

Dia 20 — Novas Técnicas Siderúrgicas

CONFERENCISTA: Dr. Luiz Corrêa da Silva

COMPONENTES DA MESA

Dr. Edmundo Macedo Soares
Dr. Renato Azevedo
Dr. Francisco Pinto de Souza
Dr. Roberto Jafet
Dr. Renato Wood
Dr. Henrique Anawate
Dr. Luiz Dumont Villares
Sr. Antonio Luiz Capellari de Almeida

Sr. Antônio Luiz Capellari de Almeida (Presidente do Centro) — Meus Senhores, minhas Senhoras. Marchou o C.M.R. durante seus vinte anos de existência como uma das locomotivas do desenvolvimento mineiro-metalúrgico nacional. Seguindo este preceito, teremos o prazer de ouvir, na terceira noite de nossa XVI Semana de Estudos Mineiro-Metalúrgicos, o insigne conferencista, Dr. Luiz C. Corrêa da Silva, do qual temos a grata satisfação de sermos discípulos.

Na qualidade de Presidente do Centro Moraes Rego, convido, para presidir os trabalhos, S. Exa. o Gen. Macedo Soares.

Gen. Edmundo Macedo Soares (Presidente) — Muito obrigado pela honra que me é concedida. Não é a primeira vez que eu venho às reuniões do Centro Moraes Rego. Eu o tenho frequentado assiduamente, e considero isso um dever.

Os mais velhos, que vão olhando para essa geração nova, sentem sempre um grande alento ao observar o entusiasmo e a competência dos jovens do Centro Moraes Rego.

Tenho o prazer de convidar para fazerem parte da Mesa, o Prof. Dr. Francisco Pinto de Souza; o Prof. Henrique Anawate; o conferencista, Dr. Luiz Corrêa da Silva; Dr. Renato de Azevedo, o orientador dos debates; Dr. Roberto Jafet; Dr. Renato Wood e Dr. Luiz Dumont Villares.

Vamos ter o prazer de ouvir, nesta noite, o Prof. Luiz Corrêa da Silva, sôbre novas técnicas siderúrgicas.

Todos sabem que atravessamos uma época em que a revolução científica é empolgante, a revolução tecnológica é uma consequência, e o que se passa na indústria siderúrgica é, de alguma forma, semelhante ao que se passou no fim do Século XIX. E ouvir um ensaísta do quilate do Dr. Luiz Corrêa da Silva, professor, doutor em Metalurgia, tendo cursado no Brasil e nos Estados Unidos, autor de livros, conferencista aqui e no estrangeiro, relator de congressos internacionais, ouvi-lo falar sôbre o assunto, é ouvir, realmente, uma autoridade. Ele nos falará sôbre novas técnicas siderúrgicas e nos fará um resumo, de forma que aquêles que se aplicam ao assunto terão uma idéia bastante nítida do que tem sido a evolução nesse campo dos conhecimentos humanos.

Tem, pois, a palavra, o conferencista, Prof. Luiz Corrêa da Silva.

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Sr. Presidente, Srs: membros da Mesa, meus senhores, minhas senhoras:

Na exposição que se segue são apresentadas, inicialmente, algumas das novas técnicas que vêm revolucionando a indústria siderúrgica. São considerados, a título de exemplo, os seguintes problemas: melhoria da técnica de operação dos altos fornos; processos especiais de redução dos minérios de ferro; inovações nos processos de produção de aço; novas técnicas de lingotamento. Os progressos realizados vêm mudando radicalmente o panorama da indústria siderúrgica mundial, diminuindo as inversões necessárias e os custos de operação, permitindo aumentos espetaculares de produção e produtividade, bem como possibilitando ou facilitando a instalação de usinas nos países em desenvolvimento.

Na parte final da exposição são fórmuladas algumas sugestões visando assegurar ao Brasil uma rápida e eficiente utilização das novas técnicas, lembrando que para isto é necessário estimular atividades no âmbito do planejamento, do projeto («engineering») de novas usinas, da pesquisa tecnológica, do ensino da metalurgia em vários níveis, e, finalmente, do intercâmbio de informações.

I — Apresentação Geral de Algumas Novas Técnicas

A título de exemplo, consideraremos com brevidade algumas das novas técnicas empregadas nos seguintes setores da siderurgia: altos fornos; processos especiais de redução; aciária; lingotamento dos aços. Dadas as limitações do tempo, nada poderemos dizer sôbre problemas como: técnicas de aglomeração de minérios de ferro; modernos métodos de controle da produção e da qualidade; transformação mecânica dos aços (laminação, forjamento, etc.)

1 Progressos na operação dos altos fornos

Poderíamos dizer que o alto forno é um tirano benigno que há mais de um século vem mantendo seu domínio absoluto sobre a siderurgia. Poucos equipamentos podem ser a êle comparados em importância para o desenvolvimento da indústria nos últimos 100 anos. Pelas suas entranhas passaram todos os navios, locomotivas, autos, tratores, guindastes, pontes rolantes, tornos, frezas, plainas, ferramentas manuais, estruturas metálicas, trilhos, turbinas e um sem número de outros equipamentos essenciais à indústria moderna. Na realidade, não se trata de um forno propriamente mas, sim, de um efficientíssimo reator tubular contínuo a contra-corrente, mantido em regime estacionário. É provavelmente o mais importante reator industrial em uso.

Daí a importância especial que assume o estudo desse aparelho, responsável pela produção mundial de 300 milhões de toneladas de gusa em 1963 (ano em que a produção total de aço ascendeu a 420 milhões de toneladas).

Diante da necessidade imposta pelas condições industriais e do desafio lançado por milhares de proponentes de novos processos de redução o alto forno reagiu e, nos últimos 10 anos, sua técnica de operação sofreu melhorias radicais, com resultados espetaculares.

Essas melhorias podem ser classificadas em 3 grupos principais: melhorias no preparo da carga (controle granulométrico, uso de sinter e uso de pelotas); condicionamento do «vento» (aumento da temperatura e da pressão, condições dinâmicas de insuflação tais como velocidade e ângulo, controle da umidade, enriquecimento com oxigênio); injeção de redutores fluídos ou pulverulentos na região das ventaneiras (óleo, gás natural, gás de coqueria, carvão pulverizado).

Sendo impossível revêr aqui todos êsses aspectos, limitar-nos-emos a apontar alguns dos resultados alcançados pelo emprêgo combinado ou isolado dos aperfeiçoamentos acima enumerados.

1. 1 — **Capacidade dos altos fornos modernos** — As dimensões dos altos fornos vêm sendo continuamente aumentadas, sendo hoje, numerosos os altos fornos com mais de 8,55 m (28') de diâmetro de cadinho, atingindo mesmo 9,75 m (32'). A capacidade de produção, já pelo aumento das dimensões, mas muito mais pelo aperfeiçoamento da técnica de operação, tem atingido valores inconcebíveis há poucos anos atrás. O aumento de eficiência operatória tem sido tal que o próprio conceito de capacidade nominal precisa ser revisto. O conhecido índice proposto por Rice para a capacidade nominal dos altos fornos (com base na quantidade de coque queimado por metro quadrado da zona anular de combustão situada em frente às ventaneiras) tem sido ultrapassado em até 50%.

Um alto forno de 8,55 m de diâmetro, que há alguns anos atrás seria considerado como tendo uma capacidade nominal de 1.500 t/dia (supondo um «coke rate» então típico de 750 kg/t de gusa) pode atingir hoje produções da ordem de 3.000 t/dia, com um consumo de coque («coke rate») de cerca de 550 kg/t de gusa. Citemos alguns exemplos:

Usina	Diâmetro	Produção	Coque/t
Tobata 2	8,70 m (28'6")	2.400 t/d	540 kg/t
Bethlehem	idem	3.125 t/d	552 kg/t

1. 2 — Economia de Redutor

Não só porque o consumo específico de coque por tonelada de gusa é um índice de eficiência (outros fatores constantes), como também porque o coque é uma matéria-prima cara e cuja produção o mais das vezes depende de importações, existe uma verdadeira competição entre as usinas no sentido de diminuir o «coke rate». A injeção de redutores na região das ventaneiras, além de frequentemente conduzir a uma diminuição da quantidade total de redutor necessário, permite também a substituição parcial do coque por outros redutores. Exemplos (Ref. 1):

Usina	Diâmetro	Produção	Coque/t	Óleo/t
Tobata 3	9,75 m (32')	2.860 t/d	478 kg/t	52 (1/t)
Osaka	4,50 m	520 t/d	391 kg/t	107 (1/t)

É sabido, naturalmente, que injeções de redutores exigem fornecimento adicional de calor na zona de combustão, o que se consegue por aquecimento do ar a temperaturas mais elevadas ou pelo seu enriquecimento com oxigênio.

1. 3 — Natureza da carga: minério calibrado, sinter ou pelotas?

O mais importante de todos os fatores para a melhoria da eficiência do AF nos últimos anos foi o preparo da carga. O controle granulométrico do minério e do carvão, o uso intensivo do sinter e, mais recentemente, o uso de pelotas, conduziram a muito maior uniformidade na permeabilidade da carga e na marcha.

A polêmica ainda persiste no que respeita ao melhor modo de preparo. Há quem defenda ainda a idéia de que com bom minério, de perfeita granulometria, é possível obter resultados tão bons quanto pelo uso de sinter ou pelotas, a limitação sendo apenas a dificuldade de suprimento de minério bom e de perfeita granulometria. Há, por outro lado, os defensores ferrenhos seja do sinter seja das pelotas.

A título de exemplo podemos citar a polêmica amistosa que se trava, no momento, entre os técnicos da Mannesmann e da Phönix, na Alemanha. (Refs. 2 e 3). Os primeiros, defendendo as pelotas, os segundos o sinter. Vejamos alguns resultados obtidos:

Usina	Carga	Produção	Coque/t
Huckingen	80% pelotas	2091 t/d	578 kg/t
(Mann.)	(10 a 20 mm.)	2400 t/d	637 kg/t
Phonix	50% sin. + 50% min. (Sinter 8-50; min, 6-25 mm.)		

Os dados acima foram obtidos sem qualquer injeção especial (de redutores ou de oxigênio) e com coques normais do Ruhr (8-9,5% cinzas; 0,7-0,9% enxofre).

Com relação a esta questão, da virtude relativa do sinter, das pelotas e do minério calibrado, convém assinalar que entre os altos fornos de maior índice de produtividade diária, em todo o mundo, encontram-se unidades que consomem as mais variadas cargas. Conforme demonstrou Heynert (Ref. 3) têm sido obtidos resultados tão bons com garas de sinter como de pelotas e, ainda, com misturas de sinter e minério, sinter e pelotas, etc. A conclusão que se pode retirar é a seguinte: se a granulometria for correta e as características físico-químicas forem satisfatórias, qualquer carga dará excelentes resultados, quer seus constituintes se chamem minério, sinter ou pelotas. Está claro que os aspectos industriais (disponibilidade das matérias-primas e adequação das instalações) e os aspectos econômicos (investimentos e custos de operação) são os fatores que ditarão a resposta final. Parece-nos certo que no futuro previsível todos os 3 materiais continuarão a ser utilizados na indústria siderúrgica, cada um tendo seu território próprio, delimitado por razões técnicas e econômicas. O importante é que o cardápio de matérias-primas para o alto forno se ampliou e tornou-se mais requintado.

1. 4 — Diminuição do volume de escória

As quantidades de escória consideradas mínimas para a boa operação do alto forno vêm diminuindo gradativamente. Se é verdade que em circunstâncias especiais ainda são operados e (aliás, muito eficientemente, do ponto de vista técnico) altos fornos como os de Appleby-Frodigham, que produzem 1.300 kg de escória por tonelada de gusa, por outro lado não faltam exemplos de operação com pesos de escória da ordem de 120 a 150 kg/t de gusa. É conhecido o caso da nossa Belgo-Mineira, em que volumes de escória como êsses têm sido atingidos regularmente. Tra-

ta-se, porém, de uma usina operando com carvão vegetal, o que corresponde a condições muito especiais. Um outro exemplo pode ser citado: a Steel Co. of Canadá conseguiu (Ref. 4) operar perfeitamente com apenas 167 kg de escória por tonelada de gusa (A. F. de 5,5 m; produção de 1140 t/d; coke rate de 572 kg/t; carvão com 8,1% cinzas e 0,62 S).

São êsses alguns resultados extraordinários que apontam possibilidades que a nossa indústria siderúrgica deve aproveitar. A reunião de informações, a importação de «know how», os estudos e as pesquisas relativas aos problemas dos altos fornos precisam ser intensificados.

Segundo o Dr. Georg Bulle (Ref. 5) êsses resultados mostram que será perfeitamente viável a operação de altos fornos de 10 m de diâmetro de cadinho, capazes de produzir 5.000 t/dia de gusa, com um coke rate de apenas 500 kg/t (sem injeção de hidrocarbonetos).

Segundo o Dr. Heynert (Ref. 6), será possível atingir produções dessa ordem com consumo de 350 kg de coque mais 150 kg de óleo por tonelada de gusa. Os otimistas vão mais longe e consideram que, com o uso de pelotas ou sinter pré-reduzidos pelo menos parcialmente, ou ainda, com o uso de pelotas auto-redutoras, o consumo de redutores e especialmente do coque, possa ser ainda mais baixo.

2 — Processos especiais de redução

O que já se escreveu sobre os processos de redução outros que o alto forno (muitos às vêzes reunidos impròpriamente sob a designação de processos de redução direta) daria para encher bibliotecas. Dezenas de patentes referentes a êsses processos são mensalmente registradas. Muitos e muitos milhares delas já foram concedidas. Pode-se dizer que a «redução direta» é o «motu contínuo» da metalurgia: há legiões de pretensos detentores da solução definitiva do problema...

Sabidamente, porém, nenhum dos processos até hoje propostos e experimentados conseguiu até o momento ameaçar o domínio do velho rei alto forno. Ainda não surgiu um processo que faça ao AF o que o LD fez ao Siemens-Martin.

No entanto, a continuação dos estudos e pesquisas dêsses processos especiais continua a ter a sua justificativa e agora, talvez mais do que nunca, dada a necessidade de desenvolver países e regiões menos aquinhoados em minério, carvão ou capital.

É quase desnecessário lembrar, por bem conhecidos, processos como: redução em forno elétrico, HyL, Hoganas, Wiberg, R-N, Strategic-Udy, Krupp-Renn, baixo forno, etc.

