

# DESSULFURAÇÃO DO AÇO NO PROCESSO CAS-OB DA ACIARIA 2 DA USIMINAS <sup>(1)</sup>

Sérgio Luiz de Souza Costa<sup>(2)</sup>  
Túlio Carvalho da Silva Araújo<sup>(3)</sup>  
Emércio Batista Campos<sup>(4)</sup>

## RESUMO

O processo CAS-OB foi um investimento realizado na Aciaria 2 da Usiminas com o objetivo de promover o estreitamento das faixas de composição química do aço. Pratica-se também a dessulfuração de aço a fim de flexibilizar e aumentar a produtividade da Aciaria. É descrita a metodologia para controle da composição química da escória que permite a viabilização do tratamento de dessulfuração do aço.

Através do controle da composição química da escória de panela, antes do início do tratamento, obtém-se atualmente aços com teores de enxofre inferiores a 0,004%, aliados a uma elevada limpidez. Esses resultados são obtidos em aços acalmados ao alumínio e alumínio e silício.

**Palavras-chave:** processo CAS-OB, dessulfuração, limpidez de aço.

---

(1) Contribuição Técnica ao XXXV Seminário de Fusão, Refino e Solidificação dos Metais da ABM, 17 a 19 de maio de 2004; Salvador; BA.

(2) Membro da ABM, Engenheiro Metalurgista, Dr., Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Usiminas; Ipatinga-MG.

(3) Membro da ABM, Técnico Metalurgista, Departamento de Aciaria da Usiminas; Ipatinga-MG.

(4) Membro da ABM, Engenheiro Metalurgista, M.Sc., Divisão Técnica de Aciaria da Usiminas; Ipatinga-MG.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de aço vem apresentando, nos últimos anos, ênfase crescente na qualidade, exigindo teores residuais e faixas de composição química cada vez mais estreitas. Com o objetivo de manter-se tecnologicamente atualizada, a Usiminas adquiriu novos equipamentos de metalurgia secundária e realizou melhoramentos no processo de refino primário dos aços. Entre esses novos equipamentos, a Usiminas instalou uma estação dupla de ajuste de composição química e temperatura do aço (CAS-OB)<sup>(1)</sup>.

O processo CAS-OB consiste na criação de uma região livre de escória protegida por um *snorkel* de refratário, onde são feitas adições de ligas e controle de temperatura. Nessa região, borbulha-se argônio através de plugue poroso para acelerar a dispersão das ligas adicionadas no banho metálico.

A figura 1 apresenta um esquema do processo CAS-OB com suas principais funções.

