

**REFINO DOS AÇOS I EXERCÍCIOS PREPARAÇÃO PARA A 2ª PROVA**  
**Novembro 2009**

1. A **descarburização** do aço ocorre através da reação  $\underline{C} + \underline{O} = \text{CO}$ .
- 1.1 Lembrando do processo de busca de equilíbrio entre o  $\text{CO}_2$  dissolvido em uma bebida gasosa e o  $\text{CO}_2$  contido no ar, discutida em sala, explique quais as barreiras que existem para formar uma bolha de gás no interior de um líquido, a uma certa profundidade.

- 1.2 A Figura ao lado apresenta os resultados de  $\underline{C}$  e  $\underline{O}$  no final do sopro em um conversor com sopro de oxigênio por cima (como LD- curva BOP) e os dados de equilíbrio para 1 atm de  $\text{CO}$ . Os resultados do BOP correspondem a uma “pressão aparente” superior a 1 atm, lembrando que, no equilíbrio:  $\% \underline{C} \% \underline{O} = P_{\text{CO}} K(T)$ . Porque isto deve acontecer?

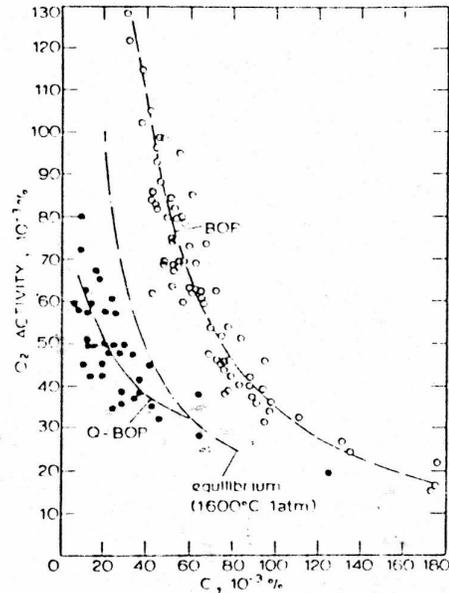
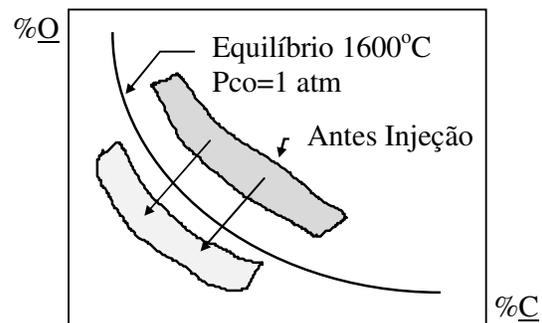


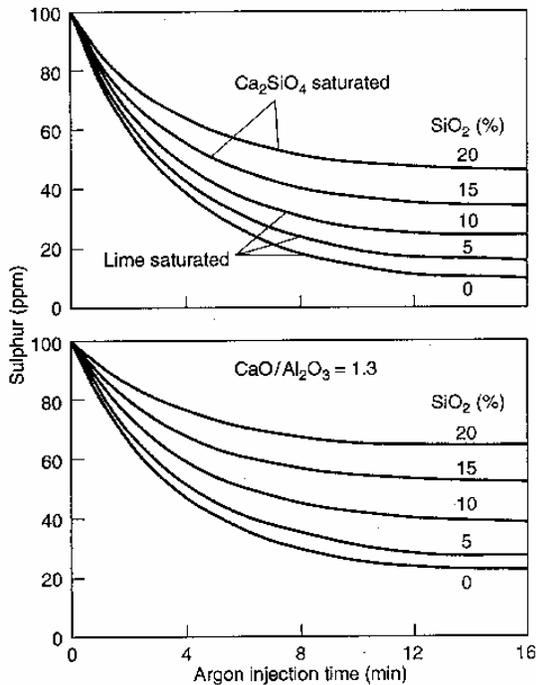
Fig. 3 - Top and bottom blowing processes, low P hot metal : relationship between oxygen activity and carbon content in the steel melt at converter turndown (2)