Além dêsses, numerosos outros chegaram a despertar interesse, como os seguintes (Refs. 7 e 8): Demag-Humboldt, Basset,

Sturzelberg, Lubatti, Elektrokemisk, Dwight-Lloyd-Mac Wane, Orcarb, de Sy, Krupp-Eisenschwamm, Kalling (Avesta), Kalling (Domnarfvet), Freeman, Jet Smelting, Flame Smelting (Cyclosteel), Finsider, O.R.F., Republic Steel, H-Iron, Nu-Iron, Novalferonia, Co-C-Fer, Stelling, Eletro-fluidização, Echeveria, S-L, Stora-Kaldo, Madaras-U.S.B.M., Esso-Little, Norsk Staal, Lurgi-Gallusser, Azincourt, Laramie, Rouaux, Allis-Chalmers (ACAR), Aspergen, etc.

Os processos propostos incluem equipamentos os mais diversos e combinações variadas de operações. Usam-se reatores contínuos ou intermitentes; tubulares, de soleira ou de cuba; fixos ou móveis; a contra-corrente ou em corrente paralela; redutores sólidos ou gasosos diversos; cargas de diferentes granulometrias, às vezes aglomeradas ou briquetadas; aquecimento por combustão ou por energia elétrica, externo ou interno; temperaturas desde 500°C até 1500°C; recipientes refratários ou metálicos; leitos granulados ou fluidizados; a experiência existente pode provir de instalações de laboratório, de instalações piloto ou de instalações industriais; etc.

Dos numerosos processos de redução propostos há alguns que parecem merecer alguma consideração.

2. 1 — Processos que correspondem a modificações do AF

Forno elétrico de redução (FER): trata-se de adaptação do AF para permitir a utilização de energia elétrica para o aquecimento. Bem conhecido, apresenta desvantagens que têm retardado a sua aplicação mais generalizada na sua forma clássica, que além de consumir 400 a 450 kg de coque exige 2000 a 2500 kWh, por tonelada de gusa.

Forno baixo tipo Ougrée (Liège) o baixo forno de Ougrée foi construído num esforço de cooperação internacional visando aquilatar a possibilidade de operar um forno de redução de muito menor altura que o alto forno e, assim, evitar as rígidas especificações referentes ao coque, além de diminuir investimentos. Embora os resultados não tenham sido de entusiasmar, acreditamos que a última palavra ainda não tenha sido dita. Restrições: necessário estrito controle granulométrico da carga e das condições de operação. Vantagens: pode-se usar coques ou carvões de características inaceitáveis nos altos fornos. Em Calbe (Alemanha Oriental), são produzidas 500.000 t/ano de gusa em baixos fornos que usam coque de linhito (Braunkohle) (cêrca de 2000 kg/t).

Forno baixo tipo Demag-Humboldt: usa briquetes mistas de minério e carvão (não coque). A coqueificação é obtida na própria descida da carga sendo os produtos de destilação condensados.

A respeito desses processos, especialmente dos 2 primeiros, acreditamos que muitos possam ser melhorados com as modernas

técnicas de beneficiamento da carga. A sua combinação com outros reatores é considerada mais adiante, sendo interessante.

2. 2 — **Processos que visam corrigir a notória deficiência do FER (forno elétrico de redução) como reator.**

Sendo êste um reator tipo câmara, em contraposição ao alto forno que é do tipo tubular a contra-corrente, o redutor usado no processo é em grande parte transformado em CO, não havendo oportunidade de conversão apreciável dêste CO a CO₂, como no alto forno. Segue-se que o uso dos gases do FER para o pré-aquecimento e até pré-redução da carga é solução lógica que se impõe. As soluções propostas são:

Elektrokemisk I: combinação de reator tubular (forno giratório) para pré-aquecimento (1050°) e pré-redução (cêrca de 40-65%) e reator tipo cuba (forno elétrico).

Elektrokemisk II: combinação de reator tubular vertical fixo e forno elétrico. Já instalado em Vila Covã (Portugal) e Mo-i-Rana (Nor.). Espera-se chegar a 1300 kWh e 320 kg de coque por tonelada, usando pelotas (Ref. 9).

Strategic-Udy: forno giratório para pré-aquecimento (1100°C) e pré-redução (50-60%) mais forno elétrico trifásico com banho aberto.

Dwight-Lloyd MacWane: pré-aquecimento (900°C) e pré-redução (55-60%) de pelotas autoreduzoras sôbre esteira Dwight-Lloyd, seguindo-se forno elétrico trifásico.

ORCARB: pelletização a quente de mistura de minério e carvão em tambor metálico aquecido exteriormente, seguindo-se forno rotativo de pré-redução e, depois, forno elétrico.

Dos processos acima os Elektrokemisk, o Strategic-Udy e o Dwight-Lloyd McWane parecem os mais interessantes e com reais possibilidades de aplicação, pelo menos do ponto de vista técnico.

2. 3 — **Processos que visam não só aquecer como completar a redução em fornos rotativos, aquecidos de diversas maneiras e com projetos menos ou mais complicados:**

Basset: produção simultânea de gusa e de clinker para cimento.

Sturzelberg: produção de gusa líquido.

Krupp-Renn: produção de lupas de ferro a partir de minérios silicosos de baixo teor (30-50% de ferro).

Krupp-Eisenschwamm: produção de esponja a partir de minérios ricos, em aparelhos Krupp-Renn.

Kalling-Avesta: produção de esponja em forno rotativo aquecido eletricamente.

Kalling-Domnarfvet: produção de esponja em forno rotativo de desenho especial.

R-N: produção de esponja em forno rotativo aquecido a gás natural, a partir de minério ou pelotas, usando-se grande excesso de carvão que é recuperado e recirculado.

S-L: produção de esponja a partir de pelotas que são reduzidas em forno rotativo munido de combustores especiais que utilizam gás natural.

Freeman: produção de esponja a partir de pelotas e de CO resultante de reação entre finos de coque e calcáreo.

Dêsses processos apenas o Krupp-Esponja e o R-N parecem, no momento, apresentar algum interêsse. Deve-se notar, porém, que são usados equipamentos que não se destacam pela simplicidade, para conseguir pequena produção com consumo elevado de combustível (286 m³ de gás natural mais 600 kg de coque, no caso do R-N).

2. 4 — Processos que visam corrigir a notória desvantagem do AF, a qual consiste no alto teor de CO do gás que sai do topo do reator.

Se o gás que sai do AF fôsse só CO₂+N₂, teríamos uma economia de C da ordem de 150 a 200 kg/t de gusa. A solução, em princípio, para o problema, consistiria em acrescentar ao alto forno mais um reator tubular contínuo a contra-corrente onde o gás de AF seria queimado, pré-aquecendo a carga. As dificuldades práticas para a realização de tal concepção num único aparelho são muito grandes, sendo mais fácil conseguí-lo em dois. As soluções aventadas até o momento são em pequeno número:

Processo Wiberg: produz esponja em um reator tubular vertical, utilizando gases produzidos e/ou reformados em gasogênio elétrico; na parte superior do forno há uma zona de combustão de parte dos gases ascendentes, somente sendo liberados para o exterior gases praticamente sem calor sensível ou latente. Em princípio trata-se da mais elegante solução técnica clássica para a produção de esponja. É o processo de menor consumo energético. Na prática o processo demonstrou ser de operação extremamente delicada sendo pouco provável a sua utilização em grande escala.

Processo Finsider: é solução semelhante à Wiberg, com as diferenças seguintes: o gás usado é gerado e/ou recirculado em gasogênio a oxigênio; o pré-aquecimento da carga é feito em forno rotativo separado, pela queima de parte dos gases produzidos no reator tubular vertical.

Processo em estudo no IPT: fusão de pelotas auto-redutoras em forno tipo cubilô. A reconhecida eficiência e a economia do cubilô como forno de fusão podem ser aproveitadas para a re-

dução desde que a carga seja tal que uma reação completa possa se dar durante o curto tempo de passagem pelo reator (cêrca de 10 vêzes menor no cubilô). O problema reside na preparação de uma carga com tais características. Ora, as pelotas auto-redutoras abrem essa possibilidade: a íntima mistura de pó de carvão e de minério promove a rápida redução, em apenas 15 minutos a 1300°C. (Refs. 10 e 11). O IPT já realizou pesquisas que demonstraram a exequibilidade técnica do processo. Há pedido de patente.

Processo X: trata-se de processo ainda não experimentado nem batizado, que consistiria na combinação lógica de um forno rotativo para pré-aquecimento e pré-redução parcial de minério ou pelotas, depois descarregados diretamente num reator tubular vertical (cubilô ou baixo forno). Nêste último prevaleceriam condições redutoras, sendo seus gases queimados para aquecimento do forno rotativo. Seria a adaptação dos processos mencionados em 2. 2. ao uso de forno tipo cubilô, em vêz de elétrico. Vantagens: poder-se-ia usar minério ou pelotas oxidadas (ambos de mais fácil preparação que as pelotas auto-redutoras). Esta idéia está em estudo no IPT.

2. 5 — Processos que utilizam leitos fluidizados (sólidos de granulometria fina em suspensão em gás; no caso, gás redutor).

Processo Ferro-H: redução por hidrogênio a 480°C, sob pressão (cêrca de 30-35 kg/cm²), cêrca de 500°C.

Processo Esso Research-Little (ERL): redução por gás natural reformado, a cêrca de 700-850°C, a pressão pouco acima da atmosférica.

Processo Nu-Iron: semelhante ao anterior; diferença em detalhes de projeto. Redução por mistura de CO e H a cêrca de 600-700°C.

Processo Novalfer: semelhante ao anterior, a diferença residindo em detalhes do projeto. Gás natural reformado.

Processo CO-C-Fer: deposição de C e pré-redução de minério fluidizado, usando CO, seguindo-se redução em forno tubular aquecido externamente.

Processo Stelling: redução por CO a 600°C.

Processo de eletro-fluidização (Wenzel-Schenck): um leito fluidizado de carvão muito fino é mantido a alta temperatura pela passagem de corrente elétrica entre dois eletrodos. Minério muito fino é carregado pelo alto e, ao passar pelo leito de carvão fluidizado, sofre total redução e fusão. O produto, ao contrário de todos os processos mais acima mencionados é gusa líquido.

Todos êsses processos necessitam amadurecimento e solução

de dificuldades técnicas e industriais. No futuro sua importância crescerá.

2. 6 — **Processos que lançam mão das vantagens térmicas e cinéticas que o uso de oxigênio proporciona. Exemplos:**

Processo Stora-Kaldo: em forno rotativo tipo Kaldo introduz-se mistura de minério fino e moinha de carvão, o aquecimento sendo obtido pela reação entre o CO produzido pela reação de redução e oxigênio introduzido por uma lança (Ref. 12). O gás de saída é essencialmente CO_2 . Dado o pequeno volume de gás e o fato de não conter CO, não é necessária a instalação de unidades para aproveitar o calor sensível do mesmo; embora essa instalação seja concebível. O produto é um gusa de muito baixo silício. Os metalurgistas suecos, entre os quais se incluem o Dr. Tigerchiold, Sr. Ulf Kalling e Prof. Sven Eketorp, são muito otimistas em relação a êsse processo que é realmente uma elegante concepção técnica. O consumo de carvão é da ordem de 400-450 kg/t de gusa, além de um consumo de 350-400 m^3 de oxigênio. A nosso ver seria necessário estudar a economia do processo, o comportamento dos refratários e o problema da desulfuração. Há processo análogo desenvolvido na Inglaterra.

Processo «Flame Smelting» ou Cyclosteel (BISRA): num reator tipo cuba promove-se a combustão de carvão pulverizado e oxigênio, introduzindo-se pelo alto minério fino pré-aquecido pelos gases do próprio reator. Produto: líquido.

Processo «Jet Smelting»: finos de magnetita são introduzidos diretamente e pela parte central, num maçarico de gás natural e oxigênio. Produto: gusa líquido ou semi-aço.

É lícito esperar muitas outras propostas de processos de redução novos ou aperfeiçoamentos em processos existentes com base num uso muito mais generalizado do oxigênio. Isto parece ser uma fatalidade industrial. Dos processos mencionados apenas o Stora-Kaldo parece apresentar real interesse.

No apanhado mais acima consideramos apenas alguns processos que eventualmente poderiam candidatar-se a desafiantes do alto forno, que mais não fôsse para eliminá-los de tal competição, por desinteressantes ou imaturos. Não mencionamos outros processos como o Hoganas que, embora consagrado industrialmente para a produção de ferro esponja para finalidades especiais, não pode, a nosso ver, ser considerado como uma possível solução para a redução em grande escala.

A grande variedade nos princípios, nas operações e nos equipamentos dos numerosos processos propostos tornam difícil a sua comparação e a apreciação justa das suas possíveis vantagens ou desvantagens. Esta tarefa não é facilitada pela literatura técnica, frequentemente incompleta, eufórica e propagandística.

Torna-se patente que é imperiosa a criação, no Brasil (ou na América Latina) de pelo menos um grupo muito bem apoiado com recursos humanos e materiais e que vise o estudo intensivo e a análise exaustiva dos processos de redução, em base permanente. Essa análise deveria compreender os aspectos científicos, técnicos, industriais e econômicos, face à realidade das nossas condições. Esse grupo, após a análise das operações unitárias envolvidas, dos balanços e especificações de materiais, do balanço térmico e energético, das características dos aparelhos propostos e dos aspectos econômicos dos diferentes processos, deveria selecionar os mais interessantes para eventual utilização no Brasil e nos outros países da América Latina. O grupo poderia vir a assessorar iniciativas, evitando decisões precipitadas e não devidamente amadurecidas. O grupo poderia mesmo, formular sugestões de alterações cabíveis (adaptações) ou mesmo de processos novos para experimentação em escala piloto. Desnecessário frisar que tal grupo deveria ser constituído por elementos com real experiência técnica, econômica e industrial.

3. Processos de produção de aço

Curiosamente, neste setor da siderurgia, sem que houvesse uma fertilidade de novas soluções propostas como no caso dos processos de redução, foi onde ocorreram mudanças mais radicais. O grande fator novo foi, é bem sabido, o emprêgo generalizado e intensivo do oxigênio. Secundariamente, o emprêgo do vácuo industrial. A moderna grande aciaria deixou de ser um longo edifício com 8 a 10 Siemens-Martin, para tornar-se uma unidade compacta, com 2 ou 3 gigantescos conversores de 200 a 300 t de capacidade, e onde existe um novo tipo de equipamento que em meia hora refina a vácuo 200 a 300 toneladas de aço líquido.

