

PODER REFRIGERANTE DE BRIQUETES DE PÓ DE ACIARIA LD *

Luiz Cláudio Pinto Oliveira¹

José Carlos D'Abreu²

Resumo

Os pós ou lamas de aciaria gerados nos sistemas de despoejamento dos gases de exaustão do conversor LD têm papel relevante entre os coprodutos siderúrgicos devido às suas significativas gerações, dificuldades no manuseio e acondicionamento e expressivo custo para processamento e/ou disposição. Em contrapartida, o elevado teor de ferro que possuem lhes garantem um potencial de substituição dos materiais primários nos processos metalúrgicos. Um método desenvolvido para a reciclagem do pó de aciaria LD foi a aglomeração a frio via briquetagem, para utilização como refrigerante no conversor LD. O efeito refrigerante do minério de ferro é cerca de três vezes superior ao da sucata de aço. Os briquetes de pó de aciaria LD contém ferro em diferentes estágios de oxidação e assim, seu poder refrigerante se situa em uma condição intermediária. Neste trabalho são avaliados, teórica e operacionalmente, o efeito refrigerante dos briquetes de pó de aciaria em comparação com outros refrigerantes. Considerando que a sucata tem um poder refrigerante de 340 kcal/kg, constatou-se que o poder refrigerante dos briquetes é cerca de 1,8 vezes superior ao da sucata e o poder refrigerante das pelotas é 2,8 vezes superior ao da sucata.

Palavras-chave: Pó de aciaria LD; Reciclagem, Poder refrigerante, Briquetagem.

THE COOLING EFFECT OF BOF DUST BRIQUETTES

Abstract

Dusts and sludges generated in the exhaust gas dedusting systems of the BOF converter play a relevant role among the steel by-products due to their significant generation, difficulties in handling and storage, associated with high cost for processing and / or disposal in controlled landfills. On the other hand, their high iron content guarantees a significant potential to replace other primary materials in metallurgical processes. The cooling effect of iron ore is about three times that of steel scrap. BOF dust briquettes contains iron in different stages of oxidation and thus, its cooling effect presents an intermediate condition. One method developed for the recycling of BOF dust comprises cold agglomeration via briquetting, for use as coolant material in the BOF converter. In this work, the cooling effect of BOF dust briquettes is compared with other coolant materials, both theoretically and operationally. Considering that the steel scrap has a cooling capacity of 340 kcal / kg, it has been found that the cooling effect of the briquettes is about 1.8 times higher than that of the scrap and the cooling effect of the iron ore pellets is 2.8 times that of the scrap.

Keywords: BOF dust; Recycling; Coolant effect; Waste oxide briquettes.

¹ Engenheiro Metalurgista, Mestre, Consultor, ENSORES Consultoria e Projetos, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Engenheiro Metalurgista, Doutor, Professor Emérito, Departamento de Engenharia Química e de Materiais (DEQM), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, RJ, Brasil..

1 INTRODUÇÃO

Dentre os coprodutos gerados pelo setor siderúrgico, os pós e as lamas de aciaria gerados nos sistemas primários de limpeza dos gases de exaustão das aciarias nas usinas siderúrgicas integradas, representam cerca de 24 quilogramas por tonelada de aço [1].

No Brasil, as usinas siderúrgicas integradas geram anualmente mais de 600 mil toneladas de pós e lamas provenientes dos despoeiramentos primários das aciarias, que caso não reaproveitados, teriam como destino a estocagem interna ou a disposição em aterros. Por serem materiais com granulometria bastante fina, geralmente abaixo de 1 milímetro, tem elevado potencial poluidor, seja por arraste pela ação dos ventos, seja por carreamento para corpos hídricos pela ação das chuvas. Por outro lado, os pós e as lamas de aciaria [2] têm elevados teores de ferro, o que lhes garantem um efetivo potencial de substituição dos materiais primários nos processos metalúrgicos, desde que adequadamente processados.

