

# RESULTADOS OBTIDOS NA UTILIZAÇÃO DA CAREPA TRATADA POR PROCESSO DE DESAGREGADOR ULTRA-SÔNICO EM CONVERSOR LD DA VMB<sup>(1)</sup>

*Olídio Carlos Blanc Gomes* <sup>(2)</sup>

*Álvaro Martins Junior* <sup>(2)</sup>

*Adriano Ferreira da Cunha* <sup>(3)</sup>

*Gerson de Araújo Filho* <sup>(4)</sup>

*Paulo Santos Assis* <sup>(5)</sup>

## **Resumo**

Esta contribuição técnica tem por objetivo apresentar resultados obtidos na utilização de carepa tratada por processo de desagregador ultra-sônico (DUS), em conversor LD, onde são avaliadas as condições operacionais com a utilização desta carepa. Procurou demonstrar a viabilidade técnica e econômica do uso da carepa beneficiada pelo processo DUS em aciarias a oxigênio. São apresentados dados comparativos do rendimento global, temperatura do aço, fósforo no gusa, fósforo no aço, variação do fósforo no aço com carepa e sem carepa. Faz-se também um comparativo das operações de carregamento da carga metálica com carepa e operações de carregamento da carga metálica sem carepa. Conclui-se que até 2,5% de substituição de sucata por carepa não afetaram a temperatura final do aço, nem o rendimento do aço com a carga metálica. Houve ainda uma redução no teor de fósforo nas corridas que tiveram carepa em sua carga metálica.

**Palavras-chave:** carepa, conversor LD, resultados obtidos

---

---

(1) *Contribuição técnica a ser apresentada no XXXVI Seminário de Fusão, Refino e Solidificação dos Metais, Vitória, 16-18 maio de 2005.*

(2) *Membro da ABM, M.Sc., Engenheiro Metalúrgista*

(3) *Membro da ABM, Mestrando da REDEMAT, Químico Industrial*

(4) *Membro da ABM, Mestrando da REDEMAT, Engenheiro Metalúrgista*

(5) *Membro da ABM, Prof. Titular da Escola de Minas, Prof. REDEMAT, Dr. M.Sc*

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da geração de resíduos na indústria siderúrgica, é decorrência do crescimento industrial que vem se verificando nas últimas décadas. Isto, naturalmente, impacta não só o meio ambiente, como também aspectos econômicos e operacionais das empresas.

Os principais resíduos sólidos recicláveis em uma usina siderúrgica integrada são: os pós de sinterização; os pós e lamas de alto-forno, as lamas de aciaria, as carepas de lingotamento contínuo, carepas de escarfigem; as lamas de laminação e os finos de coque.<sup>(1-5)</sup>

A recuperação dos valores metálicos contidos nos resíduos sólidos acima mencionados, passou a ser muito importante do ponto de vista das restrições legais impostas pelas legislações relativas a proteção do meio ambiente.

O presente trabalho tem os seguintes objetivos:

Apresentar resultados obtidos na utilização de carepa tratada em conversor LD, onde se avaliou as condições operacionais com a utilização desta carepa; fazer um comparativo entre o rendimento global do aço, temperatura do aço, fósforo no aço com consumo de sucata; comparativo das operações de carregamento de carga metálica com carepa e sem carepa.

### 1.1 Informações gerais

A Carepa é um produto oriundo da oxidação da superfície do aço quando passa por aquecimento, resfriamento, tratamento de superfície e ou ação do tempo (oxidação lenta) sobre a superfície. As carepas são óxidos de ferro na forma de  $Fe^{2+}$  ( $FeO$  – Wustita) e  $Fe^{3+}$  ( $Fe_2O_3$  – Hematita).

Em algumas empresas, este produto quando bem selecionado pode ser consumido na Sinterização como substituição a minérios de ferro, mas tem restrição por elevar o teor de  $FeO$  do sinter, o que é restritivo no alto-forno (menor redutibilidade).<sup>(6)</sup>

Existe uma grande quantidade, que devido sua contaminação não é possível seu consumo, principalmente quando um dos contaminantes é o óleo, pois poderá na sinterização provocar acidente nos precipitadores eletrostáticos.

O produto obtido do beneficiamento por DUS<sup>[3]</sup> é limpo e permite que a carepa possa ser consumida em Aciaria, o que eleva seu valor agregado, uma vez que estará reduzindo a necessidade de compra de sucata.