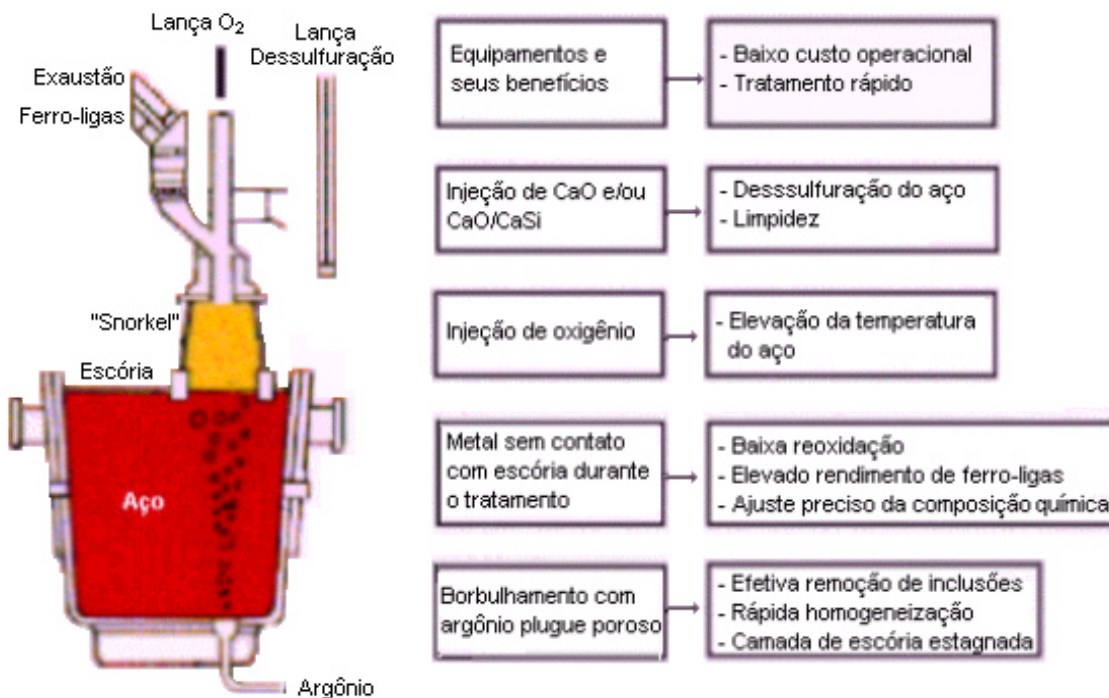


Figura 1 - Processo CAS-OB com suas principais funções metalúrgicas<sup>(1)</sup>.

## 2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

No processo CAS-OB, o controle da composição química da escória de panela antes do início do tratamento de dessulfuração do aço é de fundamental importância, uma vez que agiliza o tratamento, evitando reaquecimento e adições complementares no processo. Para se fazer a estimativa da composição química da escória, desenvolveu-se um balanço de massa levando em conta a passagem de escória de refino primário e os óxidos formados na desoxidação do aço.

A dessulfuração de aço ocorre na interface escória–metal, sendo as características físico-químicas da escória muito importantes para o desempenho do tratamento. A região destacada na figura 2 representa a composição química visada para a escória no final do tratamento de dessulfuração do aço. O problema é prever corretamente a composição da escória antes do tratamento, com o objetivo de ajustá-la dentro da referida região, se necessário, através de adições, tornando-a mais adequada ao tratamento de dessulfuração de aço.

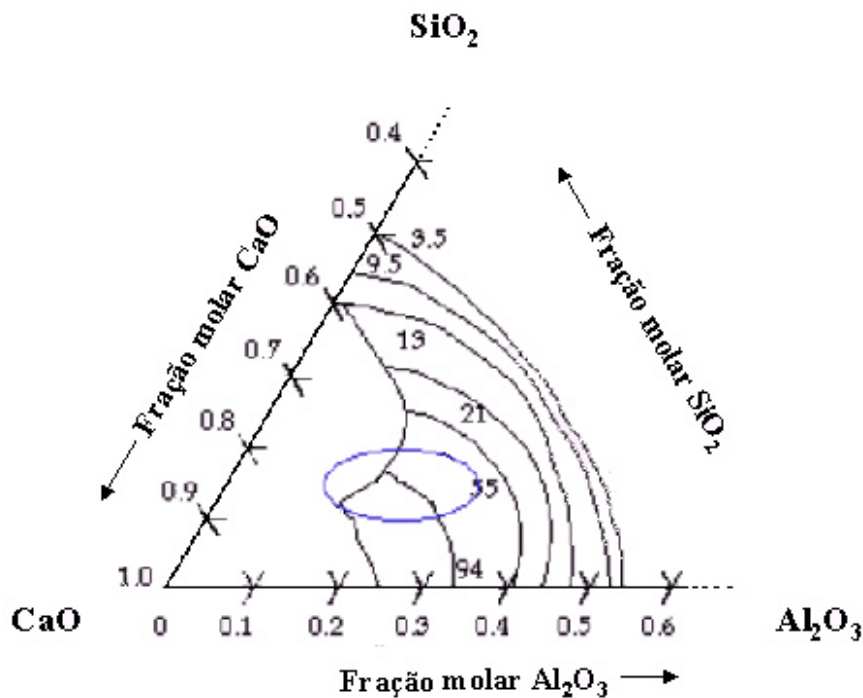


Figura 2 - Capacidade de enxofre da escória em função de sua composição química<sup>(1,2)</sup>.

Um modelo para a previsão da composição inicial da escória de panela foi ajustado e implantado para uso no tratamento de dessulfuração do aço no processo CAS-OB. Com base nessa previsão é avaliada a necessidade de adições complementares no início do tratamento.

Num primeiro momento foi feito um acompanhamento geral no processo CAS-OB com o objetivo de ajustar o balanço de massa para previsão da composição química da escória antes do tratamento. Avaliou-se os seguintes itens:

- condições de funcionamento do plugue poroso e os procedimentos utilizados para injeção de argônio no aço líquido;
- tipo de agente dessulfurante injetado durante o tratamento do aço líquido;
- frequência e extensão da quantidade de alumínio utilizada para aquecimento;

- avaliação das faixas de composição química de escória inicial e final de tratamento de dessulfuração de aço.

