

## TENDÊNCIAS ATUAIS NA METALURGIA DE NÃO-FERROSOS (\*) (\*\*)

Prof. *Arthur Phillips* (\*\*\*)

Constitue para mim um grande prazer pronunciar esta conferência, bem como em ter me tornado um membro desta Associação Brasileira de Metais. Desejo aqui apresentar os meus sinceros votos pelo melhor êxito desta Associação e espero que ela venha a se tornar uma importante associação de âmbito nacional. Todos os presentes já devem ter se apercebido das vantagens e dos resultados que devem decorrer do funcionamento da Associação. Penso também que poderá vir a desempenhar um importante papel no desenvolvimento da formação e aperfeiçoamento de técnicos cuja falta é tão reconhecida no Brasil. Os trabalhos que forem apresentados irão constituir, estou certo, adições valiosas à literatura técnica do Brasil. Eu espero ainda que a Associação Brasileira de Metais venha a se interessar pelo aspeto educacional.

Em minha permanência no Brasil eu tenho notado a grande falta de técnicos especializados em metalurgia e esse constitue na realidade um problema brasileiro contemporâneo. O desenvolvimento industrial brasileiro está a reclamar mais químicos, mais metalurgistas e mais engenheiros para que este país venha a se tornar uma grande comunidade industrial. Dificilmente isso poderá ser conseguido se faltarem ao Brasil os técnicos de que tanto necessita. Quando vier o período da competição é imprescindível, para a sobrevivência e para o crescimento da indústria brasileira, que a produção apresente padrões adequados e para isso são necessários os técnicos especializados. Muitos dos presen-

---

(\*) Conferência pronunciada em 22 de Julho de 1944 na Reunião de Metais Não-Ferrosos da Associação Brasileira de Metais.

(\*\*) Tradução do Eng<sup>o</sup> Tharcisio D. de Souza Santos, Secretário da A.B.M., Presidente da Comissão Técnica de Produção de Metais Não-Ferrosos, A.B.M.

(\*\*\*) Membro da A.B.M.; Professor de metalurgia, Universidade de Yale, New Haven, Connecticut, Estados Unidos; Professor contratado pela Escola Politécnica de São Paulo; Doutor "Honoris-Causa" pela Universidade de São Paulo; Presidente da Comissão Técnica de Metais e Ligas Não-Ferrosos, A.B.M.

tes já têm me ouvido frequentemente e creio que já devem estar fatigados de ouvir a minha voz... Tenho sido também agradavelmente impressionado pela atenção com que tenho sido cercado por todos e isso me parece refletir a consideração com que todos cercam os professores universitários.

O tema desta conferência é tendências na metalurgia dos não-ferrosos, e isso parece exigir certa habilidade de prever o futuro.

Inicialmente desejo frisar que é lamentável a separação que vem sendo feita entre a metalurgia dos metais ferrosos e a dos não-ferrosos. A metalurgia dos metais ferrosos é importante por razões óbvias: os aços são produzidos e consumidos em grandes quantidades, mas isso só não justifica a separação.

E' verdadeiramente lamentável que alguns metalurgistas limitem-se exclusivamente ao ferro e ao aço e não se interessem pela metalurgia dos metais não-ferrosos. Todos sabem que muito embora o ferro e os aços sejam metais da maior importância, eles não possuem muitas das características muitas vezes desejáveis. Se o requisito para um emprego fôr condutibilidade elétrica, o problema irá ser resolvido pelo emprego de cobre ou de prata; se exigir leveza, pelas ligas de alumínio e de magnésio, se resistência a temperaturas elevadas, por tungstênio; se resistência à corrosão, por ligas de cromo e níquel, finalmente, se corte rápido, por carbureto de tungstênio. Vêm assim que para muitas aplicações são os metais e as ligas não ferrosos que apresentam as características desejadas.