3. 1 — Processos baseados inteiramente no uso de oxigênio

O conversor a oxigênio, concebido pelo gênio de Bessemer, concretizado logo após a guerra por Durrer e Hellbrüge, foi pela primeira vez usado industrialmente em Linz e Donawitz. A revolução que se seguiu deu lugar a uma série de novos processos ou novas técnicas de operação. A seguir citamos algumas das novas modalidades aventadas:

Processo LD: bem conhecido, deve o seu sucesso à sua simplicidade e economia, tanto de equipamento como de operação. Sua produtividade é espantosa: na aciaria da Great Lakes St. Co. conseguiu-se 250t/hora em conversores de 300t.

Processo LD-AC e OLP: com injeção de finos de cal e, eventualmente de minério, pelo próprio jato de oxigênio. As vantagens cinéticas e operacionais são importantes quando a quanti-

dade de cal a injetar é grande e deve ser dosada ao longo da operação, o que ocorre no refino de gusas de alto fósforo.

Processo Kaldo: em conversor rotativo é possível a queima de CO a CO₂ dentro do próprio conversor, sem dano demasiado ao refratário. A economia térmica resultante permite a fusão de maior quantidade de sucata ou uso de mais minério.

Processo LD-Pompey: permite o refino de gusas Thomas em LD, pelo uso de duas escórias, a segunda ficando no conversor para a operação seguinte.

Processo Rotor: usa lança submersa. Apresenta dificuldades de operação óbvias, que o condenaram a utilização apenas em casos isolados.

Desnecessário assinalar que dêesses processos somente o LD vem encontrando uso generalizado. Somente com razões muito fortes (necessidade absoluta de processar maior porcentagem de sucata; produção de aços de características especiais) poderão justificar o uso do conversor Kaldo, menos simples mecanicamente e com consumo de refratários cerca de 4 vezes maior que o do LD.

3. 2 — Técnicas especiais usando oxigênio em fornos clássicos

Uso de oxigênio em S. M. tanto na **chama** (25% O no ar) como no **refino** (por meio de lanças introduzidas pela abobada), o oxigênio permite grande aumento de produtividade. A título de exemplo podemos citar os resultados obtidos na usina de Cornigliano, da Italsider: em fornos de 250 t de capacidade, conseguiu-se uma produção de 50t/hora (5 horas de vazamento a vazamento), pelo uso de cerca de 35 m³ de oxigênio. Em fornos de 400 t e usando 50 m³/t é possível atingir até 80 t/hora de produtividade.

Uso de oxigênio em fornos elétricos: técnica na qual já têm bastante experiência as usinas brasileiras. O uso de maçaricos a oxigênio durante a fusão pode conduzir a economias apreciáveis de energia e de tempo (25m³/t, de 0, mais 10-12m³ de gas economizam 100kWh e 1/5 do tempo da corrida).

3. 3 — Processos de refino a vácuo

Sob êste rotulo agruparemos os processos que visam submeter o aço líquido ao vácuo, mesmo quando isto seja feito no momento do lingotamento (pois mesmo nêste caso, essencialmente, trata-se de um processo de refino e não de uma técnica especial de lingotamento). Êsse tratamento pode visar: eliminação de H e, secundariamente, de N; desoxidação (abaixamento no teor de O dissolvido); diminuição das inclusões.

Diversos processos têm sido propostos, podendo o vácuo ser aplicado: no próprio forno de fusão e refino; nas panelas ou câmbas de vazamento; nas lingoteiras.

Para tratamento **no próprio forno** de fusão e refino temos as seguintes possibilidades:

Forno de indução a vácuo: fornos dêste tipo e com capacidades até cêrca de 10 a 15 t já estão em uso em usinas siderúrgicas dedicadas a aços de excepcional qualidade (ligas para altas temperaturas, aços ferramenta, inoxidáveis, etc.). Vazamento no próprio forno ou ao ar.

Forno de eletrodo consumível: em que um eletrodo bruto do próprio material que se deseja refinar é fundido completamente dentro de molde apropriado. Vantagem especial: mínimo de contaminação por refratários e substâncias estranhas.

Forno eletrônico: em que a energia para a fusão é fornecida por eletrons que partindo de um catodo especial atingem o metal a fundir que funciona como anodo. Até agora só empregado para não-ferrosos (Mo, Ta, etc.).

Para tratamento a vácuo **na panela ou caçamba de vazamento** existem as seguintes possibilidades:

Colocação da panela numa câmara na qual se faz o vácuo. A evolução dos gases dissolvidos pode ser ajudada por liberação (borbulhamento) de gas inerte no interior da penela. O vazamento nas lingoteiras é feito depois, ao ar.

Desgaseificação do jato de metal líquido durante a transferência de uma primeira panela para uma segunda, esta última colocada numa câmara a vácuo. É processo estudado e empregado em diversas companhias, como por exemplo na Deutsche Edelstahlwerke, na Lorraine-Escout, Bochumer Verein, etc.

Desgaseificação do jato de metal líquido durante o próprio enchimento da panela, sendo esta, naturalmente, de desenho especial. E' processo desenvolvido pela Bochumer Verein. O vazamento nas lingoteiras é feito depois, normalmente.

Desgaseificação do metal líquido já colocado na panela normal, por meio de uma câmara especial, móvel, com tubulação na parte inferior. Êste tubo inferior é mergulhado no metal líquido e e faz-se o vácuo na câmara o que faz com que o metal seja chupado para seu interior. A operação é reiterada diversas vêzes. Desenvolvimento da Dortmund-Hörder. Vantagens: flexibilidade do equipamento, que pode ser usado quando necessário, com qualquer panela já existente. Também permite a eficiente adição de ligas na panela.

Desgaseificação pela circulação do aço líquido por uma câmara a vácuo com dois tubos que mergulham no metal colocado na panela. Num dos tubos há liberação de gas inerte, o que dá um efeito de «air-lift», que promove a circulação. Desenvolvimento Heraeus-Ruhrstahl. Há uma técnica semelhante desenvolvida pela BISRA.

Entre os processos de desgaseificação **na lingoteira** deve-se citar:

Desgaseificação do jato de aço líquido durante a transferência de uma primeira panela para uma lingoteira, esta última colocada numa câmara a vácuo. Desenvolvimento da Bochumer-Verein.

Desgaseificação do jato de metal líquido durante o enchimento de lingoteiras com tampas especiais (uma abertura para introduzir o aço líquido e outra para ligação com o sistema de evacuação). É o chamado processo Gero.

As vantagens do aço tratado a vácuo já foram mencionadas, sendo principalmente: baixo teor de hidrogênio e menor número de inclusões. O tratamento a vácuo, restrito até pouco tempo atrás à produção de grandes lingotes para forjamento, está se estendendo e generalizando tendo em vista a obtenção de aço mais limpo (menos inclusões). Numerosas são as usinas que dispõem de instalações para o tratamento a vácuo de aços em grandes toneladas. Faltam-nos dados, mas estimamos que o número dessas instalações em todo o mundo deva ser superior a 100. Estão sendo construídas instalações com capacidades superiores a 1 milhão de toneladas por ano. É de se esperar uma crescente utilização dessa técnica à medida em que as especificações se estreitam.

4 — Processos de lingotamento dos aços

Os processos clássicos de lingotamento continuam a ser os normalmente usados hoje nas usinas siderúrgicas. Naturalmente têm sido introduzidos aperfeiçoamentos que visam melhorar as características dos lingotes obtidos: maçalotes exotérmicos, aquecimento dos maçalotes por chama ou indução, agitação eletromagnética ou vibração mecânica, proteção com gases inertes ou redutores, aperfeiçoamentos mecânicos visando mais regular enchimento da lingoteira, etc.

No entanto, uma grande revolução está em marcha na técnica de lingotamento. É a introdução do lingotamento contínuo (Refs. 13 e 14). Esta técnica, muito falada e muito discutida nos meios técnicos já há muitos anos, demorou em se impôr realmente na siderurgia. No momento atual, porém, podemos dizer que conseguiu finalmente a sua aceitação por motivos técnicos e econômicos. As grandes usinas começam a aderir à técnica, e este é um sinal decisivo. Uma outra nova técnica, a do lingotamento sob pressão, está dando os primeiros passos.

4. 1 — Lingotamento contínuo

Em resumo pode-se dizer que existem 3 disposições características para as máquinas de lingotamento contínuo:

Máquina inteiramente vertical: na qual o resfriamento e o corte são efetuados sobre o lingote ainda reto, ao sair do molde.

Máquinas com curvatura do lingote ao sair do molde: nestas o corte é efetuado quando o lingote sai do dispositivo endireitador, já na horizontal ou com pouca inclinação.

Máquina utilizando molde curvo: neste caso o lingote ao sair do molde apresenta-se curvo e só há necessidade de dispositivo endireitador, seguindo-se o corte. A vantagem decisiva desta máquina, desenvolvida pela Concast e denominada Modelo-S, é a muito menor altura do equipamento e a maior simplicidade. Pode ser perfeitamente instalada em edifícios existentes. Tem despertado grande interesse entre as empresas siderúrgicas de todo o mundo. Exemplo: para máquina de lingotamento contínuo de «slabs», ou placas, de 52»x6» (1300x150mm aprox.) a altura total da máquina vertical seria pelo menos de 25m, contra apenas cerca de 7 m. para a máquina com molde curvo.

Podemos ter como certo que o lingotamento contínuo se generalizará como técnica, com sucesso análogo ao que teve o processo LD na aciaria. Estima-se que em 1965, cerca de 150 instalações estarão produzindo cerca de 15 milhões de toneladas de lingotes.

As vantagens da técnica são reconhecidas:

Maior rendimento metálico (81% placa/panela no lingotamento clássico e 95% placa/panela no lingotamento contínuo).

Maior uniformidade do produto.

Menor investimento global (20 a 40% menor).

Adaptabilidade à automação das operações.

Ciclo muito adaptável ao ciclo do conversor LD.

A questão séria que ainda permanece refere-se à produção de aços efervescentes. As experiências até agora havidas mostram que: é perfeitamente possível lingotar aço efervescente mas é necessário absoluto controle do grau de oxidação e da velocidade de resfriamento. Alternativa: abandono do aço efervescente clássico substituindo-o por aço de baixo carbono desoxidado e limpo por tratamento a vácuo.

b — Lingotamento sob pressão

Em decorrência do estudo da fundição de rodas de vagão sob pressão, em moldes de grafita, na Griffin Wheel Co., subsidiária da Amsted Industries Inc., foi desenvolvido e patenteado um processo de lingotamento sob pressão. Os proponentes sugerem que o mesmo encontrará aplicação generalizada, inclusive para billetes de aços de baixo carbono. Há diversas empresas siderúrgicas já utilizando o processo, mas apenas para o lingotamento de aços especiais, quase exclusivamente inoxidáveis. Vantagem: obtem-se

lingotes ou placas (slabs) com dimensões muito convenientes (até cêrca de 10m. de comprimento), com superfícies de excepcional qualidade que dispensam beneficiamento antes da laminação. Acreditamos que êsse processo continue a ser utilizado para finalidades especiais como a mencionada, encontrando crescente aplicação.

II — CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Tantas idéias, propostas, possibilidades, sugestões e atividades desenvolvidas pelos siderurgistas de todo o mundo com a finalidade de resolver problemas da indústria siderúrgica, impõem-se à meditação dos técnicos e empresarios brasileiros. Exatamente por contarmos com limitados recursos financeiros e de pessoal técnico, mais se impõe todo o cuidado para seu eficiente emprêgo, de modo a desenvolvermos nossa indústria o mais ràpidamente possível.

E é assim que chegamos ao paradoxo inevitável e incontornável de que é exatamente nos países menos desenvolvidos que mais se fazem necessários: o **planejamento cuidadoso**, o **projeto perfeito**, a **pesquisa objetiva**, o **ensino eficiente**, o **intercâmbio técnico intensivo**. Temos condições para resolver êsse paradoxo, como o demonstra a história do nosso desenvolvimento industrial, no setor metalúrgico em particular. No planejamento temos um GEIMET e um BNDE, além de organizações privadas de alta reputação; no projeto temos o grupo da CSN, a ABDIB e numerosos departamentos especializados de empresas particulares; na pesquisa objetiva temos o IPT, o INT, o ITERS, o ITI, o Instituto Militar de Engenharia, o ITA, os laboratórios da Belgo-Mineira e da CSN; no ensino temos Ouro Preto, Escola Politécnica, E. Nacional de Engenharia, Escola de Engenharia da U. de M.G., idem do R. G. do Sul, Escola Técnica do Exército, Escola Fluminense de Engenharia de Volta Redonda, e outras em início de atividades; nas atividades de intercambio técnico temos uma ABM, um CMR e outras novas organizações como o IBS e Centros de Estudo moldados no CMR. Poderíamos também mencionar o fato de que a nossa indústria siderúrgica é uma das mais diversificadas e florescentes em todo o mundo.

Por tudo isto devemos nos armar com decisão inabalável e com fé inquebrantavel de que devemos e podemos fazer ainda muito naqueles setores que mais acima mencionamos. Assim, usando desta oportunidade de exposição e de debate que nos oferece o CMR, passamos a formular algumas considerações e sugestões em torno dessas importantissimas atividades.

1 — Planejamento

O recém-criado Ministério do Planejamento visa o estudo e o planejamento das grandes linhas do desenvolvimento nacional. Se-

ria natural, portanto, que grupos como o GEIMET venham a ser incorporados nas atividades dêsse Ministério. De qualquer forma, grupos de trabalho como êsse têm como tarefa a fixação da ação governamental cabível que promova o mais rápido e eficiente desenvolvimento de uma determinada indústria. Tal ação deve limitar-se a medidas gerais de incentivo e disciplinação sem interferir diretamente com o desenvolvimento espontâneo e natural da indústria. Mesmo para uma ação no âmbito normal das atribuições do governo é preciso, porém, que se levem em conta cuidadosamente as peculiaridades da siderurgia como indústria e como técnica, e muito particularmente, as características da indústria siderúrgica brasileira.

Para que a ação governamental seja mais eficaz é imprescindível que participem do planejamento geral dirigentes e técnicos da mais alta e comprovada experiência no campo da siderurgia. É imperativo que entidades como o IBS (de caráter empresarial) e a própria ABM (de caráter técnico) participem ativamente, através de representantes categorizados, do planejamento atribuído a órgãos como o GEIMET.