Uma vez ajustado o balanço de massa, programou-se o acompanhamento das corridas experimentais em três experimentos, variando as adições de fundentes na panela durante o vazamento do aço, conforme tabela 1.

Tabela 1- Adições na panela durante o vazamento.

Experi- mento	Cal (kg)	Fluorita (kg)	Alumina (kg)	Alumínio (kg)	Número de corridas
1	1500	-	-	-	6
2	2000	-	-	-	6
3	2400	100	100	50	12

O objetivo era reduzir as adições de cal no processo CAS-OB, promovendo uma composição química e volume da escória adequados ao tratamento de dessulfuração. Durante o tratamento foi injetada uma mistura cal e fluorita como agente dessulfurante.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Ajuste de escória para dessulfuração de aço

O aço foi desoxidado no vazamento. A presença da fluorita contribui para quebrar as ligações entre os átomos de cálcio e oxigênio da cal e acelerar a formação da escória o que é muito benéfico ao tratamento de dessulfuração.

O maior poder de desoxidação do cálcio contribui para manter o teor de oxigênio dissolvido em níveis muito baixos. A cal, devido ao seu elevado ponto de fusão, possui uma ação mais lenta e não tem capacidade de desoxidação. Além disso, quando a cal é adicionada no CAS-OB, é necessária a injeção de oxigênio para aquecimento, o que é bastante prejudicial ao tratamento, acarretando um maior tempo de tratamento.

A adição de cal durante o tratamento de dessulfuração de aço no processo CAS-OB pode ser reduzida se a composição de escória de cobertura estiver ajustada dentro de faixas adequadas, antes do início do tratamento. Assim, o balanço de massa é calculado de forma que a composição de escória prevista seja conhecida antes do início do tratamento, possibilitando a correção da escória de panela em tempo hábil. Se a composição estiver adequada ao processo, evita-se adição desnecessária de fundentes<sup>(3)</sup>.

As figuras 3 e 4 mostram o comportamento da composição química da escória nas três condições experimentais estudadas. Na etapa 3, obteve-se a composição desejada no final do tratamento (como indicada na figura 2).

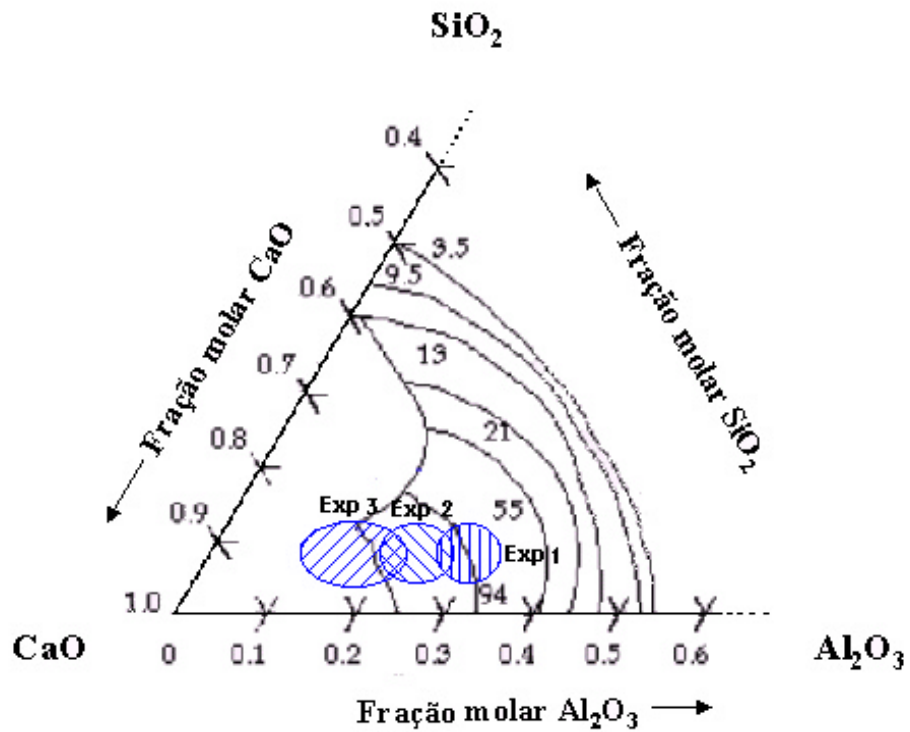


Figura 3 - Composição química da escória antes do tratamento no CAS-OB.

