

## Efeito de Adições de Níobio na Pureza e Formação da Perлита

PAULO ROBERTO MEJ(1)  
ETTORE BRESCIANI FILHO(2)

Foi estudado o efeito de microadição de níobio (0,03% em peso) na microdureza da perлита de aços com teor de carbono variando entre 0,4 e 0,8%, resfriados continuamente ou transformados isotermicamente. Observou-se também o efeito do níobio na fração volumétrica da perлита em aços resfriados continuamente. Foram levantadas as curvas TTT e de temperabilidade para aços 0,08% C com e sem adição de níobio.

### 1. INTRODUÇÃO

Recentemente os aços com médio teor de carbono (0,20 < C < 0,80% em peso) microaligados com vanádio e níobio têm encontrado um campo bastante diversificado de aplicações tecnológicas: componentes forjados para a indústria automotiva(1,2), trilhos para ferrovias(3-5) e barras de aço para concreto de alta resistência(4), usadas em usinas nucleares, pontes com grandes vãos, etc.

Essas primeiras aplicações tecnológicas do níobio nos aços com médio teor de carbono têm sido baseadas no empirismo, pois pouco se sabe sobre os mecanismos de atuação desse elemento nesses aços. Sabe-se, por exemplo, que o níobio em solução na austenita retarda a formação da ferrita proeutetóide, tanto no resfriamento contínuo(7,8), como no tratamento isotérmico(9,10). Por outro lado o níobio na forma de precipitados da família dos carbonetos, nitretos e carbonitretos de níobio Nb (C,N), não apresenta o efeito de retardar a reação  $\gamma \rightarrow \alpha$ (11,12).

Quanto à formação da perлита, Bramfit(13) observou que alguns elementos estabilizadores da ferrita, como o molibdênio e silício, eram mais eficientes em diminuir a temperatura de transformação  $\gamma \rightarrow$  perлита do que alguns outros elementos estabilizadores da austenita como o manganês, níquel e cobalto. Este atraso foi atribuído à partição dos elementos de

transição para o níobio, sendo que a austenita com níobio se transforma em perлита mais rapidamente do que a austenita sem níobio. A temperatura de transformação da austenita em perлита é influenciada pelo teor de níobio adicionado, sendo possível atingir níveis de austenita residual em níveis inferiores a 1% (14,15). A TTT e a curva de temperabilidade são influenciadas pelo níobio.

liga entre a austenita e a perлита(13-15). Como o níobio é um elemento estabilizador da ferrita(16), existe uma expectativa de que ele tenha esse mesmo comportamento, ou seja, atrase a formação da perлита. Esse interesse no estudo da perлита decorre do fato de que nos aços com médio teor de carbono, resfriados ao ar, ela é o constituinte majoritário(17-19).

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial do níobio como elemento endurecedor da perлита nos aços com médio teor de carbono e observar os mecanismos de atuação deste elemento na formação da mesma.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os aços empregados neste trabalho foram preparados em forno de indução, sob pressão parcial de argônio, usando elementos de alta pureza. As composições químicas desses aços estão na tabela I.

TABELA I — Composição química dos aços empregados.

Tipo de aço	% em peso					ppm
	C	Mn	Nb	O	N	
C40	0,39	0,80	—	49	8	
C40 Nb3	0,39	0,84	0,028	38	1	
C80	0,84	1,08	—	26	1	
C80 Nb.3	0,84	1,07	0,032	35	8	

Os lingotes produzidos foram homogeneizados e posteriormente laminados e forjados a quente para obtenção de barras redondas de 5 mm. As amostras usadas em dilatometria eram redondas ( $\phi = 4$  mm), com um furo central de 2 mm e 13 mm de comprimento. Elas foram encapsuladas em tubos de quartzo e solubilizadas a 1300°C por 12 h, seguindo-se tempera em água. A seguir foram niquetadas

para evitar descarbonatação. Essas mesmas amostras foram empregadas nas experiências com resfriamento contínuo controlado(17).

