

BENEFICIAMENTO DE LAMA DE ALTO FORNO PARA OBTENÇÃO DE CONCENTRADOS DE CARBONO E FERRO¹

*André Tarcizo de Oliveira Vieira²
Fábio André da Silva Nascimento³
João Henrique Echternacht⁴
José Ricardo de Oliveira⁵
Walter Luiz da Costa Reis⁵
Elias Fonseca de Castro⁶*

Resumo

A lama de Alto Forno, constitui-se naturalmente em matéria-prima potencial para reciclagem nos processos de redução, entretanto, a sua incorporação "in natura" não é viável, em função dos teores de zinco e a conseqüente possibilidade de formação de carga inativa. Este trabalho descreve os resultados obtidos a partir da operação de uma planta de concentração de lama de Alto Forno instalada na Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), em Volta Redonda- RJ. Esta Planta de Concentração tem por objetivo separar as frações de óxido de ferro e carbono, e gerar um concentrado chamado misto, o qual apresenta elevado teor de zinco.

Palavras-chave: Lama de alto-forno; Beneficiamento; Concentrado.

PROCESSING SLUDGE FROM BLAST FURNACE FOR OBTAINING CONCENTRATE OF CARBON AND IRON

Abstract

The sludge from blast furnace, is constituted naturally in potential raw material for recycling in the reduction processes, however, its incorporation "in natura" is not viable, in function of the zinc content and the consequent possibility of formation of inactive load. This work describes the results obtained starting from the operation of a plant of concentration of sludge from blast furnace installed in the Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), in Volta Redonda - RJ. This Plant of Concentration has for objective to separate the fractions of oxide of iron and carbon, and to generate a mixed called concentrate, which presents high zinc content.

Key words: Processing sludge; Blast furnace sludge; Recycling.

¹ *Contribuição técnica ao XXXVII Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 18 a 21 de setembro de 2007, Salvador - BA, Brasil.*

² *Coordenador de Projetos Especiais da CSN*

³ *Técnico de Desenvolvimento Especialista da CSN*

⁴ *MSc – Engenheiro de Desenvolvimento Sênior da CSN*

⁵ *MSc – Engenheiro Especialista da CSN*

⁶ *Gerente Industrial da K&K TI*

1 INTRODUÇÃO

As Usinas Siderúrgicas são grandes geradoras de resíduos industriais. Considerando-se o ano base 2006, a geração média de resíduos, considerando-se os pós e lamas gerados em estações de tratamento de efluentes gasosos e líquidos, bem como a geração de escórias diversas, foi da ordem de 420 kg/tonelada de aço produzido.

Partindo-se da produção brasileira de aço bruto em torno de 35 milhões de toneladas /ano , temos a geração de aproximadamente 15 milhões de toneladas de resíduos.

Devido às crescentes restrições de ordem ambiental , as empresas vêm desenvolvendo esforços para a implantação de produtos e processos tecnologicamente inovadores, associados a melhoria substanciais nas rotas de processo já consolidadas.

A partir deste panorama , a geração de resíduos contendo ferro na CSN , está descrita na Figura 1.

