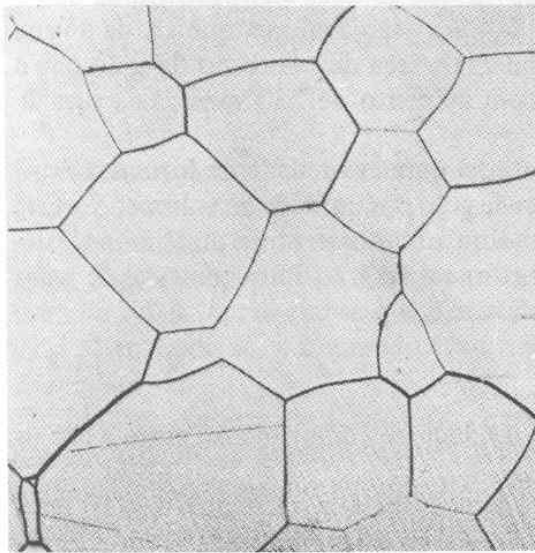
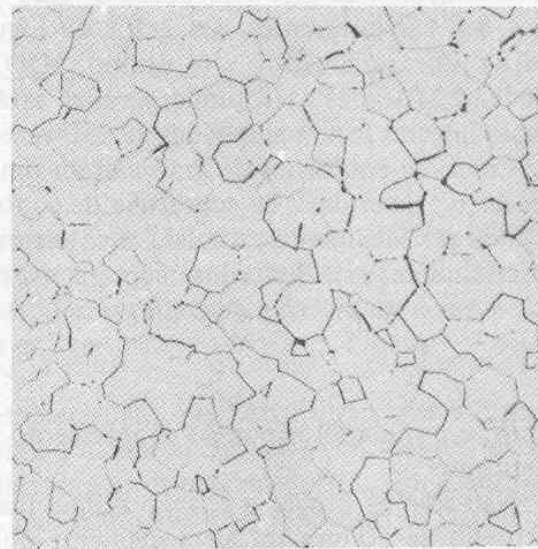


EXAME MICROSCÓPICO

- Quando um metal atacado quimicamente é observado ao microscópio pode-se localizar os contornos de grãos.
- Primeiramente o metal é cuidadosamente polido, de forma a se obter uma superfície plana e espelhada. Em seguida ele é atacado quimicamente por um curto período de tempo.
- Os átomos na área dos contornos de grãos serão removidos mais facilmente que os outros átomos e deixarão uma linha que pode ser vista com o microscópio.
- O contorno de grão atacado não atua como um espelho perfeito como acontece com o restante do grão.



(a)



(b)

Figura 4-4.8 Contornos de grão. (a) Molibdênio (250 X) (O. K. Riegger). (b) Periclásio de alta densidade, MgO (250 X) R. E. Gardner and G. W. Robinson, Jr., *J. American Ceram. Soc.*

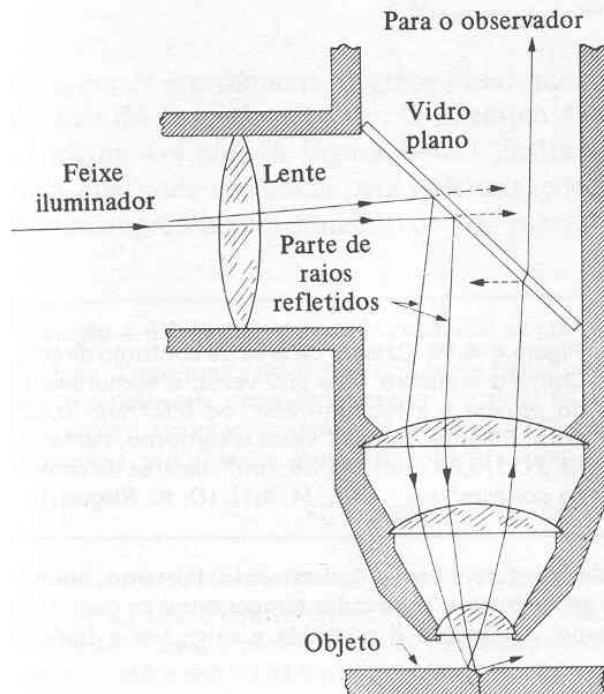


Figura 4-4.9 Observação do contorno de grão. O metal foi polido e atacado. O contorno corroído não reflete luz através do microscópio. (Reproduzido por permissão de B. Rogers, *The Nature of Metals*, 2ª ed., American Society for Metals, and Iowa State University Press, Capítulo 2.)