As amostras utilizadas para transformações isotérmicas em banho de estanho eram redondas, com 5 mm de diâmetro e 10 mm de comprimento. Foram solubilizadas a 1350°C em forno a vácuo por 2 h, seguindo-se tempera em óleo. Finalmente, as amostras para os ensaios de temperabilidade eram redondas, com 5 mm de diâmetro e 35 mm de comprimento, e foram submetidas a uma homogeneização a 1350°C por 2 h em forno a vácuo, seguindo-se temperabilidade as amostras foram austenitizadas a 1350°C e colocadas com uma das extremidades em um recipiente com água, ficando aproximadamente 1 cm da amostra submerso na água. Para que não houvesse influência do resfriamento sobre os resultados, as amostras foram colocadas aos pares: uma de aço com níobio e outra de aço sem níobio.

A microdureza foi determinada sob carga de 300 g e a microdureza foi medida com um durômetro com carga de 10 kg. Os valores encontrados no texto constituem a média de 10 medidas.

As curvas completas TTT e todas as experiências com resfriamento contínuo foram realizadas num dilatômetro, usando hélio como gás refrigerante. As curvas para se determinar apenas o início das transformações  $\gamma \rightarrow$  perлита e os tratamentos isotérmicos desenvolvidos para se medir a dureza da perлита foram obtidos com banho de estanho.

A microscopia eletrônica foi realizada em microscópio de transmissão e a fração volumétrica foi medida num analisador de imagem computadorizado.

Contribuição Técnica nº 1815, Apresentada ao XXXVIII Congresso Anual da ABM, São Paulo-SP, julho de 1983.

- (1) Membro da ABM, Engenheiro Mecânico e M.Sc., Professor Assistente da FEC-UNICAMP, Campinas SP.  
(2) Membro da ABM, Engenheiro Aero-náutico e Doutor, Professor Livre-Docente de EPU/SP e Professor Titular da FEC-UNICAMP, Campinas SP.

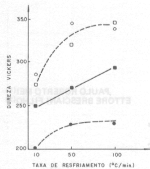


Fig. 1 - Microdureza da perлита em função da taxa de resfriamento. Temperatura de austenitização: 1250°C.  
 ○ - C80 Ni3; ● - C80; ■ - C40.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### Resfriamento contínuo controlado

A Fig. 1 mostra que em todos os casos houve aumento na microdureza da perлита com a elevação da taxa de resfriamento, pois a temperatura de início de formação da perлита diminui<sup>(20,21)</sup>. Este resultado deve-se, provavelmente, à formação de uma perлита mais fina, com menor espaçamento lamelar. Esta fundamentação provém da teoria de Zener<sup>(22)</sup>, onde o espaçamento lamelar  $S_0$  seria função do recíproco da temperatura de transformação  $\gamma \rightarrow$  perлита, fato comprovado experimentalmente por vários pesquisadores<sup>(1,2-24)</sup>.

A medição do espaçamento lamelar, contudo, é uma tarefa bastante difícil em amostras resfriadas continuamente, pois os nódulos de perлита seriam nucleados em temperaturas diferentes e teriam, conseqüentemente, diferentes valores de  $S_0$ . Além disso, para um mesmo nódulo,  $S_0$  variaria, pois este nódulo seria formado numa faixa contínua de temperatura. De qualquer forma o aumento da microdureza da perлита em aço-carbono só pode ser explicado pela variação do espaçamento lamelar, visto que o tamanho da colônia perlítica não contribuiu para o resultado da medida.

No aço com 0,39%C observava-se que a adição de nióbio elevou a microdureza da perлита em até 50 pontos na escala Vickers. Como esta medida não recebeu a influência do tamanho da colônia perlítica, esse aumento de dureza poderia ser explicado por endurecimento da cementita pelo nióbio; redução do espaçamento lamelar da

perлита pelo nióbio; ou pelo endurecimento da ferrita da perлита pela precipitação do NbC.