## 2 RESULTADOS OBTIDOS

### 2.1 - Análise dos dados da aciaria da VMB

Os resultados estatísticos dos dados do gusa carregados nas operações com consumo e sem consumo de carepa na carga no conversor LD, são mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados do gusa nas operações com e sem carepa na carga metálica do conversor LD da VMB.

		<b>DADOS GUSA</b>			
		<b>C Gusa</b>	<b>P Gusa</b>	<b>Si Gusa</b>	<b>Temperat . Gusa</b>
		<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>°C</b>
<b>CARGA METÁLICA COM CAREPA</b>	<b>Média</b>	4,39	0,087	0,62	1.276,44
	<b>Desvio</b>	0,06	0,004	0,13	11,83
	<b>Máximo</b>	4,53	0,096	0,82	1.301,00
	<b>Mínimo</b>	4,05	0,081	0,40	1.230,00
<b>CARGA METÁLICA SEM CAREPA</b>	<b>Média</b>	4,43	0,085	0,63	1.291,58
	<b>Desvio</b>	0,08	0,003	0,11	29,14
	<b>Máximo</b>	4,61	0,093	0,91	1.348,00
	<b>Mínimo</b>	4,18	0,079	0,21	1.209,00
<b>VARIAÇÃO MÉDIA (%)</b>		<b>-0,78</b>	<b>2,18</b>	<b>-1,86</b>	<b>-1,17</b>

Verifica-se nesta tabela, que não houve variação de qualidade do gusa utilizado na operação com carepa, como na operação sem carepa. Verifica-se que mesmo sendo pequena a variação, os valores de fósforo (P) e temperatura do gusa na operação com carepa foi ligeiramente superior.

Os resultados estatísticos dos dados da carga utilizada nas operações com consumo e sem consumo de carepa no conversor LD, são mostrados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Dados das cargas utilizadas nas operações com e sem carepa no conversor LD. <sup>(7)</sup>

		DADOS CARGA DO CONVERSOR												
		Carepa 74% Fe	Participa ção Carepa	Sucata Preta 80% Fe	Gusa Sólido 95% Fe	BenAC 60% Fe	Minério 60% Fe	Peso Ligas Adicionada	FeSi-75 25% Fe	Sucata Carregada s/ Adição	Gusa Carregado 95% Fe	Peso Aço Real	Carga Total FeT	Rend. Global
		kg	%	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	t	kg	%
CARGA METÁLICA COM CAREPA	Média	1.855	2,29	792	3.589	1.569	114	1.566	95	5.897	65.619	74,39	76.250	97,56
	Desvio	265	0,33	990	1.098	775	114	186	67	1.719	1.573	1,03	537	0,74
	Máximo	2.120	2,62	2.900	5.530	3.070	400	1.759	256	8.898	68.200	76,10	77.358	99,19
	Mínimo	1.590	1,95	0	0	0	0	866	0	1.770	62.500	72,40	75.096	95,89
CARGA METÁLICA SEM CAREPA	Média	0	0,00	138	4.618	1.653	176	1.790	112	7.725	65.048	75,32	76.933	97,90
	Desvio	0	0,00	243	725	763	160	93	86	1.131	1.398	0,70	365	0,84
	Máximo	0	0,00	2.050	5.720	3.180	714	1.961	270	12.537	69.100	76,90	78.528	99,32
	Mínimo	0	0,00	0	1.200	0	0	1.345	0	4.339	60.100	71,90	75.950	93,46
VARIACÃO MÉDIA (%)				471,81	-22,27	-5,08	-35,27	-12,52	-15,56	-23,66	0,88	-1,22	-0,89	-0,34

### 3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Carga metálica do conversor LD da VMB é composta de gusa carregado 95% Fe (gusa líquido), gusa sólido 95% Fe, sucata carregada sem adição (sucata limpa - própria), sucata preta 80% Fe (Sucata beneficiada de escória de aciaria - adquirida), BenAC 60% Fe (Sucata beneficiada de escória de aciaria - própria), minério de ferro 60% Fe, FeSi 25% Fe, ligas adicionadas e neste teste a carepa 74% Fe.