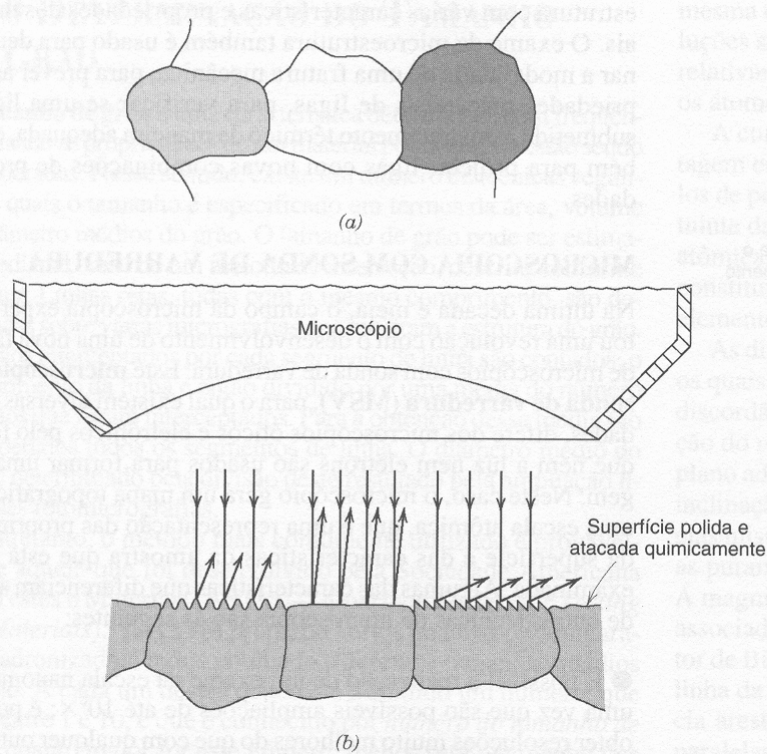
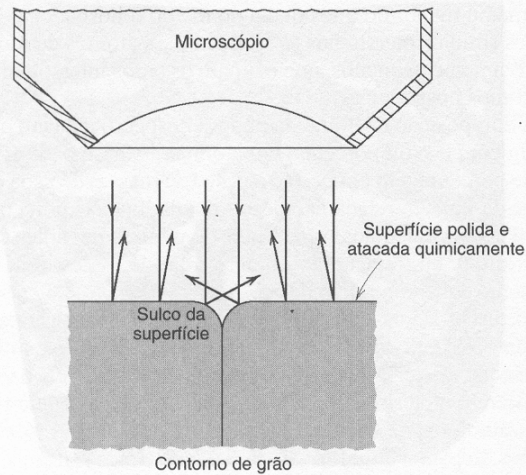
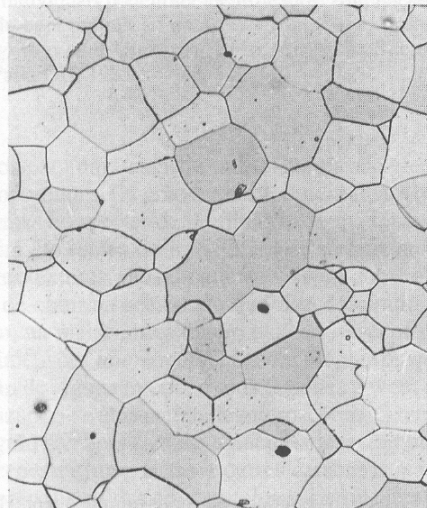


Fig. 4.11 (a) Grãos polidos e atacados quimicamente da forma como eles aparecem quando são vistos através de um microscópio ótico. (b) Seção feita através desses grãos mostrando como as características do ataque químico e a textura da superfície resultante variam de grão para grão devido a diferenças na orientação cristalográfica. (c) Fotomicrografia de uma amostra de latão policristalino. Ampliação de 60 $\times$. (Esta fotomicrografia é uma corteia de J. E. Burke, General Electric Co.)