A primeira hipótese não parece viável, pois segundo Stuckent<sup>(27,28)</sup>, não há possibilidade de formação de uma cementita substitucional (isto é, saindo alguns átomos de ferro e entrando outros de nióbio), devido à diferença de raios atômicos (Fe = 1,29Å e Nb = 1,43Å)<sup>(29)</sup> e considerações termodinâmicas desfavoráveis. A segunda hipótese é de difícil observação experimental, como já foi anteriormente explicado. A terceira hipótese foi comprovada, pois observou-se a precipitação do NbC tanto na ferrita proutitoidé como na ferrita da perлита (Fig. 2). Também foi observado em trabalhos anteriores<sup>(17,30)</sup> o efeito do nióbio em aumentar a dureza da ferrita de aços resfriados continuamente na faixa de 10 a 100°C/min.

No aço 0,84%C a adição de nióbio não provocou um aumento na microdureza da perлита e a diferença de comportamento entre os aços com 0,39% e 0,84%C pode ser explicada



CAMPO ESCURO, REFLEXÃO DO NbC  
 Fig. 2 - Finais partículas de NbC dispersas na ferrita. Aço C80 Ni3 austenitizado a 1250°C e resfriado continuamente a 10°C/min.

#### EFEITO DE ADIÇÕES DE NÍOBIO

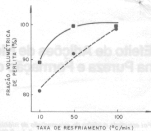


Fig. 3 - Fração volumétrica da perлита em função da taxa de resfriamento. Temperatura de austenitização: 1250°C.  
 ■ - C40 Ni3; ● - C40.

da seguinte maneira: se a transformação fosse realizada em condições de equilíbrio, o teor de carbono da perлита segundo o diagrama Fe-C<sub>1</sub> seria de 0,77% (na realidade um pouco menor devido ao efeito do manganês em abaixar a composição eutetóide)<sup>(31)</sup>. Como a reação foi realizada fora das condições de equilíbrio, a formação da ferrita foi parcialmente suprimida, obtendo-se uma fração volumétrica da perлита de  $\approx$  95% (Fig. 3) para o aço com 0,39%C, quando em equilíbrio esta fração seria  $\approx$  50%. Por balanço de massa verifica-se que essa perлита continha em torno de 0,45%C, um valor bem menor do que o do C80. Obviamente uma perлита com menor teor de carbono apresentará maior fração volumétrica de ferrita, visto que o teor de carbono da cementita é fixo; com isso sua dureza será menor. Essa idéia é reforçada pelo fato de que o aço C80 apresentou dureza maior do que C40 Ni3 e com isso o aumento do teor de carbono foi suficiente para "encobrir" os efeitos provocados pela precipitação do NbC.

Com relação à fração volumétrica da perлита, foi observado que a adição de nióbio provocou seu aumento (Fig. 3), resultado que aparentemente diverge dos obtidos por From<sup>(18)</sup> e Steinen<sup>(18)</sup>. Ocorre que os aços ao nióbio daqueles pesquisadores apresentavam menor grão austenítico do que o aço sem nióbio, pois ambos haviam sido solubilizados previamente a 1300°C, por 12 h, tratamento suficiente para dissolver o NbC e anular seu efeito de restringir o crescimento do grão austenítico<sup>(34,35)</sup>. Entretanto para altas temperaturas de austenitização (1300°C, por ex.), Frod<sup>(19)</sup>

e Steinen<sup>(18)</sup> observaram que o nióbio perdia seu efeito de reduzir a fração volumétrica da perlita, confirmando a hipótese de que o efeito por eles presenciado era indireto, ou seja, o nióbio reduzia a fração volumétrica da perlita pela restrição de crescimento do grão austenítico, favorecendo a formação da ferrita.

#### Tratamento isotérmico

**Curvas TTT** — Os aços C80 e C80 Nb3, austenitizados a 900°C, não apresentam diferenças significativas nas curvas TTT (Fig. 4). Como esses aços foram aquecidos a 1300°C, segundo as curvas de solubilidade<sup>(16)</sup>, apenas 80% do nióbio deveria estar solubilizado, ou seja, 20% estava na forma de NbC. Com a austenitização a 900°C, 98% desse nióbio passou para a forma de NbC<sup>(16)</sup>. Concluiu-se então que o nióbio na forma de precipitado não alterava a cinética da reação  $\gamma \rightarrow$  perlita.

