

# A Eletricidade e o Futuro da Siderurgia Brasileira<sup>(1)</sup>

FERNANDO JORGE LARRABURE<sup>(2)</sup>

Vamos procurar expôr o que, a nosso ver, constituirá a linha de desenvolvimento da indústria siderúrgica num futuro remoto. Nem por ser remoto, deverá a geração atual deixar de se preocupar com êle, pois, já neste instante, é possível entrever o que será a usina siderúrgica do futuro e, portanto, saber aonde devemos aplicar nossos esforços, evitando desperdiçar nossos limitados recursos financeiros e técnicos.

Vejamos como tem evoluído a produção mundial de aço. Em números redondos, temos (em Mt):

1870	—	0,5
1900	—	28
1930	—	93
1960	—	329
1965	—	445
1967	—	559
1975	—	625 (estimativa das Nações Unidas).

Se examinarmos com um pouco de detalhe as estatísticas, verificamos que algumas das nações mais desenvolvidas já atingiram um certo grau de saturação; seu consumo "per capita" tende a se estabilizar, ficando assim o crescimento do consumo ligado ao aumento vegetativo da população. Entretanto, a população desses países representa apenas uma pequena fração da população total do globo, restando, portanto, ainda uma enorme possibilidade de expansão, a despeito dos progressos que estão sendo feitos no assunto de controle da natalidade. Uma elevação, mesmo moderada, do consumo "per capita" levará a produção mundial de aço à casa dos milhares de milhões de toneladas por ano.

O Brasil figura nas estatísticas em posição pouco animadora, inteiramente em desacôrdo com a sua posição de detentor de enormes reservas de minério de ferro. A evolução da produção brasileira nos últimos anos foi a seguinte:

A n o	Aço em lingotes (1000 t)
1940	140
1945	205
1950	770
1955	1.160
1960	2.280
1963	2.812
1964	3.044
1965	3.017
1966	3.835
1967	3.770

As causas principais dessa incômoda posição dentro da siderurgia mundial são de duas naturezas: uma decorre de nossa formação (ou falta de formação) técnica que cerceou nosso desenvolvimento industrial. A outra é a nossa deficiência de combustíveis fósseis, fator que foi, até hoje, de importância primordial.

\*

A origem de nossa deficiência tecnológica está ligada aos primórdios da nossa colonização. No tempo em que o artesanato se desenvolvia nas regiões que hoje constituem a Alemanha, Holanda, Bélgica, França, Itália, Suécia, etc. com a formação das guildas que reuniam todos os oficiais do mesmo ofício, o que propiciava a transmissão do "know-how", a América do Sul estava sendo colonizada pelos povos da península ibérica e por êles submetida a uma exploração predatória dos seus recursos minerais. Enquanto ferreiros, tecelões, curtidores, armeiros, e outros artífices naqueles países da Europa, criavam riquezas com seu trabalho e conhecimentos, o ouro, a prata e as pedras preciosas eram arrancados ao solo sul-americano e levados para o reino.

Enquanto que nas nações industriais os artífices sentiam seu trabalho valorizado e os ofícios eram motivo de orgulho profissional, em Portugal, onde os reis eram, algumas vezes, anal-

(1) Conferência pronunciada no Simpósio sobre Eletrosiderurgia realizado em Salvador, BA; setembro de 1968.

(2) Diretor da ABM; Engenheiro Eletricista e Metalurgista; Diretor de Aços Anhanguera S.A.; São Paulo, SP.

fabetos, as pessoas importantes eram os militares que protegiam a extração e transporte dos metais e pedras preciosas, e os escrivães da côrte que supriam as deficiências resultantes do analfabetismo real e que se tornaram os antepassados dos burocratas que emperram a vida de nosso País, sobrecarregando seus orçamentos com despesas improdutivas.

Quando os homens que aqui fizeram fortuna tiveram a possibilidade de mandar seus filhos adquirirem educação, mandavam-os a Coimbra para estudarem Letras, sendo raríssimos aqueles que se dedicaram à Engenharia Civil, à Montanística ou quaisquer outras profissões em que poderiam eventualmente vir a ter contato com os trabalhadores.

Acredito que seja essa a origem da situação, para mim profundamente revoltante, em que um escriturário de ínfima categoria tem sempre posição social superior à do mais hábil e produtivo operário.

Em conseqüência dessa situação, era a regra comum, até há algum tempo atrás, constatar grande relutância dos engenheiros em gastar parte do seu tempo dentro das oficinas, onde correriam o risco de sujarem suas mãos e suas roupas.

Há poucos anos, perguntei ao Diretor de uma grande indústria, com matriz na Inglaterra, porque tinha tantos empregados, principalmente engenheiros, trazidos daquele País a custo cinco ou mais vezes superior ao que teria de gastar com bons engenheiros brasileiros. Respondeu-me que era forçado a isso porque nenhum dos engenheiros brasileiros que tinha experimentado queria passar na oficina o tempo necessário, insistindo em ficar nos escritórios. Pessoalmente, devo dizer que nunca encontrei êsse problema na minha já longa vida profissional e que me alegro em ver que, no espaço de uma geração, já se pode constatar uma enorme mudança na atitude dos engenheiros. Sinto sempre grande prazer em visitar indústrias e encontrar jovens colegas em "roupa de briga" e eventualmente com as mãos sujas de graxa.

Estamos andando a passos largos no sentido de sanar as deficiências de nossa formação técnica, embora o caminho já percorrido seja apenas uma pequena parte da longa caminhada que ainda temos pela frente.