(a)



(b)

Fig. 4.12 (a) Seção de um contorno de grão e seu sulco de superfície, que foi produzido através de ataque químico. As características de reflexão da luz na vizinhança do sulco também estão mostradas. (b) Fotomicrografia da superfície de uma amostra de uma liga ferro-cromo policristalina, polida e atacada quimicamente, onde os contornos dos grãos aparecem escuros. Ampliação de 100×. (Esta fotomicrografia é uma cortesia de L. C. Smith e C. Brady, the National Bureau of Standards, Washington, DC.)

FRACTOGRAFIAS

FRATURA DÚCTIL

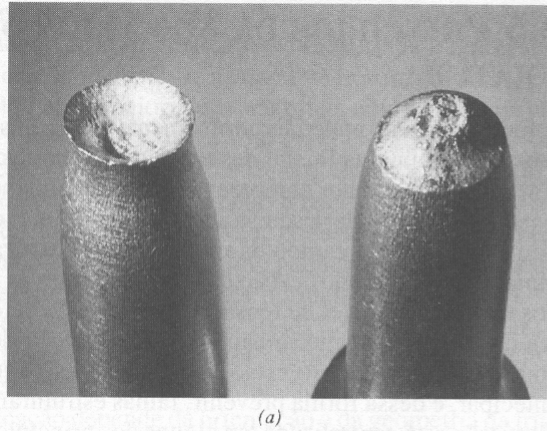


Fig. 8.3 (a) Fratura do tipo taça e cone no alumínio. (b) Fratura frágil em um aço doce.

FRATURA FRÁGIL

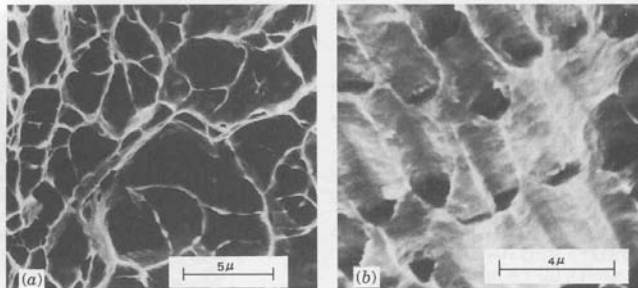


Fig. 8.4 (a) Fractografia eletrônica de varredura mostrando microcavidades esféricas características de uma fratura dúctil que resulta de cargas de tração uniaxiais. 3300X. (b) Fractografia eletrônica de varredura mostrando microcavidades com formato parabólico características de uma fratura dúctil que resulta da aplicação de uma carga cisalhante. 5000X. (De R. W. Hertzberg, *Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials*, 3rd edition. Copyright © 1989 de John Wiley & Sons, New York. Reimpresso sob permissão de John Wiley & Sons, Inc.)

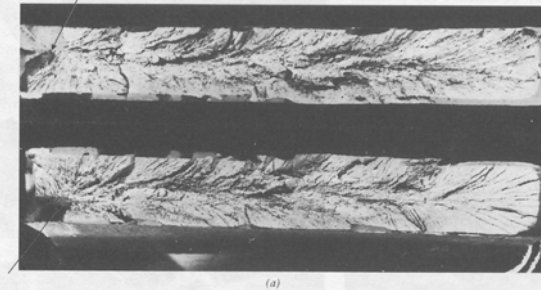
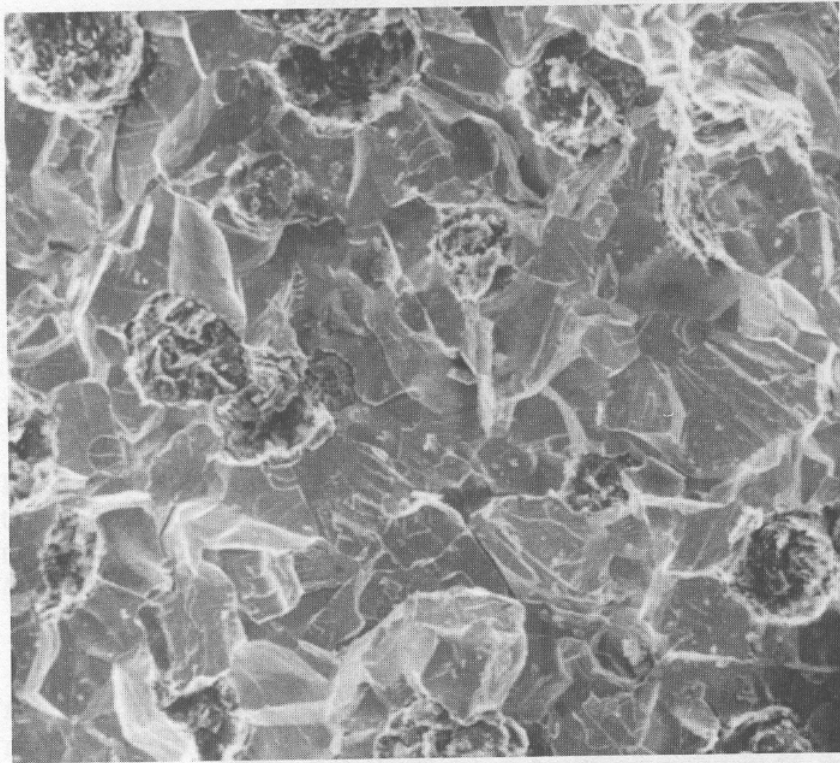


