

Influência da Composição Química da Escória na Partição do Fósforo em Fornos Elétricos a Arco

LISANDRA F. KROTH; DEISI VIEIRA; WAGNER V. BIELEFELDT; ANTÔNIO C. F. VILELA.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

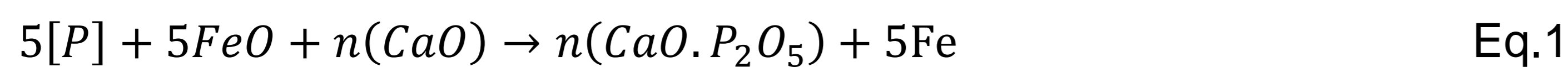
A redução do teor de fósforo no aço tornou-se um requisito fundamental no processo de fabricação de aços.

Mesmo em quantidades pequenas, o fósforo causa a redução da ductilidade, da tenacidade, além da fragilização no tratamento térmico de têmpera, devido a sua facilidade em segregar em contornos de grão.

Portanto, a desfosforação é uma importante etapa no refino do aço. Em usinas siderúrgicas semi-integradas, esse processo ocorre no forno elétrico a arco (FEA).

Termodinamicamente, nas condições oxidantes do FEA, não é possível remover o fósforo do banho pela oxidação direta com o oxigênio. O composto formado (P_2O_5) é instável nas temperaturas de operação, e pode reverter facilmente para o banho metálico.

Para evitar tal reversão é necessária a formação de uma escória rica em CaO, uma vez que a cal diminui a atividade do pentóxido de fósforo. O teor de FeO também possui um papel fundamental na desfosforação. Além de ser um parâmetro de oxidação da escória, o FeO atua na dissolução da cal por efeito de suas propriedades fluxantes. Segue a reação de desfosforação:



A determinação da composição química ideal da escória é o grande desafio para uma redução eficaz do fósforo no FEA.

O objetivo deste trabalho é a análise da influência da composição química no processo de desfosforação, utilizando-se o coeficiente de partição do fósforo (L_p), como parâmetro avaliativo da eficiência da desfosforação, vide Eq. 2.

$$L_p = \frac{\%P_2O_5}{\%P_{aço}} \quad \text{Eq.2}$$

A equação mostra a razão do $\%P_2O_5$ que foi absorvido pela escória, pelo $\%P_{aço}$ contido no banho metálico. Quanto maior o coeficiente de partição, maior a desfosforação do banho metálico.

2. METODOLOGIA

O presente estudo baseou-se em dados de composição química de 193 corridas de um mesmo padrão de carga e tipo de aço, com teores de fósforo máximo especificado ($P_{máx}$) de 0,030% em massa, recebidos de uma aciaria elétrica.

As composições químicas recebidas são de amostras de aço e de escória retiradas durante o refino no FEA. Todas as escórias recebidas tem composição química com valores dentro da faixa mostrada na **tabela 1**, a tabela mostra que esses dados possuem uma grande dispersão.

Tabela 1: Valores máximos e mínimos dos elementos presentes na escória. % em massa.

	FeO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	MgO	MnO
Máx.	41,26%	40,79%	21,16%	9,91%	0,97%	9,42%	9,03%
Min.	15,71%	21,79%	9,9%	3,35%	0,41%	4,26%	3,91%

Os dados foram tratados estatisticamente a fim de diminuir a variabilidade dos resultados. As corridas foram divididas em faixas de basicidades e FeO e para cada faixa foi calculada a respectiva média.

Considerou-se que todas as corridas, no momento da amostragem, encontravam-se na mesma temperatura de operação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 1 e 2 mostram as relações entre L_p e basicidade e L_p e teor de MgO, respectivamente.