As recentes agitações estudantis, examinadas cuidadosamente e fazendo-se abstração dos fatores demagógicos e subversivos facilmente identificáveis, mostram que a mocidade tomou posição definitiva, exigindo melhores escolas e melhores professores. Penso que pouca gente deixará de reconhecer que há muita razão nessa aspiração e que as autoridades têm demonstrado

uma firme intenção de atender aos justos reclamos dos que querem estudar. Resta esperar que, dadas as necessárias verbas, construídas as escolas e conseguida a melhoria do corpo docente, demonstre essa mocidade a necessária compreensão, dedicando-se intensamente ao estudo, para finalmente arrancar nossa Pátria do subdesenvolvimento tecnológico; não cabe no âmbito desta exposição alongarmo-nos nesse assunto; outros, mais competentes, podem e devem fazê-lo, muito melhor do que nós.

\*

A segunda causa de nosso atraso no campo siderúrgico é a nossa grande deficiência no que se refere aos combustíveis que, na fase atual, fornecem à humanidade a maior parte das necessidades energéticas: o carvão, o petróleo e o gás natural. Enquanto perdurar essa situação, é evidente que nossas possibilidades de progresso serão menores que as dos países que possuem abundância de reservas desses combustíveis. Entretanto, num futuro mais ou menos remoto, essa situação poderá vir a ser bem diferente.

Vejamos qual é a situação atual. Infelizmente, não dispomos de dados que permitam uma apreciação global da participação dos combustíveis na satisfação das necessidades da humanidade e por isso vamos limitar-nos à constatação das tendências nos EE.UU. A tabela I mostra a participação porcentual das diferentes classes de combustíveis no conjunto das aplicações energéticas dos Estados Unidos.

TABELA I — Fontes energéticas usadas nos Estados Unidos (em %)

Combustível	Após a 1. <sup>a</sup> Guerra Mundial	Após a 2. <sup>a</sup> Guerra Mundial	1965
Carvão	78	50	27
Petróleo	15	32	33
Gás	4	13	35
Nuclear	0	0	0,1

Por outro lado, a tabela II mostra a tendência da variação de preços desses combustíveis.

TABELA II — Variação de preços dos combustíveis (em US\$)

	Ano	Carvão (tonelada)	Petróleo (barril)	Gás (1.000 pés <sup>3</sup> )
(1)	1946	3,44	1,41	0,05
(2)	1964	4,45	3,69	0,157
(2) (1)	—	129%	262%	314%

Verifica-se assim que o uso do petróleo e do gás mostra enorme incremento, acompanhado por considerável aumento dos preços desses combustíveis. Deve-se ainda notar que isso se passa no país que possui as reservas de carvão com condições de exploração mais favoráveis, a tal ponto que o carvão norte-americano pode ser entregue nos portos europeus a preços sensivelmente inferiores aos dos carvões extraídos localmente.

Quando se considera o futuro, é certo que a situação atual não poderá perdurar por muito tempo. As reservas de petróleo e de gás, embora grandes, não são equivalentes às de carvão e linhito, sendo, por isso, certo que o panorama energético futuro será bem diferente do atual, surgindo então a energia nuclear como a grande fornecedora de eletricidade.

O relatório "The Growth of Foreign Nuclear Power" publicado em abril de 1966 pela Atomic Energy Commission — USA — apresenta a estimativa para o desenvolvimento da energia nuclear naqueles países (tab. III e IV).

TABELA III — Estimativa do desenvolvimento da energia nuclear

Países	POTÊNCIA INSTALADA (GW Elétricos)		
	1975	1980	1985
França .....	4,3 a 5,8	10,3 a 20,0	18,5 a 39,0
Alemanha ...	7,0 a 9,0	15,0 a 23,0	28,0 a 55,0
Itália .....	3,4 a 4,4	8,2 a 10,6	14,7 a 19,4
Inglaterra ...	13,3	24,0 a 26,0	40 a 50
USA .....	21 a 37	61,0 a 92,0	130 a 212
Mundo livre .	66 a 93	163 a 233	321 a 507

TABELA IV — Porcentagem de energia nuclear sobre o total

Países	1975	1980	1985
França .....	16 a 19	28 a 41	35 a 41
Alemanha ...	16 a 19	25 a 34	33 a 53
Itália .....	48 a 52	60 a 61	60 a 61
Inglaterra ...	22 a 26	29 a 35	39 a 42

Em 1966 (\*) mais de 40% das usinas elétricas encomendadas pelas companhias de utilidade pública norte-americanas eram de energia nuclear; em 1967, a proporção subiu a mais de 50%, estimando-se que, na passagem do século, as usinas nucleares constituirão pelo menos 50%

da capacidade geradora total que atingirá 1.500 a 1.800 GW.

\*

A posição do Brasil é peculiar sob o ponto de vista da energia nuclear. Primeiramente, a existência de abundantes reservas hidráulicas ainda inexploradas aconselha a que não se diminuam os esforços que estão sendo empregados na sua utilização, o que trará como consequência um atraso relativo da participação porcentual da energia nuclear. Por outro lado, quando se esgotarem as possibilidades hidrelétricas, não havendo praticamente disponibilidades importantes de combustíveis fósseis, a energia nuclear passará a ser a alternativa mais interessante e deverá ter então um progresso tanto ou mais rápido que nos outros países.

Embora nossas reservas conhecidas de urânio, pelo menos por enquanto, sejam pequenas, fomos muito bem afortunados em tório; pode-se esperar que, quando resolvidos os problemas tecnológicos que ainda dificultam o uso do tório, venha o Brasil a ter excelente posição no panorama energético mundial.

