

AValiação dos Métodos de Tração e Compressão para Obtenção de Curvas de escoamento de Ligas de Alumínio

Juliano Boeira Ercolani (UFRGS) E-mail: juliano.ercolani@ufrgs.br
Leonardo Fonseca Oliveira (UFRGS) E-mail: leonardo.fonseca@ufrgs.br
Lucas Rodrigo Kehl (UFRGS) E-mail: lucasrkehl@gmail.com
Alexandre da Silva Rocha (UFRGS) E-mail: alexandre.rocha@ufrgs.br

Resumo: A curva de escoamento é um importante parâmetro amplamente utilizado em aplicações de conformação mecânica, pois caracteriza o comportamento dos materiais em regimes de deformação plástica, fornecendo a tensão de escoamento do material como função da deformação verdadeira. O objetivo deste trabalho é comparar a utilização de dois métodos diferentes para obtenção dessas: ensaio de tração e ensaio de compressão. Foram realizados ensaios de tração e compressão em corpos de prova de uma liga de alumínio AA6351. Os dados dos ensaios foram analisados na região de deformação homogênea para a obtenção das curvas de escoamento de engenharia e real. Quanto à praticidade na realização dos ensaios, o ensaio de compressão demonstrou vantagens em relação ao ensaio de tração, principalmente devido à geometria dos corpos de prova. O grau de deformação máximo analisável do ensaio de compressão também é superior ao ensaio de tração, visto que no segundo há um rompimento do corpo de prova impossibilitando o prosseguimento do ensaio. Por fim, nota-se a igualdade nas curvas de escoamento de ambos os ensaios no regime anterior ao rompimento do corpo de prova.

Palavras-chave: Ensaio de compressão; Ensaio de tração; Curva de escoamento; Alumínio AA6351.

AN EVALUATION OF METHODS OF TRACTION AND COMPRESSION FOR OBTAINING OF ALUMINUM ALLOYS FLOW CURVES

Abstract: The flow curve is an important parameter that is used in metal forming applications. It characterizes the behavior of materials during plastic deformation regimes, providing the flow stress of the material. The objective is to compare the use of two different methods to obtain it: the tensile test and compression test. Both tests were done in specimens of aluminum alloy AA6351. Data from trials were analyzed in the homogeneous deformation region, obtaining engineering flow curves and true flow curves. As for convenience in carrying out the tests, the compression test showed advantages over the tensile test, mainly due to the geometry of the test specimens. The maximum degree of analyzable deformation of the compression test is also higher than the tensile test, whereas in the second there is a disruption of the specimen that impossible to continue the test. Finally, there is equality in the flow curves of both tests in the previous regime to break the specimen

Keywords: Compression test; Tensile test; Flow curve; Aluminum AA6351.

1. Introdução

A caracterização dos materiais é uma importante ferramenta na conformação mecânica, fornecendo dados para avaliação do seu comportamento quando submetidos a um determinado esforço. A curva de escoamento é uma ferramenta que permite realizar essa caracterização, fornecendo a deformação verdadeira. Ela pode ser obtida de diferentes formas, sendo as principais através do ensaio de torção, tração e compressão, os dois últimos sendo abordados nesse trabalho.

O ensaio de tração, que é o mais simples na obtenção da curva de escoamento, consiste na aplicação de carga de tração uniaxial crescente em um corpo de prova específico até a ruptura. Mede-se a variação do comprimento (l) em função da carga (P) (GARCIA,

2000).

Devido à carga aplicada, o corpo de prova passa por um período de deformação elástica e posteriormente começa a se deformar, criando um alongamento chamado de pescoço. A partir desse ponto, a força não é mais uniaxial e o corpo de prova passa da deformação plástica homogênea para a formação da ruptura. Através dessas regiões é obtida uma curva Tensão x Deformação e é obtida a curva de escoamento do material (BRITO, 1998).

Amplamente utilizado na indústria de componentes mecânicos no controle das especificações do material, o ensaio de tração fornece o limite de resistência à tração, o limite de escoamento, o módulo de elasticidade, a ductilidade, os coeficientes de encruamento e resistência, os módulos de elasticidade, resiliência e de tenacidade (GARCIA, 2000).