2 — Projeto («engineering»):

Grosso modo podemos dizer que a indústria siderúrgica brasileira deveria expandir sua capacidade anual em cerca de 20 milhões de toneladas nos próximos 20 anos. Levando em conta os investimentos necessários para garantir o suprimento de matérias-primas e a distribuição dos produtos tal crescimento deverá exigir cerca de 10 bilhões de dolares. Se isto de um lado aparece como uma dificuldade a vencer, não deixa de ser também um desafio à indústria nacional e uma legítima oportunidade de negócios. Desses 10 bilhões de dolares de investimento certamente 5 bilhões corresponderão a equipamentos, pelo menos. Não será interessante nem possível a importação, a não ser de pequena parte.

Conclue-se, portanto, que a indústria nacional deverá preparar-se para fornecer tais equipamentos (pelo menos a maior parte dêles). Isto implica, fatalmente, na criação e aperfeiçoamento de grupos nacionais especializados em projeto. É preciso bem conhecer a indústria siderúrgica para bem compreender o que isto significa. Trata-se de reunir grupo numeroso de engenheiros, economistas e administradores experimentados e do mais alto nível, os quais, apoiados por funcionários numerosos (desenhistas, calculistas, programadores, arquivistas, etc.) possam estudar, modificar e criar os mais diversos tipos de equipamentos e instalações para usinas siderúrgicas de diferentes características.

Conclue-se, ainda, que tal grupo será forçosamente caríssimo e que é imprescindível no Brasil, de início, a coordenação dos esforços de modo a evitar duplicações e insuficiências. Caberia es-

sencialmente ao GEIMET criar as condições ótimas para formação de uma tal equipe, o que não significa que esta lhe devesse estar subordinada. De forma alguma. Tal equipe teria de operar no clima de iniciativa, urgência e competição que caracterizam a iniciativa privada. Na realidade, uma tal equipe dependeria muito mais do apóio das indústrias siderúrgicas e indústrias mecânicas fornecedoras de equipamento. Quer dizer, dependeria muito mais do IBS e de entidade do tipo da ABDIB, pois dependeria de fornecimento de pessoal especializado, informações industriais e técnicas e apreciações econômicas. Acôrdos de cooperação e intercâmbio com grupos de «engineering» estrangeiros seriam desejáveis. A recente criação de uma Companhia especializada em projetos siderúrgicos, com o apóio da CSN, parece ser um grande passo e, talvez, o decisivo.

3 — Pesquisa

Há processos, técnicas e problemas que requerem experimentação para colheita de dados e verificação de viabilidade nas nossas condições. Em suma: problemas que requerem pesquisa tecnológica em nossos laboratórios. A êsse respeito cabem as seguintes considerações e sugestões:

3.1 — A criação de um órgão encarregado exclusivamente do fomento à pesquisa tecnológica poderia ter grande utilidade. Atualmente a pesquisa tecnológica, em competição com investigações muito mais «glamorosas» mas de aplicabilidade mais remota, é relegada a um segundo plano na atenção dos órgãos financiadores e orçamentários. Um órgão formado por pessoas experientes na tecnologia poderia vir a ajudar muito às nossas instituições que executam pesquisas tecnológicas, seja facilitando o auxílio governamental, seja canalizando fundos de organizações estrangeiras ou internacionais (atividade difícil para uma instituição isolada). No âmbito da metalurgia e siderurgia tal órgão talvez pudesse ser criado pela iniciativa da ABM e do IBS.

3.2 — De momento seria necessário concentrarmo-nos na consolidação das instituições existentes em vez de dispersar mais ainda os recursos sempre parcos. Já temos um bom número de núcleos de pesquisa metalúrgica: 2 em M.G., 2 na Gb., 1 no R.J., 1 no R.G.S. e 2 em São Paulo. Algumas delas, como o IPT de S. Paulo, já publicaram cêrca de 300 trabalhos, inclusive cêrca de 40% de todos os publicados até hoje pela ABM.

3.3 — A criação de um Instituto Latino-Americano de Pesquisas Metalúrgicas tem sido proposta desde a Reunião da CEPAL e ABM em 1956. O Brasil é, por diversas razões e muito justamente, o candidato natural à sede de um tal Instituto. No entanto, é claro que o interêsse nacional precisa ser resguardado e é

essencial que a eventual fundação de um tal organismo se faça por negociação cuidadosa, por pessoas que estejam plenamente ao par do assunto em todos os seus aspectos, e que não sejam prejudicadas as instituições já dedicadas à atividade de pesquisa. Bem organizado e bem conduzido um tal Instituto poderia vir a desempenhar papel decisivo na A. Latina.

3.4 — O apôio da indústria às instituições de pesquisa é essencial e, no entanto, tem sido extremamente limitado. Algumas, até, adotam uma posição de crítica destrutiva, não se apercebendo de que estão, em última análise, criticando-se a si próprias. As instituições de pesquisa precisam ser apoiadas pela indústria. Os pesquisadores precisam ser respeitados, mórmente porque no nosso País, o mais das vezes, estão devotados a um ideal que perseguem contra dificuldades sem conta e com prejuízo financeiro pessoal. Ainda nêste caso, uma ação positiva pode ser exercida pelo IBS e pela ABM.

3.5 — É conveniente notar que no caso das pesquisas no campo da siderurgia estamos em condições de fazer contribuições originais com relativa facilidade. Com efeito, a pesquisa dos processos siderúrgicos ficou até recentemente ao cuidado de alguns poucos centros ou pessoas. Só recentemente começou a análise sistemática e intensiva dos fenômenos e operações que se dão ou se executam no AF, nos processos especiais de redução, na aciaria, no lingotamento, etc.. Do mesmo modo como países como a Argentina e o Chile podem hoje participar da exploração da Antártida, podem países como o Brasil e o México fazer contribuições para a melhoria ou criação de processos siderúrgicos. Gastos efetuados com a pesquisa tecnológica nêsse setor serão amplamente compensados.

4 — Ensino

Quasi que poderíamos repetir considerações feitas no caso da pesquisa. Em síntese:

4.1 — Seria útil a criação de um Conselho do Ensino Metalúrgico, talvez pelas próprias escolas e com o apôio do IBS e da ABM, visando aumentar a eficiência dos cursos. O importante é evitar modelos inadequados às nossas condições.

4.2 — Evitar a dispersão de recursos materiais e humanos com a criação de mais escolas de engenharia metalúrgica. Já as temos em número suficiente. É preciso, sim, consolidá-las e melhorá-las.

4.3 — Não seria absurdo pensar-se na criação de uma escola modelo de metalurgia no âmbito latino-americano, escola para a qual se captassem recursos materiais de entidades internacionais e na qual lecionassem as maiores autoridades mundiais. Poderia

estar ligada ao Instituto de pesquisas já mencionado. Citemos os dois Cursos Panamericanos de Metalurgia Nuclear organizados pela CNEA da Argentina, e que testemunham a exequibilidade da idéia.

4.4 — O apóio da indústria também aqui se faz necessário e será particularmente eficaz na concessão de estágios, de bolsas de estudo e de prêmios de incentivo, além de doações às Escolas para finalidades didáticas específicas.

5 — Intercâmbio técnico e cooperação

Desnecessário assinalar a importância da cooperação técnica e do esforço conjunto das empresas para a implementação de medidas como as sugeridas anteriormente e muitas outras igualmente importantes. Felizmente temos diante de nós os exemplos magníficos da ABM e do CMR que tiveram e terão papel decisivo no desenvolvimento da nossa metalurgia. As seguintes considerações, porém, parecem cabíveis:

5.1 — É dever de todos os metalurgistas brasileiros manter a vitalidade da ABM como associação de caráter técnico de alto padrão. Quando necessário, e de acordo com seus próprios estatutos, a ABM poderá criar (como já tem feito) Divisões ou Comissões especiais que agrupem sócios interessados em setores mais restritos da técnica. Impõe-se a criação de uma Divisão Técnica de Siderurgia, com suas Comissões Técnicas de Altos Fornos, Aciaria, Laminação, etc. Isto não quer dizer, naturalmente, que a siderurgia seja um novo interesse da ABM. Para aqueles que não conhecem a Associação, e serão poucos, pode-se assinalar que os Congressos da ABM são predominantemente de siderurgistas e de fundidores.

5.2 — Para o planejamento e implementação de todas aquelas atividades que devem resultar do interesse e da ação comum da indústria siderúrgica foi criado o IBS, que tem pela frente belíssimo programa de trabalho. Creio apropriado, embora talvez desnecessário, insistir na necessidade absoluta de um perfeito entrosamento entre a entidade essencialmente técnica, a ABM, e a entidade essencialmente empresarial, o IBS. Dessa cooperação poderão resultar extraordinários benefícios para a metalurgia nacional. O exemplo magnífico da Inglaterra e da Alemanha precisa ser seguido.

5.3 — Ainda em relação à ABM, e ao IBS gostaria de chamar a atenção para a importância que deve ser dada às nossas relações públicas no plano internacional. Mais e mais as oportunidades de ajuda e cooperação técnica, financeira e comercial dependem de boas relações com entidades e pessoas de outros países.

O intercâmbio com estas deve ser incrementado em tôdas as suas formas.

5.4 — Importantíssimo, cada vez mais, é o perfeito intercâmbio de informações técnicas. A digestão, a destilação e a divulgação do vasto caudal de publicações técnicas estrangeiras e nacionais requerem a constituição de um **núcleo de documentação técnica** (revistas, jornais, livros e catálogos). Isto poderia ser conseguido de preferência pela utilização de iniciativa já existente; o reforço a uma biblioteca técnica existente mediante convênio entre o IBS, a ABM e uma instituição apropriada poderia resolver o problema magnificamente.

São êsses os problemas e as sugestões que eu tinha a submeter à apreciação dos presentes acêrca do tópicico que me foi atribuído pelos dinâmicos estudantes que dirigem o CMR.

(Palmas).

REFERÊNCIAS

1. N. Nakamura — Informação gentilmente prestada ao autor, julho de 1963.
2. Petersen, Kalhöfer e Send — Experiência em escala industrial com o uso de pelotas em altos fornos, *Stahl und Eisen*, 1963, pag. 1397.
3. Heynert — Discussão da Ref. 2, *St. u. Ei.*, 1963, pag. 1695.
4. McKay, Perat — Operação de alto forno com muito pequeno volume de escória — *Journal of Metals*, Abr. 1963, pag. 288.
5. Bulle — Discussão da Ref. 2 — *St. U. Ei.*, 1963, pag. 1696.
6. Heynert — Comunicação pessoal ao autor, dez. 1963.
7. Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier — Processos de redução direta — Dez. 1960.
8. Durrer — Redução dos minérios de ferro — 1957.
9. Astier — O papel do forno elétrico de redução na siderurgia — Comemoração do centenário de Paul Heroult, *Journées Metallurgiques d'Autonne*, Out. 1963.
10. Innes — Pelotas de misturas de minério e carvão — *J. of Metals*, abril 1963, pag. 294.
11. Brosch — Evolução recente do processo de pelotização de minérios de ferro — *Bol. ABM*, Nº 78, set. 1963, pag. 757.
12. Forno rotativo de baixo custo produz gusa diretamente — *Iron Age*, 31 de outubro de 1963.
13. Halliday — Lingotamento contínuo: prática e aperfeiçoamentos — Trabalho apresentado ao Fall Meeting, *Metallurgical Society of AIME* — Out. 1961.
14. Halliday — Idem — Trabalho apresentado ao Simpósio Mundial de Siderurgia patrocinado pelas Nações Unidas (Praga e Genebra) — Nov. 1963.

DEBATES

Gal. Edmundo Macedo Soares (Presidente) — Muito obrigado ao Dr. Luiz Corrêa da Silva pela magnífica conferência que acaba de fazer. Os

senhores puderam ver como o campo é realmente complexo e como êle se apresenta diante dos estudiosos, como uma caudal imensa que é preciso represar se quisermos utilizá-la. Isso é o que compete aos estudiosos fazer.

Vamos passar, agora, aos debates. A orientação dos debates está a cargo do Dr. Renato de Azevedo, antigo diretor da Companhia Siderúrgica Nacional, engenheiro de minas e atualmente diretor da COSIPA. Vou dar-lhe a palavra para que inicie o seu trabalho.

Dr. Renato Azevedo (Orientador) — Antes de iniciar os debates gostaria de me congratular, mais uma vez, com o ilustre conferencista Dr. Luiz Corrêa da Silva pela brilhante aula que acaba de nos dar com sua inegável capacidade de método, uma vez que êle falou exatamente 60 minutos cronometricamente. Esse é apenas um aspecto de sua palestra. Como o Gal. Macedo Soares acaba de dizer, vemos diante de nós um vasto panorama que diz respeito às modernas técnicas siderúrgicas e o Brasil, com os imensos recursos em minério de ferro que tem, é o país que certamente tem um destino siderúrgico. Algumas dificuldades foram deixadas pela natureza, para que os brasileiros as resolvessem e isso é o que se faz. É o que procuramos fazer nesta reunião, estimulando os jovens engenheiros e mesmo os mais antigos, a debaterem o problema, a fim de encontrarem as soluções adequadas para os nossos problemas, porque tôdas as soluções existem.

As soluções que desfilaram diante de nossos olhos, são soluções a que se chegou tendo em vista circunstâncias específicas de certos países e certamente em alguns casos poderemos aplicá-las ao nosso. Mas é imprescindível que continuemos no trabalho de pesquisa científica e tecnológica para eventualmente chegarmos a soluções ideais para as nossas condições.

Não é suficiente apenas imitar ou adaptar. Certamente começaremos assim, mas é preciso que nos esforcemos bastante no sentido de chegar, realmente, às soluções que devem-se ajustar perfeitamente às condições sejam da matéria prima, seja do mercado brasileiro.

Feitas estas considerações, vamos, então, dar início aos debates e estou certo que o Prof. Corrêa da Silva terá o máximo prazer em responder as perguntas que forem feitas.

Dr. Roberto Jafet — Desnecessário se torna ressaltar o valor do conferencista, ilustre Professor Luiz C. Corrêa da Silva, porque há muitos anos trocamos idéias e sabemos de seus conhecimentos e de sua capacidade.