Por outro lado, não devemos deixar de lado o linhito e o xisto oleígeno. O Brasil tem reservas muito grandes de xisto oleígeno, localizadas em regiões facilmente acessíveis, sendo possível que, dentro de poucos anos, venha ele a ser a fonte principal de nossos combustíveis líquidos e gasosos, sendo estimada em 300.000 milhões de barris a reserva contida nos depósitos já conhecidos.

A exploração do xisto ofereceu até agora dificuldades econômicas; entretanto, parece que já estamos atingindo o ponto em que o preço de extração se torna competitivo com o do petróleo importado. Ainda nos fins de julho do corrente ano, os jornais noticiaram a chegada de uma comissão de engenheiros russos que veio dar início aos serviços de estabelecimento de uma indústria de grandes dimensões para aproveitamento do xisto da zona de Taubaté.

O linhito é extremamente abundante em algumas regiões do globo, porém o Brasil não têm, até este momento, reservas provadas de importância apreciável. Ainda recentemente tivemos grande desilusão com os depósitos descobertos no vale do Amazonas que, pelas primeiras notícias, pareciam representar enorme reserva, da ordem de trilhões de toneladas, para finalmente chegar-se à conclusão que são de pequena espessura e sem possibilidade de aproveitamento prático. Mesmo nos países em que os depósitos são muito grandes, o aproveitamento do linhito, dada suas características, deve ser feito "in loco", geralmente em usinas termo-elétricas.

(\*) Westinghouse Engineer, jan. 1968.

Num futuro remoto, quando se esgotarem as reservas de petróleo e gás natural, a humanidade terá de lançar mão, para conseguir combustíveis líquidos e gasosos de fácil transporte, do xisto oleígeno, do carvão e do linhito. Com êsses dois últimos deverão ser usados processos mais complexos que, entretanto, já são conhecidos e que já foram mesmo usados durante a 2.<sup>a</sup> Guerra Mundial.

No presente momento estamos assistindo a novos esforços no sentido de conseguir a produção de óleo, a partir do carvão, em condições de preço que permitam concorrer com o petróleo natural. As grandes companhias de petróleo estão custeando grandes investigações, ao mesmo tempo que quase tôdas já adquiriram jazidas de carvão ou subsidiárias que já funcionam na sua extração.

Pode-se assim esperar que, dentro de um futuro próximo, da ordem de 10 anos, já se tenha tornado uma realidade a produção de óleo a partir de carvão e, conseqüentemente, será estendida por alguns séculos a era do petróleo.

Dentro dos processos em estudo, parece certo que haverá sempre um resíduo considerável de combustível sólido cuja utilização mais prática parece ser a produção de energia elétrica em usinas convencionais a vapor.

\*

Não falamos ainda na energia elétrica gerada em usinas hidrelétricas, campo em que o Brasil foi bem aquinhoado.

De acôrdo com o relatório *Recursos Energéticos do Brasil e Panorama da Energia Elétrica*, publicado pelo Ministério das Minas e Energia, em agosto de 1966, o potencial total brasileiro atinge a ordem de 75 GW de potência média contínua, isto é: o suficiente para atender uma demanda de 150 GW. Dêsse total, apenas cerca de 10% estão sendo aproveitados ou em vias de aproveitamento.

É óbvio que nem tôdas as quedas d'água aproveitáveis estão localizadas em pontos que tornem conveniente sua utilização. Entretanto, os grandes progressos que têm sido feitos recentemente no tocante à elevação das tensões de transmissão que já atingem 750 kV, estando já em consideração 1.000 kV, assim como os estudos para utilização da transmissão de corrente contínua, com tensões ainda mais elevadas, permitem prever a transmissão econômica da energia elétrica a distância que há poucos anos tornavam inviável o aproveitamento das quedas d'água situadas em locais mais afastados. Dada a nossa pobreza em petróleo, carvão e linhito, parece evidente que os maiores esforços deverão

ser empregados para o completo aproveitamento das possibilidades de utilização da energia hidráulica.

\*

Até aqui falamos da situação energética em geral; vamos agora considerar a siderurgia em particular.

Até o presente, a maior parte da energia necessária à fabricação do aço é fornecida às usinas integradas sob a forma de carvão coqueificável. Êsse carvão, submetido à coqueificação fornece uma quantidade considerável de gás de alto poder calorífico, mais uma boa quantidade de subprodutos de valor considerável e adequados a aplicações mais nobres (benzol, toluol, etc.), além do coque que representa cerca de 70% do peso do carvão enformado. Êsse coque, ao ser classificado por peneiramento, deixa um resíduo de finos que não pode ser usado no alto-forno e que é utilizado geralmente na geração de vapor.

O carvão coqueificável representa apenas uma parcela relativamente pequena das reservas totais de carvão conhecidas no mundo e que podem ser avaliadas "grosso modo" em  $4 \times 10^{12}$  t. Os depósitos de melhor qualidade, com baixos teores de cinza e de enxôfre, foram explorados intensivamente, sendo já hoje as usinas siderúrgicas obrigadas a trabalhar com teores de impurezas que ninguém aceitaria 30 anos atrás. Uma estimativa de C. L. Kobrin (\*), prevê que as reservas de carvão coqueificável dos Estados Unidos durarão pouco mais de um e meio século, ao ritmo de consumo atual. Como êsse ritmo vem crescendo continuamente, é mais provável que a duração das reservas seja de um século aproximadamente.