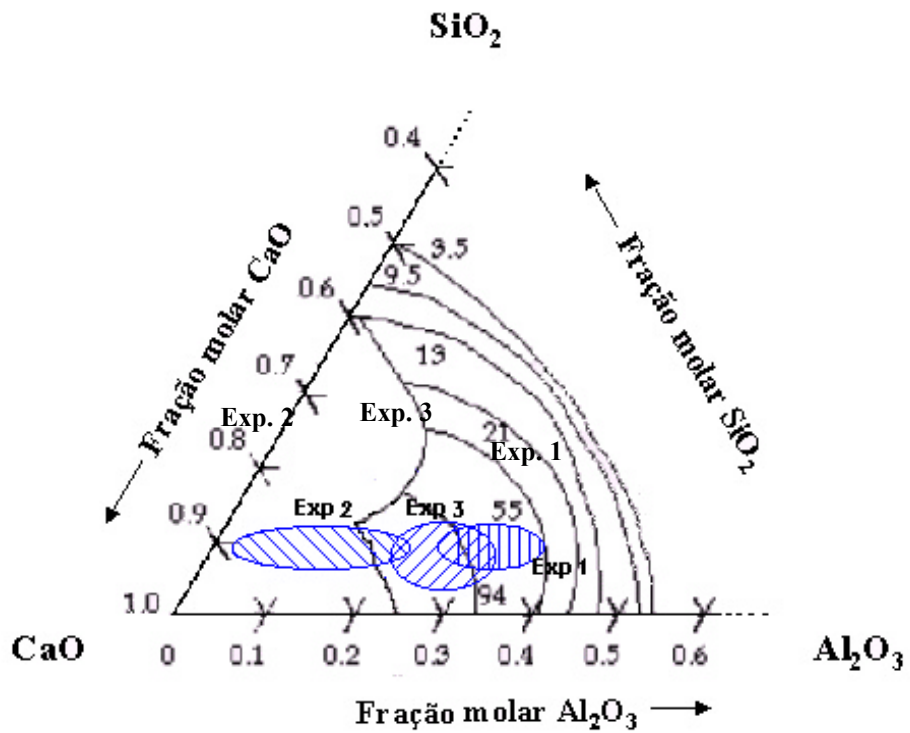


Figura 4 - Composição química da escória após o tratamento no CAS-OB.

Além da composição química, analisou-se também o comportamento da oxidação da escória, verificando-se uma redução dos teores de MnO e Fe total, figura 5. Essa redução da oxidação da escória, juntamente com o ajuste da composição química, em termos de CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, contribuíram decisivamente para os resultados de dessulfuração obtidos no experimento 3.

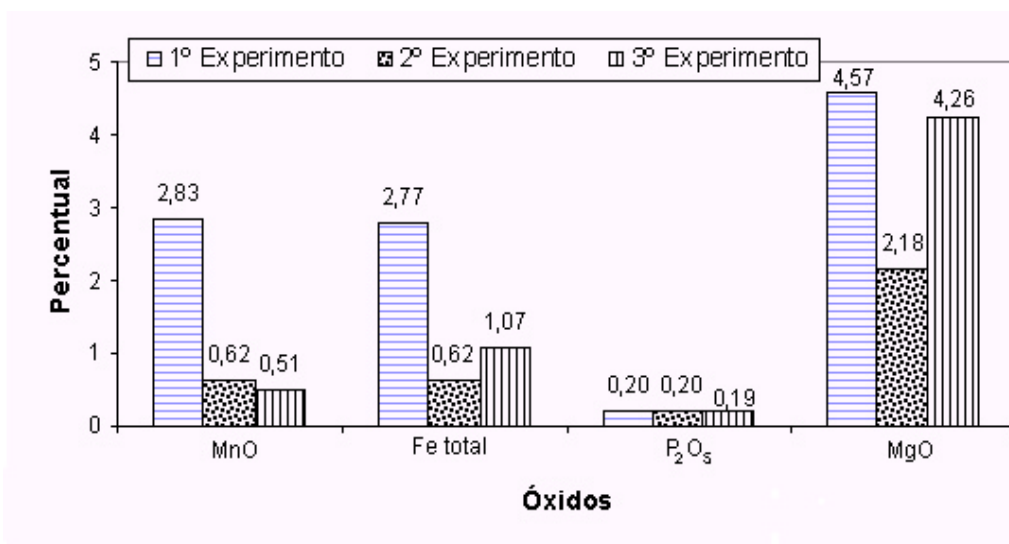


Figura 5 - Oxidação das escórias e teores de MgO.