Gostaria de fazer duas perguntas, no que se refere à redução. Nos métodos não ortodoxos, isto é, saindo do alto-forno clássico — que cada dia mais se firma como elemento produtor de gusa mais importante, seja para a grande empresa seja sob o ponto de vista econômico — me pareceram duas alternativas, uma das quais eu conheço bem, e a segunda que o Prof. Corrêa da Silva mencionou «en passant», dizendo que é de uma elegância técnica que também me impressionou.

Desejo falar sobre as pelotas auto-redutoras. O ilustre conferencista disse da possibilidade da utilização do cubilô, e que as primeiras experiências foram feitas no IPT. Fêz referência, com muito acerto, ao tempo de redução, que é muito pequeno nesse caso. No entanto, mencionou que se trata de forno de fusão, ficando uma certa dúvida. No caso das pelotas auto-redutoras, ou no caso das pelotas metalizadas, não sei se as mencionou.

Dr. Luiz C. Corrêa da Silva (Conferencista) — Não as mencionei, mas podemos tratar o assunto.

Dr. Roberto Jafet — No caso das pelotas metalizadas, há dois componentes tecnicamente corretos: o auto forno de um lado e o cubilô, preferindo eu introduzir o de ar quente ao invés do comum para ter regeneração de calor necessária e igualar mais os dois aparelhos produtores. O comum é de consumo de combustível mais elevado, podendo eu assegurar ao conferencista, e ao auditório, que temperaturas do ar de 550 a 600 graus não têm alguma dificuldade. Estamos tratando da instalação do nosso primeiro

cubilô a ar quente em São Caetano do Sul, na nossa usina, e os primeiros ensaios mostram essas temperaturas em regenerador. Continua, sem reversão, sem operação difícil, perfeitamente viável em corrente com os próprios gases do cubilô. Duas perguntas a seguir. Sendo êsse forno essencialmente de fusão, naturalmente a combustão em si deveria ser melhor que no auto-forno, isto é, a relação CO_2/CO . Não há a menor dúvida que seus gases são mais pobres do que os do auto-forno. Isto vem comprovar que temos menos CO nesse gás. Fui surpreendido, porém, com a informação de um diretor de auto-forno da Usiminas, que acha que a relação no seu auto-forno vai atingir o valor um, isto é, igualando os valores CO e CO_2 . Considero êsse um grande impulso, e solicito que o Dr. Francisco Pinto de Souza nos informe se tal número foi atingido alguma vez na Belgo Mineira.

Dr. Francisco Pinto de Souza — Foi últimamente atingido em um alto forno, a relação CO_2/CO em tórno de 1.

Dr. Roberto Jafet — Então a notícia é verdadeira. Essa seria a primeira pergunta.

No caso de se atingir resultados tão bons em alto forno, o Sr. consideraria, no caso da pelota auto-redutora, ainda possível a consonância do cubilô de capacidade de produção razoavelmente grande, caso já se esteja atingindo o valor 1 — para mim me agrada muito ver a confirmação pelo ilustre chefe de produção da Belgo-Mineira — ou o Sr. acha que o caso do cubilô seria somente para a pelota pré-metalizada?

No caso dêste último, não há dúvida de que concorre com o alto forno em todo o sentido. Mas gostaria de ouvir a opinião do ilustre conferencista sobre o aspecto das duas perguntas que fiz.

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — A questão da redução por carbono, dos óxidos de ferro tem por fim conseguir o aquecimento e a redução com o mínimo dispêndio de carbono e isso só é possível quando no conjunto de aparelhos utilizados atingimos o máximo de CO_2 o mais rapidamente possível, com o mínimo de operações intermediárias. O defeito do alto forno é exatamente de que solta muito CO pelo tópo. Mesmo com a relação CO/CO_2 igual a 1 ainda teremos um volume apreciável de carbono perdido no alto forno, porque, se em vez de CO saísse CO_2 teríamos uma economia, pois para cada 2 mols de CO haveria a sobra de um átomo de carbono. Portanto, a economia ainda aqui seria possível.

Considerando que o volume que sai do alto forno é muito grande, mesmo com uma relação de CO/CO_2 igual a 1, e que muito provavelmente não pode ser baixada. Mesmo assim acredito que ainda haja lugar para consideração de outros processos, desde que conduzam a uma combustão mais completa do que aquela que oferece o alto forno. Ora, o cubilô tem uma relação CO/CO_2 muito inferior a um. Podem inclusive ser tomadas providências no cubilô para que o gás saia completamente oxidado, pois podemos promover injeções adicionais de ar, no topo, e até oxigênio, para queimar qualquer CO, porventura existente. Ora, isto não é possível no alto forno. O alto forno deve trabalhar em condições redutoras. De modo que creio que o cubilô continua sendo uma possibilidade de forno muito interessante para se considerar.

A limitação é de que o tempo de passagem no cubilô é muito rápida. É preciso usar carga metálica, ou usar carga pré-reduzida, que é o caso das pelotas pré-metalizadas, que são blocos de minério de ferro previamente reduzidos num forno. Então, é uma carga metálica normal, ou quase normal.

Agora, se desejarmos efetuar a redução por um cubilô, parece-nos que a única possibilidade é de alimentá-lo com uma carga de tão grande de reductibilidade que num curto tempo de passagem a redução se dê.

Quanto houver disponibilidade de minério fino de alto teor, e quanto houver disponibilidade de carvão fino ou coque, ou seja, carvão vegetal ou

um carvão fino, será possível conseguir-se o preparo de pelotas, auto-reduutoras, que, carregadas no cubilô, permitirão redução em condições que podem ser mais interessantes do que no alto forno.

Gal. Edmundo Macedo Soares (Presidente) — A pergunta do Dr. Roberto Jafet foi pertinente. O cubilô é um aparelho físico de fusão. Se nêle vai-se passar alguma reação, essa reação já se encerra na própria carga. No caso da pelota de auto-fundente, a operação se faz, porque é matéria auto-reduutora; de forma que ela tem já, no seu bôjo, os elementos da redução. A vantagem do processo — segundo eu posso depreender da experiência, que tive anteriormente em Volta Redonda e minha passagem pelos arsenais do Exército, em tôrno do cubilô — é para produção intermitente. Se vamos ter produção intermitente, que deva fundir e parar, numa fundição relativamente pequena, comparando com a enormidade de produção de um alto-forno, então há vantagem em se aplicar um aparelho como o cubilô, aparelho físico que opera rapidamente e que se apaga e que se acende também com muita rapidez. Mas, no caso de produção contínua, eu tenho minhas dúvidas se o cubilô poderia fazer, realmente, um papel tão bom quanto outros fornos. Então, eu diria, que para produzir a temperatura de 1.300/1.350°, à qual se vai fazer a reação dentro das pelotas, poderíamos utilizar outros tipos de fornos, fornos com processos de aquecimento tais, que seriam mais econômicos do que o próprio cubilô.

Dr. Roberto Jafet — Queria me dirigir agora ao ilustre General. A questão do cubilô a ar quente, mudou um pouco o aspecto do cubilô normal. Assim, para o cubilô a ar quente nós temos a corrida contínua. Não há parada nenhuma, durante aproximadamente 15 dias; e nessa parada, pára-se mais ou menos 24 horas, voltando a funcionar o cubilô. E a corrida é contínua; não é como no alto-forno, onde se fazem várias corridas. A produção pode atingir, com carga metálica, mais ou menos 10 toneladas por hora.

Agora, quanto a pelota auto-reduutora, naturalmente o Senhor sabe, como Presidente do I.B.S., que estamos em vias de estudar, junto ao I.P.T., encomenda de pelotas auto-reduutoras para vermos o resultado da produção, nesse próprio aparelho.

Quanto à temperatura que o Dr. Luiz Corrêa da Silva deu como mínima, ou normal, para se efetuar a reação, eu gostaria de adicionar mais um elemento, que no cubilô a ar quente, que se chama «metalurgical blast-cupola», se tira o gusa facilmente a 1.550/1.500° é temperatura normal da corrida — uma das características, naturalmente, no caso de carga metálica é o baixo silício.

A minha segunda resposta, Dr. Luiz Corrêa, passando do cubilô, é o outro elemento que o Senhor mencionou, com injeção de oxigênio, que é o processo Stora Kaldo. Naturalmente, entre nós não há nenhuma experiência; acho que mesmo na Suécia as experiências estão no início. Com essa injeção de oxigênio de 300 a 400 m³ por tonelada, que o Senhor mencionou e que pareceu-lhe muito elevado, um dos gargalos do processo, dado o baixíssimo consumo de carvão que o Senhor deu — não coque, lembre-se o auditório! — carvão de 300 a 400 kg, êsse «handicap» de oxigênio é plenamente compensado.

O problema do refratário naturalmente o senhor deixou uma interrogação que será sujeita a experiência.

Creio que o refratário é um problema técnico que eventualmente poderá ser bem resolvido. Há cerceamento ou qualquer dificuldade na qualidade do carvão? Ou nós brasileiros poderíamos ter esperança de usar o nosso carvão com alto teor de cinza nesse processo?

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Em primeiro lugar se o Dr. Roberto Jafet permitir, vou voltar à questão do cubilô que não tive oportunidade de responder ao Sr. Gal. Macedo Soares. A respeito da operação do cubilô, é interessante notar que há nos Estados Unidos uma em-

prêsa, a Acme Steel, que funciona com essa combinação de cubilô e conversores LD de 50 toneladas e cubilôs com capacidade da ordem de 30 toneladas por hora.

É grande experiência dessa companhia, cujos cubilôs não são revestidos de refratários, acima da região das ventaneiras, e ela consegue operar os cubilôs continuamente, durante 8 semanas; depois pára por 48 horas e depois retorna a marcha do cubilô, de modo que já é uma operação quase mais contínua do que a operação de conversão LD, e dado que o cubilô é um equipamento de preço relativamente baixo, não seria até de se cogitar se fôssemos aparelhar uma usina com esse processo, tivesse um cubilô sobressalente.

Gal. Edmundo Macedo Soares (Presidente) — Quais são as tonelagens envolvidas no processo da Acme Steel?

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Eles têm dois cubilôs de 25 toneladas por hora. São 600 toneladas por dia por cubilô. Têm conversores de LD de 50 toneladas, portanto, conversores respeitáveis.

Dr. Luiz C. Corrêa da Silva (Conferencista) — Com relação ao comentário do Dr. Roberto Jafet, a respeito do processo Stora Kaldô, êste é um processo em que um conversor rotativo recebe uma mistura pulverulenta de carbono e minério. Há a reação, liberação de CO, injeção de oxigênio para queimar CO dando CO₂, com liberação muito grande de caloria. A pergunta é se haveria limitação de qualidade do carvão.

As informações disponíveis sôbre êsse processo são muito restritas. Mesmo no laboratório que disso está tratando, e que eu visitei, não se fala muito do assunto, mais por prudência do que por sêgrêdo. Disseram-me que houve, e há, tantos pretensos moto-contínuos nessa questão de redução direta, que só querem lançar o processo depois de estarem convencidos que funciona bem. Estão tão empenhados em chegar a uma conclusão muito técnica, muito industrial, que estão montando unidade de 150 toneladas por dia. Dessa unidade, será obtido resultado de maior significação industrial. Quanto à questão do carvão, se vamos usar o nacional, parece que poderá surgir problemas com o enxofre. Não sei até que ponto será possível, nesse processo, regular a escória de modo a baixar o teor de enxôfre. É uma questão que terá de ser estudada, e seria prematuro falar sôbre isso agora.

Gal. Edmundo Macedo Soares (Presidente) — O carvão a que se refere o Dr. Roberto Jafet é carvão de Santa Catarina. Vamos acabar com essa história de enxofre. O enxofre é pirita, é lavável. Podemos reduzir a porcentagens muito pequenas. Não é como o carvão do Paraná, que tem enxofre orgânico. Em Santa Catarina é pirita, e não haverá perigo com o enxofre. Uma coisa curiosa; nós nos preparamos, no início, em Volta Redonda, para tratar o enxôfre elegantemente, e não pudemos fazê-lo porque não existia. A própria chuva vai lavando o carvão depositado no chão do páteo e vai eliminando o enxofre.

Dr. Luiz C. Corrêa da Silva (Conferencista) — Gostaria que o Dr. Renato Azevedo nos dissesse qual o teor de enxofre no carvão que chega a Volta Redonda.

Dr. Renato Azevedo (Orientador) — O carvão que chega a Volta Redonda leva 1,7% de enxofre.

Dr. Luiz C. Corrêa da Silva (Conferencista) — Parece-me que êsse teor poderá causar algum problema, embora não tenha a intenção de estar criando mais problemas com o carvão nacional, já com tantas dificuldades. O fato é que êsse teor de enxofre, mesmo de um bom carvão, mesmo estrangeiro, com 0,7 ou 0,8 de enxofre, poderá, no processo Stora Kaldô, causar algumas dificuldades.

Gal. Edmundo Macedo Soares (Presidente) — Êsse enxofre é de pirita, e se o carvão é pulverizado, essa pirita tem que ser retirada. Essa porcen-

tagem a que se refere é em carvão que precisa pulverizar e não causa problema porque tem-se que levar mais a fundo o tratamento do carvão. É a única maneira. Tem que limpar mais o carvão para empregar pulverizado.

Dr. Renato Azevedo (Orientador) — É problema essencialmente econômico.

Gal. Edmundo Macedo Soares (Presidente) — Exclusivamente.

Dr. Roberto Jafet — Ia deixar a dessulfuração para quando passássemos à questão da aciaria. Os Senhores sabem que a dessulfuração, não sei se aplica ao LD, mas com o forno elétrico e S.M. acho que não há dificuldades. Mesmo com teor mais elevado, com injeções que hoje se fazem, injeções sólidas de elementos dessulfurantes, têm comprovado que em poucos minutos consegue-se dessulfurar, ou retirar do banho até 80% do enxofre contido. E casos há na literatura em que se retira até 90% do enxofre. Mas vou deixar isso para quando tratarmos da aciaria.

Dr. Aristides Lopes — Quanto às perguntas feitas pelo Dr. Roberto Jafet, sobre o processo de produção de ferro gusa Stora-Kaldo, que de fato nós representamos aqui no Brasil, eu desejaria informar que os inventores, os preconizadores desse processo têm sido muito avaros na questão de dados. Mas, recentemente, já recebemos alguma coisa e poderíamos, como subsídio, dar aqui no plenário ao Dr. Jafet.