Novas experiências foram realizadas empregando-se temperatura de austenitização de 1350°C, suficiente para colocar todo o nióbio em solução na austenita<sup>(17)</sup>. Com isso observou-se um efeito drástico do nióbio em retardar a formação da perlita (Fig. 5); o tempo de início da reação  $\gamma \rightarrow$  perlita foi aumentado em 10 vezes, quando se adicionou nióbio no aço, para toda a faixa de tratamento isotérmico medida (575 a 650°C). Segundo Bain<sup>(19)</sup> os fatores que atrasariam a decomposição difusional da austenita seriam: austenita homogênea; granulação grosseira da austenita; e elementos de liga dissolvidos na austenita (exceto cobalto).

Como os aços eram bastante homogêneos, e apresentavam o mesmo tamanho de grão, o único fator que poderia ter atrasado a reação seria o nióbio dissolvido na austenita. Esta hipótese é reforçada pelo fato de que o nióbio na forma de carboneto (Fig. 4) não provocou atrasos na reação  $\gamma \rightarrow$  perlita.

**Microdureza** — Os resultados de microdureza nos aços eutetóides transformados isotermicamente (Fig. 6) indicaram que a mesma aumentava com a diminuição da temperatura de transformação, devido à formação de perlita mais fina<sup>(20-24)</sup>, na faixa de 650-600°C, ou devido ao endurecimento da bainita, na faixa de 500-400°C<sup>(25)</sup>. Observa-se que o nióbio não alterou a microdureza, como era de se esperar, conforme o que foi discutido para a figura 1. Poder-se-ia também pensar que o coalescimento

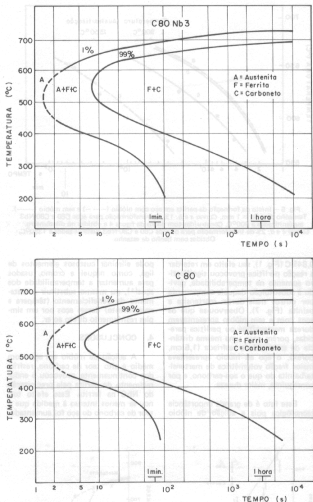


Fig. 4 — Curvas TTT dos aços C80 e C80 Nb3 austenitizados a 900°C. Tamanho de grão = 1 mm.

do NbC tivesse influenciado nesse resultado, porém Brito<sup>(16)</sup> observou que o coalescimento do NbC na ferrita não era significativo para períodos de até 60 min na faixa de temperatura de 600 a 730°C. Haveria ainda a hipótese de que os aços resfriados continuamente apresentariam maior dureza devido à maior eficiência do NbC precipi-

tado na austenita. Novamente os resultados de Brito<sup>(16)</sup> indicam o oposto, ou seja, só o NbC precipitado durante a transformação  $\gamma \rightarrow \alpha$ , ou na ferrita, é que seria eficiente em provocar o endurecimento por precipitação.

#### Temperabilidade

Embora o nióbio não afetasse a microdureza da perlita no aço com

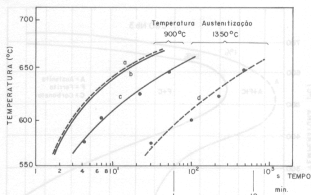


Fig. 5 — Início da formação da perlita em aço com nióbio (---) e sem nióbio (—). Tamanho de grão = 1  $\mu$ m. Curvas a e b: 1% de transformação para aços C80 e C80 Nb3 austenitizados a 900°C. Construídas com dados de figure 4 e obtidas no dilatômetro. Curvas c e d: 2% de transformação para aços C80 e C80 Nb3 austenitizados a 1350°C. Otidias com banho de estanho.