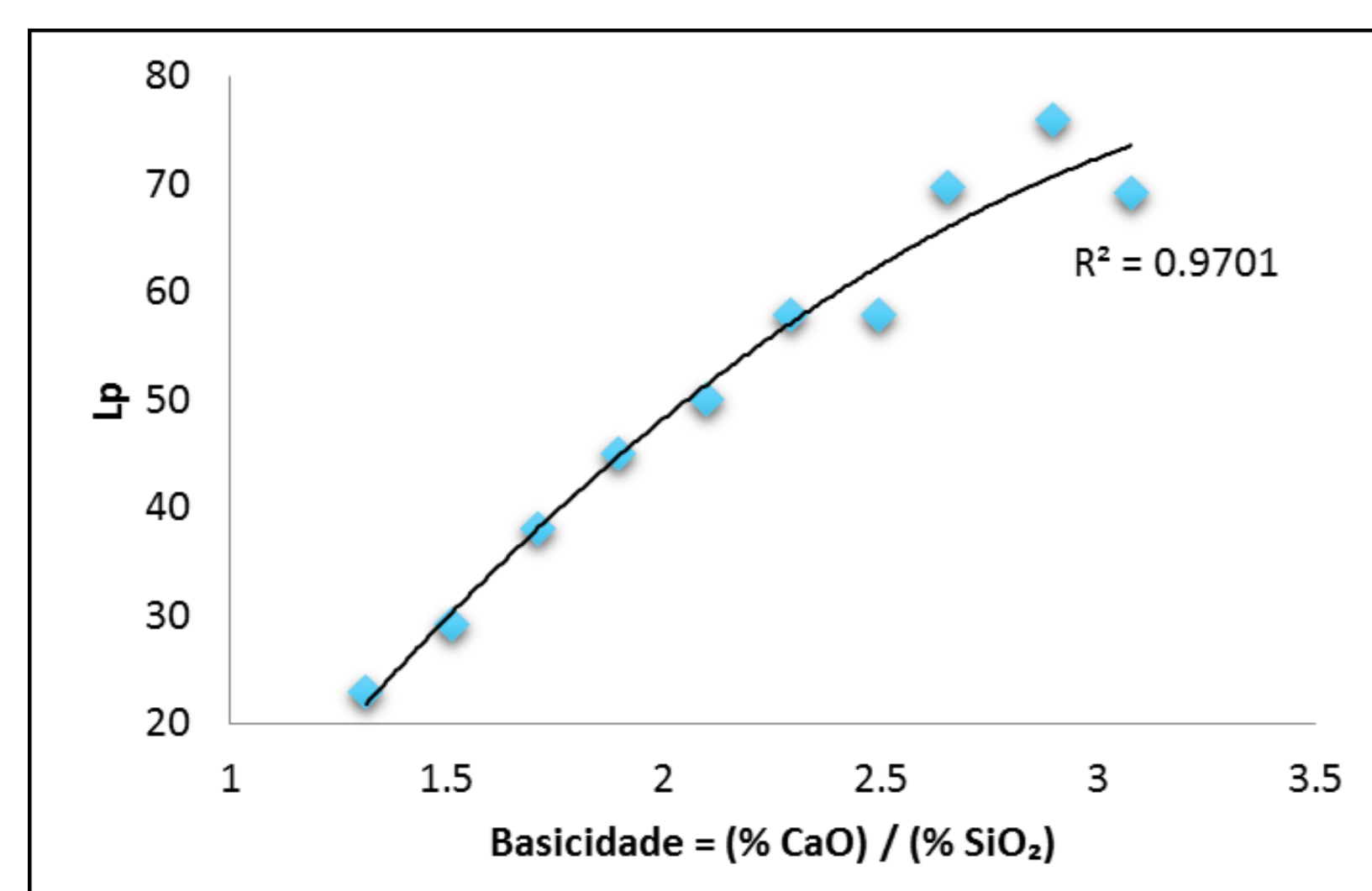


Figura 1: L_p como função da Basicidade

Nota-se na **figura 1** que o L_p aumenta de forma diretamente proporcional com a basicidade. Ou seja, a eficiência da desfosforação é favorecida. Isso se dá devido a Cal livre - cuja disponibilidade pode ser descrita pela basicidade da escória - ser necessária para formar com o pentóxido de fósforo um composto estável nas temperaturas de operação do FEA.

Analisando a **figura 2** constata-se que o MgO possui um efeito negativo na desfosforação, visto que o L_p cai de forma linear com o aumento dos teores de MgO.