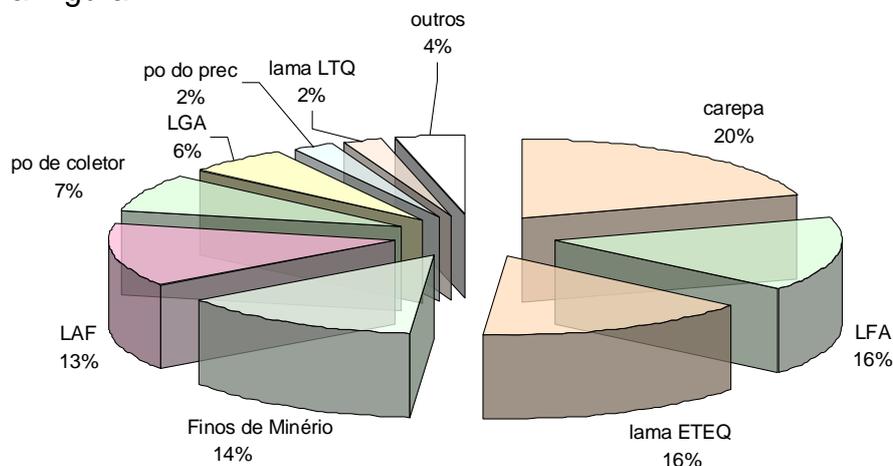


Figura 1 – Gráfico da distribuição dos resíduos gerados na CSN

1.1 Geração de Resíduos

Durante o processo de fabricação do gusa, finos de minério, finos de carbono(coque, carvão mineral ou vegetal), finos de Óxido de cálcio e finos de sílica e/ou durante o processo de fabricação do aço, precisamente no processo de sopro de oxigênio que ocorre no convertedor LD, onde o carbono contido no banho metálico reage com oxigênio gerando grande quantidade de monóxido de carbono, ocasionando um aumento da temperatura devido à oxidação do carbono. Desta maneira o Oxigênio injetado, faz com que o ferro líquido é projetado na atmosfera oxidante do convertedor, solidifica-se sob a forma de pequenas esferas. Os pós-finos, esferas de ferro metálico e óxidos de ferro são coletados por filtros especiais, gerando os pós e quando lavados formam as lamas.

Rejeitos industriais estes, que causam um alto grau de degradação ambiental se não tiverem disposição adequada ou aplicação industrial.

Os pós e lamas, no atual estado da técnica de produção do gusa e do aço, geralmente são descartados em aterros, provocando impacto ambiental, pela contaminação do solo com metais pesados, que afetam diretamente a biota.

Estes pós ou lamas, considerados rejeitos industriais tem um valor tangível de custo de estocagem e manuseio e um enorme valor intangível com a substituição de matérias primas originais e possibilitam a formação de produtos mais nobres, como

exemplo pré-reduzidos que possibilitam a substituição de “sucata” utilizada na produção do aço.

O processo descrito neste trabalho, permite a reciclagem destes pós ou lamas de forma economicamente viável e eficiente.

2 MATERIAIS E METODOS

2.1 Caracterização dos Materiais

A Tabela 1 mostra as características químicas da lama de alto-forno.

Tabela 1 – Característica química da lama da Alto Forno (valores em %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fet	C	Zn
8,00	2,50	3,50	0,25	43,80	23,20	0,83

A Tabela 2 mostra as características físicas da lama de alto-forno.

Tabela 2– Característica granulométrica da Lama de Alto Forno – valores médios

MALHAS	PESOS	% RETIDA	% ACUMULADA	%PASSANTE
65 #	23,66	1,08	1,08	98,92
115 #	491,77	21,87	22,95	77,05
200 #	39,45	1,67	24,62	75,38
325 #	288,38	13,75	38,36	61,64
400 #	216,05	11,25	49,62	50,38
500 #	25,30	1,33	50,95	49,05
600 #	78,36	4,42	55,37	44,63
< 600 #	822,73	44,63	100,00	0,00
peso total	1985,70	100,00		

2.2 Método

O processo de reciclagem de lama de alto forno, também aplicável ao pó de balão, através da combinação de vários processos: formação de polpa, bombeamento ultra-sônico, condicionamento, concentração gravimétrica, ciclonação, separação magnética, flotação e secagem, com objetivo de recuperar Carbonos (podendo ser na forma de: coque, carvão mineral ou vegetal), Óxidos de ferro (FexOy), Sílica (SiO₂), Óxido de Cálcio (CaO) e Óxido de zinco.

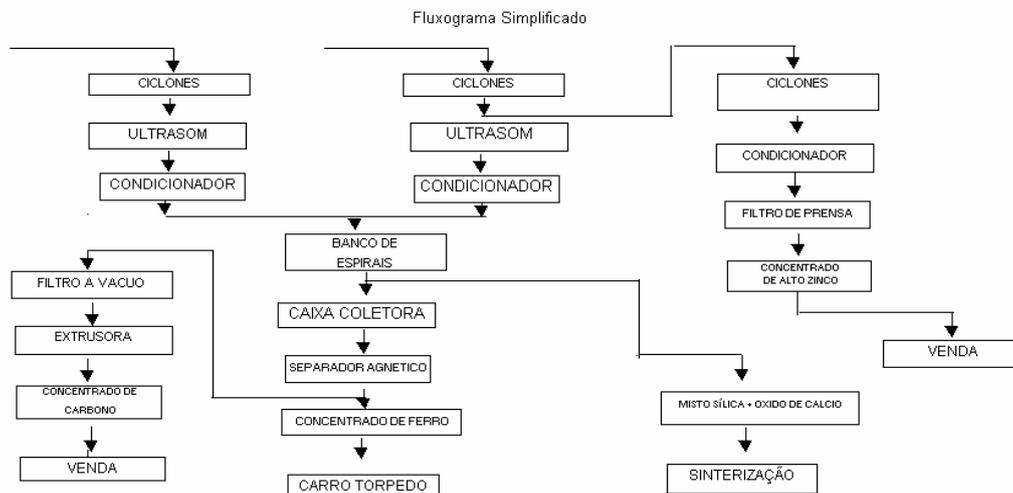


Figura 2 -Fluxograma geral de todas as etapas do processo.

