

# Previsão do Alongamento até a Fratura de Barras de Aço ABNT 1008 Após Trefilação<sup>1</sup>

Adriano de Paula e Silva<sup>2</sup>

Paulo Roberto Cetlin<sup>3</sup>

## SUMÁRIO

A trefilação de barras metálicas é largamente empregada industrialmente. Além de conferir excelentes acabamento e tolerância dimensional aos produtos, este processo provoca uma mudança em suas propriedades mecânicas, com um aumento de resistência mecânica e queda no alongamento até a fratura. A previsão da variação destas propriedades com a redução de área utilizada no processo é de importância tecnológica, e trabalhos anteriormente realizados abordaram o caso da resistência mecânica dos produtos. O objetivo do presente trabalho é realizar uma análise similar para o alongamento até a fratura.

---

<sup>1</sup>Contribuição técnica ao I Seminário de Trefilação de Arames, Barras, Tubos de Metais Ferrosos e Não Ferrosos - ABM - São Paulo / SP - 18 e 19 de novembro de 1993.

<sup>2</sup>Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG

<sup>3</sup>Professor Titular do Departamento de Engenharia Metalúrgica da Escola de Engenharia da UFMG

# 1 - INTRODUÇÃO

A trefilação de barras metálicas é largamente empregada industrialmente. Além de conferir excelentes acabamento e tolerância dimensional aos produtos, este processo provoca uma mudança em suas propriedades mecânicas, com um aumento de resistência e queda no alongamento até a fratura. A previsão da variação destas propriedades com a redução de área utilizada no processo é de importância tecnológica, e trabalhos anteriormente realizados<sup>(1)</sup> abordaram o caso da resistência mecânica dos produtos. O objetivo do presente trabalho é realizar uma análise similar para o alongamento até a fratura. Este alongamento<sup>(2)</sup> (A) é definido por:

$$A(5D) = [L_f(5D) - L_0(5D)] / L_0(5D) \quad (1)$$

onde,

$L_f(5D)$ : distância medida após a fratura de um comprimento inicial equivalente à cinco diâmetros iniciais do corpo de prova.

$L_0(5D)$ : comprimento inicial equivalente à cinco diâmetros iniciais do corpo de prova.

A redução de área de trefilação (r) é definida em função dos diâmetros da barra antes e após a trefilação,  $D_0$  e  $D_f$ , respectivamente:

$$r = [1 - (D_f / D_0)^2] \cdot 100 (\%) \quad (2)$$

## **2 - TÉCNICAS EXPERIMENTAIS**

### **2.1 - Materiais**

O material empregado no trabalho foi o aço ABNT-1008, adquirido em barras de 3,0 m de comprimento. Após a obtenção do material, o aço foi cortado em barras menores (em torno de 50,0 cm de comprimento) e submetido a um tratamento térmico de recozimento a 1050°C durante seis horas. A caracterização do material foi feita através de análise química em cinco amostras, sendo em cada caso determinados os teores de C, Si, Mn, S e P.

### **2.2 - Trefilação das barras**

Para a trefilação das barras, foi utilizada uma banca de trefilação horizontal BESTLÉ regulada para uma velocidade de 0,5m / min. Antes da trefilação, os corpos de prova foram lubrificadas em sua superfície com pasta de bissulfeto de Molibdênio. Foram selecionadas quatro faixas de redução de trefilação ( $r=3,0\%$ ,  $r=6,0\%$ ,  $r=12,0\%$  e  $r=24,0\%$ ) e para cada faixa escolhida foram trefilados quatro corpos de prova. Para evitar ruptura nas garras durante os ensaios de tração dos trefilados, foram projetados corpos de prova especiais para trefilação, cujos extremos têm diâmetros maiores que o centro (figura 1). O objetivo disso é fazer com que após a trefilação os extremos fiquem mais encruados que o centro.

### **2.3 - Ensaios de Tração**

Os corpos de prova trefilados foram marcados com um punção por toda a extensão de seu comprimento útil para a medida do alongamento até a fratura. A distância entre duas marcas de punção é igual ao diâmetro do trefilado (figura 2). Os ensaios de tração foram realizados em máquina universal de ensaio de tração KRATOS colocada na escala de 20,0 tf. Na realização dos testes, foi registrado o gráfico carga(F) x alongamento( $\Delta l$ ) dos corpos de prova, utilizando o sistema de registro mecânico do equipamento.