De uma maneira geral, as tendências em metalurgia de não ferrosos seguem de perto as tendências na metalurgia dos ferrosos. A história e a prática têm mostrado que os metais não ferrosos completam os campos de aplicação do ferro e dos aços. Em um motor, por exemplo, parcela considerável de seu peso é representada por cobre; seus mancais são também de metais não-ferrosos. O aumento de consumo de ferro e de aço traz em consequência um aumento paralelo do consumo de metais não ferrosos. De outro lado, as tendências nos metais não ferrosos acompanham de perto a marcha das tendências gerais no comércio internacional.

Sabe-se que o consumo de metais cresce nas épocas de prosperidade econômica. No futuro próximo, o problema apresenta a complicação decorrente dos grandes estoques acumulados e do excesso de capacidade de produção construída durante a guerra. Para complicar mais a questão, existem consideráveis disponibilidades de sucata de metais que voltarão ao mercado. Um outro fator tem contribuído nos últimos anos para aumentar a complexidade do problema: o estabelecimento de novos centros de pro-

dução em muitos países. Nos Estados Unidos, por exemplo, o centro produtor de aço por excelência era Pittsburgh e o de ligas à base de cobre, o vale do Connecticut. Desde 1929 grandes mudanças tem sofrido a localização dessas indústrias, com muitos novos centros de produção e de transformação de metais. Na esfera internacional, muitas têm sido as nações que vêm se elevando à categoria de produtoras e algumas mesmo vêm se tornando nações exportadoras de metais. Tem sido extraordinário o aumento de produção no Brasil, Turquia, Rumania, Mandchúria, Índia e Austrália, para citar alguns exemplos. O aumento de capacidade da produção mundial de aço de 1929 para cá foi de cerca de 75%, o que equivale a cerca de 80 milhões de toneladas a mais por ano e uma boa parte desse metal corresponde a nações que até então produziam apenas pequena parcela de suas necessidades.

O futuro destes países, produtores novos de ferro e de aço, vai depender, em grande parte, da eficiência de seu funcionamento, das condições econômicas e dos recursos naturais desses países e nesse embate é que os técnicos terão de participar com seus melhores recursos de conhecimentos, de prática e de experiência.

Tentemos agora examinar a situação de alguns metais para, examinando seu emprego no passado, tentar antever as condições que irão prevalecer no futuro. Na exposição que vou fazer me limitarei a considerar os elementos referentes aos Estados Unidos, não só por serem os que conheço melhor como também por ser o único país do qual disponho agora de dados atualizados.

Começemos com o cobre, metal que ocupa o segundo lugar em importância de tonelagem de produção, logo abaixo do ferro e aço.

Em 1939 a produção dos Estados Unidos foi de pouco mais que 800.000 toneladas, ao passo que no ano passado atingiu 1.643.000 toneladas, isto é, o dobro da produção de 1939. É muito difícil se prever agora qual a porcentagem dessa capacidade adicional que irá ser utilizada depois da cessação das hostilidades. Uma dificuldade para a utilização dessa capacidade adicional reside na enorme quantidade de sucata de que se irá dispôr; essa reserva considerável irá ser empregada largamente, a baixo preço, pelos fabricantes de ligas à base de cobre, o que significa uma diminuição de mercado para os produtores primários de cobre. Essa é a primeira dificuldade: estoques acumulados de metal, tanto em lingotes como sob a forma de sucata. A outra dificuldade é a decorrente da competição, isto é, a repercussão sobre o mercado de cobre do abaixamento de custo do alumínio e dos grandes estoques deste metal.

Com referência ao primeiro problema, parece-me que irá ser resolvido pelo controle das disponibilidades de cobre no sentido de evitar uma crise para os produtores primários de cobre; o governo irá nesse caso dispondo das reservas gradativamente, de forma a atenuar a crise que resultaria de uma rápida inundação por sucata. Quanto ao segundo aspecto, é certo que o alumínio irá substituir em muitas aplicações o cobre, mas deve se lembrar que o cobre possui muitas propriedades que não são encontradas no alumínio. Por essa razão não é de se crer que venha a ser diminuído o consumo de cobre — tendo em vista suas excelentes propriedades — muito embora tenda a aumentar consideravelmente o de alumínio.