3 O PROCESSO

A Figura 3 é uma vista de elevação esquemática da planta de processamento, com três níveis de espirais primárias, onde são concentrados os minerais mais pesados separadamente dos demais leves, através da combinação dos seguintes processos: formação de polpa, bombardeamento ultra-sônico, condicionamento, concentração gravimétrica, ciclonagem, separação magnética, flotação e secagem.

A lama é coletada nas saídas dos filtros a vácuo, podendo também ser coletada nas saídas dos espessadores, ou através de draga nos fundos das piscinas de decantação ou de aterros industriais, e daí alimentada na planta de processamento por transporte terrestre, ou por bombeamento.

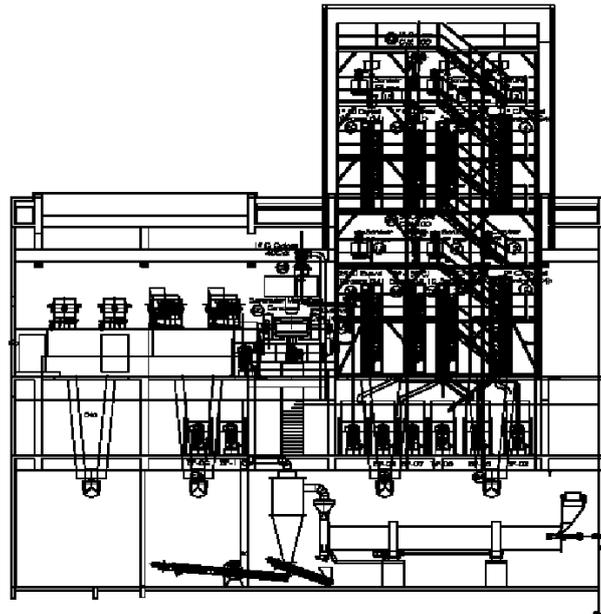


Figura 3 - Vista de elevação esquemática da planta de processamento

Na alimentação por transporte terrestre, a lama é transferida sobre uma plataforma contendo um silo com alimentador de rosca, ou alimentador vibratório, ou ainda com correia transportadora.

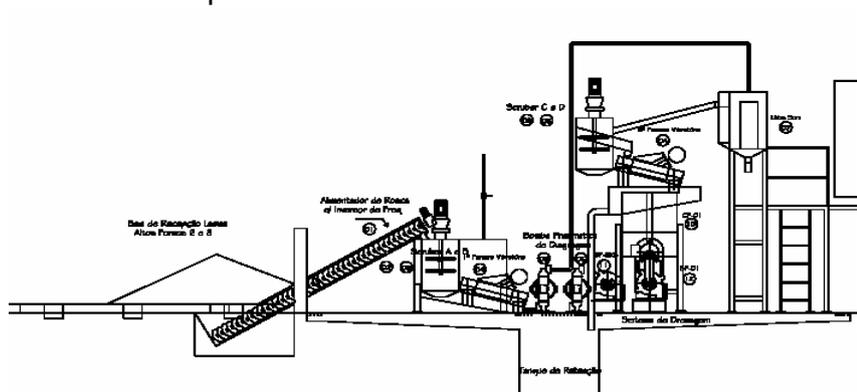


Figura 4 - Esquema do alimentador de rosca.

Equipamento este, posicionado abaixo do nível do piso, para facilitar a extração do material, que alimenta um tanque com agitação mecânica, com um sistema contendo geradores de ultra-som de alta potência. Os geradores de ultra-som conjugados, simultaneamente, geram ondas que se somam, provocando efeitos de cavitação e efeito mecânico-vibratório, que atua diferentemente em cada

substancia e que por sua vez terá uma vibração diferenciada, devido às propriedades físico/químico distinto de cada componente, provocando assim a dissociação e a limpeza das partículas (Figura 5).