Nas operações de carga do conversor LD, que envolveram a operação com adição de carepa ou operação sem adição de carepa, pode-se verificar na tabela 2 que a carepa substituiu a sucata limpa e gusa sólido, ou seja, o material com maior teor de ferro da carga. Também na operação com adição de carepa na carga houve maior adição de sucata preta. Esta última sucata, por apresentar teor de fósforo mais alto, propiciaria uma elevação do fósforo no aço ou necessidade de resopro. A participação menor do minério de ferro na operação com adição de carepa, não influenciou significativamente nos resultados, principalmente por ser pequena sua

participação na carga metálica, como exemplo da corrida 62132, em que houve uma participação elevada de minério de ferro na carga metálica junto com a carepa, não alterando o resultado final da corrida.<sup>(7)</sup>

Quanto ao gusa carregado, conforme tabela 1, referente aos dados de qualidade química e de temperatura do gusa líquido, pode-se notar que os parâmetros químicos, teor de carbono, fósforo e silício, que são os de maiores interesse nesta pesquisa, não sofreram alterações significativas, tanto na operação com adição de carepa na carga metálica, como na operação sem adição de carepa na carga metálica.

A temperatura do gusa líquido carregado, apesar de os valores serem próximos, verifica-se que na operação com adição de carepa na carga metálica a temperatura média foi menor em 15,15°C, quando relacionada com a temperatura na operação sem adição de carepa na carga metálica. Tal fato poderia apresentar problemas operacionais, quando adicionasse a carepa no banho, pois roubaria calor para efetivar sua redução, reduzindo mais ainda a temperatura.

### 3.1 Comparativo do rendimento metálico global

Para o cálculo do rendimento global foi considerado todos os materiais que contêm ferro como carga metálica. Obteve uma variação de -0,34% entre a operações de carregamento da carga metálica com carepa e operações de carregamento da carga metálica sem carepa. Portanto houve uma perda metálica muito pequena, a qual pode ser considerada desprezível. Na Figura 1, verifica-se que o rendimento global de aço, não varia significativamente, com o carregamento da carepa na carga metálica do conversor LD da VMB.

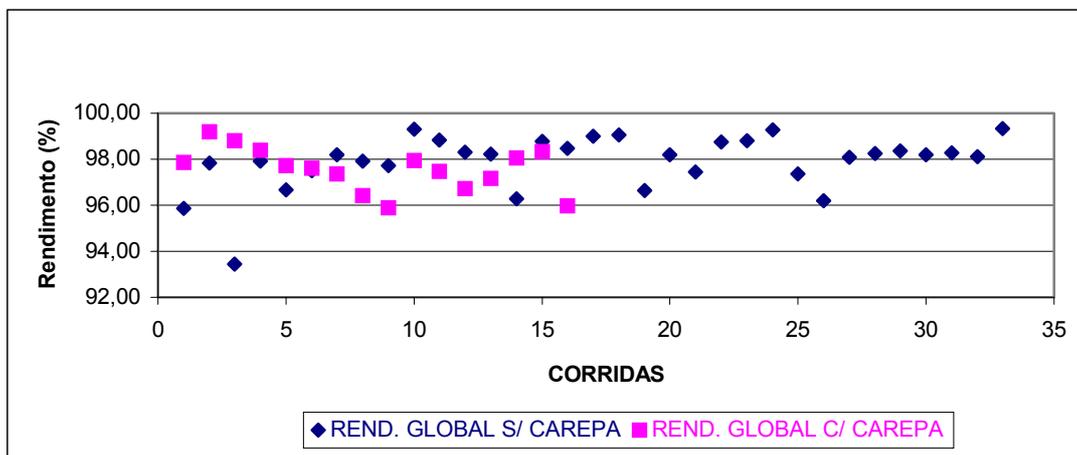
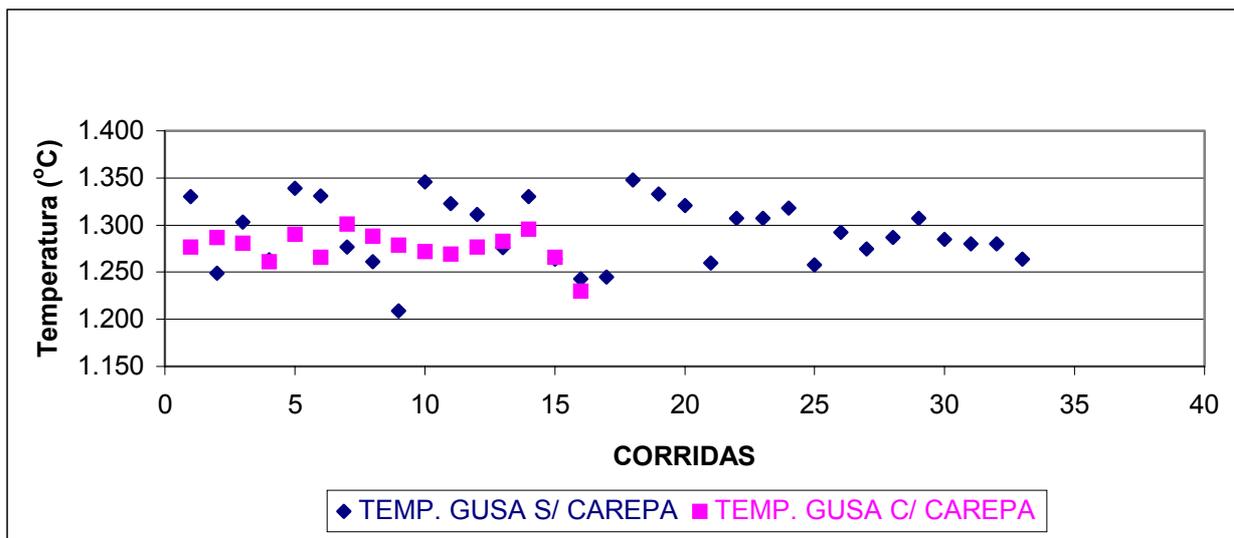