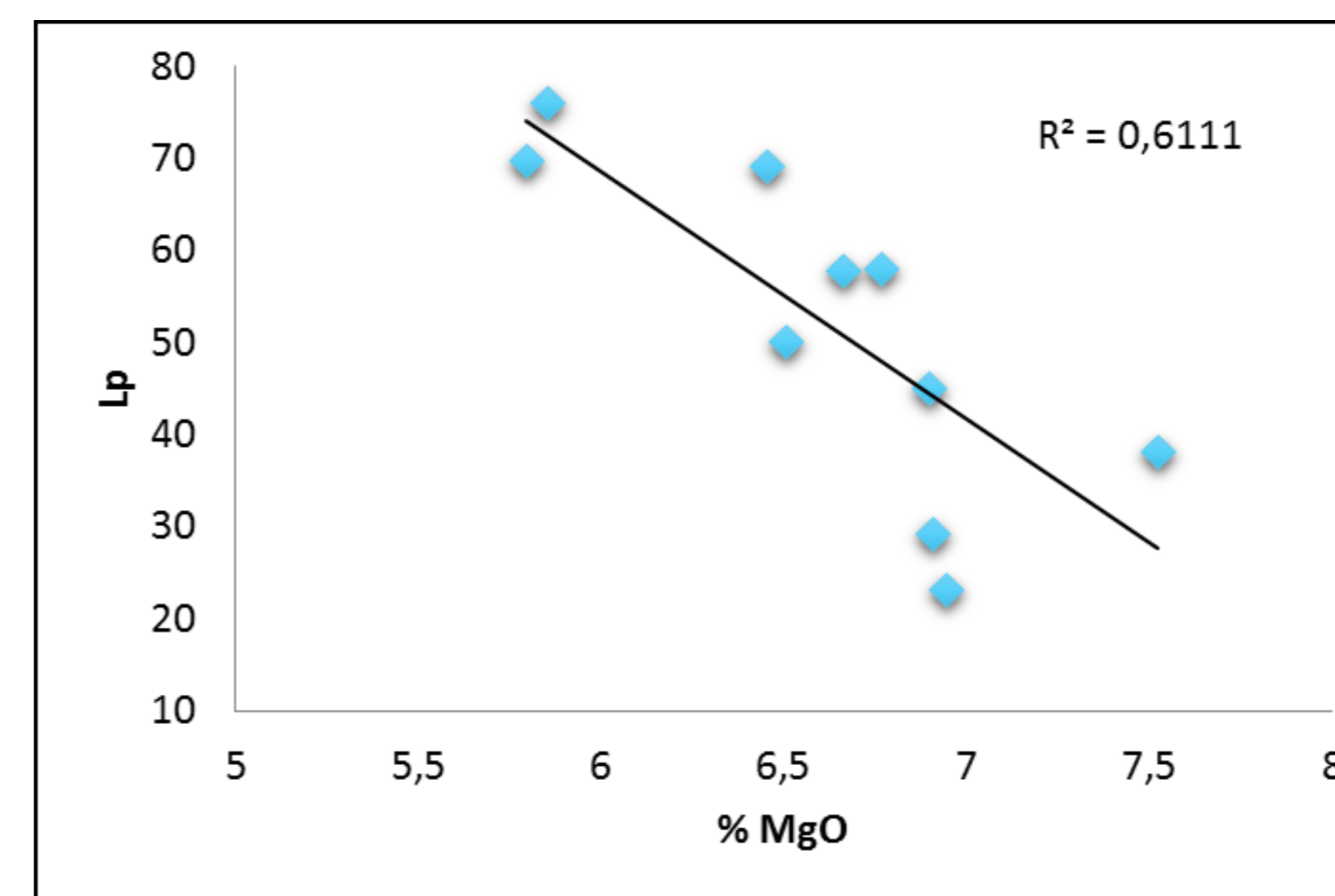


Figura 2: L_p como função do teor de MgO

O aumento do teor de MgO da escória leva a uma maior precipitação de partículas sólidas, o que faz com que a viscosidade aumente, diminuindo a eficiência da desfosforação. Uma maior desfosforação do banho foi alcançada para valores de MgO em torno de 6%, que é a média mínima encontrada no grupo de corridas.

A **figura 3** mostra que para teores de Al_2O_3 de 4% a 5% obtém-se uma faixa ótima para a desfosforação, já que nessa faixa houve a ocorrência dos maiores valores de L_p . A partir de 5%, o coeficiente de partição do fósforo decresce rapidamente.

Assim como o FeO, a alumina possui propriedades fluxantes. Para teores de alumina com até 5%, a desfosforação é favorecida devido a ótima fluidez da escória, que contribui para as reações de remoção do fósforo. O efeito benéfico é revertido para teores além de 5% de Al_2O_3 , em que a escória fica demasiadamente fluida, facilitando assim a reversão de fósforo para o banho metálico.