No Brasil, a normatização do ensaio é feita pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) através da norma NBR-6892-1:2013 para materiais metálicos. Ele está condicionado à alguns fatores, como: temperatura, velocidade de deformação, anisotropia, tamanho de grão, impurezas e condições ambientais.

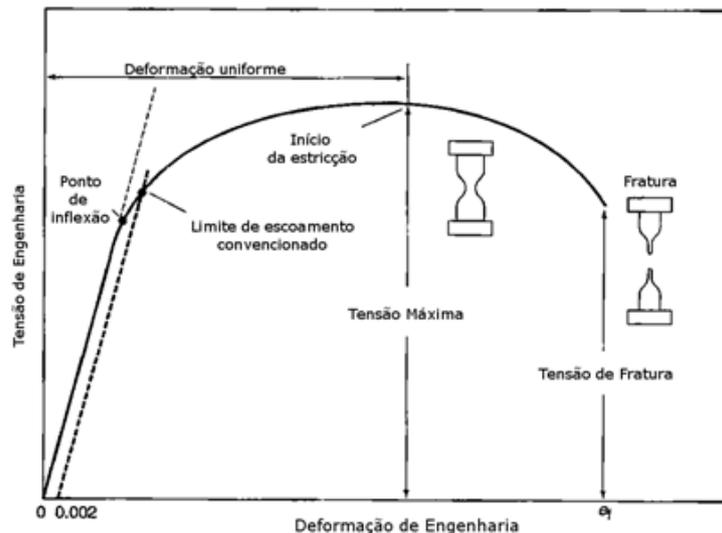


Figura 1 - Exemplo de curva de escoamento de um ensaio de tração. (MOOSBRUGGER, 2002)

O ensaio de compressão é a aplicação de carga compressiva uniaxial em um corpo de prova. A deformação linear obtida pela medida da distância entre as placas que comprimem o corpo versus a carga de compressão consiste na resposta do ensaio (VALÍČEK, 2015).

Diferentemente do ensaio de tração, o ensaio de compressão permite avaliar o material quando submetido a maiores deformações e apresenta a vantagem da geometria simples do corpo de prova, no entanto têm como desvantagem o atrito entre a ferramenta e o corpo de prova. O corpo de prova é comprimido entre duas matrizes paralelas e avalia-se a força e a diminuição na sua altura.

É aplicado na indústria de conformação mecânica para parametrizar condições de processos envolvendo forjamento, extrusão, laminação. Os resultados fornecidos pelo ensaio são muito semelhantes aos do ensaio de tração assim como a influência de variáveis.

Ambos os ensaios fornecem como resultado a curva de escoamento do material ensaiado. A curva de escoamento é um elemento básico para a determinação das condições de trabalho na conformação mecânica. O escoamento de um material inicia quando as tensões atuantes atingirem um determinado valor, característica do mesmo: a resistência ao escoamento, k_f .

Os objetivos deste trabalho são avaliar ambos os métodos na obtenção da curva de escoamento de ligas de alumínio, analisando a praticidade na realização do ensaio, as principais dificuldades, o grau de deformação máximo analisável, as vantagens e desvantagens de cada método e sua aplicabilidade.

2. Materiais e Métodos

Na realização dos testes apresentados neste trabalho foi utilizada a liga de alumínio AA6351 com composição química obtida através de espectrometria de chama, apresentando como principais componentes além do Alumínio o Si, Mg e Mn, conforme segue na tabela 1.

Tabela 1 - Composição química da liga

Elementos	%Si	%Mg	%Mn	%Fe	%Cu	%Outros	%Al
% Presente na amostra	0,973	0,674	0,530	0,198	0,027	0,074	97,523

A partir de uma mesma barra deste material foram confeccionados três corpos de prova para os ensaios de tração e oito corpos de prova para os ensaios de compressão, sendo os corpos de prova do ensaio de tração realizados com dois acabamentos diferentes (usinado e lixado).