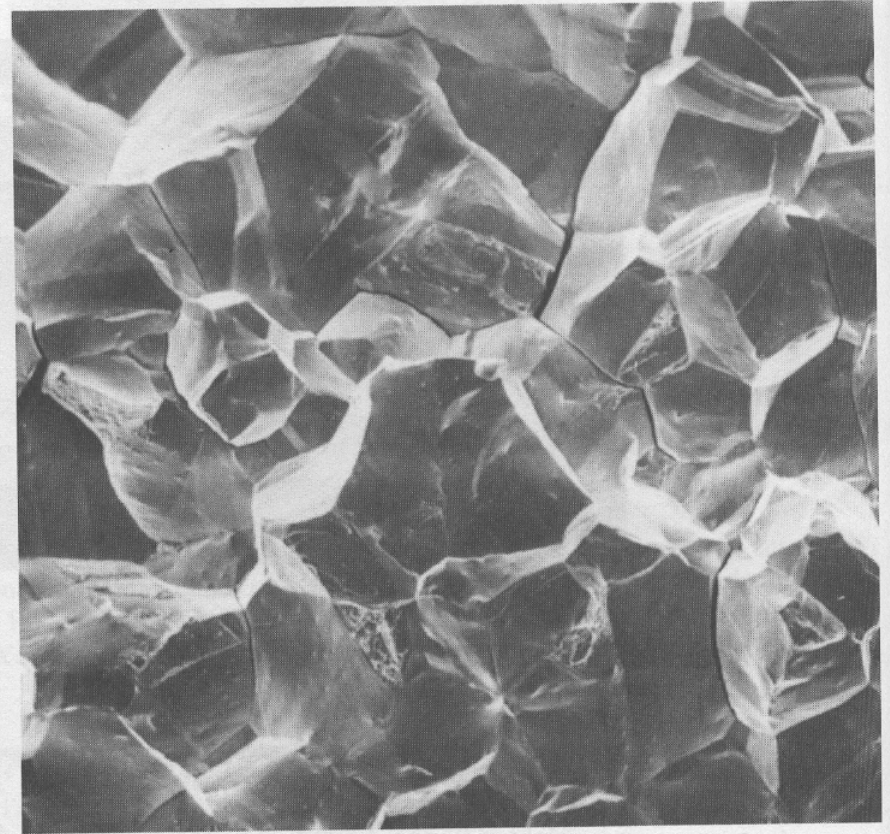
Fig. 8.5 (a) Fotografia mostrando "marcas de sargento" em forma de "V" características de uma fratura frágil. As setas indicam a origem da trinca. Aproximadamente em tamanho real. (De R. W. Hertzberg, *Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials*, 3rd edition. Copyright © 1989 de John Wiley & Sons, New York. Reimpresso sob permissão de John Wiley & Sons, Inc. A fotografia é uma cortesia de Roger Slutter, Lehigh University.) (b) Fotografia de uma superfície de fratura frágil mostrando nervuras radiais em formato de leque. As setas indicam a origem da trinca. Aumento de aproximadamente 2X. (Reproduzido com permissão de D. J. Wolpi, *Understanding How Components Fail*, American Society for Metals, Materials Park, OH, 1985.)