Ao mesmo tempo que a qualidade baixa, o preço vai subindo sem cessar. Ê assim fácil compreender porque foram empregados tantos esforços, aliás, coroados de êxito, em melhorar a eficiência do alto-forno a coque que é responsável pelo fornecimento de mais de 95% do ferro primário produzido no mundo. Para se ter uma idéia da melhoria obtida basta citar alguns exemplos.

Quando foi projetada a usina de Volta Redonda, em 1941, previa-se um consumo de 1.000 kg de coque por tonelada de gusa para o que seriam consumidos 1.650 a 1.700 kg de carvão coqueificável. Hoje, o consumo específico médio dos melhores alto-fornos americanos é de 510 kg de coque por tonelada de gusa, enquanto que no Japão êle já desceu a 450 kg e ainda continua a baixar. Igualmente foi desenvolvida

(\*) *Iron Age*, 6 de junho de 1968.



a técnica de substituir uma parte do coque por carvão pulverizado, óleo, alcatrão e gás combustível. Numerosos foram os meios empregados para conseguir essa melhoria; porém sobressai entre todos, a preparação da carga, através da sinterização e da pelletização. Convém recordar aqui alguns números a respeito da pelletização, por ser a técnica mais recente e a que parece apresentar maior interesse para o Brasil, dadas as características de muitas de nossas jazidas de ferro.

De acordo com a projeção feita pelo Battelle Institute, o consumo de pelotas subirá de 45 Mt em 1965, a 104 Mt em 1970, 159 Mt em 1975 e 220 Mt em 1980. O consumo de finos para sinterização atingirá 463 Mt em 1980, ao mesmo tempo que o consumo de minérios sem preparação permanecerá em redor das 240 Mt atuais.

Como deve ser interpretada a pelletização, sob o ponto de vista energético? Ela representa essencialmente a substituição de uma porcentagem importante do coque usado no alto-forno pela energia elétrica dispendida no processo de moagem e concentração. A energia térmica necessária ao endurecimento das pelotas pelos processos usuais, é geralmente fornecida por óleo ou gás natural.

Ao mesmo tempo, estamos assistindo ao nascimento de uma nova técnica que é a do endurecimento das pelotas em temperaturas da ordem de 100°C, em lugar de 1300°C nos processos mais usados, o que reduzirá de modo substancial as necessidades energéticas do processo.

Enquanto se conseguiam tão espetaculares progressos no rendimento termodinâmico do alto-forno, qual foi a sua evolução, sob o ponto de vista de capacidade de produção?

É justamente nesse particular que os progressos têm sido mais notáveis. Por ocasião do projeto da usina de Volta Redonda, a dimensão então considerada normal era de  $\varnothing$  7,5 m no cadinho, com o que se conseguia uma produção de gusa de 1.000 t/24 horas, ou pouco mais. Já no início desta década estavam em construção fornos com  $\varnothing$  9 m, atingindo produções de 2.500 t/dia. O novo forno a ser construído na usina da Bethlehem Steel em sua nova usina de Burns Harbor, terá um cadinho de 10,5 m que poderá ser aumentado para 11,5 m. Sua produção inicial será de 4.000 t/dia, porém o sistema de carregamento e de corrida está previsto para chegar futuramente a 7.000 t/dia. O maior forno em operação, pelo que se sabe, deste lado da cortina de ferro, foi inaugurado em 15 de fevereiro deste ano, na usina de Fujuyama, da Nippon Kokan Co., com uma capacidade nominal de 5.800 t/dia. Aparentemente, esse forno

será logo ultrapassado pela unidade projetada pela Fuji Iron and Steel, do Japão, que deverá atingir 10.000 t/dia, com um volume útil de 3.000 m<sup>3</sup>.

A operação desses imensos fornos, em conjunto com conversores LD, permite atingir produções altíssimas, de cerca de 300 t/h por conversor, ao mesmo tempo que o consumo de calorías sofre grande redução. Apenas para citar um exemplo: o consumo específico de calorías da Aciaria da usina de Lackawanna, para produzir aproximadamente 450.000 t de lingotes, foi de 1,21 milhões de calorías por tonelada, operando fornos Siemens-Martin em abril de 1963 e de 0,35 milhões em maio de 1967, quando a operação já era pelo processo LD, o que representa uma economia de 61%.

\*

Quando se olham esses números, não se pode deixar de ter a impressão de que a combinação de um alto-forno moderno com uma aciaria LD constitui um conjunto imbatível e que o Brasil, com suas irremediável deficiência em carvão coqueificável, está mesmo condenado a permanecer numa posição insignificante no conjunto da siderurgia mundial.

Tal não é, felizmente, o caso.

Mais depressa do que se poderia esperar surgiu um concorrente poderoso, representado pelo forno elétrico de fusão e refino, alimentado com minério pré-reduzido.

Embora a idéia tenha sido considerada desde há muitos anos, não parecia até recentemente que, num futuro próximo, fôsse possível aplicá-la economicamente, a não ser em condições especiais; entretanto, os progressos verificados nos últimos anos, tanto no campo da redução direta, quanto no da construção dos fornos elétricos, foram de tal monta que já há vários casos em que a combinação alto-forno-LD já não parece ser a mais conveniente.

É evidente que ainda há uma etapa intermediária que deve ser considerada: é o uso de pelotas pré-reduzidas na alimentação do alto-forno, com o que se pode reduzir o consumo de coque a valores muito baixos. Nessas condições, o alto-forno deixaria de funcionar como aparelho de redução para se transformar em simples equipamento de fusão e carburação. Haverá muitos casos em que será mais econômico instalar uma pré-redução a fim de aumentar a produção de gusa sem a necessidade de novos altos-fornos e baterias de fornos de coque. Entre outras, são conhecidas:

— A Armco Steel Corp. vai construir uma instalação para a produção de 50 t/dia de pelotas pré-reduzi-

das. O grau de metalização é variável, parecendo que os esforços iniciais serão no sentido de obter 90% para uso em forno elétrico.