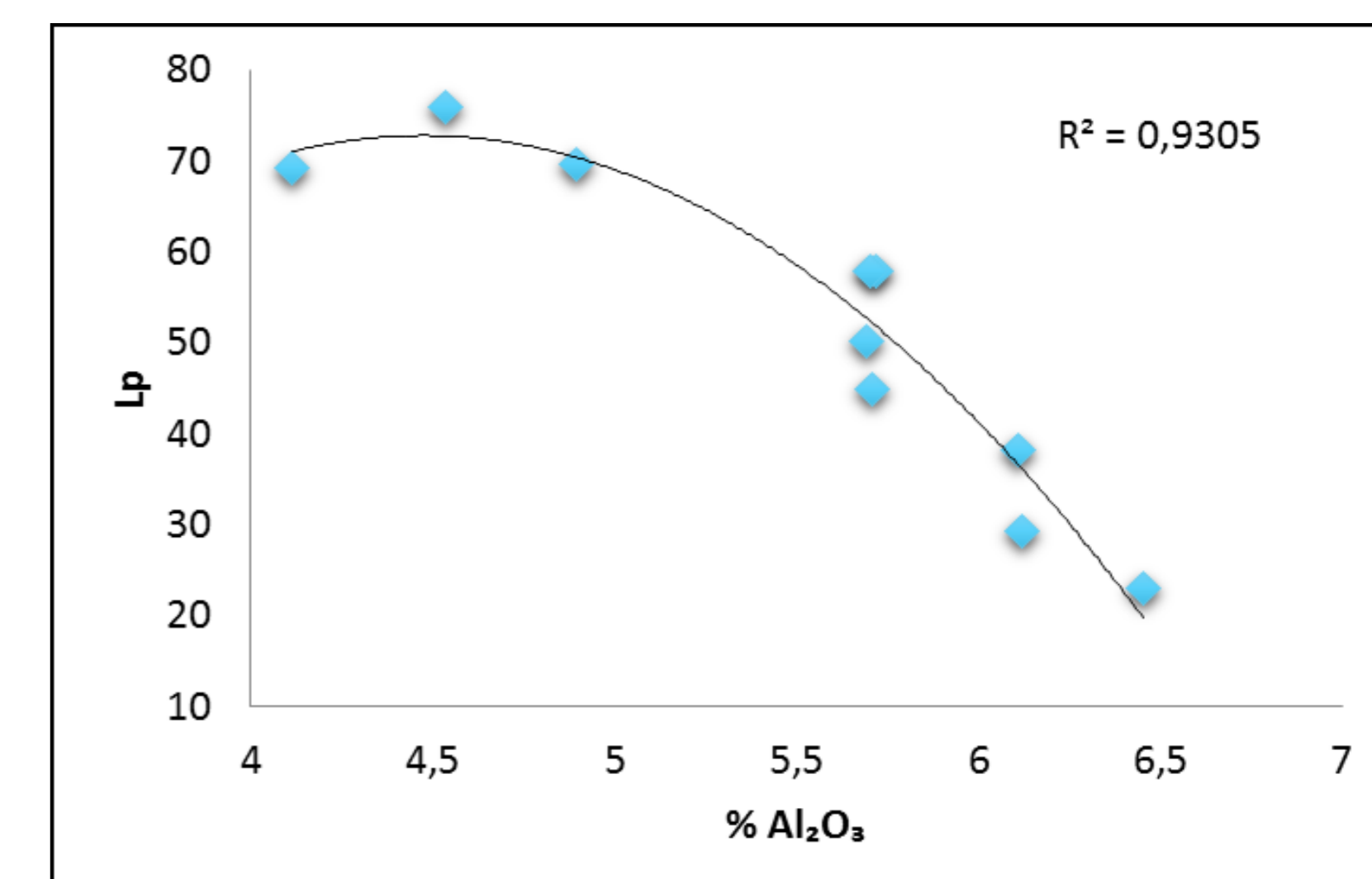


Figura 3: L_p como função do teor de Al_2O_3

A **figura 4** mostra a relação entre o L_p e os teores de FeO. Percebe-se que há a presença de uma faixa ótima onde o L_p é máximo, esta faixa corresponde a 34% - 38% de FeO + MnO em massa.