0,84% (Fig. 1), seu efeito em retardar a reação perlítica provocou significativo aumento na temperabilidade, devido à substituição daquele componente por outros mais duros: martensita e bainita (Fig. 7). Observou-se que os aços com e sem nióbio apresentavam dureza martensítica ou perlítica parecidas, porém para uma mesma distância da extremidade resfriada (1,5 cm, porex), o aço ao nióbio apresentava maior fração volumétrica de martensita/bainita do que o aço-carbono, e por conseguinte, maior dureza.

Este fato é de grande importância tecnológica pois a adição de nióbio

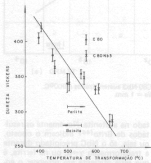


Fig. 6 — Microdureza da perlita e da bainita para aços transformados isotermicamente e austenitizados a 1350°C. O tempo de permanência nas temperaturas indicadas foi sempre de 10 min.

pode eliminar custosos elementos de liga, como níquel e cromo, usados para aumentar a temperabilidade dos aços<sup>11</sup>, ou mesmo substituir o tratamento de beneficiamento (têmpera e revenimento) desses aços por um simples resfriamento direto ao ar.

#### 4. CONCLUSÕES

A adição de nióbio em aços com médio e alto teor de carbono, resfriados continuamente, provocou o endurecimento da perlita pela precipitação do NbC na ferrita. Esse efeito tornou-se menos intenso à medida que o teor de carbono do aço foi aumentado.



Fig. 7 — Curva de temperabilidade (Infrapedronizada) dos aços C80 e C80 Nb3. Temperatura de austenitização: 1350°C.

#### EFEITO DE ADIÇÕES DE NIÓBIO

O nióbio em solução na austenita retardou significativamente a reação  $\gamma \rightarrow$  perlita. Porém o nióbio na forma de carboneto praticamente não alterou a cinética da reação.

A adição de 0,03%Nb em um aço 0,35%Ni aumentou consideravelmente a temperabilidade do mesmo, o que não foi devido ao endurecimento da perlita pela precipitação do NbC, mas sim à substituição da perlita por martensita/bainita.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração pelo apoio financeiro recebido e aos Drs. R.W.K. Honeycombe e H.K.D.H. Bhadeshia do Departamento de Metalurgia da Universidade de Cambridge, onde parte do trabalho foi realizado.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALBRITTO, W. — *Metallurgia-ABM*, vol. 37, nº 281, abr. 1981, p. 192-94.
- RAZINI, C. — *Met. Progress*, maio 1981, p. 60.
- NOLASCO, C.A. et al. — *Metallurgia-ABM*, vol. 33, nº 234, maio 1977, p. 257-63.
- NOLASCO, C.A. et al. — *Metallurgia-ABM*, vol. 34, nº 245, abr. 1978, p. 241-47.
- FLUGGE, J. et al. — *Stahl und Eisen*, nº 16, vol. 99, ago. 1979, p. 841.
- GRAY, J.M. — *Hot-rolling of HSLA concrete reinforcing bar and other niobium containing steels*. I.L.A.F.A. Conference, Lima, Peru, set. 1975.
- BROWN RIGG, A. & BOLEN, R. — *The effect of Nb on hardenability of C-Mn-Si-Al steels*. I.I.W. Pub. Sess. Met. Tech. Conf., Intern. Inst. Welding, Sydney, Australia, Serie A, Sess. 8-6, 1976.
- FISHER, G.L. & GELIS, R.H. — *Trans. AIME*, vol. 245, nov. 1969, p. 2405.
- SEIN, B. et al. — *Mans. Sci. Rev. Mes. France*, jul. 1978, p. 355.
- WEBSTER, D. & WOODHEAD, J.H. — *J.I.E.I.*, out. 1964, p. 367.
- THOMAS, M.H. & MICHAL, G.M. — *The influence of niobium and Nb(C,N) precipitation on the formation of proeutectoid ferrite in low alloy steels*. Intern. Conf. on solid phase transformations. Carnegie Mellon Univ., Pittsburgh, Pennsylvania, 1981.
- BRAMFITT, B. & MAROEF, A.R. — *Met. Trans.*, vol. 4, out. 1973, p. 2291.
- PICKLESNER, M.L. et al. — *Trans. Met. Soc. AIME*, vol. 218, jun. 1960, p. 473.
- ALSALMAN, S.A. et al. — *Acta Met.*, vol. 72, 1979, p. 1391.
- ALSALMAN, S.A. et al. — *Met. Trans.*, vol. 10A, nov. 1979, p. 1703.
- BAIN, E.C. & PAXTON, H.W. — *Alloying elements in steels*. ASM, 1966, p. 6.
- ME, P.R. — *Effect of niobium additions on the structure and properties of medium carbon steels*. CPDS dissertation, Univ. of Cambridge, Inglaterra, jun. 1981.
- STEINEN, A. Von den — *Stahl und Eisen*, vol. 95, nº 6, 13 mar. 1975, p. 209.