### 3 - Resultados e Discussão

A análise química do material, realizada em cinco amostras, mostrou a seguinte composição média de elementos: C=0,07, Mn=0,36; Si=0,14, S=0,03 e P=0,02.

Através da realização dos ensaios de tração dos trefilados foi possível obter os valores dos alongamentos até a fratura (tabela 1). Com esses valores e, considerando-se os valores dos alongamentos até a fratura do material recozido ( $r=0\%$ ), pode-se traçar o gráfico Alongamento x redução de área ( $A \times r$ ) que é mostrado na figura 3. O gráfico  $F \times \Delta l$  obtido permite o levantamento da curva tensão ( $\tau$ ) x deformação ( $\epsilon$ ) convencional para cada barra trefilada, utilizando-se as relações:

$$\sigma = F/S \quad (3)$$

onde,

F = carga obtida na máquina de tração de kgf.

S = área inicial de seção transversal da barra trefilada ( $\text{mm}^2$ )

$$\epsilon = \Delta l / L \quad (4)$$

onde,

$\Delta l$  = alongamento em mm obtido na máquina de tração

L = distância inicial entre as garras da máquina de tração

Uma curva  $\sigma \times \epsilon$  típica é mostrada na figura 4. Por essa figura nota-se que o alongamento até a fratura é composto de duas parcelas:  $A_u$  - Alongamento uniforme, obtido antes da estrição e  $A_{nu}$  - Alongamento não uniforme, obtido após a estrição. Os valores dos alongamentos uniforme e não uniforme para as diversas reduções de área são mostrados na tabela 2. Traçando separadamente as curvas  $A_u(\%) \times r(\%)$  e  $A_{nu}(\%) \times r(\%)$  obtêm-se os gráficos mostrados nas figuras 5 e 6. Através de tais figuras nota-se claramente que a queda do alongamento até a fratura (A) se deve basicamente à queda no alongamento uniforme ( $A_u$ ). Observa-se também que a partir de determinado valor da redução de trefilação ( $r=14,0\%$ ) o alongamento até a fratura (A) é praticamente constante e próximo do alongamento não uniforme ( $A_{nu}$ ). Acredita-se que esta queda em  $A_u$  seja devida à heterogeneidade de deformação característica do processo de trefilação, como mostrado na figura 7(3). As camadas mais externas estão muito deformadas, levando o material a se comportar como se tivesse sido submetido a redução maior que a aplicada.

**Tabela 1- Alongamento até a fratura (A) para diversas reduções de trefilação (r)**

CP nº	r (%)	A (%)	CP nº	r (%)	A (%)
01	3,0	30,3	09	10,8	16,8
02	3,0	31,8	10	11,0	16,6
03	3,1	32,5	11	11,2	17,1
04	3,1	30,9	12	11,5	16,9
05	5,1	27,7	13	23,5	13,7
06	5,3	24,9	14	23,5	15,9
07	5,5	28,9	15	23,6	15,1
08	3,0	26,6	16	24,0	13,1

**Tabela 2 - Alongamentos uniformes (Au) e não uniformes (Anu) para diversas reduções de área.**

CP nº	r (%)	A (%)	Au (%)	Anu (%)
01	3,0	30,3	12,5	17,8
02	3,0	31,8	12,4	19,4
03	3,1	32,5	12,2	20,3
04	3,1	30,9	11,3	19,6
05	5,1	27,7	7,4	20,3
06	5,3	24,9	6,0	18,9
07	5,5	28,9	8,4	20,9
08	6,1	26,6	6,3	20,3
09	10,8	16,8	2,6	14,2
10	11,0	16,6	2,0	14,6
11	11,2	17,1	1,3	15,8
12	11,5	16,9	0,7	16,2
13	23,5	13,7	1,8	11,9
14	23,5	15,9	1,3	14,6
15	23,6	15,1	0,7	14,4
16	24,0	13,1	1,8	11,3

#### **4 - ABSTRACT**

Bar drawing is widely used in metal working industries, leading to excellent finish and dimensional tolerances. This process also causes a change in the mechanical properties of the products, which become stronger but less ductile. The prediction of the change in these properties is of technological importance; previous studies by the authors have focused on the strength aspects. The objective of the present paper is to discuss results concerning final product ductility.