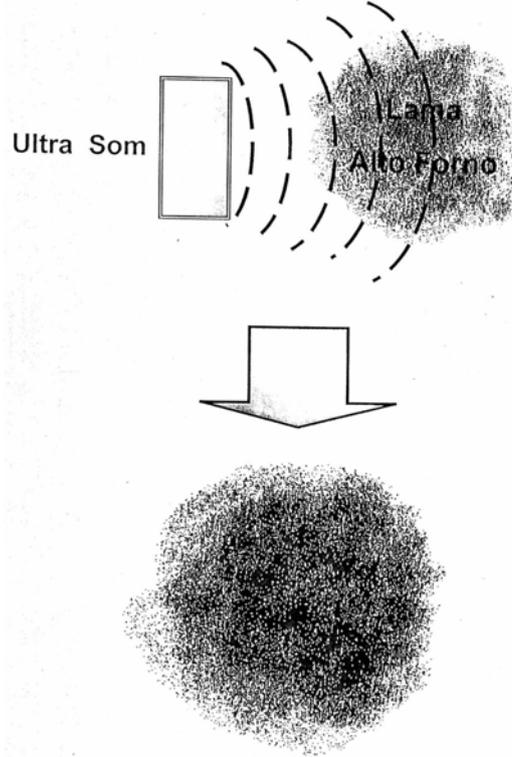


Figura 5 - Esquema do ultra som dissociando a lama de alto-forno

Com adição de água, cujo objetivo é a formação de uma polpa homogênea, a polpa com uma porcentagem de sólidos, entre 15 a 35% é disposta em uma peneira vibratória, com adição de água para a retirada de fragmentos consolidados ou corpos estranhos, maior que 2mm, e em seguida, ainda contendo uma fração menor de fragmentos, é submetida a uma nova adição de água. A polpa é bombeada para um condicionador com agitação mecânica, que pode conter aditivos (para neutralização de pH, ou propriedades hidrofóbicas, ou hidrofílicas, ou outras propriedades, que venham interferir, ou facilitar, no processo de reciclagem), com finalidade de se propiciar um melhor condicionamento destes aditivos com os componentes a serem separados para compor uma polpa livre de fragmentos. Uma vez devidamente condicionada a polpa é bombeada, através de uma segunda bomba, para um conjunto de 03 níveis de espirais concentradoras primários, um sobreposto ao outro, contendo um condicionador antes de cada nível. Nestas espirais é, então, promovida a concentração dos minerais mais pesados (óxido de ferro e outros componentes com ferro) dos demais componentes, menos denso (sílica, calcário, carbono e óxido de zinco), gradativamente, em cada um destes níveis. A polpa menos densa, antes de passar em cada nível de espiral, é novamente condicionada, através de uma nova adição de aditivos e por uma agitação mecânica.

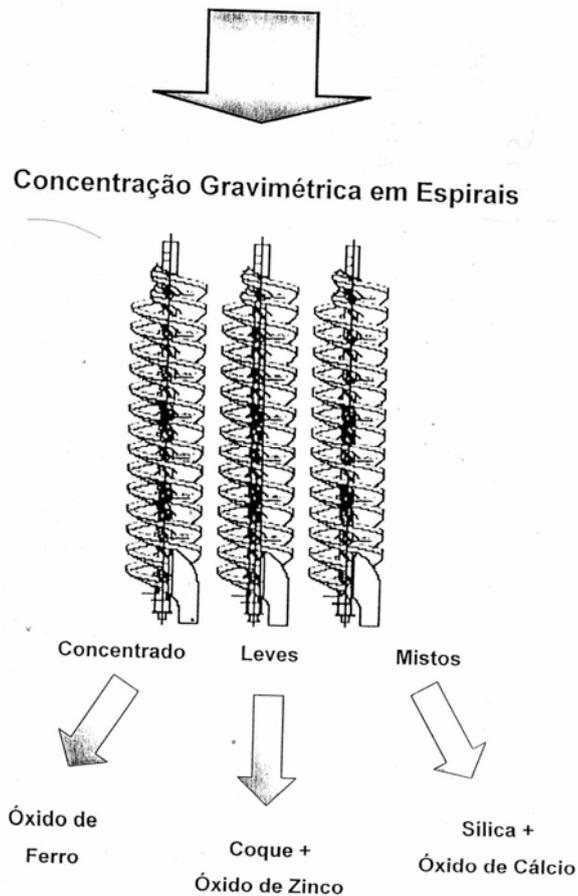


Figura 5 - Esquema das espirais para concentração gravimétrica



Figura 6 - Foto das espirais para concentração gravimétrica

Os minerais mais pesados, que formam concentrado (óxido de ferro e outros componentes com ferro) são bombeados, através de uma terceira bomba, para pelo menos dois conjuntos de ciclones, visando aumentar a porcentagem de sólidos, o restante (*under flow*) alimenta um secador rotativo.

