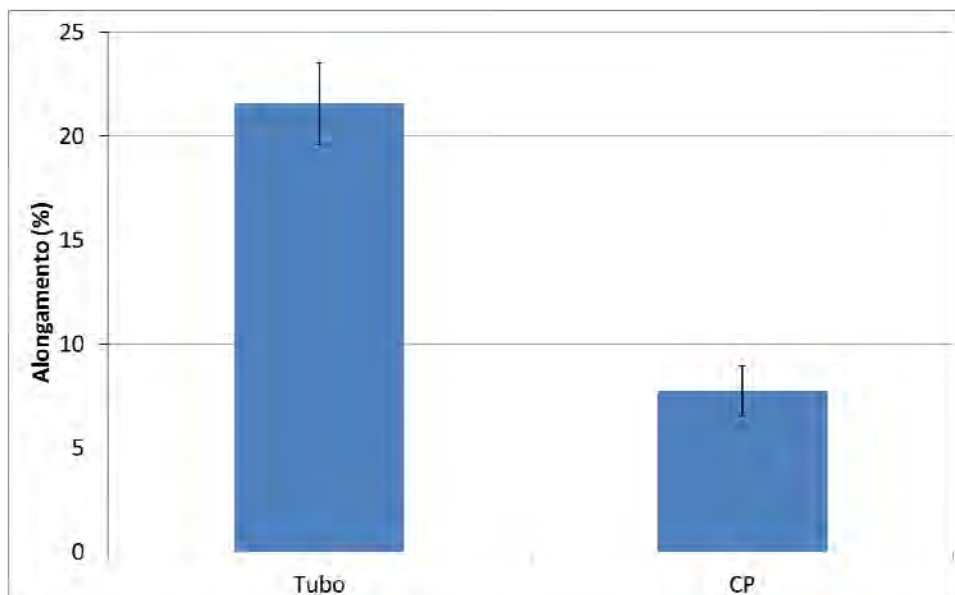


Figura 6. Médias do alongamento percentual e desvios padrão para os tubos e CPs.

Torna-se evidente o fato de que o emprego de corpos de prova na avaliação das propriedades mecânicas desse material (tubo com costura) leva a resultados mais conservadores do que o ensaio no próprio componente em seu tamanho real. Esses

resultados podem estar associados a algumas diferenças existentes entre as duas condições, são elas:

- usinagem dos corpos de prova: o processo de confecção dos corpos de prova gera encruamento na região usinada e o alívio de tensões, em consequência, da forma curvada da seção transversal. Com isso, ocorrendo um carregamento invertido pela fresa, um fenômeno semelhante ao efeito Baushinger acontece e o limite de escoamento é reduzido, se comparado com o componente original;<sup>(3)</sup> e
- os tubos apresentam um cordão de solda (Figura 7), decorrente do processo de fabricação de tubos com costura, enquanto que nos corpos de prova apenas o material base foi ensaiado. A junta soldada ajuda a restringir a deformação plástica localmente ocasionando, assim, pequeno aumento na resistência do material. Foi constatado que os tubos apresentam maior estricção, mesmo para um comprimento inicial ( $L_0$ ) maior que os corpos de prova (Tubos – 90 mm e CPs – 50 mm). A Figura 8 mostra a região de estricção após os ensaios de tração. Esse é o principal motivo do aumento do alongamento percentual, que nada mais é do que a soma da deformação plástica uniforme e não uniforme.

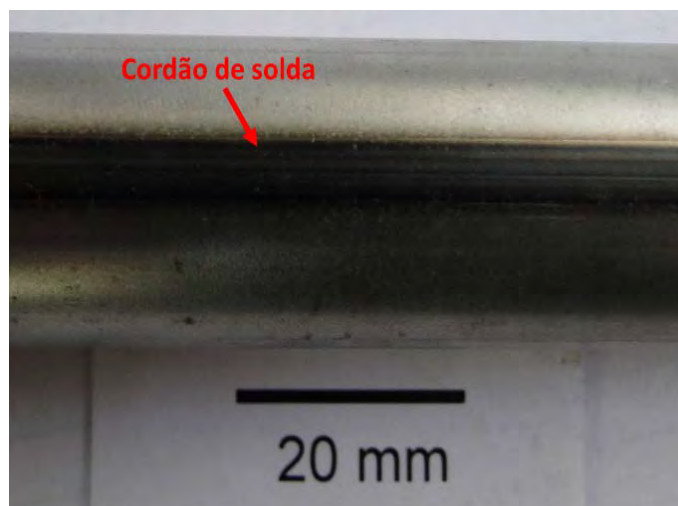


Figura 7. Cordão de solda nos tubos.

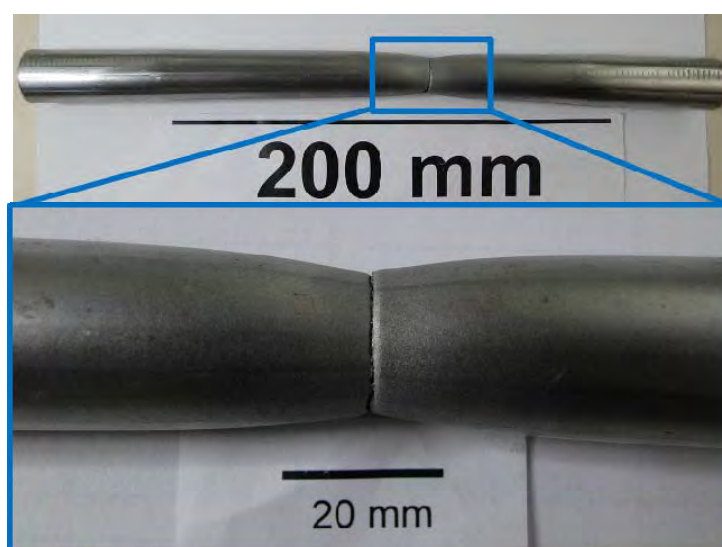


Figura 8. Estricção na fratura do tubo em imagem real e ampliada.

## 4 CONCLUSÕES

Com os resultados apresentados, pode-se concluir que:

- os corpos de prova exibiram resultados dos ensaios de tração mais conservadores, sendo os todos os valores obtidos (limite de resistência à tração, limite de escoamento e alongamento percentual) são inferiores aos obtidos nos ensaios dos tubos; e
- essencialmente três mecanismos influenciaram, principalmente, nas diferenças obtidas entre os ensaios dos tubos e corpos de prova, são eles: usinagem dos corpos de provas, tubos com costura e maior quantidade de estrição nos tubos.

## REFERÊNCIAS

- 1 GARCIA, A.; SPIM, J. A.; DOS SANTOS, C. A. Ensaios dos Materiais. 2 ed. Rio de Janeiro. 2012.
- 2 SOUZA, S. A. Ensaios Mecânicos de Materiais Metálicos – Fundamentos Teóricos e Práticos. 1982.
- 3 DIETER, G., Metalurgia Mecânica, Guanabara Dois, Rio de Janeiro. 1981.
- 4 MEYERS, M. A.; CHAWLA, K. K. Mechanical Behavior of Materials. 2008.
- 5 ISO 6892-1. Metallic Materials - Tensile Testing - Part 1: Method of Test at Room Temperature. 2009
- 6 ASTM E8/EM8. Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.
- 7 COZACIUC, I.; DA SILVA, L. R.; TOGNI, M. A. Aula 04 - Ensaio de Tração Procedimentos Normalizados. Tele Curso 2000.