#### **5 - BIBLIOGRAFIA**

- (1) SILVA, A.P.; CETLIN, P.R. - Previsão do limite de resistência para barras de aço baixo carbono trefiladas com redução pesadas em um só passe - Anais do IV Simpósio de Conformação Plástica dos Metais - São Paulo, 1990, Novembro, p.145-157.
- (2) SOUZA, S.A. - Ensaios mecânicos de materiais metálicos - 3ª Edição, Editora Edgard Blucher - São Paulo, 1977.
- (3) BACKOFEN, W. A., Deformation Processing, 1a. edição, Addison Wesley, Reading, 1972, Capítulo 7.

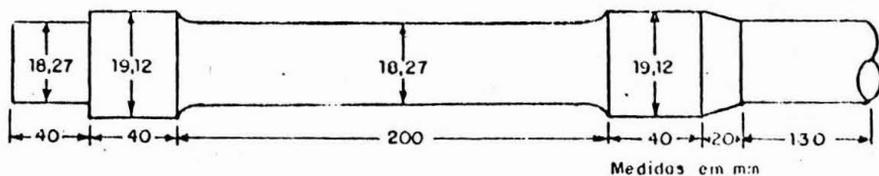


Figura 1: Exemplo de corpo de prova projetado para trefilação

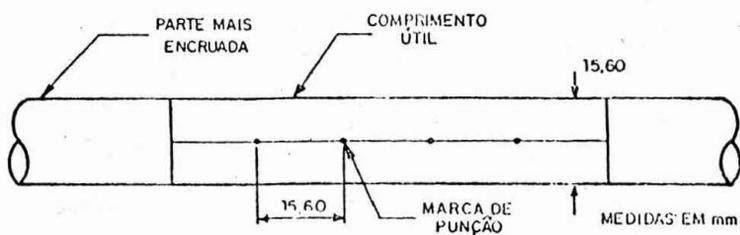


Figura 2: Corpo de prova trefilado para ensaio de tração

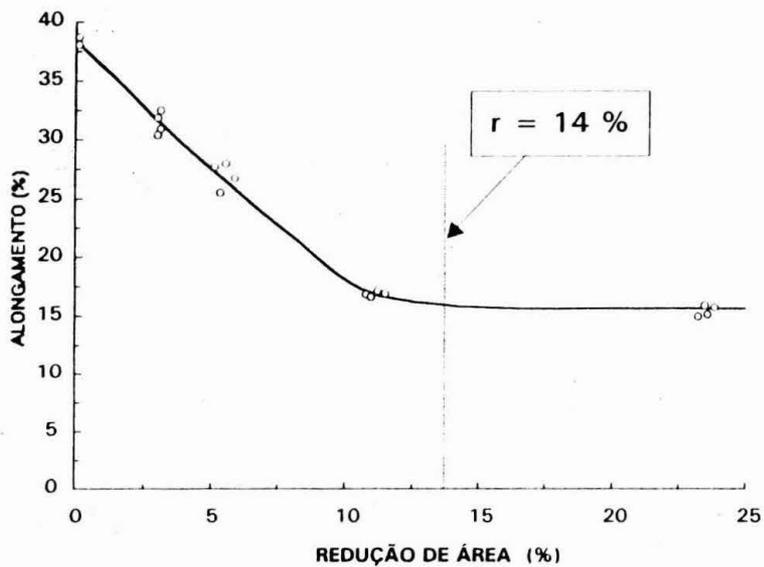


Figura 3 : Gráfico alongamento até a fratura (A) versus redução de área (r)