O Dr. Corrêia da Silva mencionou um provável gasto muito grande de refratários, e está sendo preconizado um consumo de 22%, em média, acima do alto forno comum. Por exemplo, um consumo de 3 e meio shillings por tonelada, em alto forno, e 5 shillings por tonelada, de custo de refratários no processo do forno de Stora-Kaldo.

Também no «rate» de consumo de oxigênio o Dr. Corrêa da Silva deu um limite um pouco extenso na questão do limite máximo. Estão sendo preconizados 300 a 350 m³ por tonelada. Mas só depois que essa instalação de 50.000 toneladas por ano é que vão fazer experiências, da injeção de oxigênio menos puro.

Os inventores não estão de maneira alguma interessados, como o Dr. Corrêia diz, em vencer o rei alto forno, mas eles sempre preconizam que terão vantagens numa faixa até 150.000 toneladas por ano.

Quanto à questão do carvão nacional, consultamo-los sobre a possibilidade de utilização do «tout venant» de Xarqueada, e eles acharam que baixaria tanto o rendimento no forno que não seria interessante a utilização desse redutor; contudo, carvões de mais baixo teor de cinzas talvez possam ser usados na produção de ferro gusa.

Outros detalhes muito interessante estão sendo estudados, mas somente serão publicados depois que a instalação estiver concluída, o que se dará em maio ou junho de 1965.

Dr. Luiz Correia da Silva (Conferencista) — Em primeiro lugar, quanto à questão do refratário, só levantei essa dúvida como uma dúvida cabível, todo o fato de se tratar de um aparelho rotativo. De modo que isso tende a causar uma erosão maior nos refratários.

Sobre o enxofre, se o Dr. Roberto Jafet me permitir voltar ao assunto, gostaria de dizer que acabo de encontrar, em dados na minha reserva de documentos, que o gusa que conseguiram produzir usando coque — devendo ser normal 0,7 - 0,8 de enxofre — contém 0,15 de enxofre. De modo que para esse problema, há solução, mas é parcial; o enxofre ainda é alto nesse gusa produzido no processo Stora Kaldo. Há, realmente, necessidade de um tratamento adicional de dessulfuração.

Gal. Edmundo Macedo Soares (Presidente) — O gusa em Volta Redonda tem um teor de 0,4 de enxofre.

Dr. Luiz C. Corrêa da Silva (Conferencista) — Porque temos altos-fornos redutores.

Gal. Edmundo Macedo Soares (Presidente) — Gostaria de sondar o auditório e saber se alguém quer fazer perguntas sobre a conferência, porque o assunto é interessante e apaixonador, e os professores, aqui, sabem muito e eu não quero que eles fiquem «donos» das perguntas... Quero que outras perguntas surjam, para não ter que cassar a palavra de alguém aqui na Mesa — sem nenhuma alusão!... (Risos)

Dr. Antonio Torchia de La Sielva (São José dos Campos) — Com referência à produção contínua vertical, gostaria de saber se, efetivamente, é coisa normal também em pequena aciaria? E também se o número de pessoas suficientes para esse trabalho é, realmente, limitado, ou se convém trocar o tipo de sistema? E por que o Brasil, que tem muito ferro, não está ainda na vanguarda, enquanto outros países que não o têm estão mais adiantados?

Dr. Renato de Azevedo (Orientador) — Quero solicitar aos presentes, que ordenemos um pouco as perguntas, para não tratarmos de vários assuntos. Depois, passaremos à produção de aço e lingoteamento contínuo. Mas, no momento em que a pergunta foi feita, se o conferencista pudesse, seria melhor responder a essa pergunta.

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Na opinião dos técnicos ingleses, que já apresentaram contribuição extraordinária no Simpósio Mundial de Siderurgia, sobre lingoteamento contínuo, com maior conteúdo de dados de experiência de usina inglesa, é perfeitamente possível pensar-se na execução de lingoteamento contínuo até 30.000 toneladas por ano — naturalmente referindo-se à Inglaterra, e não ao Brasil. Parece que quanto a isso não há objeção. Uma das vantagens da técnica, é que permite ser utilizada em pequenas usinas, sem maiores problemas.

Nós mesmos tivemos oportunidade de visitar uma pequena instalação na Suíça, perto de Zurich, que trabalhava por esse mesmo processo de lingoteamento contínuo de molde curvo, e que produzia uma quantidade que, agora, difícil de calcular, mas, será, vamos dizer, 15 toneladas por hora. Não precisa ser contínuo, uma corrida atrás da outra, porque não é possível, pois há paradas para troca de moldes. Aquela era uma unidade de pequena capacidade.

Aliás, temos diapositivos referentes a essa nova técnica de produção de lingoteamento contínuo, que possivelmente, na parte da discussão do lingoteamento, possamos projetar.

Dr. Renato Azevedo (Orientador) — Procurando ordenar as perguntas no caso do alto forno, começemos a falar do preparo da carga que aparentemente é dos fatores mais importantes na obtenção da alta produtividade. Gostaria de solicitar dos presentes se alguém poderia trazer alguma contribuição nesse sentido do preparo de cargas.

Temos aqui o representante da Usiminas. É sabido que os japoneses são grandes artistas no assunto. Pergunto, por exemplo ao Engenheiro José Barros Cota se poderia dizer alguma coisa sobre o assunto.

Dr. José Barros Cota (Usiminas) — Nós estamos trabalhando praticamente um ano e quatro meses, com 100% de sinter. São dados ainda não definitivos. Já tivemos até o mês passado mais ou menos 60/70% da capacidade do nosso forno. Em maio conseguimos trabalhar com 900 toneladas diárias, o que nos deu, nesse período, 550 toneladas de gusa à temperatura em torno de 800 graus.

Dr. Renato Azevedo (Orientador) — Qual é a dimensão do sinter?

Dr. José Barros Cota — Acima de 5 e dimensão máxima de 10 centímetros quando trabalhava apenas com minério em torno de 550 quilos. Convém lembrar que estamos trabalhando à velocidade de 1,3.

Dr. Renato Azevedo (Orientador) — É uma prática também muito interessante porque aproveita o minério fino rico que não pode ser colocado no forno e ao mesmo tempo traz uma grande economia de coque, 550 quilos é exatamente a média do coke rate no Japão e se compara muito bem com os coke rates que tínhamos antigamente da ordem de 800 quilos. Fazia uma grande economia de combustível e redutor.

Todos nós sabemos que os grandes fornos do Brasil trabalham com cêrca de 60% de carvão importado. Portanto, essa redução de coke rate é altamente auspiciosa para a economia do país. É uma técnica que tem grande conveniência para o país.

Consulto se o Sr. Corrêa da Silva gostaria de fazer alguma pergunta.

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Evidentemente é um resultado com o qual todos nós devemos nos orgulhar, que corresponde ao record mundial que é da ordem de 550 quilos de coque por tonelada.

Tenho a impressão que é uma grande notícia que êle estava reservando para outra oportunidade. Gostaria de perguntar ao Dr. Hans Schlacher da Belgo Mineira — aliás convém lembrarmos aqui que o coke rate da Belgo Mineira é também um resultado esplendido que vem sendo obtido há alguns anos — gostaria que nos desse os últimos números que têm a êsse respeito, embora use carvão vegetal.

Dr. Hans Schlacher (Belgo-Mineira) — Nossas condições são bastante diferentes das da Usiminas, como todos sabem. Nossa sinterização fornece 40 a 50% do inflamamento do sinter para o alto-forno, e o resto é minério, com granulometria entre uma polegada e sessenta milímetros. O sinter chega peneirado em duas frações, uma entre 6 a 20 e outra entre 20 para cima. A respeito do «coke rate», temos um consumo da ordem de 515 a 520 quilogramas de carbono por tonelada de gusa produzido. Êsse é um consumo médio anual, com inflamamento de 50% do sinter no alto-forno.

Dr. Renato Azevedo (Orientador) — Seria interessante dar a seguinte informação. A Usiminas está obtendo êsse baixo «coke rate» sem injeção de óleo, havendo portanto ainda a possibilidade de ser bastante reduzido, se fôr o caso. Podemos adiantar dados que estão sendo obtidos em Volta Redonda, com injeção de óleo nos altos fornos. Ainda trata-se de fase experimental — isso está sendo feito há pouco tempo e não há um contrôle completamente estabelecido. Com 50% de sinter, Volta Redonda, pela introdução de óleo, baixou o «coke rate» antigo médio de 750 para 590 quilos. Êste é o resultado com 45 quilos de óleo por tonelada de gusa. Vêm as possibilidades de se economizar coque. Essa substituição de coque por óleo em Volta Redonda está sendo de 1 de óleo para 2,8 de coque. Considerando-se que o óleo também é nacional, há possibilidade de grandes economias. Êsse foi um ponto também tocado pelo conferencista. Poderia ser injeção de gás também, mas não dispomos dêsse elemento com bastante facilidade.

Dr. Roberto Jafet — Gostaria de pedir a opinião do ilustre conferencista, e de algum representante de Volta Redonda, referentemente à secção de altos fornos. O Sr. Renato Azevedo deu números com 50% de sinter. Ao que estou informado — aqui não vai crítica a ninguém — o óleo dá bons resultados quando a carga não é perfeitamente bitolada. A substituição de cada quilo de óleo por X de coque aumenta e melhora nesse sentido. No entanto, no caso da Usiminas, por exemplo, onde temos 100% de sinter, com granulometria adequada, gostaria de saber se a injeção de óleo daria os mesmos resultados que o Sr. Renato Azevedo diz estar obtendo em Volta Redonda.

Dr. José Barros Cota (Usiminas) — Em nosso caso, esperamos ter um quilo de óleo substituindo 1,5 de coque. Dados médios.

Dr. Renato Azevedo (Orientador) — Outra informação diz respeito à temperatura. O óleo só traz bons resultados quando se puder ter a temperatura do ar soprável entre 800 e 900 graus.

Dr. Savério Labate — Desculpem-me se vou tratar de assunto já debatido, mas quando pedi a palavra o Sr. orientador não percebeu. Há um aspecto interessante na questão da pelota auto-redutora, que o IPT está desenvolvendo.

Se admitirmos que o gusa produzido em Minas, pelos pequenos altos fornos, seja de 400.000 toneladas anuais e que para isso se consumem 320.000 toneladas de carvão vegetal, temos que sobra nos altos fornos 80.000 toneladas por ano.

Da mesma forma, para se fazer essas 400.000 toneladas de gusa, eles têm que trazer da jazida 720.000 toneladas de minério, que, vindo em estado bruto, tem de ser britado aqui, deixando, no mínimo, 80.000 toneladas de fino.

Então, a primeira pergunta seria a seguinte: qual a tonelagem de ferro que se procura obter pelo processo de pelotas auto-redutoras, funcionando 80.000 toneladas de carvão vegetal?

Segunda: esse minério de 50 a 55% poderia ser utilizado?

Terceira: não seria exequível a instalação de diversos cubilôs onde houvesse altos fornos.

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Respondendo ao Dr. Savério Labate, devo dizer que tenho a impressão de que essa questão da fusão de pelotas auto-redutoras, que já são feitas com minério e carvão pulverizado, ainda é um pouco cedo para a estarmos formulando planos a respeito da utilização desse processo. Não há dúvida de que este processo terá sua potencialidade. Os Estados Unidos estão produzindo este ano cerca de 20.000.000 toneladas de pelotas, mais, talvez. A produção é da ordem de 20 milhões de toneladas. Finos vão existir em quantidade cada vez maior, inclusive concentrados. Certamente vamos ter a utilização de pelotas auto-redutoras. A dúvida que existe é se essas pelotas poderão ser fundidas no cubilô ou não. É por isso que o processo exige alguma experimentação. Ele implica no estudo de uma série de variáveis. Após a pelotização em si, é preciso aquecê-las, para que adquiram resistência suficiente para que possam ser colocadas no cubilô.

Agora, não há dúvida de que, com uma esplêndida matéria que é o carvão vegetal brasileiro, deve-se estudar o problema economicamente; mas estamos longe desse estágio. Possivelmente, teremos que estudar também esse problema.

Dr. Savério Labate — Esse assunto me entusiasmou pelo seguinte: porque é caro; e porque é jogado fora.

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Parece que estão cometendo um erro; porque vai ser utilizado.

Dr. Savério Labate — O minério é jogado fora. São materiais nobres. Dão despesas para jogar fora, quando há possibilidade do seu aproveitamento.

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Tenho impressão de que há muita coisa a estudar no campo da redução de minério, e que mesmo países, como o Brasil, podem explorar essa «Antártida» que é a pesquisa siderúrgica. Temos inteligência para formular soluções prováveis, e só nos falta, no momento, maior capacidade humana e material para realizar pesquisas sistemáticas, em escalas significativas, que possam, realmente, resolver os problemas e dar dados para projetos de usinas.

Tenho impressão que a lógica dessa técnica para fundição, como essa que o Senhor mencionou, se impõe e, certamente, poderá ser utilizada.

Dr. Renato de Azevedo (Orientador) — Antes de encerrar a parte de alto-forno, o Prof. Francisco Pinto de Souza desejava fazer uma pergunta.

Dr. Francisco Pinto de Souza — Eu gostaria de perguntar por que o Senhor deixou de mencionar o problema da dessulfuração fora do alto-forno?

E quero saber se deixou de fazê-lo por ser já superado, ou por lapso, porque no meu modo de ver é um problema que deveria ter interesse no Brasil, atentando que, de qualquer modo, até agora, o nosso carvão do Sul — apesar de ser, possivelmente, melhorado — está com teor elevado de enxofre. Seja de piritita, ou não o seja, é carvão com teor elevado. Se fôsse possível desenvolver no Brasil a dessulfuração fora do alto-forno, seria possível diminuir o teor e operar com escória mais ácidas e em menor quantidade com melhoria do alto-forno nesse caminho da produtividade.

Eu queria ouvir o que o conferencista poderia apresentar a respeito.

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Naturalmente; e, aliás, não foi possível, nem seria possível, tocar em tôdas as multiplicidades técnicas e problemas que existem por aí. Existe uma série de técnicas novas. Para citar uma engraçada: é a «panela vibratória», que teria uso nessa aplicação; é técnica nova na Suécia, e que consiste em colocar uma panela de aço em dispositivo apropriado que lhe dá aquêlê movimento que imprimimos ao copo de nossas bebidas. Essa técnica permite uma dessulfuração muito eficiente; está sendo usada muito em grandes fundições. Agora, sôbre a dessulfuração fora de alto-forno, como o Senhor muito bem assinalou, vem sendo aplicada normalmente em outros países.