Consideramos agora o alumínio, cuja produção em 1939 nos Estados Unidos atingia o nível de 150.000 toneladas. Como consequência das imperiosas necessidades para a guerra, a capacidade atual instalada nos Estados Unidos se eleva agora a 1.200.000 toneladas. Esse aumento representa certamente uma enorme expansão e, existe em consequência um grande excesso de capacidade de produção. A pergunta que todos fazem é: qual a fração dessa capacidade que irá ser utilizada? O Ministro do Comércio avaliou recentemente em 900.000 toneladas o consumo futuro de alumínio nos Estados Unidos, existindo assim um excesso de capacidade de produção de cerca de 300.000 toneladas. Convem lembrar ainda que cerca de 54% da capacidade instalada é de propriedade do governo. A perspectiva que decorre dessa situação é a de abaixamento geral de preço de venda do alumínio, o que constituirá sem dúvida um meio eficiente para distender ainda mais o campo de suas aplicações. A redução do preço de alumínio irá fazer com que esse metal venha a competir seriamente, em muitas aplicações, como já foi dito, com o cobre. Parece também provável, nessas circunstâncias, que o cobre ceda seu lugar ao alumínio, que passaria a ser o mais importante metal não ferroso sob o ponto de vista de tonelagem de produção.

No caso do magnésio a evolução foi ainda maior. Na guerra passada o metal atingia o preço de cerca de 200 Cr/kg ao câmbio atual: agora, o preço é apenas de cerca de 9 Cr/kg. A capacidade de produção em 1939 não passava de 5.000 toneladas e hoje é de mais de 250.000. O aumento de produção foi realmente extraordinário, de mais de 500% em cinco anos apenas. Aproximadamente 95% da capacidade de produção é representada por usinas construídas pelo governo. Parece fóra de dúvida que muitas usinas serão fechadas com a terminação da guerra, mas considerando apenas as usinas construídas por companhias particulares é certo que existirá uma considerável capacidade de produção desse metal. E' naturalmente difícil se prever a que preço irá cair o magnésio depois da guerra, quando for atingido

o equilíbrio entre a produção e o consumo. Nos Estados Unidos uma parte apreciável da produção de magnésio resulta do tratamento de sais de magnésio da água do mar e acredita-se geralmente que esse processo permite o mais baixo custo de produção. Atualmente o preço do alumínio é de cerca de 7,30 Cr/kg contra cerca de 9 Cr/kg para o magnésio, mas ha considerar a questão de diferença de pesos específicos entre esses metais e mais uma vez intervem o índice preço/pêso. E' óbvio entretanto que a situação entre o alumínio e o magnésio é bastante diferente da existente entre o cobre e o alumínio. Infelizmente, o magnésio não apresenta as boas características mecânicas do alumínio, nem boa resistência à corrosão. O emprego de magnésio em aviação depende de certas precauções em virtude de sua baixa resistência à corrosão. Além disso, suas características mecânicas são muito influenciadas por temperaturas elevadas.

Tenho a impressão de que tem sido encarado com otimismo exagerado o futuro próximo da indústria de magnésio. O consumo desse metal irá certamente aumentar, porem de forma mais lenta, e depois que se vier a descobrir meios mais adequados para contornar algumas de suas desvantagens. A pesquisa tecnologica poderá contribuir poderosamente para a modificação dessa perspectiva e convem lembrar que o desenvolvimento das aplicações do alumínio deve-se em grande parte ao grande trabalho de pesquisas e que permitiu se melhorar muitas das características desse metal.