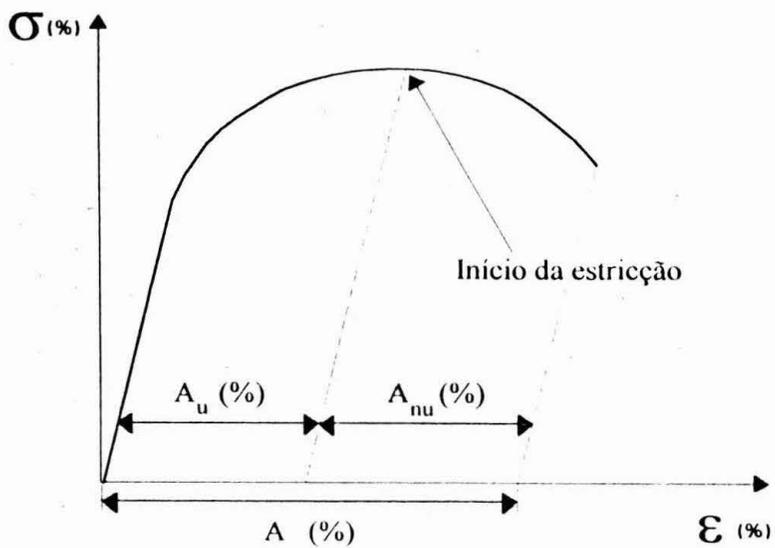


Figura 4: Curva tensão - deformação ( $\sigma$  versus  $\epsilon$ ) convencional de barra trefilada.

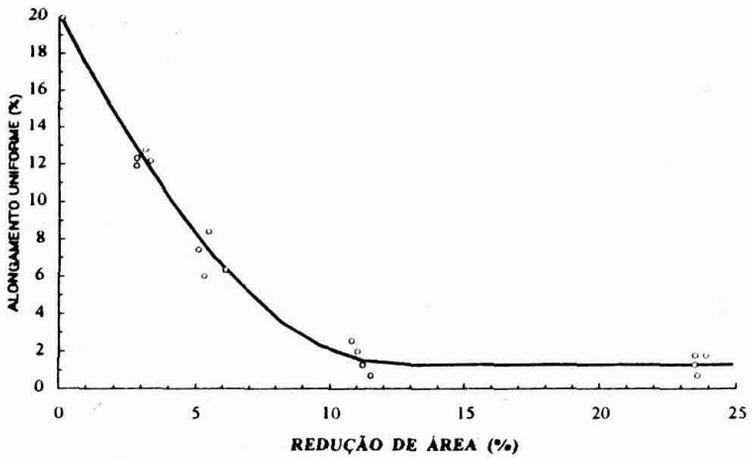


Figura 5: Alongamento uniforme ( $A_u$ ) versus redução de área ( $r$ )

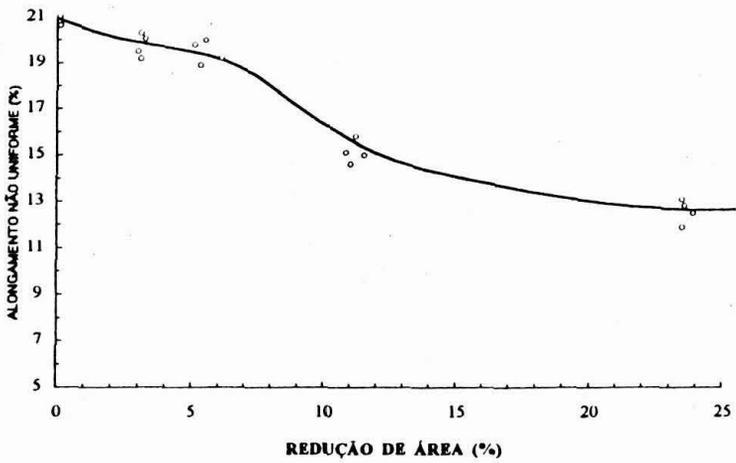


Figura 6: Alongamento não uniforme ( $A_{nu}$ ) versus redução de área ( $r$ )

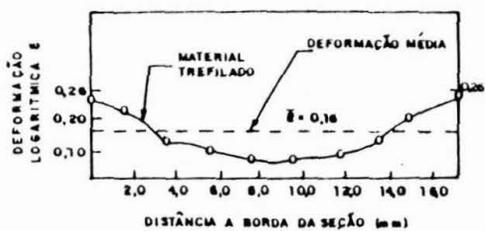


Figura 7: Perfil de deformações em seção transversal do trefilado.