Durante a produção de aço no conversor LD, a temperatura e o balanço térmico são controlados primariamente pela adição de sucata de aço que é utilizada como refrigerante do banho de aço líquido. Entretanto, devido à escassez e elevados custos de sucatas de aço de boa qualidade que ocorre em determinados momentos e em regiões específicas, tem havido um direcionamento no sentido de se desenvolver materiais refrigerantes alternativos para substituição, total ou parcial, da sucata como refrigerante no conversor LD.

Até então, a escolha de materiais refrigerantes alternativos para uso nos conversores LD é determinada pela disponibilidade, preço e estratégia operacional da aciaria LD. Os materiais refrigerantes têm variados efeitos de refrigeração e influenciam de forma significativa os parâmetros operacionais de sopro de oxigênio no conversor LD.

Com o propósito de redução do custo e da dependência de sucata de aço de boa qualidade, diversos materiais refrigerantes tais como minério de ferro granulado, ferro gusa sólido, pelotas de minério de ferro, ferro esponja e cal têm sido utilizados em conversores LD.

O efeito de refrigerantes alternativos comparados ao efeito da sucata de aço e custos comparativos de materiais refrigerantes testados na usina siderúrgica JSW STEEL sob condições operacionais semelhantes são apresentados na tabela 1 [3].

Tabela 1. Efeito Refrigerante Relativo e Custo Comparativo [3]

Material Refrigerante	Efeito refrigerante relativo	Índice de custo relativo
Sucata	1,0	1,0
Minério de ferro	3,0	0,2
Ferro-gusa	1,5 – 2,0	0,9
Pelotas	2,5 – 3,5	0,3
Cal	3,0 – 4,0	0,3
Ferro esponja	1,2 – 1,5	0,7

O minério de ferro granulado e as pelotas de minério de ferro são os substitutos da sucata de aço mais utilizados como refrigerantes e fonte de ferro. A grande vantagem dos minérios sobre outros refrigerantes é a baixa quantidade de elementos contaminantes, que afetam as propriedades dos aços, tais como cobre, zinco, enxofre, molibdênio, níquel, etc.

Conforme apresentado, o efeito refrigerante do minério de ferro é cerca de três vezes superior ao da sucata de aço. Isto ocorre porque a reação de redução direta do óxido de ferro presente no minério de ferro é endotérmica, demandando uma quantidade de energia adicional à de aquecimento do óxido de ferro nas condições prevalentes no conversor LD.

O minério de ferro usualmente é carregado logo no início do sopro de oxigênio, quando o teor de carbono no banho metálico ainda é elevado e permite a redução do óxido de ferro presente no minério.

As crescentes pressões de ordem econômica e ambiental levaram os produtores de aço a tentar reciclar nos seus processos os resíduos portadores de óxidos de ferro gerados nas etapas de produção de aço [4-12]. A elevação do custo da sucata de aço, associada aos crescentes custos de destinação ambientalmente adequada de resíduos em aterros têm tornada atrativa a reciclagem dos resíduos portadores de ferro nos próprios processos de produção de aço.

Ao longo do processo siderúrgico são gerados diversos resíduos portadores de óxido de ferro, tais como os pós e lamas de aciaria e alto-forno, as carepas de laminação e lingotamento contínuos, entre outros. Entre estes, alguns são utilizados na sinterização, como por exemplo as carepas. Entretanto, devido à presença de certos elementos e da granulometria de determinados resíduos, não tem sido possível a utilização da totalidade dos pós, lamas e carepas gerados.

A partir desta limitação, foram então desenvolvidos métodos para utilização dos resíduos portadores de óxido de ferro no conversor LD, como material refrigerante, em substituição ao minério de ferro utilizado.