Quanto ao zinco, a produção nos Estados Unidos em 1939 foi de 626.000 toneladas contra cerca de 750.000 no ano passado, o que representa também um aumento apreciável. Não são grandes as reservas de minério de zinco nos Estados Unidos. O preço do metal tem se elevado ultimamente, não só em virtude do aumento de consumo, principalmente para peças de ligas de zinco moldadas sob pressão, como também porque tem diminuído o teor dos minérios explorados. A perspectiva futura para o zinco é a de elevação de preços. Seu consumo não tende a aumentar de maneira marcada. A maior porcentagem de emprego de zinco é em galvanização de fios e folhas de aço, e aqui mais uma vez se repete a dependência estreita de um aumento de consumo de um metal corresponder ao aumento do consumo de outro. Em resumo, parece certo que no futuro a produção mundial de zinco tenderá a se manter no mesmo nível da produção de antes da guerra, pelo equilíbrio decorrente, de um lado de uma maior solicitação, e de outro da elevação do custo do metal.

E' difícil a previsão para o estanho. A séria crise de abastecimento de estanho — produzido principalmente pelas Índias Orientais — fez com que fossem experimentados muitos substitutos para esse metal. Muitos desses substitutos irão continuar

a ser usados depois da guerra, o que irá corresponder a uma diminuição para o consumo desse metal. Por exemplo, mesmo antes da guerra vinham sendo substituídos os tubos de bisnaga de estanho por idênticos de alumínio. Da mesma forma, em metais anti-fricção muitas novas composições com teores muito menores de estanho vem substituindo as composições clássicas. Para mancais de aviões vêm sendo empregadas com grande êxito ligas à base de cádmio ou de prata.

E' certo que o futuro do estanho nos Estados Unidos irá depender em grande parte da situação econômica bem como da situação das Índias Orientais como produtoras.

O chumbo constitui um metal interessante pela sua estabilidade no que se refere aos mercados. A produção de chumbo no mundo se mantém sempre ligeiramente crescente mas sem grandes crises e sem grandes surtos de produção. A guerra ou as depressões econômicas quasi não afetam seu consumo. Seu maior emprego é em acumuladores de automóveis e parece difícil que venha a ser deslocado nesse campo por qualquer outro metal. O esperado aumento de produção de automóveis, bem como de canalizações de chumbo e de cabos elétricos isolados, irá certamente contribuir para absorver a parte de chumbo que atualmente é utilizada diretamente na guerra.

E' de se esperar que aumente consideravelmente o consumo da prata nas indústrias. Quanto à sua aplicação para fins monetários é mais difícil uma previsão. As excelentes características dos metais anti-fricção à base de prata fazem com que se deva acreditar que seu consumo irá aumentar consideravelmente nesse campo. De qualquer forma parece que a prata tende a se tornar cada vez mais importante metal industrial.

A terminação da guerra passada deixou o níquel em difícil posição: existia um grande excesso de capacidade de produção desse metal. Era o níquel um metal considerado essencialmente como metal de guerra. O extraordinário programa de pesquisas levado a cabo pela International Nickel Company foi a causa principal do aumento considerável do consumo desse metal, exgotando inteiramente o excesso de capacidade construída na guerra passada. O estudo sistemático das ligas com base de níquel permitiu descobrir uma grande série de novos empregos, os quais gradativamente foram absorvendo o excesso de capacidade existente. Todos sabem que o níquel é um dos mais importantes elementos de adição ao aço. Além disso, entra na composição das ligas importantes Chromel e Nichrome, para resistências, pares termoeletrônicos etc. O níquel comunica a muitos dos metais com os quais forma ligas de propriedades altamente desejáveis.

Por todas essas razões é de se crer que o campo das aplicações do níquel irá ser continuamente aumentado, tanto nas ligas não ferrosas como nos aços e nos ferros fundidos com níquel.

Passada a crise atual que limita as aplicações do tungsteno, é de se crer que ele voltará a ocupar o seu lugar. Muitas de suas excelentes características fazem com que o tungsteno continue a ser um metal de crescente consumo depois da guerra.

O consumo de cromo segue de perto o consumo de níquel, tanto em ligas não ferrosas como em ferro e aço. Por isso, deverá ser aumentado o consumo desse importante metal.