Fratura transgranular



(a)

Fratura intergranular



(b)

Fig. 8.6 (a) Fractografia eletrônica de varredura de ferro fundido dúctil mostrando uma superfície de fratura transgranular. Ampliação desconhecida. (De V. J. Colangelo e F. A. Heiser, *Analysis of Metallurgical Failures*, 2nd edition. Copyright © 1987 de John Wiley & Sons, New York. Reimpresso sob permissão de John Wiley & Sons, Inc.) (b) Fractografia eletrônica de varredura mostrando uma superfície de fratura intergranular. 50×. (Reproduzido com permissão de *ASM Handbook*, Vol. 12, *Fractography*, ASM International, Materials Park, OH, 1987.)

DEFORMAÇÃO MECÂNICA

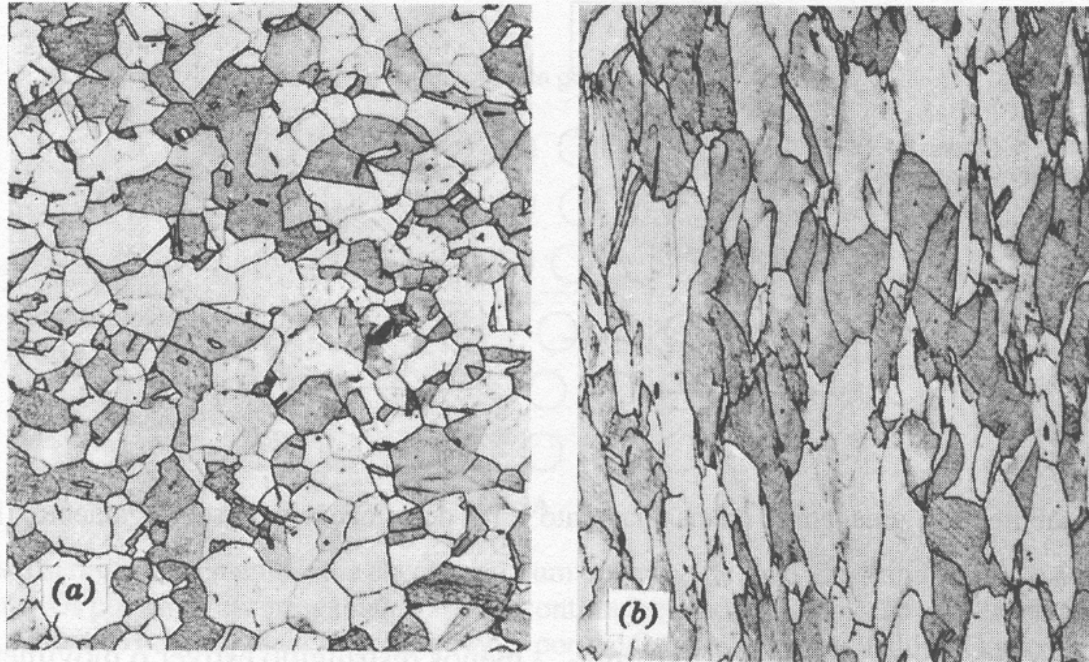


Fig. 7.11 Alteração da estrutura do grão de um metal policristalino como resultado de uma deformação plástica. (a) Antes da deformação, os grãos são equiaxiais. (b) A deformação produziu grãos alongados. $170\times$. (De W. G. Moffatt, G. W. Pearsall, e J. Wulff, *The Structure and Properties of Materials*, Vol. I, *Structure*, p. 140. Copyright © 1964 por John Wiley & Sons, New York. Reimpresso sob permissão de John Wiley & Sons, Inc.)