Os mistos são, então, bombeados, através de uma quarta bomba, para um segundo conjunto com dois níveis de espirais secundárias, uma sobreposta a outra, onde é promovida a concentração dos minerais mais pesados (óxido de ferro e outros componentes com ferro) dos demais componentes, menos denso (sílica, calcário, carbono e óxido de zinco), gradativamente em cada um destes níveis. A polpa menos densa, antes de passar em cada nível de espiral é novamente condicionada, através de uma nova adição de aditivos com uma agitação mecânica.

Os mistos resultantes das espirais secundárias são reciclados neste mesmo conjunto de espirais. Os mistos e leves resultantes das espirais primárias e secundárias, contendo sílica, óxido de cálcio e coque ou carvão vegetal, são bombeados, através de uma quinta bomba, para um terceiro conjunto com dois níveis de espirais terciárias, uma sobreposta a outra, projetados exclusivamente para a separação de minerais com densidade inferior e de granulometria fina, promovendo-se a separação, por diferença de densidade (os minerais de sílica + óxido de cálcio dos minerais de carbono).

A polpa contendo sílica e óxido de cálcio é bombeada, através de uma sexta bomba, para os conjuntos de hidrociclone. O *under flow* do ciclone é coletado em silo ou caçamba ou especificamente caçambas do tipo *brook*. O *over flow* do ciclone é bombeado, através de uma sétima bomba para o espessador.

A fração mais leve contendo basicamente o coque ou carvão vegetal é bombeada, através de uma oitava bomba, para um conjunto de hidrociclones.

O *over flow* do conjunto de ciclones, contendo coque ou carvão vegetal com um teor maior de zinco é bombeado, através de uma nona bomba, para um segundo conjunto de ciclones. O *over flow* do conjunto de ciclones, contendo coque ou carvão vegetal com alto teor de zinco, é prensado em filtro prensa, gerando uma torta prensada com coque ou carvão vegetal com alto teor de zinco.

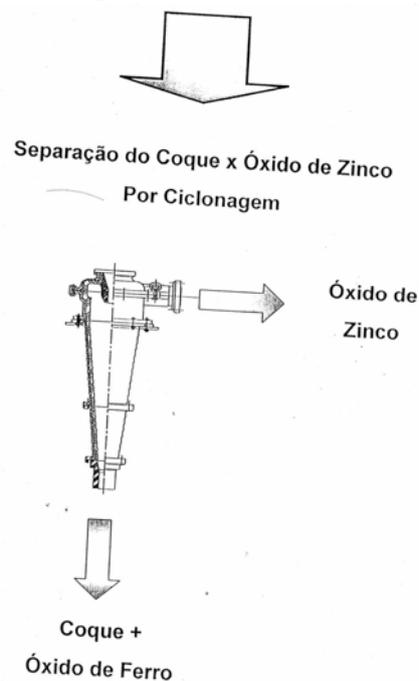
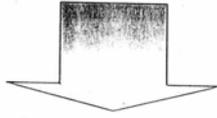


Figura 7 - Ciclone para separação

Os *under flow's* dos conjuntos de ciclones são bombeados, através de uma décima bomba, para um separador eletromagnético ou separador magnético de ímãs de terras raras a úmido com intensidade magnética regulável, com objetivo de retirar resíduo de óxido de ferro ou outros componentes contendo ferro. O separador magnético efetua, então, a separação de minerais magnéticos (óxido de ferro) dos minerais não magnéticos (coque ou carvão vegetal).