Quanto ao manganês, convem lembrar que ele constitui um desoxidante importante para o aço e que cada tonelada de aço exige em média de 6 kg de manganês. Além de seu largo emprego na indústria siderúrgica, tende a crescer sua aplicação na indústria das ligas não ferrosas. Recentemente foram descobertas novas ligas de cobre, níquel e manganês de grande resistência mecânica e de elevado limite de fadiga. Um dos progressos mais interessantes em manganês é o de produção de manganês eletrolítico e o consumo dessa forma de metal tende a aumentar sempre.

Chegamos agora no ponto de estudar os metais menos comuns. Apenas cerca de 10 dos 30 metais que ocorrem com maior frequência na terra têm sido estudados de forma mais ou menos completa. É bastante provável que esses outros possuam propriedades realmente interessantes que lhes permitam encontrar novos campos de aplicação. Eu creio que este constitui um interessante tema para os jovens pesquisadores brasileiros: o Brasil possui reservas importantes de minérios de muitos desses metais e de alguns o Brasil é quase o único produtor. Abre-se assim a possibilidade de vir a se tornar um importante produtor mundial de metais e de ligas de eventual grande interesse.

O rênio tem atraído grande atenção, em virtude de sua grande resistência à ação do ácido clorídrico. Fios delgados obtidos pelo trabalho do metal preparado a partir de seu cloreto, têm resistência à tração de cerca de 50 kg/mm<sup>2</sup>.

Outro exemplo interessante é o do índio. É um metal extremamente macio. Descobriu-se recentemente que ele garante uma proteção perfeita contra a corrosão em mancais produzida por certos compostos presentes nos lubrificantes. Seu emprego tende a crescer nesse campo e possivelmente encontrará novas aplicações.

O zircônio tem interessado muito aos metalurgistas americanos e a importância dos depósitos brasileiros torna esse metal de grande interesse para o Brasil. Existe a possibilidade de virem a ser encontradas importantes aplicações para esse metal.

Possibilidade idênticas existem para o titânio, metal cujos minérios ocorrem em muitas regiões do Brasil. Tem sido usado sob a forma de fio muito delgado para operações cirúrgicas e tem se verificado que não afeta certos tecidos. É interessante recordar que o titânio e o zircônio são metais cujos pesos específicos se situam entre os dos metais leves e os dos metais pesados. De um lado temos metais como magnésio ( $1,74 \text{ g/cm}^3$ ), berílio ( $1,93$ ) e alumínio ( $2,7$ ); de outro, zinco ( $7,14$ ), ferro ( $7,86$ ), cobalto ( $8,7$ ) e chumbo ( $11,34 \text{ g/cm}^3$ ). Entre esses campos de pesos específicos se situam o titânio ( $4,5$ ) e o zircônio ( $6,5$ ).

Outro metal de grande interesse atual é o berílio. Não é de se crer que venha a ser usado em grandes quantidades, principalmente porque não se conhecem grandes depósitos de seus minérios e também porque até hoje não pode ser produzido sob forma maleável. Constitue um dos interessantes programas de pesquisas o de se tentar produzir berílio maleável. Tem se atribuído a fragilidade do berílio metálico produzido correntemente a nitretos. Atualmente o consumo norte-americano é de cerca de 5.000 toneladas de berílio por ano (o berílio contém cerca de 10% de berílio). As ligas de cobre berílio são de grande importância comercial em virtude de suas excelentes características mecânicas. A liga de cobre com 2% de berílio tem resistência à tração de cerca de  $130 \text{ kg/mm}^2$ . A adição de 2% de berílio fez elevar a resistência do cobre de 22 a  $130 \text{ kg/mm}^2$ .

Para terminar, a tendência geral na indústria de não ferrosos é a de aumentar consideravelmente sua importância. Existe um grande campo para pesquisas, sobretudo para metais menos comuns e essa oportunidade parece uma das mais interessantes para os metalurgistas brasileiros.