Figura 1. Gráfico do rendimento do aço x carga metálica no conversor LD da VMB.

### 3.2 Comparativo da temperatura do gusa

Pode-se verificar na Figura 2, que não há variações significativas da temperatura do gusa nas operações com e sem carepa no conversor LD da VMB. Em valores médios, foi observado uma queda de 15°C na temperatura do gusa quando se carregou carepa.

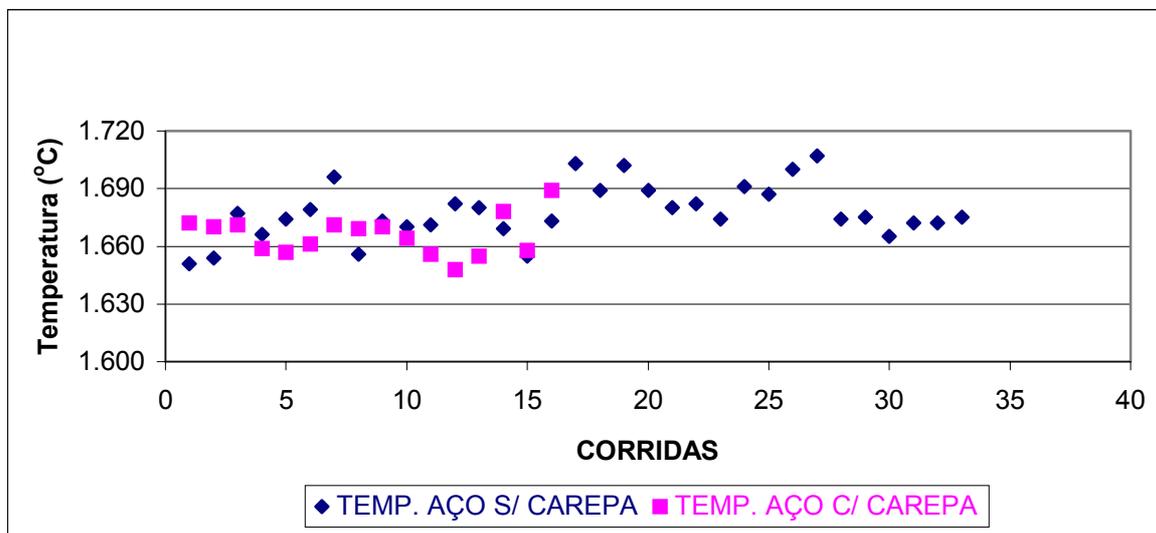


**Figura 2.** Gráfico da temperatura do gusa no conversor LD da VMB.

O fato de a temperatura do gusa estar mais baixa quando se carrega carepa certamente deve influenciar na taxa de desfosforação positivamente.