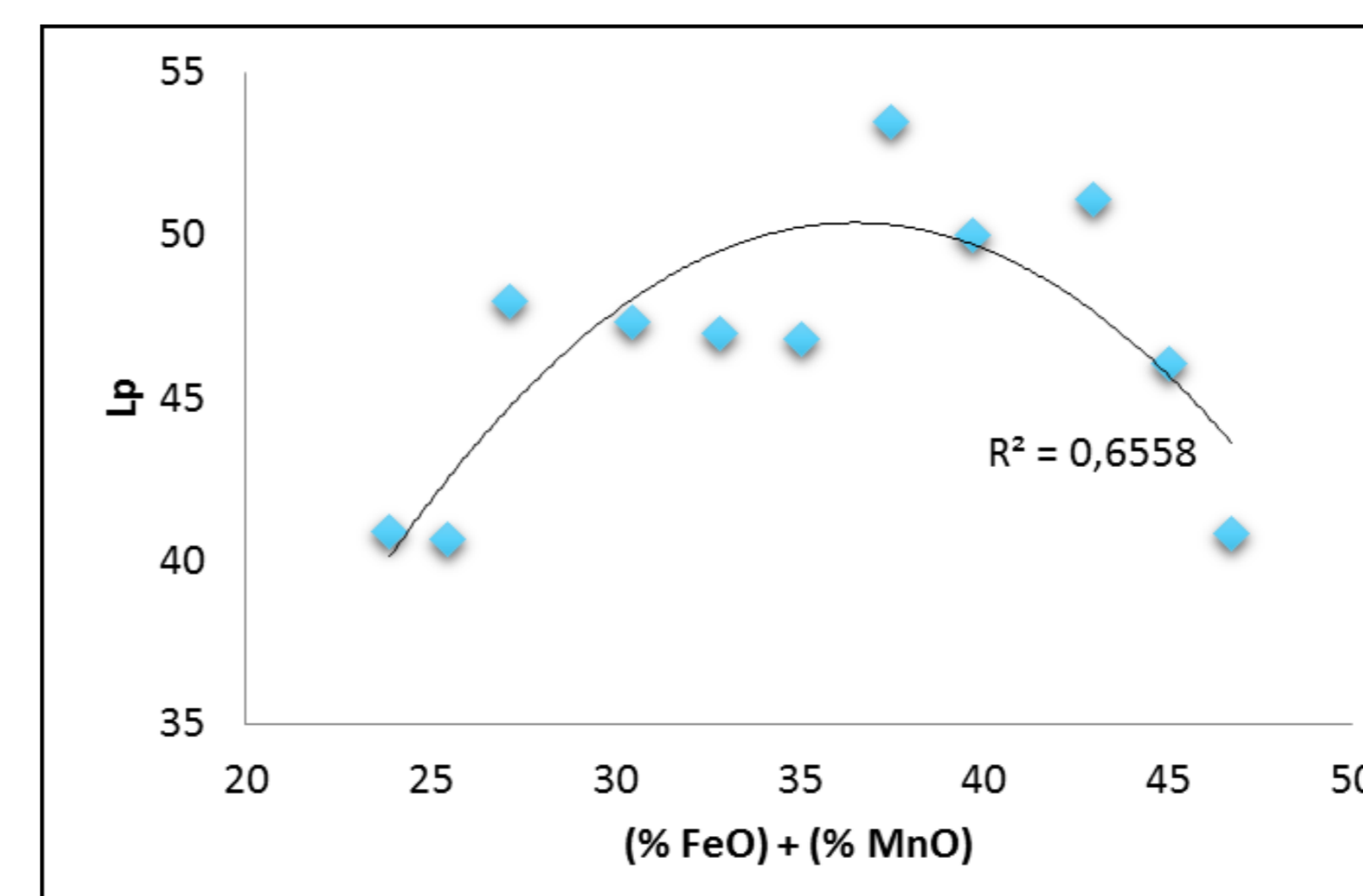


Figura 4: L_p como função de %FeO + %MnO

Para teores acima de 38%, o L_p decai com o aumento do %FeO + MnO. Para o resultado apresentado na figura 4, os teores de MnO foram somados aos de FeO, dado que em escórias de FEA é assumido que o MnO é equivalente ao FeO e atua como um óxido fluxante.

Já o gráfico representado na **figura 5** foi construído com todas as corridas.

À medida que a faixa de basicidade aumenta, atinge-se valores mais altos de L_p e a faixa ótima é deslocada para maiores teores de FeO.

Esse gráfico indica a inter-relação entre a basicidade e o FeO para uma boa desfosforação.

Isto se dá em razão de que para cada teor de %CaO, um teor mínimo de FeO é necessário para a sua total dissolução na escória.