Um método desenvolvido foi a produção de briquetes de óxidos de ferro, contendo carepas e pós e lamas de aciaria, para carregamento no conversor LD como substituto da sucata de aço. Os materiais utilizados são primeiramente misturados entre si, secados e posteriormente misturados com aglomerantes na presença de uma certa quantidade de água. Após a adição dos aglomerantes, a mistura é briquetada (figura 1).

Figura 1. Briquetes de coprodutos siderúrgicos



Após a prensagem os briquetes são estocados por um determinado período para secagem e endurecimento (cura). A tabela 2 apresenta a composição típica de um briquete produzido a partir de óxidos de ferro residuais.

Tabela 2. Composição de um briquete de coprodutos siderúrgicos [13]

Composição	(%) em peso
Ferro total	55 – 62
Ferro metálico	3 – 5
FeO	38 – 46
Fe ₂ O ₃	29 – 32

Neste trabalho é avaliado o efeito refrigerante dos briquetes de pó de aciaria quando utilizados no conversor LD e feita uma análise comparativa com outros refrigerantes, como a sucata metálica e as pelotas de minério de ferro.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Caracterização do Pó de Aciaria LD

Nas tabelas 3 e 4 a seguir estão apresentadas as caracterizações dos pós de aciaria referentes a um período de amostragem de seis meses, com análises semanais realizadas nos materiais provenientes de dois conversores LD.

Tabela 3. Análise química média do pó de aciaria

PO DESP PRIMARIO GROSSO - ACIARIA	Fe (t)	Fe_met.	SiO2	Al2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	C	S	Zn
MÉDIA (%)	61,40	47,45	2,85	0,23	20,12	5,99	0,15	0,20	1,08	0,06	0,34
DESVIO PADRÃO (%)	7,88	9,99	1,46	0,15	4,71	1,75	0,06	0,07	0,59	0,04	0,31
PO DESP PRIMARIO FINO - ACIARIA	Fe (t)	Fe_met.	SiO2	Al2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	C	S	Zn
MÉDIA (%)	52,36	17,95	1,93	0,20	16,61	4,93	0,40	0,60	1,49	0,10	0,79
DESVIO PADRÃO (%)	6,06	9,12	0,60	0,18	4,05	1,40	0,14	0,17	3,00	0,04	0,82

Tabela 4. Distribuição granulométrica média do pó de aciaria

PO DESP PRIMARIO GROSSO - ACIARIA	Retida em 2 mm	Retida em 1 mm	Retida em 0,355 mm	Retida em 0,125 mm	Retida em 0,045 mm	Fundo
MÉDIA (%)	2,65	4,92	19,63	36,25	20,50	16,04
DESVIO PADRÃO (%)	3,27	3,07	8,13	15,09	9,81	9,49
PO DESP PRIMARIO FINO - ACIARIA	Retida em 2 mm	Retida em 1 mm	Retida em 0,355 mm	Retida em 0,125 mm	Retida em 0,045 mm	Fundo
MÉDIA (%)	8,62	3,99	8,27	17,10	21,75	40,28
DESVIO PADRÃO (%)	17,73	4,30	4,86	7,68	10,74	19,88

2.2 Previsão do Poder Refrigerante dos Briquetes de Pó de Aciaria LD

Para previsão do poder refrigerante dos briquetes de pó de aciaria LD foram consideradas as variações termoquímicas sofridas pelos elementos contidos nos briquetes relativas ao aquecimento, transformação de fase e às reações que

ocorrem quando da adição dos briquetes ao banho de aço líquido, na temperatura de 1.600°C.

O comportamento dos óxidos de ferro presentes nos aglomerados depende das condições reinantes em cada corrida. A quantidade que é reduzida a ferro metálico é função, por exemplo de parâmetros como o momento da adição dos aglomerados (início ou fim do sopro), pressão parcial de monóxido de carbono, teor e atividade do carbono no metal líquido, atividade do FeO na escória, entre outros.

Neste trabalho estimou-se que 100% da hematita foi convertida a wustita e que 75% da wustita é reduzida a ferro metálico.