### 3.3 Comparativo da Temperatura do Aço

A Figura 3 mostra que não há variações significativas da temperatura do aço nas operações com e sem carepa no conversor LD da VMB. Em valores médios, todavia, houve uma redução de 12°C na temperatura de fim de sopro, acompanhando a variação observada na temperatura do gusa.



**Figura 3.** Gráfico da temperatura do aço no conversor LD da VMB.

### 3.4 Comparativo do fósforo no gusa

A Figura 4, evidenciou que não há variações significativas do fósforo no gusa nas operações com e sem carepa no conversor LD da VMB.

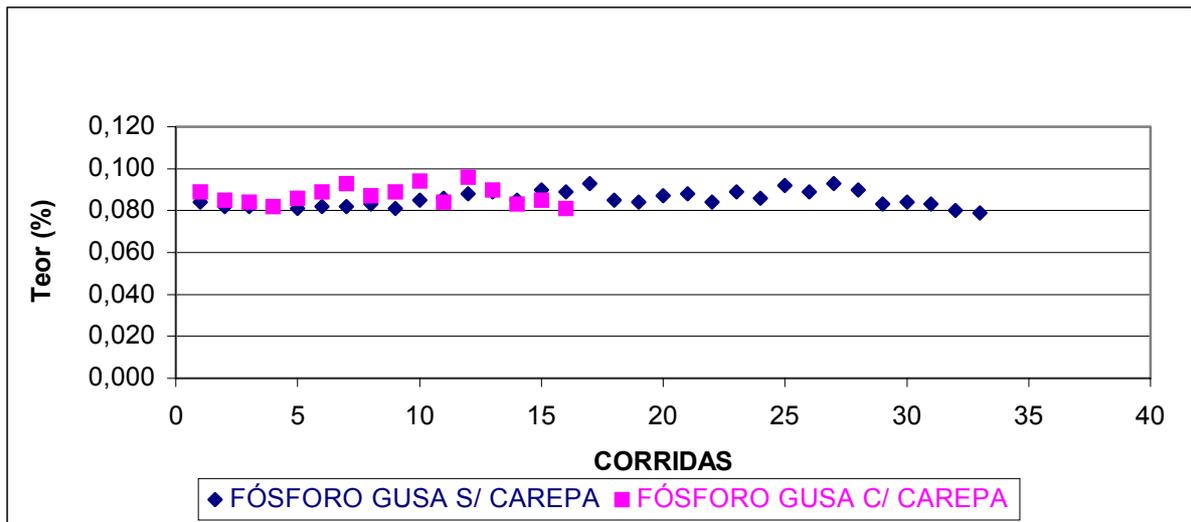


Figura 4. Gráfico do fósforo no gusa no conversor LD da VMB.

### 3.5 Comparativo do fósforo no aço

A Figura 5 mostra que não há variações significativas do fósforo no aço nas operações com e sem carepa no conversor LD da VMB, sendo que foi observado que o teor médio de fósforo reduziu de 180 ppm para 80 ppm, quando se carregou carepa no LD.