### 3.2 Resultados Metalúrgicos

O ajuste da composição química e volume de escória permitiu obter resultados de dessulfuração de aço consistentes no processo CAS-OB, além de reduzir a quantidade e frequência de adição de cal durante o tratamento do aço líquido. Embora resultados semelhantes de dessulfuração de aço tenham sido obtidos tanto em aços acalmados ao alumínio quanto em acalmados ao alumínio e silício, apresentam-se somente os resultados de dessulfuração em aços acalmados ao alumínio, pois tais aços apresentam condições metalúrgicas menos favoráveis à dessulfuração.

Nos experimentos 1 e 2, a dessulfuração do aço foi desprezível. Devido à pequena adição de cal no vazamento, foi necessária uma adição complementar durante o tratamento no CAS-OB para ajustar a composição da escória. Isso dificultou a dissolução de CaO no tempo disponível para o tratamento, comprometendo os resultados de dessulfuração.

No experimento 3, após ajuste da composição química da escória, obteve-se resultados mais consistentes. Uma vez definida a situação ideal, realizou-se nove corridas nas quais o teor de enxofre visado era inferior a 0,015%. Após estabilização dos resultados, obteve-se taxas de dessulfuração da ordem de 70%, partindo-se de teores iniciais de enxofre variando entre 0,007 e 0,016% (tabela 2). A presença da fluorita desempenhou um papel fundamental ajudando a fluidificar a escória, acelerando assim, o início da interação escória metal. Pode-se ver que só foi necessária adição complementar de cal em um caso. A adição de 500 kg de cal

foi calculada pelo modelo desenvolvido, pois a escória de panela antes do tratamento não estava dentro da composição química desejada.

Tabela 2 – Resultados de dessulfuração de aço no processo CAS-OB.

Tratamento	Injeção de Cal/CaF <sub>2</sub> (kg)	Adição de Cal (kg)	Enxofre (%x10 <sup>3</sup> )	
			Inicial	Final
1	494	0	7	2
2	494	0	10	4
3	476	0	8	4
4	489	0	16	7
5	487	0	11	3
6	491	500	11	4
7	484	0	9	2
8	409	0	8	3
9	480	0	13	2
<b>Média</b>	<b>478</b>	-	<b>10</b>	<b>3</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>27</b>	-	<b>3</b>	<b>2</b>

A figura 6 apresenta o resultado global de limpidez do aço em termos de quantidade de inclusões de alumina e distribuição de tamanho de inclusões. Conforme valores indicados anteriormente<sup>(1)</sup>, os níveis de limpidez foram muito bons, em ambos os aspectos. Embora as condições termodinâmicas sejam menos favoráveis à dessulfuração dos aços acalmados ao alumínio, utilizando-se uma escória de cobertura adequada, foi possível obter resultados de limpidez e teores de enxofre compatíveis com as exigências de qualidade. A utilização das adições indicadas no experimento 3, vai atender plenamente aos objetivos de dessulfurar aços acalmados ao alumínio no processo CAS-OB.

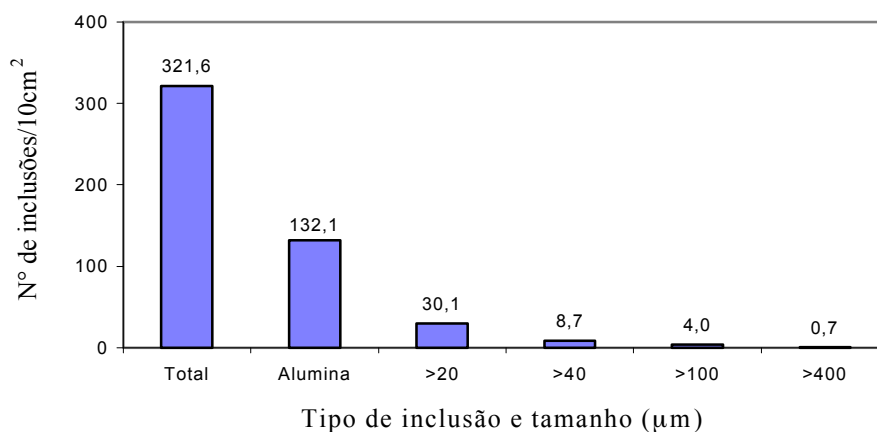


Figura 6 - Distribuição de inclusões na condição otimizada.