- 1.3 Na mesma figura, a curva Q-BOP, corresponde a composição de fim de sopro em um conversor em que todo o sopro de oxigênio é feito por baixo do metal. Lembrando o efeito de “soprar em um canudo” dentro de uma bebida gasosa, explique porque esta curva fica abaixo do equilíbrio com 1 atm de  $\text{CO}$ .
- 1.4 Supondo que produzíssemos o mesmo aço (mesmo teor de C no fim de sopro) em um conversor Q-BOP e em um conversor LD (BOP) qual dos dois precisaria de mais Alumínio para desoxidá-lo até o mesmo teor de oxigênio final? Porque?
- 1.5 F. Schleimert e co-autores (Iron & Steel Eng. 1981, dec. 1981) fizeram experiências com injeção de gás inerte pelo fundo de um conversor, no metal líquido após o fim de sopro no conversor LD. As figuras abaixo apresentam os resultados obtidos para  $\underline{C}$  vs.  $\underline{O}$ . a) Explique (termodinâmica/ cinética/ modelo de reações no conversor) a variação do produto  $\underline{C} \times \underline{O}$  antes e depois da injeção do gás inerte, bem como a posição relativa ao equilíbrio com  $P_{\text{CO}}=1$  atm a  $1600^\circ\text{C}$ .



2. Turkdogan modelou a desulfuração por escória em panela, obtendo os resultados abaixo: Estes resultados foram obtidos supondo que o transporte de enxofre no metal controla o processo de de-S.
  - a) Descreva TODAS as etapas cinéticas que podem influenciar o processo de remoção do enxofre do aço neste caso.
  - b) Supondo, como Turkdogan que o transporte no metal controla a remoção de enxôfre, formule a equação de fluxo de enxôfre.

**REFINO DOS AÇOS I EXERCÍCIOS PREPARAÇÃO PARA A 2ª PROVA**  
**Novembro 2009**



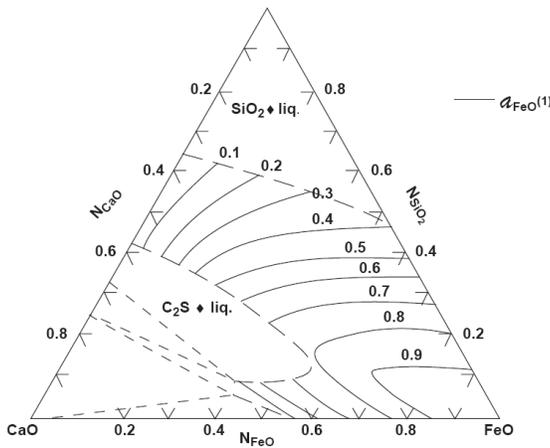
c) Suponha que você conhece a razão de distribuição do enxofre entre escória e metal

$$L_S = \frac{(\%S)_{escoria}}{\%S}$$

para todas as escórias testadas. Para uma dada escória, formule um balanço de massa de enxofre para o metal e para a escória, de modo a obter a variação do teor de enxofre do banho em função do tempo. Assuma que  $L_S$  é constante para esta escória e que o peso de metal e de escória são conhecidos, assim com a área de interface metal/ escória e o coeficiente de transporte de massa do enxofre no metal.

d) Lembrando que a desulfuração pode ser descrita por  $\underline{S} + \underline{O}^{2-} = \underline{S}^{2-} + \underline{O}$  explique porque as curvas tem diferentes posições em função do teor de sílica da escória.

e) Qual a limitação do uso de um  $L_S$  constante?



3. O diagrama CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO mostra as linhas de mesma atividade do FeO a 1600°C, em função da composição.

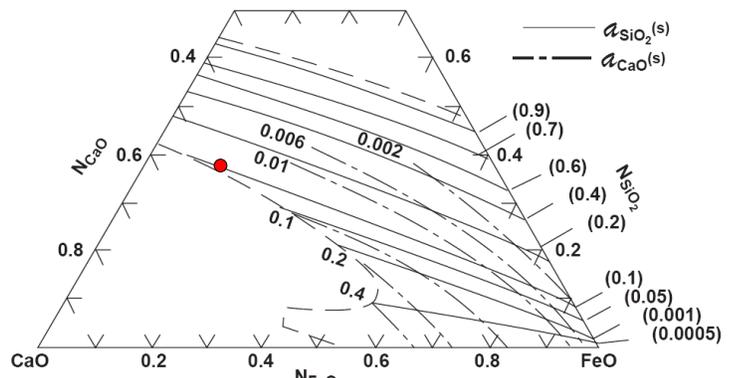
3.1 Supondo que desejamos ter a menor quantidade de FeO na escória possível, é importante controlar a basicidade da escória? Existe uma região de basicidade em que a atividade do FeO é mais alta, para uma mesma quantidade de FeO na escória? Qual região?