As dimensões dos corpos de prova do ensaio de tração estão apresentadas na Figura 1e foram usinadas conforme recomendações da normas ASTM E8/E8M-16^a. Para os ensaios de compressão os corpos de prova foram cilindros com diâmetro de 10mm e altura de 15mm, seguindo recomendações da norma ASTM E9.

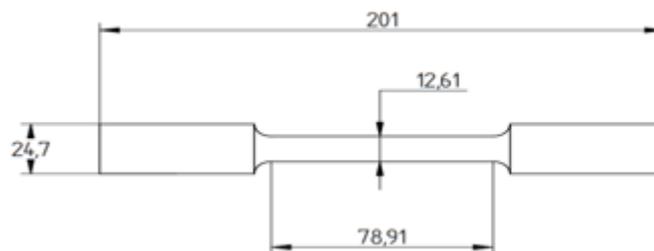


Figura 2 - Dimensões dos corpos de prova para os ensaios de tração

Os ensaios foram realizados à temperatura ambiente (20 C°) na máquina de ensaios universal, EMIC em conjunto com o software TESC para aquisição dos dados durante os ensaios.

Para a realização dos ensaios de tração, os corpos de prova foram acoplados na máquina com o auxílio de garras pneumáticas, os corpos de prova foram tracionados com

velocidade constante de 2 mm/s até o rompimento, durante o ensaio foram coletadas as medições de força obtidas através de uma célula de carga pertencente a máquina e de deformação através de um dispositivo clipgauge anexado à seção reduzida dos corpos de prova durante os ensaios.

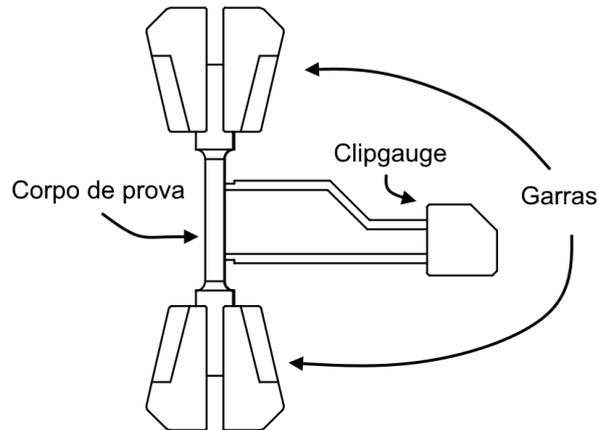


Figura 3 - Representação esquemática do ensaio de tração.



Figura 4 - Corpo de prova de tração após realização do ensaio

Para a realização dos ensaios de compressão, os corpos de prova foram posicionados em matrizes cilíndricas planas de aço AISI H13 lubrificadas com WD-40 SpecialistDryLube com PTFE condicionadas na máquina de ensaios. Foi realizada a compressão dos corpos de prova até que ocorresse uma deformação de 10 mm em altura, durante os ensaios foram adquiridos os dados de força e deslocamento.

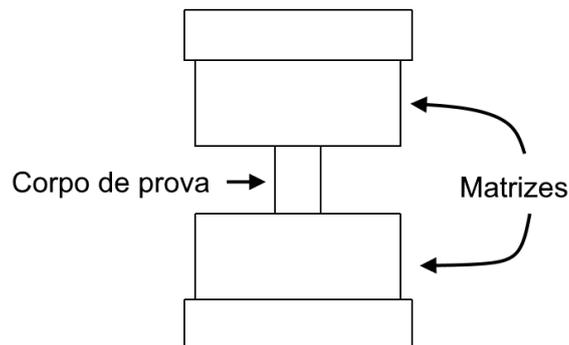


Figura 5 - Representação esquemática do ensaio de compressão

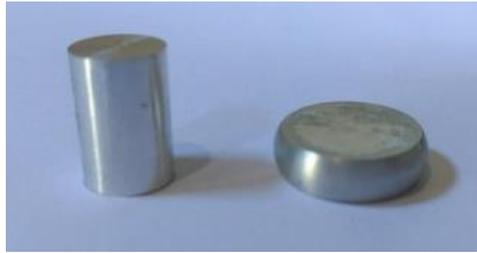


Figura 6 - Corpos de prova de compressão, antes (esquerda) e depois (direita) do ensaio.