Dr. Francisco Pinto de Souza — E aqui no Brasil?

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Parece-me que até o momento não surgiu ainda uma necessidade premente do uso dessa técnica, dado que tanto a Usiminas, como Volta Redonda, estão produzindo gusa com baixo teor de enxofre, sem êsse tratamento. É certo que a presença de enxofre no nosso carvão, traz a necessidade do uso de volume mínimo de escória nos altos-fornos. Mas, quando chegarmos a melhorar as outras condições operações dos altos-fornos, para que fique como limite a quantidade mínima de escória para a remoção de enxofre, então chegou o momento de se considerar a dessulfuração fora do alto-forno. Por enquanto, não há problemas.

O Gal. Edmundo Macedo Soares (Presidente) — No Sarre, o aço, é muito dessulfurado, e pensamos que em Volta Redonda iríamos ter o problema. Mas, uma mistura de carvão nosso, com carvão estrangeiro, dá um gusa com teor de 0,04% de enxofre. Não houve necessidade de tratamento, mas, se houver, pode-se fazer o tratamento.

Dr. Francisco Pinto de Souza — A meu ver o problema do Sarre não resolve. Eles têm necessariamente uma quantidade de escória muito grande pelo minério que usam, apesar de que em tôda a Lorena façam uma dessulfuração fora do forno, com carbonato de sódio.

Pelas condições de pureza do nosso minério, podemos trabalhar com o mínimo de quantidade de escória necessária. Temos o caso da Usiminas que está trabalhando em condições excepcionais, mas ainda está juntando escória do alto forno ao sinter para ter um mínimo de quantidade necessária à operação, não sei se do alto-forno ou de dessulfuração. Nesse sentido queria dizer se ela não podia dar atenção a êsse problema para baixar as quantidades de escória e trabalhar, por exemplo, como a Monlevade, com uma quantidade de 100 quilos de escória por tonelada de gusa.

Se êsse problema fôsse alcançado no alto forno, poderia haver economia de combustível e melhor produtividade do forno. É por isso que achei êsse ponto muito importante para a situação brasileira.

Dr. José Barros Cota (Usiminas) — Nós usamos escória, dependendo da porcentagem da sílica do minério de Itabira. Há ocasiões em que não se precisa usar escória. Está sendo adicionada mais pelas condições do sinter, num volume de 340 quilos.

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Parece que com êsse volume não há o problema do enxofre. O Dr. Francisco Pinto de Souza tem

razão. Gostaria de citar que a Steel Co. of Canadá conseguiu num forno de 5 metros de diâmetro, usando um coque com 8,1% de cinza e 0,62% de enxofre, conseguiram, sem nenhuma dificuldade, e não foram além por motivos particulares, conseguiram obter 167 quilos de escória por tonelada de gusa. Naturalmente tratava-se de carvão de enxofre baixo. Para chegarmos a volume de escória baixo, talvez seja necessário, no futuro, uma desulfuração fora do forno.

Dr. Antônio Ermírio de Moraes — Gostaria de perguntar ao Dr. Renato Azevedo qual o consumo anual de ácido sulfúrico da usina de Volta Redonda.

Dr. Renato Azevedo (Orientador) — Desculpo-me por não poder dar a resposta, uma vez que há um ano estou na Cosipa e não tenho de memória os números de Volta Redonda.

Dr. Antônio Ermírio de Moraes — A minha pergunta é a seguinte: há possibilidade de produção de ácido sulfúrico nacional em Tubarão, utilizando-se do excesso de nosso carvão? Creio que o Gal. Macedo Soares poderia dar uma resposta.

Gal. Edmundo Macedo Soares (Presidente) — Estudamos detidamente esse problema em Volta Redonda. Havia duas maneiras de se fazer: ou transportar a pirita, e fazer o ácido sulfúrico perto da usina, o que é perigoso porque a pirita tem combustão espontânea muito comumente, e, portanto o transporte em navio era difícil, ou produzir o ácido «in loco», junto às minas de carvão, transportando-o depois para cá. Há então a questão do transporte do ácido. Sob a forma de óleo, êle não ataca o ferro, e poderíamos transportá-lo em vasos de ferro. Mas chegamos à conclusão de que nada disso era muito econômico. O que se produz aqui, com enxôfre importado, é muito mais barato.

Há a possibilidade de se juntar ainda uma produção local, por exemplo, de fertilizantes, para ter uma produção em condições econômicas. O Dr. Roberto Jafet também deve ter estudos a êste respeito, uma vez que se dedica a êste assunto há muito tempo. O assunto foi detidamente estudado, inclusive um novo processo que existe para produção de enxofre diretamente da pirita (redução da pirita).

Dr. Martinho Prado Júnior — Desejo apenas comunicar que estou tirando patente para obtenção de enxofre diretamente da pirita. Já registrei a patente, e estou esperando a publicação para iniciar a produção.

Dr. Roberto Jafet — Desejo congratular-me com o Dr. Martinho Prado Júnior, e complementar a resposta dada pelo Gal. Macedo Soares, dizendo que há processo alemão, de forno rotativo, para produção de pirita, e enxofre como subproduto.

Gal. Edmundo Macedo Soares (Presidente) — Mas, o processo é caro. Nós o estudamos. Investimento e produção são caros.

Dr. Roberto Jafet — O processo existe. Com câmaras de contato pode-se produzir pirita, com cuidado na elevação de temperatura devido à presença de carbono em nossa pirita de carvão. Esse processo hoje é viável. É questão de complementar com outras indústrias anexas, como a de fertilizantes.

Agora, se me permite o Presidente, desejaria voltar um pouco à questão da quantidade de escória, que foi tratada, com muita propriedade, há uns 2 ou 3 anos, aqui em São Paulo, por um Professor da França.

O problema da escória não é em si tão importante como à primeira vista parece. Os fornos que trabalham com sinter auto-fundente podem permitir-se ao luxo de ter um pêso de escória elevado, sem que isso afete de forma grave o consumo de coque. O exemplo dado, da Republic Steel, trabalhando com 300 quilos de escórias, não tinha um «coke rate» melhor

do que um forno trabalhando com escória da ordem de 600 quilos, mas com sinter auto-fundente.

Para refrescar a memória, eu pedi ao Dr. Luiz Corrêa da Silva, quando mencionou êsses 167 quilos de escória, que me informasse qual era o «coke rate» dêsse forno. E êle me confirmou: 550 quilos de coque. Então, temos mais uma vez comprovado que a USIMINAS, com 340 quilos de escória tem o mesmo «coke rate» do Canadá, com 167 quilos. O problema é ter o sinter auto-fundente, que me parece é o caso da USIMINAS.

Dr. Anchyses C. Lopes — O Sr. não pode comparar o nosso minério com o sinter do Canadá.

Dr. Roberto Jafet — Eu quero dizer que a sua operação é melhor do que a do Canadá. Não importa tanto o volume de escória.

Sr. Anchyses C. Lopes — Mas se o Sr. diminuir o volume de escória diminuirá o volume de «coke rate».

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Não há dúvida em que, baixando o volume de escória, diminui o volume de «coke rate». Tenho aqui dados relativamente a uma usina francesa, com alto forno de 5,65 m de diâmetro, com 100% de sinter e volume de escória de 825 quilos por tonelada. O «coke rate» era de apenas 620 quilos por tonelada.

De maneira que, realmente, o volume de escória não influi tanto sobre o «coke rate». Mas que influi, influi, não há dúvida.

Dr. Francisco Pinto de Souza — Eu acho muito perigoso conversar assim, em tôrno de usinas com condições diferentes. Fui ver o exemplo dêles, pois não me conformava com as condições dadas. Não podem ser comparados. Não tinha sentido de comparação. Bastava ver as temperaturas que se usam numa e noutra.

Positiva e definitivamente, quando diminuir a quantidade de escória, se outras condições perturbadoras não se fizerem sentir, vai haver economia. É preciso procurar um compromisso entre uma série de vantagens de preparação de carga. Mas se se conseguir as mesmas vantagens em menor quantidade de escória, é fatal que se vai economizar.

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Devemos lembrar que uma usina na Inglaterra é famosa por produzir mais escória do que gusa. Trabalhando com uma carga pobre de minérios ingleses, (não tem possibilidade de importar, mesmo que queiram), produz 1.300 quilos de escória por tonelada de gusa. E o «coke rate» é da ordem de 780 a 800 quilos de coque por tonelada de gusa. É um «coke rate» mais baixo do que se poderia esperar.

De modo que a diferença é flagrante. Em todo o caso, não há dúvida de que, baixando o volume de escória, haverá economia de coque.

Para se fazer uma comparação é preciso estudar uma porção de altos fornos. Êsse alto-forno da França, trabalha com ar a 750°C. Não é demasiado.

Gal. Edmundo Macedo Soares, (Presidente) — Vamos encerrar o assunto escória. Vamos falar sobre outros assuntos, porque há coisas mais limpas... (Risos).

Sr. Martinho Prado — Como agricultor, queria lembrar que em experiência feita com adubação no cerrado de São Paulo, comprovou-se que um dos elementos que mais falta faz, é o enxofre. De maneira que é muito provável que no futuro o enxofre, que hoje é um espantalho, venha a se tornar elemento nobre.

Dr. Renato de Azevedo (Orientador) — Os debates são interessantes, mas estamos apenas em discussão da primeira parte da conferência. Seria interessante, então, que se abordasse a segunda parte, que é produção de aço, principalmente pelo processo LD, para depois, então, encerrarmos com

alguma coisa sobre lingoteamento contínuo, de grande interesse econômico, também.

De modo que consulto o auditório se não deseja fazer alguma pergunta no campo da produção de aço, particularmente o uso de oxigênio ou de vácuo?

Talvez o Dr. Schlacher, da Belgo-Mineira, pioneira do LD, pudesse dar alguma notícia nova a respeito da aplicação do oxigênio. Digamos, por exemplo, no maior consumo de sucata; qual a porcentagem de sucata no LD da Belgo-Mineira, e o que tem sido feito para produzir um pouco mais? — embora esse problema não seja nosso, do Brasil; aqui usa-se mais minério do que sucata. Mas, é curiosidade técnica.

Dr. Hans Schlacher — O problema da sucata, para nós não existe. Temos 4 altos-fornos S.M., em que é consumida toda a sucata da usina, perfeitamente. Então, raramente temos oportunidade de enfornar sucata no L.D., chegando, com o nosso gusa física e quimicamente frio, até 10% de sucata para enfornar. O silício, é em torno de 0,2 — 0,6%.

O Senhor perguntou sobre mais novidade? As últimas novidades são, relativamente, boas campanhas que temos com nossos colaboradores. Chegamos a ter até 500 corridas por campanha, com consumo de refratário em torno de 4 kg por tonelada de aço produzido. Naturalmente, para nossas condições de trabalho que não são ideais, esses valores são, realmente, favoráveis.

Um outro assunto de interesse, também, é o caso da Cosipa e outras usinas, que começam com produção de alto-forno e depois entram no LD e têm excesso de gusa sólido. Fizemos experiência, com gusa sólido com pleno sucesso, sem dificuldade nenhuma. E, em caso de necessidade, quando não há gusa sólido, jogamos lingoteiras velhas dentro, e, 5 minutos depois, nada resta.

Dr. Renato de Azevedo (Orientador) — E a respeito do uso do minério no L.D.?

Dr. Hans Schlacher — Normalmente usamos minério de ferro para resfriar nessas corridas no LD, minério de ferro ou calcáreo. O consumo varia normalmente em torno de 15 até 25 quilos por tonelada.

Dr. Franceschini (Cerâmica São Caetano) — Gostaria de solicitar ao ilustre informante da Belgo Mineira que dissesse se o resultado de 500 corridas foram obtidos com dolomita ou se com magnesita. Gostaria de saber se nessa cifra citada havia ou não aproveitamento parcial da dolomita.

Dr. Hans Schlacher — A campanha de 500 corridas que mencionei foi alcançada através da mistura de MgO com dolomita. Normalmente conseguimos os mesmos resultados com dolomita como também com MgO. O aproveitamento do nosso material é em torno de 10 a 20% de dolomita recuperado. Esse material passa para nossa instalação como dolomita calcinada e entra então com uma fração de mistura para fazer os tijolos pobres.

Dr. Renato Wood (B.N.D.E. e GEIMET.) — O Prof. Corrêa da Silva, referindo-se aos vários processos, mencionou LD AC. Como sabemos é um processo utilizado para abreviar os inconvenientes de um maior teor de fósforo no gusa. Naturalmente que até há poucos anos atrás havia uma certa cerimônia quanto ao teor de fósforo no gusa para o LD. Fixava-se em 0,3 e hoje se aceita até 0,5% e estão passando disso para cima, como 0,7 ou 0,8%. Então injetou-se simultaneamente cal pulverizada com oxigênio para abreviar esse inconveniente.

Como o Prof. Corrêa da Silva visitou várias usinas recentemente, pedir-lhe o obséquio de mencionar se tem alguma informação sobre o que presenciou lá e se esses números estão nessa ordem, ou como estão.

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Devo confessar que o meu

interêsse pelo processo LD AC sempre foi restrito, dado que no Brasil não temos que recorrer ao mesmo. Nas minhas visitas na Europa, tive oportunidade de ver usinas muito modernas que, infelizmente, no dia da minha visita não estavam operando. Tenho notícia, porém, que o processo LD AC está sendo empregado com pleno sucesso na Inglaterra, no País de Gales, onde tratam o gusa com fósforo até 0,6% com o processo LD AC, usando uma escória espumosa.

Na questão da sucata LD que foi mencionada há pouco, naturalmente que é sabido que a porcentagem de sucata que se pode obter no LD está em função do teor de silício além de outros fatores.

Por exemplo: para 1% de silício, pelo menos os números adotados no maior conversor LD do mundo — o de Great Lakes —, apresentam 27%. Esse reator é de 300 toneladas.

Essa questão do uso de sucata no LD tem preocupado certas usinas porque em algumas delas, trabalhando com silício mais baixos, o LD não é capaz de consumir a sucata produzida na própria usina. Tem havido estudos para pré-aquecimento da sucata. Há dados e resultados de experiências feitas, com LD pequeno, em que pré-aquecimento da sucata pode ser vantajoso e interessante, conforme as condições, e permite a uma usina, com seu gusa, que enforava 20% de sucata fria, passar a enforar 36% ou 37% se o aquecimento fôr a 1.000 graus. Se chegar tão somente a 600 graus, poderá passar a 26% ou 27%. Há ganho com o pré-aquecimento, que pode ser feito até com gases do próprio conversor LD, com calor latente contínuo.