Com base nas premissas adotadas foram calculados os valores termodinâmicos [14] referentes ao aquecimento dos principais componentes do pó de aciaria LD, no intervalo de temperatura entre 25 e 1.600°C. As tabelas 5, 6, 7, 8 e 9 apresentam os resultados obtidos.

Tabela 5. Ferro Metálico: Energia relativa ao intervalo 25 – 1600 °C

Entalpia de aquecimento		T (K)					
	298	800	15.591 J/mol	279.166 J/kg	67	kcal/kg	
	800	1042	11.504 J/mol	205.995 J/kg	49	kcal/kg	
	1042	1185	6.503 J/mol	116.442 J/kg	28	kcal/kg	
	1185	1667	17.365 J/mol	310.947 J/kg	74	kcal/kg	
	1667	1811	5.876 J/mol	105.219 J/kg	25	kcal/kg	
	1811	1873	2.852 J/mol	51.068 J/kg	12	kcal/kg	
Entalpia de transformação de fase		T (K)					
$\Delta H_{1185}TF = 1.013$	J/mol	1185	1.013 J/mol	18.136 J/kg	4	kcal/kg	
$\Delta H_{1667}TF = 853$	J/mol	1667	853 J/mol	15.270 J/kg	4	kcal/kg	
$\Delta H_{1811}TF = 13.806$	J/mol	1811	13.806 J/mol	247.211 J/kg	59	kcal/kg	
$\Delta H_{total} =$				75.363 J/mol	1.349.454 J/kg	322	kcal/kg

Energia referente ao ferro metálico contido nos briquetes: 322 kcal/kg de ferro metálico.

Tabela 6. Óxido de Ferro (Fe₂O₃): Energia relativa ao intervalo 25 – 1600 °C

Entalpia de aquecimento		T (K)					
	298	700	51.944 J/mol	325.278 J/kg	78	kcal/kg	
	700	950	40.085 J/mol	251.012 J/kg	60	kcal/kg	
	950	1050	14.992 J/mol	93.882 J/kg	22	kcal/kg	
	1.050	1812	109.054 J/mol	682.900 J/kg	163	kcal/kg	
	1.812	1873	10.065 J/mol	63.028 J/kg	15	kcal/kg	
	1.873		J/mol	- J/kg		kcal/kg	
$\Delta H_{aquec} =$				226.140 J/mol	1.416.099 J/kg	338	kcal/kg

Fe₂O₃ + Fe = 3FeO		Redução a FeO e fusão do FeO	
$\Delta H_{1873}R =$	74.754 J/mol Fe₂O₃ 112 kcal/kg	K =	353
$\Delta H_{FeO}Fusão =$	24.058 J/mol FeO 72.174 J/mol Fe₂O₃ 451.957 J/kg Fe₂O₃ 108 kcal/kg Fe₂O₃		
FeO + C = Fe + CO(g)		Redução do FeO a Fe	
$\Delta H_{1873}R =$	133.535 J/mol FeO 400.606 J/mol Fe₂O₃ 2.508.610 J/kg Fe₂O₃ 599 kcal/kg Fe₂O₃	K =	4419

Entalpia de aquecimento	$\Delta H_{\text{aquec}} =$	226.140 J/mol	1.416.099 J/kg	338 kcal/kg	
Entalpia total com redução para FeO	$\Delta H_{\text{reação}} =$	447.383 J/mol	2.801.530 J/kg	669 kcal/kg	Fe ₂ O ₃
Entalpia total com 75% de redução do FeO pelo carbono				$\Delta H_{\text{total}} =$	1.007 kcal/kg 75% redução

Energia referente ao Fe₂O₃ (Considerando a redução de 100% do Fe₂O₃ a FeO e 75% do FeO a ferro metálico): 1.007 kcal/kg de Fe₂O₃ contido nos briquetes.