19. FRODL, D. et al. — Härterei Tech. Mitteilungen, vol. 29, 1974, p. 169.
20. ATKINS, M. — Atlas of continuous cooling transformation diagrams for engineering steels. British Steel Corporation, p. 40.
21. Atlas of isothermal transformation and cooling transformation diagrams. ASM, 1977, p. 376.
22. ZENER, C. — Trans. Met. Soc. AIME, vol. 167, 1948, p. 150.
23. PELLISSIER, G.E. et al. — Trans. ASM, dez. 1941, p. 1048.
24. BROWN, D. & RIDLEY, N. — J.I.S.I., ago. 1966, p. 811.
25. BROWN, D. & RIDLEY, N. — J.I.S.I., set. 1968, p. 1232.
26. BOLLING, G.F. & RICHMAN, R.H. — Met. Trans., vol. 1, ago. 1970, p. 2096.
27. STUCKENS, W. — Ann. Chim., France, vol. 8, 1963, p. 229.
28. STUCKENS, W. & MICHEL, A. — Bull. Soc. Chim. France, 1962, p. 1541.
29. Handbook of Chemistry and Physics. West, R.C., Ed., CRC Press, USA, 59ª ed., 1977, p. F-215.
30. TANINO, M. & AOKI, K. — Trans. ISI Japan, vol. 8, 1968, p. 337.
31. Metals Handbook, vol. 8, ASM, Metals Park, Ohio, USA, 1973, p. 276.
32. BAIN, E.C. & PAXTON, H.W. — Alloying elements in steel. ASM, 1966, p. 112.
33. HONEYCOMBE, R.W.K. — Metal Science, jun. 1980, p. 201.
34. COLADAS, R. et al. — Metal Science, nov. 1977, p. 505.
35. COLADAS, R. et al. — The hot deformation of austenite. Symposium. Ballance, J.B., Ed., Nova Iorque, 1976, p. 341.
36. Trabalho a ser publicado.
37. NORDBERG, H. & ARONSSON, B. — J.I.S.I., dez. 1968, p. 1263.
38. BAIN, E.C. & PAXTON, H.W. — Alloying elements in steel. ASM, 1966, p. 151.
39. PICKERING, F.B. — Physical metallurgy and the design of steels. Applied Science Publishers, Londres, 1978, p. 112.
40. BRITZ, R.M. & KESTENBACH, H.J. — Metalurgia-ABM, vol. 36, nº 271, jun. 1980, p. 381-85.

## Racionalização e Substituição de Combustíveis para Redução de Minério de Ferro

Seminário COMIN COMAP de novembro de 1981.  
Volume com 342 páginas reunindo 21 contribuições técnicas.

Preço: Cr\$16.500

Para sócios da ABM: Cr\$ 12.500

## Aglomeração de Minérios de Ferro

Curso realizado dentro do convênio ABM — COTESI — CONSIDER  
Coordenação do Engº José Calazans Pena e colaboração do Engº M. Sc. Hiroshi Masuda, Dr. Engº Paulo Pinheiro da Silva Neto, Engº Ralfe Wilson de Mattos Nogueira e Engº Roberto Pimentel de Souza.