- A Falconbridge Nickel Mines Ltd. também anuncia a construção de uma instalação para a produção de 300.000 t/ano de pelotas pré-reduzidas com 90% de teor de ferro e 1,5% de níquel, destinadas sobretudo à alimentação de altos-fornos.
- A Orinoco Mining Co., subsidiária da United States Steel Corp., em 31 de dezembro de 1967, assinou um acórdo com o Governo da Venezuela para a construção de uma usina para a produção de 1 Mt/ano de briquetes de minério pré-reduzido com teor de 86,5% de ferro.

Entretanto, a notícia mais interessante nesse campo é a da construção de uma usina integrada da Gilmore Steel Corporation. Essa usina consistirá numa aciaria elétrica e uma laminação. A aciaria será alimentada com pelotas pré-reduzidas fornecidas por uma instalação da Midland-Ross Corp. A produção prevista é de cerca de 500.000 t/ano de aço em lingotes e as pelotas deverão atingir a um mínimo de 95% de metalização.

Deixamos de mencionar, por já terem sido descritas com abundância de detalhes, as instalações da Hojalata y Lamina, em Monterrey e Veracruz, no México, já em operação inteiramente satisfatória, há vários anos, bem como os projetos da USIBA e de Aços Finos Piratini que esperamos ver executados e em funcionamento em breve, com sucesso não menor.

O sucesso do processo pré-redução mais forno-elétrico está também sendo influenciado fortemente pelos progressos realizados recentemente no projeto e operação dos fornos propriamente ditos. Por um lado, o tamanho dos fornos vem crescendo sem cessar, com resultantes economias de investimento e custo de operação, ao passo que, do outro lado, a potência aplicada, por tonelada de capacidade ou por metro quadrado de superfície de banho, vem sendo aumentada a valores que há pouquíssimos anos não eram nem cogitados.

Como exemplos de fornos modernos podemos citar:

- Fornos da nova aciaria da usina de Steelton, Penn., da Bethlehem Steel Corp., com diâmetro de 6,75 m, transformadores de 50.000 kVA e capacidade nominal de 159 t. Essa instalação vem funcionando regularmente, tendo sido feitas experiências com cargas de 100% de sucata fria e com 35% e 50% de gusa líquido, na produção de aço comercial de baixo carbono. A produção horária obtida foi de aproximadamente 36, 45 e 50 t/h, com consumos de energia elétrica respectivamente de 456, 320 e 300 kWh/t.
- Na Northwestern Steel and Wire Co. foi instalado um transformador de 85.000 kVA num forno que imediatamente bateu todos os recordes de produção em fornos elétricos. O novo forno de 7,32 m a ser instalado terá um transformador ainda maior e capacidade nominal de 180 t, ao mesmo tempo que estão em cogitação fornos de 8,53 m com capacidade para produzir 205 t/h.

Vemos assim os fornos elétricos atingindo capacidades produtivas por unidade que se aproximam das dos maiores conversores LD.

Por sua flexibilidade de operação, os fornos elétricos apresentam-se como eminentemente satisfatórios para o trabalho em conjunto com instalações de lingotamento contínuo, uma das novas técnicas que está avançando a passos mais rápidos.

\*

É evidente que esse progresso dos fornos elétricos deve ser considerado em conjunto com a evolução dos outros processos siderúrgicos. Mais especificamente, é fácil ver que, nas atuais condições, a substituição dos fornos Siemens-Martin por conversores LD ocasionou uma enorme alteração na situação de abastecimento de sucata.

Um estudo muito interessante sobre as perspectivas de desenvolvimento nos próximos anos foi feito por Clarence E. Sims, do Battelle Memorial Institute, na reunião do 25.º aniversário do Electric Furnace Committee do AIME. Segundo Sims podemos esperar que o processo LD venha a se alterar no sentido de utilizar minério de ferro em lugar de sucata, para resfriar o banho. Isso permitirá reduzir o tempo de sopro e aumentar a produtividade. Conseqüentemente, haverá maior disponibilidade de sucata para uso nos fornos elétricos que são o equipamento mais eficiente e de mais baixo custo de operação para a fusão de sucata e aço. Calcula-se que a proporção global de sucata para gusa não se alterará substancialmente.

Em 1967, 20 Mt, aproximadamente 15% da produção norte-americana, foram feitas em fornos elétricos. Presentemente estão sendo instalados cerca de 17 Mt de capacidade produtiva adicional. Calcula Sims que dentro dos próximos 25 anos a produção norte-americana dividir-se-á entre fornos elétricos e conversores a oxigênio na proporção de 45/55.

As usinas modernas, produzindo só produtos planos, pelo processo clássico alto-forno a oxigênio, lingotamento individual e laminador desbastador, já atingiam o ponto em que toda a sucata doméstica é insuficiente para fazer as adições nos conversores. Há cerca de três anos, ouvi do Prof. Lemoine que era esse o caso da Usina de Taranto. Como essa usina está situada em região industrialmente pouco desenvolvida, tornou-se necessário importar sucata, a um custo considerado excessivo.