4. Suponha que a escória de um conversor possa ser representada pelo PONTO marcado no diagrama CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO abaixo. O aço produzido no conversor tem 0,06% C e, nas condições de fim de sopro do seu

conversor, obtém-se a curva  $\%C\%O = 28 \times 10^{-4}$ . Sabendo que os cálculos de equilíbrio, para esta temperatura, para a reação  $\underline{Si} + 2 \underline{O} = \underline{SiO}_2$

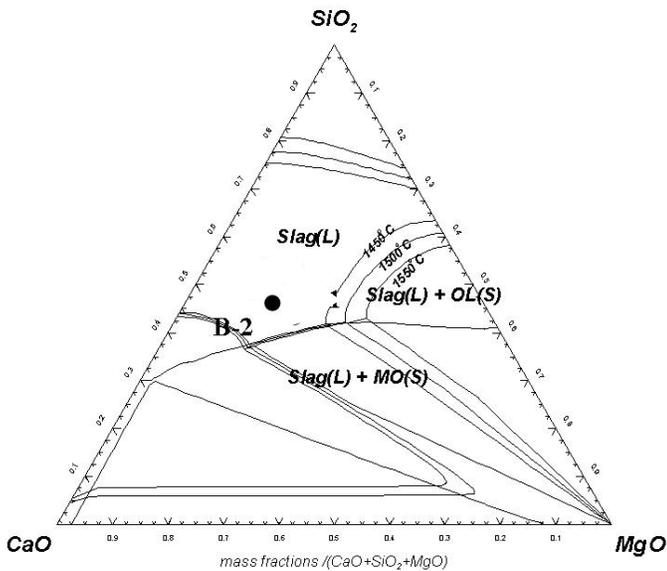
$$\frac{\%Si\%O^2}{a_{SiO_2}} = 2,7 \times 10^{-5}$$

Explique se é razoável, no balanço de massa do conversor, considerar que o teor de silício do aço é, aproximadamente, zero.



**REFINO DOS AÇOS I EXERCÍCIOS PREPARAÇÃO PARA A 2ª PROVA**  
**Novembro 2009**

**CaO-SiO<sub>2</sub>-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**  
**10wt% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**



5. Sang-Chae Park (2008) analisou, em sua tese de doutorado, a cinética de dissolução de partículas de MgO em escórias. No diagrama, está indicada a composição de uma das escórias.

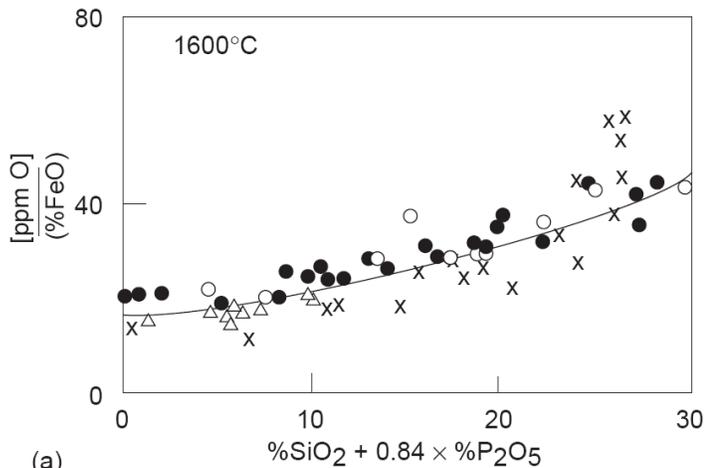
5.1 De forma simplificada, seria possível estimar uma composição química do líquido na interface em equilíbrio com uma partícula de MgO? (Considere, aproximadamente, que a escória irá se enriquecendo apenas em MgO, quando o MgO se dissolve.)

5.2 Os resultados de Park indicaram que o processo é controlado pela cinética da reação de dissolução, e não pelo transporte! Lembrando que o ponto de fusão do MgO é 2852 °C e que os experimentos foram realizados a 1500 °C, você poderia explicar porque, neste caso, a cinética de um processo siderúrgico é controlada pela reação química?

6. Para aumentar a espessura da camada de escória em fornos elétricos tem sido usada “escória espumante”. Para que a escória espume, é preciso injetar um material que contenha carbono (coque, grafita, etc.) em uma escória oxidada, rica em FeO.

6.1 Qual deve ser a reação que ocorre para que a escória espume, isto é, para que se forme um gás no interior da escória?

7. A Figura apresenta a relação entre o teor de oxigênio dissolvido no aço, no fim de sopro de um conversor e o teor de FeO da escória, em função da composição da escória (supondo que o “resto” é CaO).



7.1 Qual o equilíbrio termodinâmico que permite calcular alguma relação entre FeO na escória e oxigênio dissolvido no aço?

7.2 Porque a variação da composição química da escória tem efeito sobre a relação entre

$$\frac{\text{ppm O}}{\% \text{FeO}} \quad \text{ou} \quad \frac{\% \text{O}}{\% \text{FeO}} ?$$

(a)