RECUPERAÇÃO, RECRISTALIZAÇÃO E CRESCIMENTO DE GRÃOS

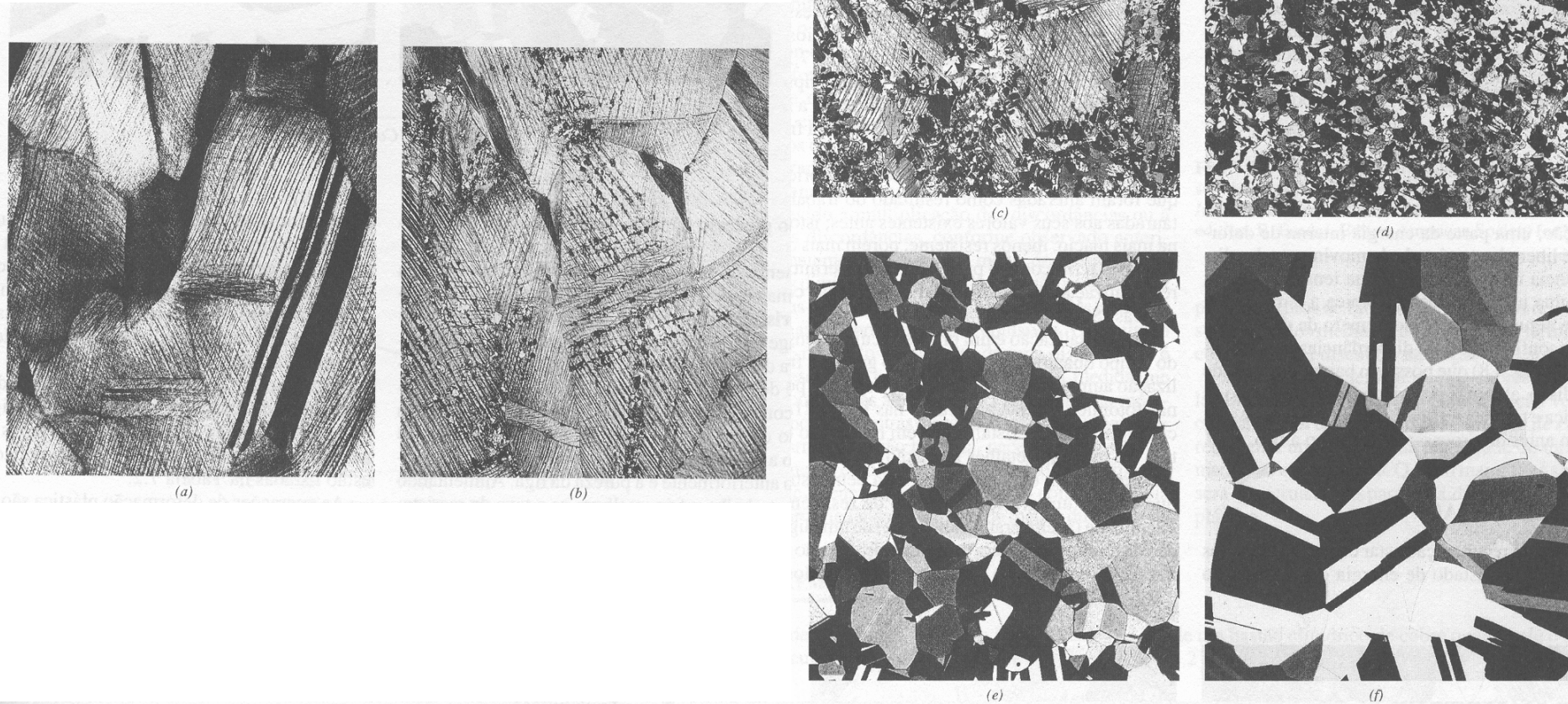


Fig. 7.21 Fotomicrografias mostrando vários estágios da recrystalização e do crescimento de grãos de latão. (a) Estrutura de grãos submetidos ao trabalho a frio (33%TF). (b) Estágio inicial de recrystalização após aquecimento por 3 s a 580°C (1075°F). Os grãos muito pequenos são aqueles que foram recrystalizados. (c) Substituição parcial de grãos trabalhados a frio por grãos recrystalizados (4 s a 580°C). (d) Recrystalização completa (8 s a 580°C). (e) Crescimento de grão após 15 min a 580°C. (f) Crescimento de grão após 10 min a 700°C (1290°F). Todas as fotomicrografias estão com ampliação de 75×. (As fotomicrografias são cortesia de J. E. Burke, General Electric Company.)