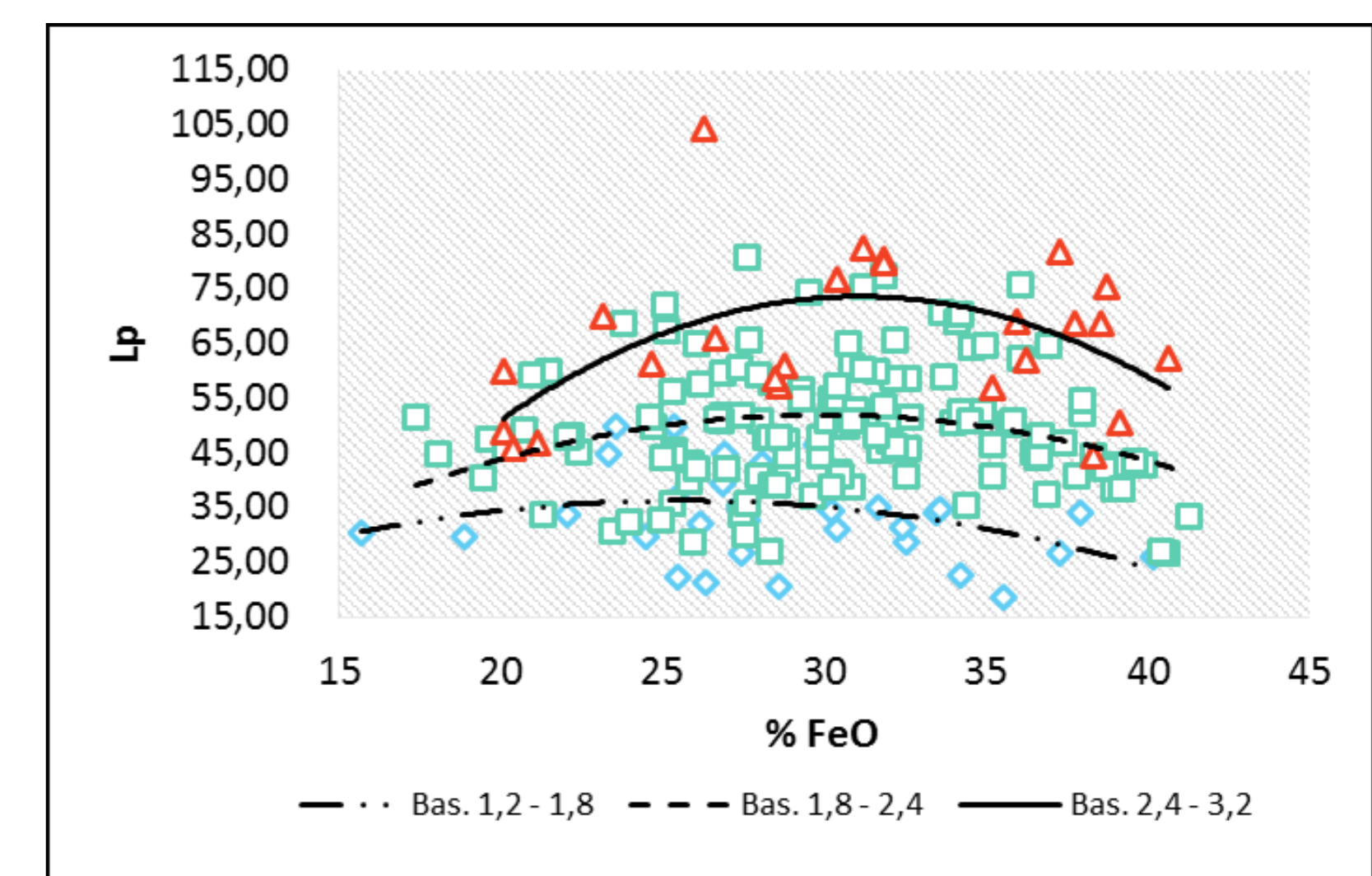


Figura 5: L_p versus %FeO em diferentes faixas de basicidade

4. CONCLUSÕES

Para o processo estudado, se pode concluir que:

Os maiores valores de L_p foram encontrados nas maiores basicidades. A desfosforação é propiciada com o aumento da basicidade na escória.

O MgO se demonstrou desfavorável ao processo de desfosforação em toda a faixa de composição.

A alumina (Al_2O_3) possui um papel contraditório no processo de desfosforação.

Existe uma faixa ótima de %FeO onde o L_p é máximo, esta faixa corresponde a 34% - 38% de FeO + MnO em massa.

À medida que a faixa de basicidade aumenta, atinge-se valores mais altos de L_p e a faixa ótima é deslocada para maiores teores de FeO.