Como na aquisição de dados é obtida a força aplicada sobre o corpo de prova e a variação da altura do mesmo, houve a necessidade de se transformar o gráfico em tensão convencional x deformação relativa. Após, foi convertida para tensão verdadeira x deformação verdadeira.

3. Resultados e Discussão

Na aquisição de dados do ensaio, o gráfico obtido é o de força x deslocamento. Nas figuras 7 e 8, podemos analisar que no ensaio de compressão há uma maior deformação até a ruptura.

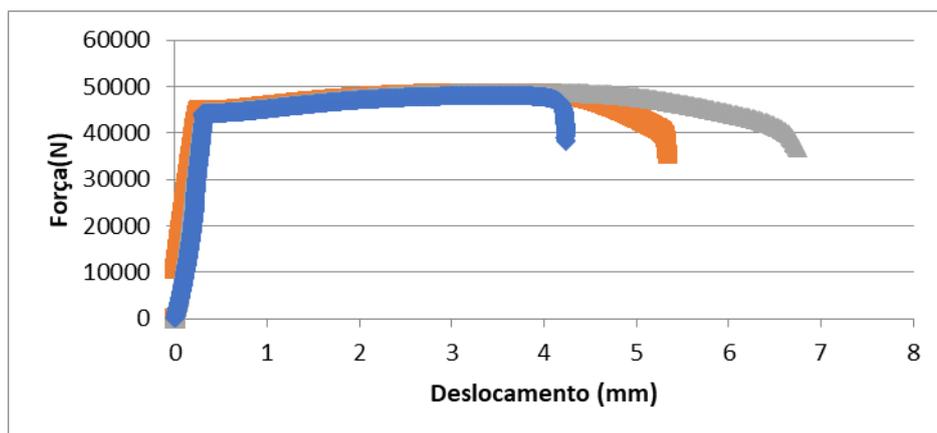


Figura 7 - Curva força x deslocamento em tração.

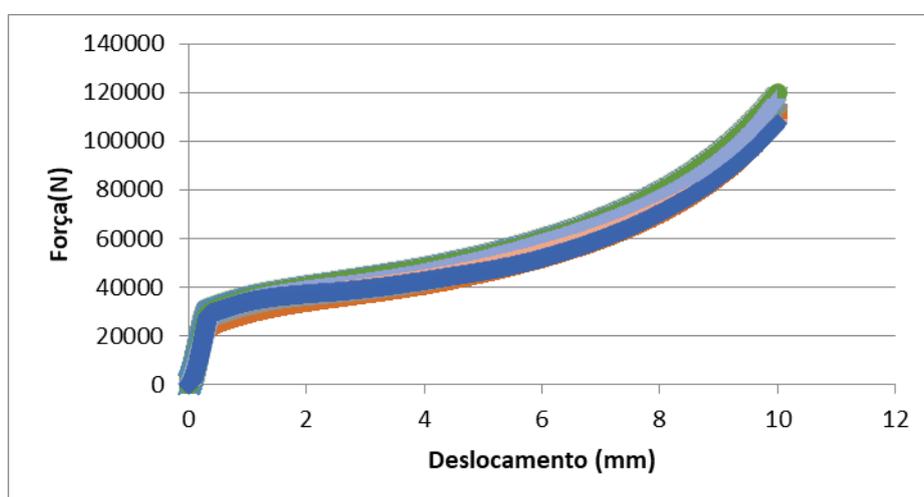


Figura 8 - Curva força x deslocamento em compressão

Após a conversão das curvas obtidas no ensaio para as curvas de tensão verdadeira x deformação verdadeira, pode-se analisar a região plástica dos ensaios. As curvas de escoamento apresentadas nas figuras 9 e 10 referem-se ao comportamento dos materiais na região de deformação permanente homogênea. Através da comparação, podemos notar a semelhança entre as curvas de escoamento geradas pelos dois ensaios.