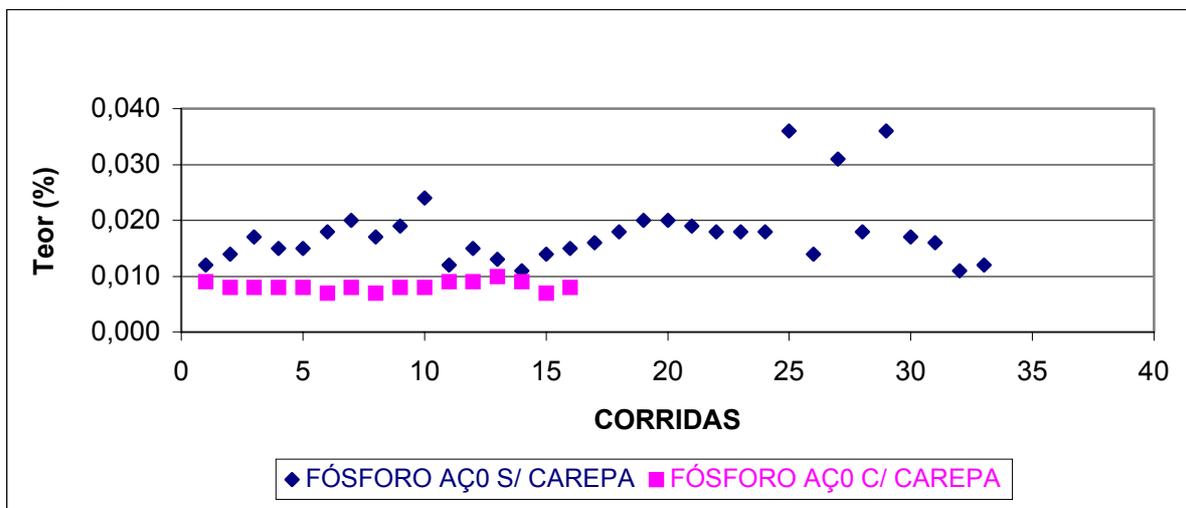


Figura 5. Gráfico do fósforo no aço no conversor LD da VMB.

Ficou demonstrado que o teor de fósforo médio do aço reduziu-se graças à redução na temperatura do gusa e considerando que houve um deslocamento da composição química da escória no sentido de aumentar o teor médio de FeO, isto colaborou no sentido de facilitar a desfosforação conforme ilustra a Figura 6.