Por outro lado, o rápido desenvolvimento do lingotamento contínuo vem alterar mais a situação, pois esse processo permite reduzir

substancialmente a porcentagem de sucata de recirculação nas usinas. É, por isso, grande o interesse em conseguir substituir a sucata de adição nos conversores por minério, seja natural, seja parcialmente pré-reduzido, como prevê Sims, podendo-se esperar que essa substituição venha a se tornar prática corrente dentro de um futuro próximo, o que libertará grandes quantidades de sucata.

Chegamos assim a falar da sucata, essa nossa velha conhecida, que talvez seja a responsável pelo maior número das dores de cabeça da vida do siderurgista. É quase impossível encontrar alguma matéria-prima importante que tenha sofrido maiores oscilações. A cada alteração da técnica sucede uma mudança das posições relativas das matérias-primas. Isso é inevitável porque a sucata difere das outras matérias-primas usadas em siderurgia num ponto essencial: enquanto o minério, o carvão, os ferro-ligas, etc. são produzidos de acordo com as necessidades do mercado, a sucata simplesmente resulta.

Sendo um subproduto, o seu preço não tem relação com seu custo de produção, dependendo primordialmente da oferta e da procura. Assistimos neste momento a uma das fases em que a procura reduziu-se substancialmente, com o advento dos conversores a oxigênio, o que produziu uma queda violenta dos preços nos países de grande produção de aço.

Os esforços para aumentar a porcentagem de sucata utilizada nos conversores permitiram uma elevação de alguns porcentos, porém é óbvio que, por sua própria essência, os processos a oxigênio são bastante rígidos no que se refere ao consumo de sucata, em contraposição com os fornos elétricos e os Siemens-Martin em que a flexibilidade é praticamente total.

No Brasil, dadas as pequenas dimensões de nossa indústria, o mercado da sucata apresenta variações bastante violentas, criando problemas graves que têm sido contornados mais com bom senso e boa vontade do que propriamente por meios técnicos. Assim é que a autorização para exportação de sucata, contrariando antiga disposição legal, criou, há pouco mais de 2 anos, uma situação de pânico, com graves prejuízos que poderiam perfeitamente ter sido evitados.

Por outro lado, a usina de Volta Redonda, que, em sua etapa inicial, não previa a compra de sucata externa, veio a ter interesse em aumentar sua produção à custa de sucata comprada. Dada a enorme porcentagem representada pela CSN na produção brasileira até a entrada da USIMINAS e da COSIPA, sua influência no mercado de sucata é enorme, e, em certas ocasiões, poderia ter sido desastrosa.

No Brasil, no presente momento, verifica-se considerável aumento da procura, conseqüente sobretudo da existência de altos-fornos paralisados, sendo necessário substituir por sucata o ferro gusa, que normalmente alimentaria as aciarias. Em conseqüência, verificou-se violenta elevação de preços que provavelmente conduzirá à importação de sucata. Entretanto, com as ampliações projetadas para Volta Redonda, COSIPA e USIMINAS, tôdas baseadas no uso de conversores a oxigênio, a tendência será novamente para o aumento da disponibilidade da sucata, o que, por sua vez, conduzirá a um incremento do uso de fornos elétricos.

É fácil chegar à conclusão de que a sucata constitui uma base pouco estável para uma indústria que, por sua natureza, deve ser um modelo de estabilidade. É esta uma das razões principais para o grande interesse que apresenta a produção de ferro-esponja e das pelotas pré-reduzidas, pois esses materiais constituem um elemento de estabilidade do mercado. Temos o exemplo de uma siderúrgica espanhola que desenvolveu o seu próprio processo de produção de ferro-esponja e o colocou em produção industrial para, em seguida, paralisar essa instalação, conservando-a como uma espécie de seguro de vida.

Vemos assim uma coincidência dos fatores que favorecem o desenvolvimento da pré-redução dos minérios:

- o encarecimento progressivo do coque, com a deterioração de suas qualidades;
- o aumento das necessidades de material para alimentação dos fornos elétricos, conseqüente ao incremento do uso desses fornos, simultaneamente com redução da sucata de recirculação nas usinas em conseqüência do uso do lingotamento contínuo.

\*

Vejamos qual é o panorama do ferro-esponja e das pelotas pré-reduzidas. São conhecidos os casos da Steel Co. of Canada (100.000 t/ano) já em operação e da Hojalata y Lamina, do México, também em operação, com produção de 420.000 t/ano em 1967, devendo alcançar 600.000 em 1969. Conhecemos, também em operação, há muitos anos, as instalações suécas operando pelos processos Wiberg e Höganäs.

Essas instalações não apresentam, por enquanto, unidades de grandes capacidades de produção, sendo necessário multiplicar o número de reatores quando se deseja grande tonelagem, o que, normalmente, contraria as condições necessárias à melhor economia de custo inicial e de operação.

São por isso de especial interesse os dois fornos circulares rotativos do sistema Heat-fast



recentemente postos em marcha no Minnesota e que têm uma produção de 1,2 Mt de pelotas oxidadas por ano cada um, ao mesmo tempo em que tomamos conhecimento do projeto McKee para fornos com capacidade de 5 Mt/ano de pelotas oxidadas. Tanto os fornos Heat-fast quanto os fornos McKee têm uma disposição tal que permite manter um bom controle da composição da atmosfera, tornando possível a pré-redução por meio de carbono misturado ao minério durante a pelotização; esse carbono pode ter as mais diversas origens, dispensando o uso do coque.

## UMA VISÃO DO FUTURO

Sem necessidade de grandes esforços de imaginação, podemos, já hoje, visualizar uma usina futura onde o consumo de coque seria nulo e cujas necessidades energéticas seriam quase totalmente satisfeitas pela energia elétrica. Essa usina consistiria de:

- a) moagem e concentração do minério;
- b) redução em fornos de 5 Mt/ano;
- c) fusão e refino em fornos elétricos com capacidade de 150 a 200 t/h.
- d) lingotamento contínuo;
- e) laminação convencional, com aquecimento de tarugos e placas por eletricidade.