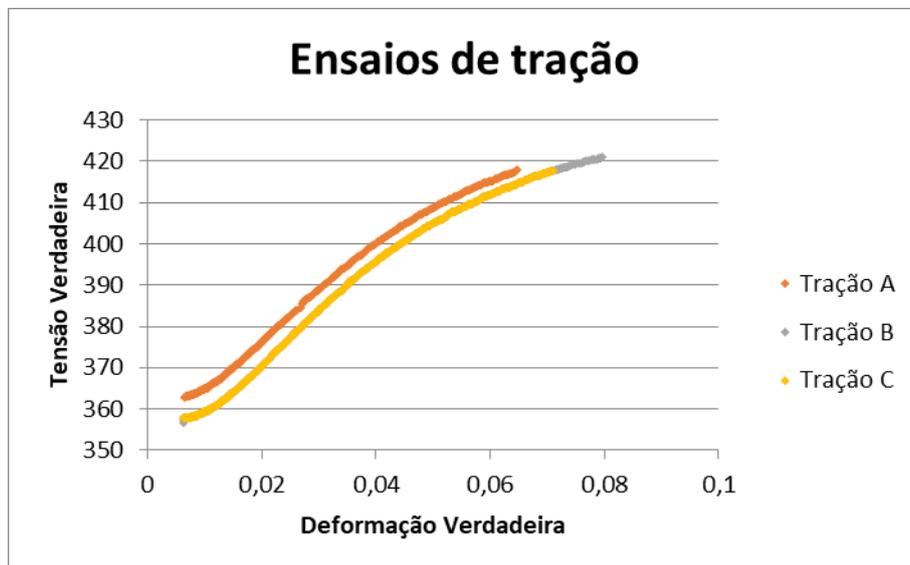


Figura 9 - Região de deformação plástica em tração

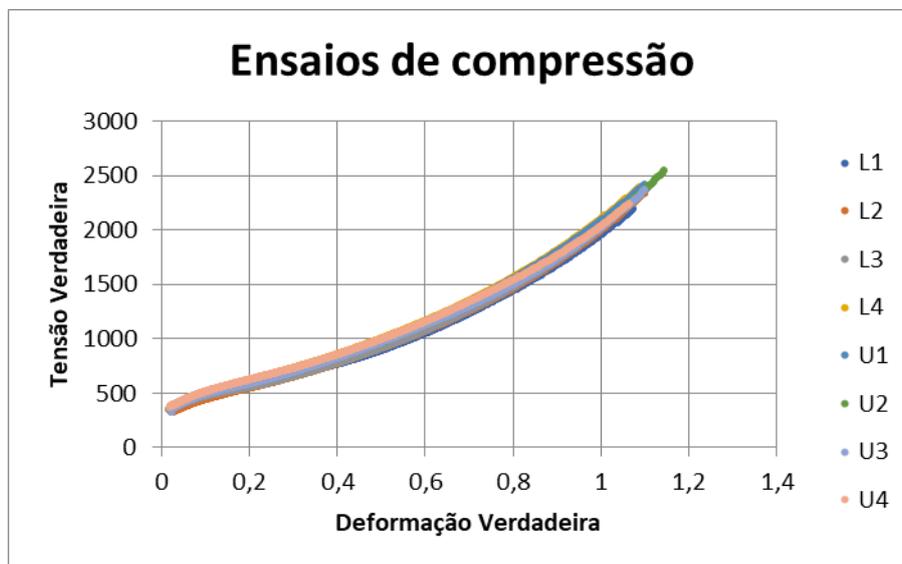


Figura 10 - Região de deformação plástica em compressão

No ensaio de compressão, podemos notar que as peças lixadas (L) e as peças não lixadas (U) não tiveram diferenças de curvas. Isso mostra que essa condição não é relevante no ensaio.