## 4 CONCLUSÕES

O ajuste da composição química, do nível de oxidação e da fluidez da escória, permitiu uma redução nos teores de enxofre da ordem de 70%, durante o processamento no CAS-OB.

Os níveis de limpidez obtidos atenderam às especificações, dos pontos de vista de quantidade de inclusões de alumina e de distribuição de tamanho.

O ajuste da composição química da escória reduziu a necessidade de adição de cal durante o tratamento no processo CAS-OB e isso contribuiu para a redução do tempo requerido para o tratamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) CAMPOS, E.B.; VIANA, J.F.; ARAÚJO, T.C. – Entrada em Operação da Estação de Ajuste de Composição Química da Usiminas; XXXIV Seminário de Fusão, Refino e Solidificação; Belo Horizonte, 2003.
- 2) COSTA, S.L.S. e CAMPOS, E.B. - Controle de inclusões de óxido e sulfeto para Lingotamento Contínuo de Placas - Conferência Internacional sobre Dessulfuração e Controle de Inclusões - Volta Redonda - RJ, 1997.
- 3) NÜRNBERG, K. - Slag Atlas - Verlag Stahleisen M. B. H. - Düsseldorf 1981.
- 4) De RUSHA, G.E., ROBINJON, S.W., ARP, J. L., BARTRAN, R.W. - Sequenced Iron Desulfurization by Calcium Carbide / Mg Co-Injection. Steelmaking Conference Proceedings, 1990.
- 5) ELSHAW, J.M., ROBINSON, S.W. - Improved Sequenced Co-Injection Practice for Blast Furnace Hot Metal Desulfurization. Steelmaking Conference Proceedings, 1995.
- 6) IRONS, G.A. - Iron desulphurization using CaC<sub>2</sub>, CaO and Mg. Ironmaking and Steelmaking. Vol. 19, nº.2, 1992.
- 7) IRONS, G.A., GUTHRIE, R.I.L. - The Role of an Intrafacial Product Layer in Magnesium Desulfurization of Molten Iron, Canadian Metallurgical Quarterly, Vol. 21, (4), 1982.
- 8) OKTAY, E., FRUEHAN, R.J. - On the Hot Metal Desulfurization. Steel Research, nº3, 1995.
- 9) CARVALHO, J.L., ASSIS, P.S., FIGUEIRA, R.M., CAMILO, R.D., CAMPOS, V.F. Dados Termodinâmicos para Metalurgistas. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1977.
- 10) FINARDI, J. Revisão dos Processos e dos Reagentes para a Dessulfuração de Ferro Líquido. Conferência Internacional de Dessulfuração e Controle de Inclusões. ABM, Volta Redonda - RJ, 1997.



# STEEL DESSULPHURIZATION IN THE CAS-OB PROCESS IN USIMINAS STEEL SHOP 2<sup>(1)</sup>

Sérgio Luiz de Souza Costa<sup>(2)</sup>  
Túlio Carvalho da Silva Araújo<sup>(3)</sup>  
Emércio Batista Campos<sup>(4)</sup>

## ABSTRACT

The CAS-OB process is a secondary steelmaking facility developed to the promotion of steel chemical composition in a narrow range to flexibilize and increase the steel shop n° 2 productivity. Besides the steel dessulfurization can be succesfully carried out ever since the process parameters are optimized.

By a ladle slag chemical composition control, before dessulfurization treatment, it is obtained a very clean steel with sulfur levels less than 0,004%. These results are obtained both in aluminum and silicon aluminum killed steels.

**Key words:** CAS-OB, dessulphurization, cleanliness.

---

(1) Technical Contribution to the XXXV Seminar of Melting, Refining and Solidification of Metals of Brazilian Metallurgy and Material Society(ABM), May 17-19, 2004; Salvador, BA, Brazil.

(2) ABM Member, Metallurgist Engineer, Dr.; Research and Development Center, Usiminas; Ipatinga, MG, Brazil.

(3) ABM Member, Metallurgist Technique, Usiminas Steel Shop N° 2; Ipatinga, MG, Brazil.

(4) ABM Member, Metallurgist Engineer M.Sc., Steel Shop Technical Division; Ipatinga, MG, Brazil.