### I parte — Teoria

Físico-química metalúrgica. Processos de transporte: transmissão de calor e escoamento de gases. Fundamentos do processo de aglomeração: sinterização na presença de líquidos; fusão em sistemas de óxidos; caso de sinterização de minério de ferro; estrutura e mineralogia dos aglomerados de minérios de ferro.

### II parte — Prática de operação

Preparação de matérias-primas. Processo de sinterização. Processo de pelotização. Outros processos de aglomeração.

### III parte — Avaliação dos aglomerados

Métodos e tipos de ensaios de avaliação. Propriedades dos aglomerados: físicas, químicas e metalúrgicas. Análise das propriedades quanto ao destino dos aglomerados: alto-forno, acrias e redução direta.

Preço: Cr\$ 23.700

Para sócios da ABM: Cr\$ 16.500

Pedidos com cheque para: Associação Brasileira de Metais  
Rua Antonio Comparato, 218  
04605 — São Paulo — SP

## Lubrificantes e Lubrificação Industrial

Coordenador: Engº Sebastião Faria de Souza  
Autor: Antônio Geraldo Baeta da Cruz

A lubrificação surgiu para eliminar ou reduzir o atrito entre dois corpos em movimento, através da introdução entre eles de uma película que evita o contato direto e agressivo entre as partes. Desse modo é evitado o desgaste prematuro de partes móveis ou entre um corpo fixo e outro móvel. O desenvolvimento de equipamentos cada vez mais complexos e, sobretudo, a elevação do custo dos lubrificantes, causado pelo aumento do preço do petróleo, foram os principais fatores que levaram a um maior interesse quanto aos problemas de lubrificação.

Esses aspectos, aliados ao fato de que a tecnologia desses produtos e de seu emprego teve nos últimos anos rápido desenvolvimento levou a Comissão Técnica de Manutenção - COMANT, a realizar o curso *Lubrificantes e lubrificação industrial*, preparando a respectiva publicação.

O volume contém 129 páginas de texto, figuras e tabelas. Apresenta conceitos de lubrificação industrial e tem como objetivo transmitir subsídios para a compreensão dos princípios que envolvem técnicas de lubrificação de equipamentos, bem como a seleção e especificação de lubrificantes adequados.

Possui os seguintes capítulos:

- Petróleo.
- Princípios de lubrificação.
- Lubrificação: características e análise dos lubrificantes; classificação dos óleos lubrificantes industriais; classificação de viscosidade ISO; seleção e tipos de lubrificantes; dispositivos e acessórios de lubrificação; lubrificação de mancais, engrenagens e cabos de aço; lubrificação de mancais simples.
- Mancais de rolamento.
- Engrenagens: lubrificação.
- Cabos de aço: lubrificação.
- Métodos de lubrificação.
- Classificação dos óleos de motores.
- Entender o sistema centralizado de lubrificação pela sua associação a um sistema hidráulico simples.

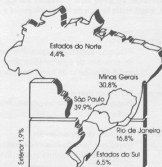
Preço: Cr\$ 8.000 (sócios da ABM) e Cr\$ 11.500 (não sócios).

**METALURGIA**  
**ABM**  
**DISPENSA**  
**ATESTADOS**  
**DE**  
**CIRCULAÇÃO**

Assim como qualquer comprovante de quantidade ou qualidade de distribuição. Afinal, quem declara cabalmente uma ligação de 7.000 exemplares só pode estar dizendo a verdade.

Verdade que transparece, também, nos percentuais de remessa de edição por destino, já que as maiores concentrações de leitores estão - como não poderia deixar de ser - justamente nos Estados de maior representatividade industrial.

E preste atenção: cerca de 95% do "mailing" de Metalurgia são de associados da ABM



- que usufruem de todos os outros benefícios da entidade e que têm seus nomes publicados em Lista de Sócios editada como Suplemento da revista.