**Separação do Coque x Óxido de Ferro
Por Separação Magnética a Úmido**

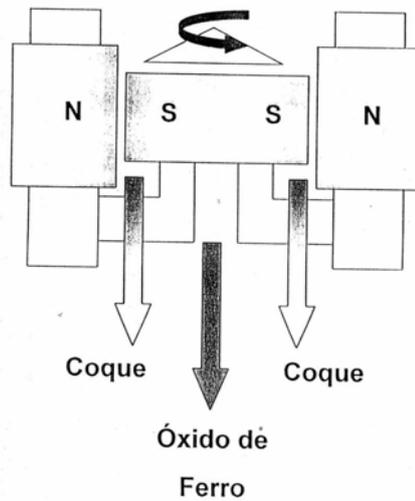


Figura 8 - Esquema da separação magnética



Figura 9 - Foto do separador magnético

A fração não magnética, rica em coque ou carvão vegetal e isenta de óxido de ferro, é destinada a uma célula de flotação ou flotador de ar dissolvido, com adição de agentes espumantes e aditivos, que permite flotar os minerais de coque ou carvão vegetal e deprimir os minerais de sílica (SiO_2), o óxido de cálcio (CaO) e óxido de zinco. O material flotado, concentrado final de coque ou carvão vegetal, é

destinado a filtros prensa ou filtro rotativos a vácuo , para gerar uma torta prensada de coque ou carvão vegetal com baixo zinco.

4 ANÁLISE

Os produtos resultantes do processo foram caracterizados conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Característica química dos concentrados produzidos

Material	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	ZnO	Fe total	C(T)
Concentrado de Carbono	3,39	2,65	0,09	1,02	0,15	2,30	65,25
Concentrado Misto	13,50	2,01	0,32	6,89	3,25	34,25	22,40
Concentrado de Ferro	7,89	1,80	0,26	3,05	0,14	65,20	5,10

5 RESULTADOS

Os produtos obtidos reciclados com o presente processo podem ser reutilizados na indústria siderúrgica com economia, além de contribuir para preservação do meio ambiente.

O Concentrado de Ferro está sendo utilizado na sinterização em substituição ao sinter feed.

O Concentrado de Carbono está sendo utilizado também na sinterização em substituição ao antracito.

Para o misto que é rico em zinco está sendo estudado uma utilização em projetos existentes na CSN de aproveitamento de resíduos.

Portanto com a adoção do projeto está sendo evitado o envio de material para aterro industrial.

BIBLIOGRAFIA

- 1 VIEIRA, ANDRÉ TARCIZO DE O.; LONGO, ELSON; ECHTERNACHT, JOÃO HENRIQUE, OLIVEIRA, JOSÉ RICARDO, COSTA REIS, WALTER LUIZ – Produção piloto de pelotas a partir da lama fina de aciaria LD e óxido de ferro sintético, gerado na decapagem ácida da CSN – XXXVII Seminário de Aciaria ABM. Porto Alegre, Maio de 2006.
- 2 OLIVEIRA, E. R., MARTINS, J. – Emprego de Resíduos Siderúrgicos e Pellet Feed Micropelotizados na Sinterização de Minério de Ferro – R. Esc. Minas, Ouro Preto, 56(4): 249-254, out-dez 2003.
- 3 NOLDIN JR, JOSÉ HENRIQUE; D´ABREU, JOSÉ CARLOS; MARTINS, KARLA DE MEO MARTINS; RODRIGUES FILHO – Cinética de Redução de Briquetes Auto-Redutores – Seminário de Auto-Redução e Aglomeração a Frio do 58º Congresso Anual da ABM. Julho de 2003.
- 4 NASCIMENTO, RAMIRO C., et al. – The Self-Reduction Technology For Recycling of Solid Wastes In An Integrated Steelmaking Plant : A Sustainable Alternative. – Materials Transactions - vol. 42, no. 12, 2506-2510, 2002.
- 5 ZUO, GUANGQING – Softening and Melting Characteristics of Self-fluxed Pellets with and without the Addition of BOF-slag to the Pellets Bed – ISIJ International, vol. 40 (2000), No. 12, pp. 1195-1202.

- 6 TAKANO, CYRO, et al.- Reciclagem de Resíduos Siderúrgicos Sólidos – Seminário Nacional sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2000
- 7 LANDOW, M.P., et al – An Overview of Steel Mill Waste Oxide Recycling by Cold Bonded Roll Briquetting, Ironmaking Conference, ISS, 1998.
- 8 ROBERTO G. F. R. GONZALEZ; FLÁVIO R. S. DE AZEVEDO; ANTÔNIO VILELA; HEINRICH W. GUDENAU – Influência da granulometria no perfil radial da mistura de pelotas e carvão utilizado na redução direta em forno rotativo – XXXVIII Congresso Anual da ABM – São Paulo - 1983