Tabela 7. Wustita (FeO): Energia relativa ao intervalo 25 – 1600 °C

Entalpia de aquecimento	T (K)					
	298	600	15.871 J/mol	220.908 J/kg	53 kcal/kg	
	600	900	17.009 J/mol	236.743 J/kg	57 kcal/kg	
	900	1300	24.084 J/mol	335.219 J/kg	80 kcal/kg	
	1.300	1650	22.126 J/mol	307.965 J/kg	73 kcal/kg	
	1.650	1.873	15.208 J/mol	211.679 J/kg	51 kcal/kg	
Entalpia de fusão do FeO	1650		24.058 J/mol FeO	334.853 J/kg	80 kcal/kg	
Entalpia total de aquecimento		$\Delta H_{\text{aquec}} =$		118.357 J/mol	1.647.368 J/kg	393 kcal/kg

Entalpia de reação	T (K)				
FeO + C = Fe + CO(g) Reação de redução	1873	$\Delta H_{\text{reação}} =$	133.535 J/mol FeO	1.858.620 J/kg	444 kcal/kg
Entalpia total com 75% de redução pelo carbono				$\Delta H_{\text{total}} =$	726 kcal/kg 75%

Energia referente ao FeO (Considerando uma conversão de 75% a ferro metálico): 726 kcal/kg de FeO contido nos briquetes.

Tabela 8. CaO : Energia relativa ao intervalo 25 – 1600 °C

Entalpia de aquecimento	T (K)					
	298	1400	55.345 J/mol	986.902 J/kg	236 kcal/kg	
	1400	1873	25.403 J/mol	452.984 J/kg	108 kcal/kg	
Entalpia total		$\Delta H_{\text{aquec}} =$		80.748 J/mol	1.439.887 J/kg	344 kcal/kg

Energia referente ao CaO presente nos briquetes: 344 kcal/kg de CaO.

Tabela 9. Silicato Dicalcico (2CaO.SiO₂): Energia relativa ao intervalo 25 – 1600 °C

Entalpia de aquecimento	T (K)					
		298	1121	137.416 J/mol	797.801 J/kg	190 kcal/kg
	1.121	1712	118.123 J/mol	685.790 J/kg	164 kcal/kg	
	1.712	1.873	33.008 J/mol	191.634 J/kg	46 kcal/kg	
Entalpia de transformação de fase		T (K)				
$\Delta H_{\text{TF}} =$	13.987 J/mol	1.121	13.987 J/mol	81.206 J/kg	19 kcal/kg	
$\Delta H_{\text{TF}} =$	14.188 J/mol	1.712	14.188 J/mol	82.372 J/kg	20 kcal/kg	
Entalpia total		$\Delta H_{\text{total}} =$		316.721 J/mol	1.838.801 J/kg	439 kcal/kg

Energia final referente ao 2CaO.SiO₂ contido nos briquetes: 439 kcal/kg de 2CaO.SiO₂ (reportado como ganga)

2.2.1 Variação total de energia devida ao briquete de pó de aciaria para o intervalo 25 – 1600 °C

Com base na análise química do briquete apresentada na tabela 10 são também especificadas, na mesma tabela, as energias associadas ao aquecimento de cada um de seus constituintes até 1600°C.

Tabela 10. Energias para o aquecimento de uma tonelada de briquete de pó de aciaria e uma tonelada de pelota de minério de ferro

1 ton briquete		(%)	
322	Fe met	17,5	5.636 kcal
726	FeO	11,2	8.130 kcal
1.007	Fe ₂ O ₃	34,8	35.029 kcal
344	CaO	14,0	4.811 kcal
439	Ganga	18,3	8.015 kcal
-	LOI	4,2	- kcal
		100,0	61.621 kcal

1 ton pelota		(%)	
1.007	Fe ₂ O ₃	90	90.593 kcal
439	Ganga	10	4.391 kcal
			94.984 kcal