Outra possibilidade de pré-aquecimento de sucata: está sendo estudado o uso de lanças, de maçaricos de oxigênio e combustível, no próprio conversor LD. Carrega-se a sucata, trata-se por alguns minutos em pré-aquecimento com maçarico e carrega-se gusa líquido — continuando a operação. Outra possibilidade é o aumento da quantidade de gusa. Ao invés de se usar a sucata, usa-se também o gusa sólido. Nem sempre é viável, dependendo das usinas.

Dr. Francisco Pinto de Souza — Voltando à pergunta do Prof. Renato Wood, desejo dizer que não há problema no LD AC. Temos o exemplo típico de uma usina que opera, fornecendo gusa a conversores Thomas e LD AC. Suponho, no entanto, que há preferência pelo LD normal, porque usinas de Dunquerque pretendem operar com minérios de baixo fósforo, do exterior, e estão se dirigindo para o LD, perdendo a oportunidade de recorrer a minérios franceses fosforosos. O LD leva vantagem econômica positiva sobre o LD AC.

Dr. Hans Schlacher — A respeito do teor de fósforo no processo LD AC, confirmo os dados do Prof. Francisco Pinto de Souza, mas desejo dizer que quando êle trabalha com 1,8% de fósforo no gusa há necessidade de se usar duas escórias. Naturalmente isto provoca desgaste maior no revestimento, demora maior na corrida, tempos mais prolongados na sua elaboração. Enquanto isso, os gusas que têm em torno do 0,8% de fósforo, podem ser preparados com uma escória apenas.

Dr. Renato Azevedo (Orientador) — Muito obrigado.

Dr. Renato Wood — Com a devida vênica da orientação dos debates, eu queria explicar o motivo de minha pergunta.

Agradeço as duas informações prestadas pelos professores Corrêa e Pinto. Não é exatamente o caso da Siderama, no Amazonas, cujo minério dá um gusa com 0,8% de fósforo, e está preconizado pela Krupp o processo LD-AC. Mas, para uma satisfação minha, eu queria ver se êsses números estavam vencidos. Queria ver se a usina da Inglaterra estava funcionando bem com 0,6, mas com LD-AC. Seria uma grande esperança que se tivesse vencido 0,6 e se tivesse adotado o LD simples.

De qualquer maneira, estou esclarecido. Muito obrigado.

Dr. Roberto Jafet — Queria perguntar ao ilustre conferencista porque não mencionou o caso do Siemens-Martin quando falou sobre injeção de oxigênio e mencionou com muito acerto a Usina de Corneliãne. Por que não mencionou as novas técnicas de injeção, tanto no Siemense-Martin como no forno elétrico, de materiais pulverulentos, sejam oxidantes, sejam desulfurantes.

Eu não queria falar mais sobre enxôfre. O Presidente da Mesa parece que não gosta de enxôfre, mas hoje sabemos que, mesmo no caso de gusa com enxôfre mais elevado pode-se proceder à dessulfuração em forno Siemens-Martin ou forno elétrico com injeção, por exemplo, de carbonato de cálcio, muito econômica e rapidamente.

De maneira que o problema do enxôfre já perdeu grande parte de sua importância no caso do Siemens-Martin e fornos elétricos básicos.

Quanto à oxidação, também há uma técnica em evolução, em que o Siemens-Martin comum, sem nenhuma transformação na sua abóbada, pode continuar com a abóbada de sílica; injetando-se material pulverulento sólido, oxidante, obtém-se uma corrida muito rápida, em que se evita talvez toda a instalação de oxigênio. Eu digo talvez porque os resultados ainda não são definitivos, mas é mais provável que essa injeção se faça com ar. Podemos adiantar ao auditório que o próprio conferencista desta noite, convidado por mim- assistiu a uma dessas experiências.

Eu indagaria, então, do conferencista se quer abordar este assunto ou não.

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Naturalmente que, dentro dos limites dos sessenta minutos, houve muita coisa que foi preciso deixar de lado.

Ninguém melhor do que o Sr. para falar sobre esse assunto, pois andou experimentando esse processo. De fato, é mais uma possibilidade sem uso de instalação cara de aciaria. Tive oportunidade de assistir a um ganho de tempo extraordinário na corrida, com o uso de injeções de ar com ingredientes pulverulentos.

Eu não iria mencionar isso se o Sr. não o tivesse mencionado antes.

Quanto ao uso de minério pulverulento em forno S.M., injeção de ar com ingrediente pulverulento, é praticável na usina de Corrilhana. Lá, usam injeção de cal, por meio da própria lança de oxigênio; a cal é lançada pelo interior, e o oxigênio por fora. É feito com freqüência; não sei se é prática normal. Em período intenso, foi usado com bons resultados de dessulfuração. Há um trabalho de técnicos, apresentado nesse Simpósio Mundial de Siderurgia, muito interessante, a respeito.

Dr. Renato Wood — Lança vertical?

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Vertical, pela abóbada.

Dr. Roberto Jafet — Não é essencial e imperativo que seja vertical; absolutamente. Aliás, a técnica mais adequada seria lançar pela porta de carregamento. E quanto mais lanças tiver — e pelo número de portas, uma lança por cada porta — o resultado é mais rápido e consegue-se resultado que se assemelha aos melhores possíveis, com uma vantagem, que em teor metálico, a perda do banho é muito pequena; praticamente, não existe, é perda normal, como quando se faz adição de minério de ferro. A dessulfuração é muito rápida, também.

De maneira que o S.M., mesmo sem novas adaptações, tem uma nova possibilidade com refratários baratos. Não digo que se atinja a produção que se tem com utilização de oxigênio, mas, aproxima-se dessa produção — sem fabrico de oxigênio e sem nenhuma mudança no forno S.M. comum.

Dr. Renato de Azevedo (Orientador) — Se não há nenhuma pergunta sobre aço, poderíamos encerrar com algo sobre lingotamento contínuo, que é processo de grande interesse técnico-econômico, como o Dr. Luiz Corrêa

da Silva abordou; permite, de saída, alto rendimento de aço, portanto, elevação substancial de produtividade e grande economia de equipamento, uma vez, que praticamente, acabou com lingoteira, com desbastador, tudo desapareceu. A instalação para lingoteamento contínuo é, sem dúvida, mais simples. O quanto eu sei, no Brasil a única instalação dessa é no Rio Grande do Sul, naturalmente, pequena. Eu perguntaria se algum dos presentes teria informações a dar, a respeito dessa instalação?

Dr. Henrique Anawate — Eu não tenho muito que falar, mesmo porque, há dois anos deixei a direção técnica da Siderurgia Riograndense, quando assumi a direção técnica de outra. Mas, com meus contactos freqüentes com a minha companhia, tenho sabido que vai muito bem o lingoteamento contínuo — tanto que até pretende instalar uma segunda, naturalmente mais moderna, em condições melhores. O resultado tem sido satisfatório, sob todos pontos de vista.

Naturalmente, nos primeiros anos, nos dois primeiros, surgiram vários problemas práticos, que tiveram de ser enfrentados, os quais, lentamente, foram superados, e hoje já se apresenta possibilidade bastante satisfatória de trabalho. Houve dificuldades e outros problemas, como o coquilho de cobre, que com o tempo foram solucionados.

Houve, também, dificuldade com acêrto de temperatura de vazamento e velocidade de lingoteamento, dadas as características do aço fabricado no Sul.

Após dois anos de trabalhos, pode-se afirmar que a Siderurgia Riograndense já está produzindo aço tipo 1.010 satisfatoriamente bem. Tão bem, que, como já disse, pretendem fazer uma segunda, evitando, assim, a instalação de laminadores e desbastadores mais pesados. A Siderurgia Riograndense está hoje com uma produção de lingotes em torno de 65.000 toneladas/ano. E sem desbastador maior, que isso já representa fato auspicioso. Infelizmente não tenho maiores elementos a oferecer aos amigos.

Dr. Antonio Torchio — Quería saber se no lingotamento vertical o inconveniente do rechupamento foi completamente eliminado ou não.

Dr. Henrique Anawate — Talvez 99%. Eliminando o grosso, fica um leve vestígio de rechupamento.

Dr. Antonio Torchio — Há necessidade maior de pessoal mais especializado ou não?

Dr. Henrique Anawate — A técnica é simples, apenas um contrôle no vazamento.

Dr. Antonio Torchio — É fácil fazer-se a instalação aqui ou é necessário comprar algo no estrangeiro?

Dr. Henrique Anawate — A instalação existente em Pôrto Alegre foi toda feita em Pôrto Alegre. Naturalmente o projeto foi adquirido na Alemanha. Não é um dos mais modernos. É uma instalação para 15 mil toneladas, é um projeto pequeno. Um ou outro equipamento foi adquirido na Alemanha. O resto foi feito em Pôrto Alegre.

Sr. Antonio Torchio — O preço é muito elevado ou não?

Dr. Henrique Anawate — Na época o preço foi razoável. Hoje o preço em cruzeiros evolui tanto, mas para dar uma idéia acredito que uma instalação para 20 a 25 mil toneladas poderia custar, no fim do ano passado, uns 100 milhões de cruzeiros. Tenho a impressão que o meu amigo Roberto Jafet tenha dados mais atualizados.

Dr. Roberto Jafet — Antes de responder a pergunta, queria discordar ligeiramente de uma resposta do Prof. Henrique Anawate. São necessárias menos pessoas, mas mais especializadas. Tive oportunidade de visitar a usina da Suécia e ainda não estava em funcionamento o tipo LD mencionado

pelo Prof. Corrêa da Silva. Era o tipo vertical comum, não o tipo em curva, cujas vantagens o Prof. Corrêa da Silva já mencionou ao auditório.

O problema do rechupe, como o Prof. Anawate disse, praticamente não existe. É só no fim da corrida. A parte do aço em si é excelente, produção muito boa. É necessário contróle de temperatura, contróle de resfriamento, que é dado pela saída do lingote. Quando é cortado, vê-se se ainda goteja ou não. Se está sólido, e a têmpera é boa, continua na mesma velocidade. Se não, varia-se a velocidade de descida.

Quanto aos preços, posso informar que, infelizmente, êsses preços estão um pouco atrasados. Uma instalação para 25 mil toneladas, no caso de importar, custa só na parte de importação duzentos e quarenta mil dólares. Daria, mais ou menos, trezentos milhões de cruzeiros. Mas, se se considerar o ganho metálico, o rendimento dessas máquinas, é da ordem de 93 a 96%, porque já temos o «billets», não havendo perda de desbastador. Em geral pode-se dizer o seguinte: há ganho na fundição contínua. E essa não é só minha opinião, mas principalmente do Presidente do Instituto de Aço da Inglaterra: Deu isso a mais poderosa ferramenta para que as pequenas emprêsas pudessem competir com as grandes, seja em preço, seja em quantidade. Na relação — redução entre produto inicial e produto final — a fundição contínua transformou os números completamente. Hoje, com «billets» de 90, 95, como mencionou o Prof. Anawate, pode-se obter produto de excelente qualidade, com redução de um para 2 ou 2,5, enquanto anteriormente era necessário de um para seis ou para oito. De maneira que a fundição contínua, como ressaltou o Prof. Luiz Corrêa da Silva, talvez seja tão importante, como inovação, como a introdução do LD.

No meu entender, para emprêsas de médio e pequeno porte, é tão importante quanto a introdução do LD ou mais importante ainda. Receberam essas emprêsas uma ferramenta nova, para produtos similares, naturalmente, não vão fazer chapas, é lógico. Trouxe a fundição contínua novo alento para aquêles que já estavam perdendo a esperança, aquêles que, em confronto com as emprêsas integradas, estavam vendo que não podiam competir dentro do mercado. Naturalmente, dentro dos mercados em «boom» todos competem, mas no mercado competitivo, onde os preços seriam abaixados para margem de lucro muito pequeno, as emprêsas de pequeno porte encontravam dificuldades.

Espero que todos os brasileiros levem em conta essa ferramenta, pelos investimentos que podem ser evitados com ela. É, de fato, um elemento novo, que traz grandes e grandes esperanças, principalmente para emprêsas de pequeno e médio porte.

Era o que tinha a dizer.

Dr. Renato Azevedo (Orientador) — Antes de encerrarmos a reunião de hoje, gostaria de dar a palavra novamente ao Professor Luiz Corrêa da Silva, para terminar seus esclarecimentos.

Dr. Luiz Corrêa da Silva (Conferencista) — Se me permite, vou falar também sôbre lingotagem contínua.

Como disse, vi uma instalação na Usina Valmons, com capacidade de cêrca de 50.000 toneladas por ano, com 18 toneladas de vazamento por dia. O preço que me foi dado foi de cêrca de 180 a 200 mil dólares para a instalação de 50.000 a 60.000 toneladas por ano, inclusive o manuseio dos «billets» completos.

Para instalações maiores, há aqui uma comparação de custo entre uma instalação para 2.000.000 de «slab» por ano. A diferença de orçamento entre uma instalação convencionad com o «slab mill» e todos os outros acessórios necessários ficaria em 28 milhões de dólares. Segundo êsses mesmos dados comparativos que temos, a mesma instalação para produção de «slabs» fundidos, para lingotamento em laminados contínuos fica em 20 milhões de dólares.

Aliás, há usinas produzindo placas, como é o caso da Manesmann, na Alemanha, que produz grandes placas de lingotamento contínuo. Se não me engano, a National Steel, nos Estados Unidos está procedendo a uma instalação em que se lingotam continuamente 6 «strands», 6 placas simultaneamente. É de uma capacidade enorme, cêrca de 2 milhões de toneladas por ano, por êsse nôvo método.

Gal. Edmundo Macedo Soares (Presidente) — Vou, então, ter agora a a ocasião de encerrar a sessão.

Devo dizer que é, realmente, um prazer para um velho metalurgista, como eu, ver a equipe que se formou no Brasil; encontrar homens tão experimentados, que estudaram tanto, que leram tanto, que viram tanto, e que trazem essa experiência aqui, para os mais moços. Essa tem sido a idéia, e um privilégio, do Centro Moraes Rego.

Agradeço a presença de todos, e agradeço, mais uma vez, ao conferencista, aos professôres e homens de ciência que estão à Mesa.

Agradeço, finalmente, a honra que o Centro me deu, convidando-me para presidir esta reunião.