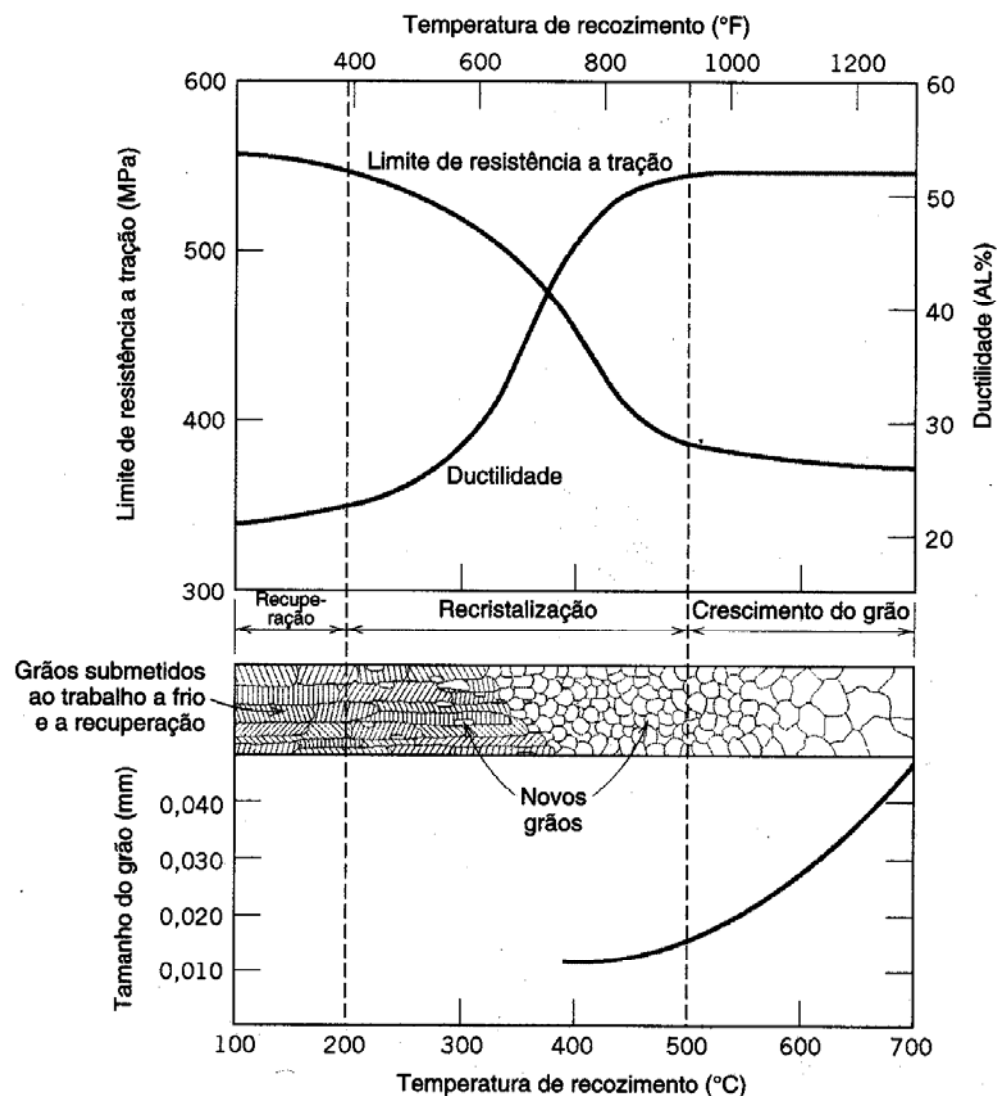


Fig. 7.22 A influência da temperatura de recozimento sobre o limite de resistência a tração e a ductilidade de uma liga de latão. O tamanho de grão está indicado em função da temperatura de recozimento. As estruturas dos grãos durante os estágios de recuperação, recristalização e crescimento de grão estão mostradas esquematicamente. (Adaptado de G. Sachs e K. R. Van Horn, *Practical Metallurgy, Applied Metallurgy and the Industrial Processing of Ferrous and Nonferrous Metals and Alloys*, American Society for Metals, 1940, p. 139.)