A figura 11 mostra a comparação entre a região homogênea de deformação para a tração e compressão. Através disso, pode-se notar que até o momento da ruptura em tração as curvas estão semelhantes. Como a compressão possui uma deformação bem maior, a sua curva possui um valor de tensão verdadeira maior que o de tração.

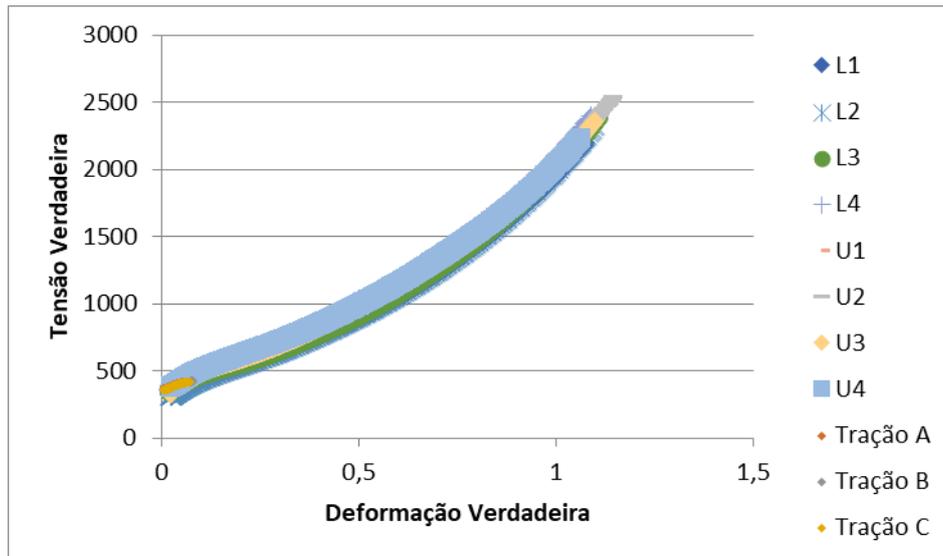


Figura 11 - Região de deformação plástica em tração e compressão

4. Conclusões

Através da pesquisa realizada observou-se que o ensaio de compressão permite analisar o comportamento do material sob esforço superior ao ensaio de tração. Destaca-se também a praticidade superior ao realizar o ensaio de compressão em comparação ao ensaio de tração. Essa diferença é visível principalmente na usinagem do corpo de prova de cada ensaio, visto que o corpo de prova determinado pela norma do ensaio de tração tem geometria muito mais complexa do que o ensaio de compressão. Nota-se a semelhança entre as curvas fornecidas pelos ensaios antes do momento de ruptura do corpo de prova no ensaio de tração.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 692-1:2013**. *Materiais metálicos – Ensaio de Tração Parte 1: Método de Ensaio a Temperatura Ambiente*.

ASTM E517-00. *Standard Test Method for Plastic Strain Ratio r for Sheet Metal*. ASTM International, 2010.

ASTM E8/E8M. *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. ASTM International. [s.l: s.n.].

BRITO A.M.G. PREDIGER, S.A. *Aspectos do Levantamento de Curvas de Escoamento*. In: 2ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE FORJAMENTO - XVIII SENAFOR. Porto Alegre, 1998. p.189-210.

GARCIA, A. SPIM, J.A. DOS SANTOS, C.A. *Ensaio dos Materiais*. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2000.

MOOSBRUGGER, C. *Representation of Stress-Strain Behavior*. In Atlas of Stress Strain Curves, 2nd ed.; ASM International: Materials Park, OH, USA, 2002.

VALÍČEK, J.; HARNIČÁROVÁ, M.; ÖCHSNER, A.; HUTYROVÁ, Z.; KUŠNEROVÁ, M.; TOZAN, H.; MICHENKA, V.; ŠEPELÁK, V.; MITAL, D.; ZAJAC, J. *Quantifying the Mechanical Properties of Materials and the Process of Elastic-Plastic Deformation under External Stress on Material*. Materials 2015, 8, 7401-7422. <https://doi.org/10.3390/ma8115385>