É preciso lembrar que os fornos de redução do tipo mencionado prestam-se à utilização do aquecimento por eletricidade, pelo menos para uma grande parte das necessidades térmicas. Quanto ao aquecimento de placas, já agora temos notícias de experiências que estão sendo feitas com sucesso pela Mc Louth Steel Co. no sentido de aquecer numa hora, por indução, placas de 30 t. Uma usina desse tipo poderá facilmente ser prevista para a produção de 3 a 4 Mt/ano, que é hoje considerada a dimensão mínima sob o ponto de vista econômico.

\*

De tudo o que expus antes, pode-se concluir que, em parcela muito elevada, dependem da energia elétrica o progresso do Brasil e, mais particularmente, o da siderurgia nacional que é um dos fundamentos daquele. É por isso, absolutamente indispensável que se prossiga, com o máximo vigor, no caminho de aumentar a geração e o consumo de energia elétrica.

Para a geração temos dois caminhos a seguir: o primeiro é o aproveitamento de todas as disponibilidades de energia hidráulica que, como vimos, poderá atingir a um total da ordem de 150 GW elétricos. Para isso, o Brasil já desenvolveu excelente técnica de construção de

barragens, ao mesmo tempo que a indústria particular já se aparelhou para produzir as turbinas, geradores e transformadores que constituem a parcela mais importante das instalações.

A construção das grandes usinas trará como consequência necessária a formação de grandes lagos com os seus efeitos benéficos sobre a irrigação de muitas áreas hoje improdutivas, sobre a regularização das condições climáticas, sobre a criação de facilidades de navegação fluvial e, principalmente, sobre as possibilidades de um grande desenvolvimento da piscicultura que poderá vir a ser uma fonte importante das proteínas que tanta falta fazem à nossa população de baixos recursos econômicos.

O segundo caminho é o da energia nuclear. Esse é incomparavelmente mais árduo e não devemos iludir-nos quanto às suas dificuldades. Para que o Brasil possa realmente tomar a posição que nós, brasileiros, queremos que ele ocupe, não basta que se instalem usinas nucleares pelo simples processo de encomendá-las a consórcios internacionais. É necessário que atinjamos a posição ideal da completa autonomia, pois só ela permitirá concentrar na própria nação as riquezas criadas e multiplicadas pela energia nuclear.

Nosso ilustre colega Prof. Dr. Luiz Cintra do Prado, Delegado do Brasil na Junta dos Governadores da Agência Internacional de Energia Atômica e consultor das Centrais Elétricas de São Paulo em assuntos de energia atômica, já em diversas oportunidades expôs, com clareza meridiana, a natureza dos três fatores necessários para atingir essa autonomia:

- a produção de materiais férteis e físséis;
- a posse da tecnologia nuclear;
- a presença dos recursos financeiros necessários ao empreendimento.

Subentende-se, naturalmente, a formação dos elementos humanos habilitados a planejar e promover as diversas tarefas em que se desdobra um programa de desenvolvimento nuclear.

A tarefa é ingente e a ela deve o Brasil dedicar seus maiores esforços se quiser atingir a posição de grande potência energética. Ao mesmo tempo, há tarefas mais simples que devem ser atacadas sem demora.

Se nosso futuro, tanto do ponto de vista geral, quanto mais particularmente do ponto de vista siderúrgico, depende fundamentalmente do desenvolvimento da eletrificação, é indispensável que, desde já, sejam dados os necessários passos para orientar a indústria no sentido do maior uso da energia elétrica, procurando economizar



nossas parcas reservas de carvão e petróleo. É evidente que esse problema é técnico apenas em parte; o motivo primordial para qualquer indústria orientar-se para o maior uso da energia elétrica será sempre, ou quase sempre, a possibilidade de realizar uma economia nos seus custos de operação.

Constituem assim as *tarifas da energia elétrica* assunto da mais capital importância; deve ser atacado pelas autoridades competentes com a maior urgência. Sofremos, durante muitos anos, da demagogia da energia barata, a preços irrealistas; como resultado prático tivemos apenas o sacrifício da indústria da eletricidade até chegarmos ao racionamento que, para muitas pessoas, significa apenas a inconveniência de subir a pé alguns lances de escada, mas que, para os que dedicaram sua vida às atividades da produção, representa um fantasma aterrador. Por isso, é necessário guardarmo-nos agora cuidadosamente contra outro tipo de demagogia que seria a noção de uma tarifa igual ou praticamente igual, para todos os tipos de consumo. Não podemos perder de vista que o importante é que a nação progrida, o que significa primordialmente o progresso das suas indústrias básicas, pois que assim as pequenas indústrias serão levadas no arrastão do progresso.

Que interesse terá para os pequenos consumidores energia barata ou mesmo, raciocinando "ad-absurdum", gratuita, se o país cair no marasmo e se afundar cada vez mais no subdesenvolvimento?

Impõe-se por isso o reestudo geral da estrutura tarifária, introduzindo os conceitos de sistema de blocos, tanto para o consumo como para a demanda e da diferenciação dos preços entre as horas de ponta e os períodos de baixa demanda. Esse estudo precisa ser realizado de modo completo e exaustivo, de modo a evitar o sistema "cut and try" em que eram feitas exigências descabidas que depois iam sendo corrigidas através de decretos e portarias, para atender à grita dos consumidores, muitas vezes também sem razão.