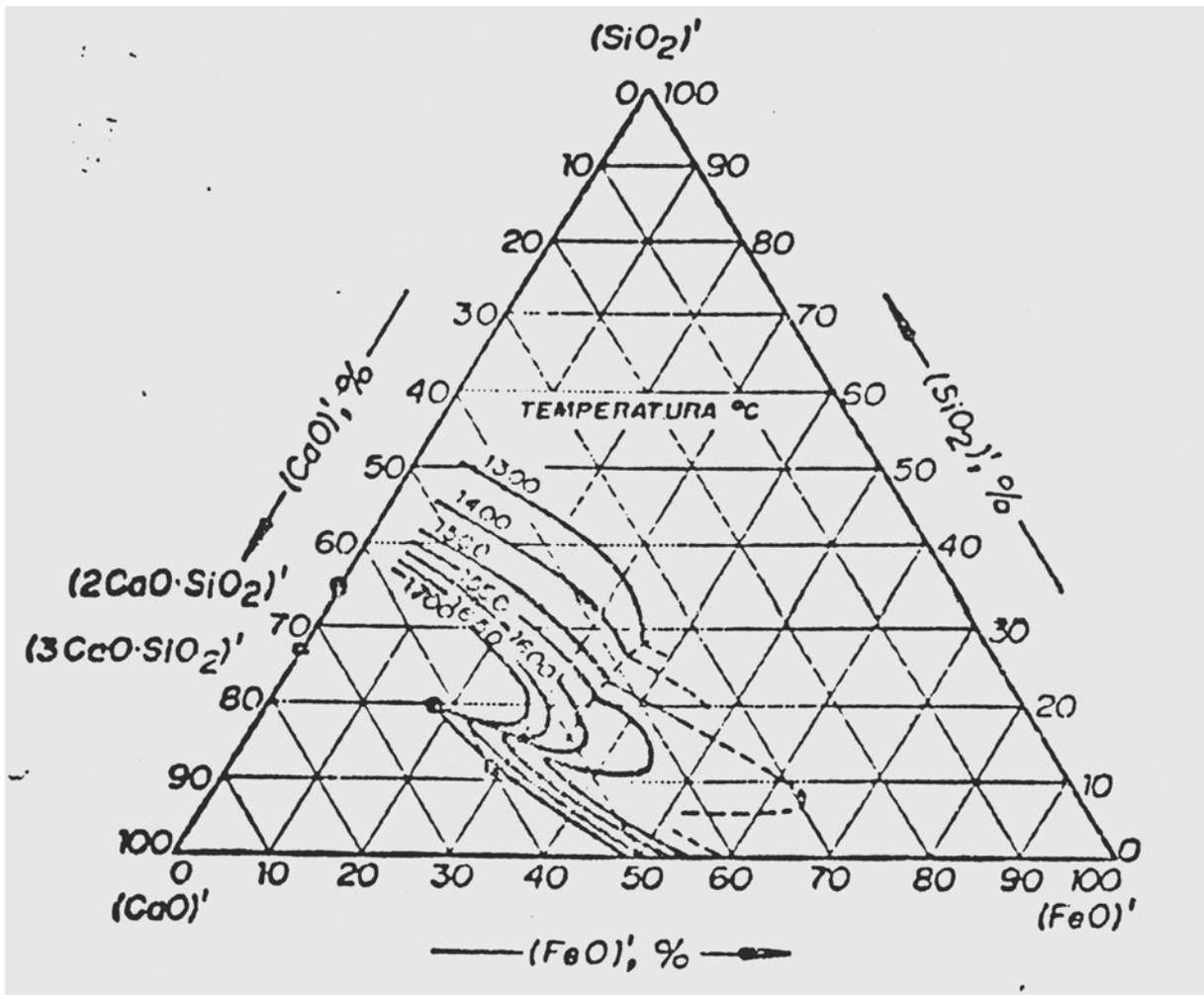


Figura 6. Diagrama ternário CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO. <sup>(8)</sup>

#### 4 CONCLUSÃO

O percentual de 2,5% de carepa na carga do conversor LD da VMB não afetou a temperatura final do aço nem o rendimento do aço com a carga metálica.

O resultado apresentado foi à redução no teor de fósforo nas corridas que tiveram a carepa em sua carga metálica, reduzindo o teor de fósforo de 180 para 80 ppm.

A lama oleosa, na condição proposta, se transforma de resíduo em uma matéria prima de elevado valor agregado.

#### Agradecimentos

A UFOP, Fundação Gorceix e VMB pelo apoio no desenvolvimento do projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 TAKANO, C.; DEODORO, J. T. C.; NASCIMENTO, R. C.; MOURÃO, M. B.; LENZ, G. e MARTINS, D. S. A reciclagem de resíduos siderúrgicos sólidos. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REUSO/RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS, 2000, São Paulo. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000
- 2 AUMÔNIER, J.; JUCKES, L.M.; TRAICE, F.B. In: SEMINÁRIO SOBRES PROCESSAMENTO, UTILIZAÇÃO E DESCARTE DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA, 1996, Balatonszépplak, Hungria. S.l.: British Steel Public Limited Company, 1996.
- 3 SOUZA, E.L.; OLIVEIRA, C.P.; GOMES, J.E.L.; ARAÚJO, F.G.S. **Estudo e desenvolvimento de um processo de tratamento de resíduos siderúrgicos através da técnica de desagregador ultra-sônico**. 2003. Tese (Doutorado – Rede Temática em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003.
- 4 SILVA, J. R. G.. Reciclagem e substituição de materiais. **Metalurgia e Materiais**, São Paulo, v. 48, n. 407, p.427-432, jul. 1992.
- 5 ARAÚJO, L. A.. **Manual de siderurgia**. São Paulo: Editora Arte Ciência, 1997. v.1.
- 6 PENIDO, J. N.; HARANO, E. L. e SILVA, M. C.. Consumo de rejeitos industriais em uma sinterização. **Metalurgia e Materiais**, São Paulo, v. 50, n. 429, p. 512-521, mai.1994.
- 7 GOMES, O.C.B. **Estudo da aplicação de carepa gerada em processos siderúrgicos e tratada por processo de desagregador ultra-sônico**. 2003, 100p. Dissertação (Mestrado – Rede Temática em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003.
- 8 SLAG Atlas. Germany: VDEH, 1981.

# OBTAIN RESULTS ON UTILIZATION OF TREATED SCALE BY ULTRA-SONIC DISAGGREGATION PROCESS ON BOF AT VMB

*Olídio Carlos Blanc Gomes  
Álvaro Martins Junior  
Adriano Ferreira da Cunha  
Gerson de Araújo Filho  
Paulo Santos Assis*

## **Abstract**

In this paper, are some results shown in using treated scale mill by ultra-sonic disaggregation process into LD converter, where operational condition by using scale mill were evaluate technical and economical feability for using treated scale mill by DUS process into steelmaking on oxygen have been demonstrated. It has been presented comparative data of some steel parameters with/without scale mill in the charge. A comparison of operation by loading of the metalic burden with scale mill and operation loading of the metalic burden without scale mill have been made. It was concluded: that till 2,5% of substitution of scale mill by scale mill does not affect steel temperature neither steel yield with metalic burden. There was still a redution in phosphorus content in casting, when scale mill was usual.

**Key-words:** scale mill, LD converter, obtained results.