Se quisermos ser justos, devemos considerar a posição do empresário que está projetando uma nova instalação. O receio de que as tarifas de eletricidade possam sofrer alterações frequentes e imprevisíveis, fará evidentemente pender a decisão no sentido dos combustíveis derivados do petróleo que têm mantido relativa estabilidade de preço, o que viria, em última análise, contrariar os interesses nacionais.

\*

Voltando aos progressos recentes da siderurgia, quero apenas fazer um pequeno retros-

pecto para mostrar a evolução da técnica no último quarto de século.

Quando foi projetada a Usina de Volta Redonda, em 1941 até 1943, a técnica da siderurgia parecia estar completamente sedimentada, pouca coisa faltando decidir. Assim, o alto-forno deveria ter 7.62 m (25') ou 7,92 m (26') no cadinho. A coqueria deveria ser escolhida entre os tipos Otto, Wilputte ou Semet-Solvay, todos usando câmaras praticamente iguais e os mesmos sistemas de carga e descarga.

A aciaria seria com fornos Siemens-Martin, discutindo-se apenas se a capacidade seria de 150, 175 ou 200 t. O laminador desbastador seria de 1016 mm (40"), 1067 mm (42") ou 1118 mm (44") com motor de 5, 6 ou 7 mil CV. E assim por diante, para todas as outras unidades da usina.

Hoje, a situação é totalmente diversa.

Já não temos certeza de que deveremos começar com um alto-forno. Se o fizermos não sabemos se vamos trabalhar com minério "in-natura", sinterizado ou pelletizado (pelotas oxidadas simples, auto-fundentes ou pré-reduzidas). Para a pelletização podemos escolher entre 4 ou 5 sistemas de fornos. Se tivermos pelotas pré-reduzidas poderemos escolher entre alto-forno e forno elétrico.

O gusa poderá ser transformado em aço em fornos elétricos ou em conversores LD ou Kaldo, com adições de sucata fria ou quente, de pelotas pré-reduzidas ou de minério. O vazamento poderá ser em lingoteiras ou por lingotamento contínuo.

E assim por diante, "ad-nauseam".

É fácil ver que o trabalho do engenheiro consultor tornou-se de enorme complexidade.

Como consequência de alguns desses desenvolvimentos nesses últimos 5 anos, já se torna necessário rever algumas noções que pareciam estar assentadas em bases muito sólidas. É assim que se torna indispensável acompanhar cuidadosamente o progresso da pelletização a frio, pois, dadas as características de muitas de nossas jazidas, com porcentagens altas de finos, bem como da escassez de óleo combustível, esse processo parece apresentar para o Brasil um interesse maior que em outras regiões. Se se confirmarem as primeiras impressões, será difícil justificar, daqui por diante, o uso dos processos de endurecimento das pelotas por cozimento, a alta temperatura, pois o novo processo permitirá diminuir consideravelmente o investimento na parte de moagem, além de propiciar grande economia de combustível.

Por outro lado, com o extraordinário interesse pelas pelotas ou minérios pré-reduzidos, parece certo que qualquer nova instalação de pelotização deverá ser projetada de forma tal que permita a mudança de pelotas oxidadas para pelotas pré-reduzidas. Isto torna obsoletos os fornos que não permitam um bom controle de atmosfera, e que são a grande maioria dos atualmente existentes ou ainda em construção.

\*

Quando iniciei a preparação desta despreziosa palestra, confesso que tinha a impressão de que iria falar em coisas que só teriam sentido num futuro muito remoto, um século pelo menos. Entretanto, ao reunir as idéias, surpreendi-me ao verificar quão próxima já parece estar a concretização de pelo menos uma parte do que, à primeira vista, poderia ser considerado puro nefelibatismo.

Mais uma razão para que comecemos, desde já e com maior afinco, a trabalhar para que o Brasil tenha finalmente o progresso tecnológico que abrirá as portas ao progresso geral.

Para isso, faço os seguintes apelos:

1. *As autoridades governamentais para que prossigam sem interrupção na política da eletrificação, instalando hidrelétricas em todos os lugares que tenham condições físicas, estudando ao mesmo tempo os sistemas tarifários de modo a incentivar o uso intenso da energia elétrica pelas indústrias de base.*

2. *Ainda às autoridades governamentais para que não poupem esforços no sentido de resolver as dificuldades tecnológicas que ainda impedem o uso do tório como base da produção de energia nuclear, permitindo que o Brasil se torne uma grande potência energética pela utilização dos seus recursos naturais.*
3. *As grandes organizações da indústria siderúrgica, de que a BRASSIDER é o expoente máximo, para que, através de um programa de pesquisas de longo alcance, preparem o desenvolvimento e a utilização de processos que correspondam às nossas condições particulares, sem esperar que os países estrangeiros venham nos mostrar o caminho.*
4. *As indústrias produtoras de materiais auxiliares, como eletrodos de grafite e refratários, para que se preparem para atender às necessidades do progresso da utilização da energia elétrica especialmente em fornos elétricos superpotentes.*
5. *Finalmente, aos moços para que, nos bancos escolares e nos laboratórios, lutem tenazmente para liquidar com o atraso tecnológico que nos infelicita e que só o esforço persistente poderá eliminar.*

E não nos esqueçamos do preceito de Osvaldo Cruz, o grande cientista paulista que, infelizmente, não dedicou à engenharia o seu cérebro privilegiado, mas cujas palavras podem e devem ser aplicadas às nossas atividades:

*Não esmorecer para não desmerecer.*