Considerando a composição do briquete mostrado acima, estimou-se uma necessidade de energia de 616 kcal/kg de briquetes para seu aquecimento até 1600°C. Se comparado com as pelotas de minério de ferro, cuja demanda energética é de 950 kcal/kg, obtêm-se, para se conseguir uma substituição termicamente equivalente, uma relação mássica briquete/pelota de 1,54, relativamente desfavorável (1 tonelada de briquetes para cada 0,65 tonelada de pelotas). Por outro lado, quando comparado com o poder refrigerante das sucatas metálicas ferrosas (340 kcal/kg), a situação se inverte, tornando-se sensivelmente vantajosa, pois uma tonelada de briquetes consegue substituir 1,81 ton de sucata metálica (relação mássica 0,55).

Relação efeito refrigerante briquetes/sucata	1,8
Relação efeito refrigerante pelotas/sucata	2,8
Relação efeito refrigerante briquetes/pelotas	0,65

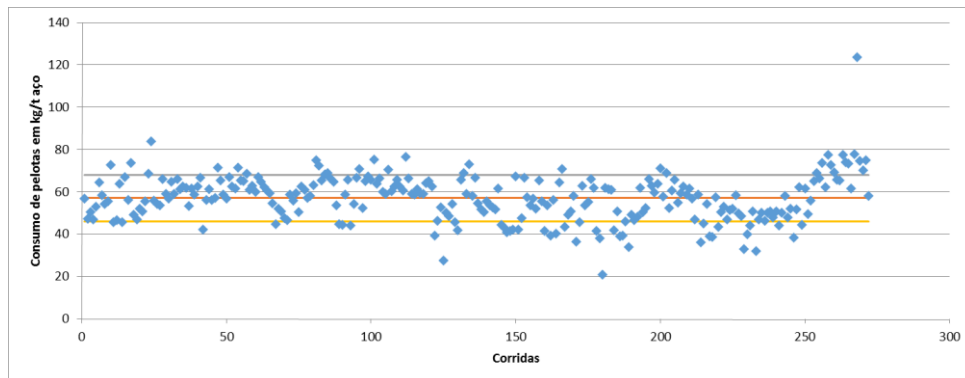
Vale registrar a compatibilidade dos resultados encontrados com os valores encontrados por D. Satish Kumar et al.

2.3 Dados operacionais de efeito refrigerante

Em geral, a sucata metálica é o principal refrigerante no conversor LD, sendo as pelotas um refrigerante complementar que é utilizado ao longo do processo, após o início do sopro de oxigênio. No entanto, por questões operacionais, há casos onde apenas um material refrigerante é utilizado.

Quando há excesso de gusa disponível e é necessário agilizar as corridas de aço, apenas as pelotas são utilizadas de forma a aumentar o consumo de gusa. A figura 2 mostra a quantidade de pelotas de minério de ferro utilizada na aciaria quando ocorreu apenas o consumo deste tipo de material refrigerante ao longo de um mês numa usina integrada.

Figura 2. Consumo de pelotas num conversor LD, sem utilização de sucata metálica

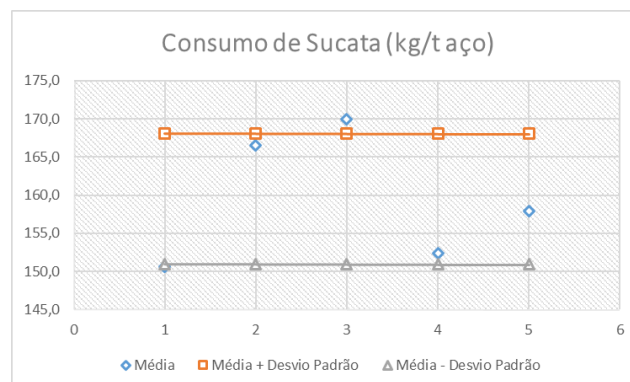


A média do consumo de pelotas de minério de ferro foi de 57,0 kg por tonelada de aço, no período mensal considerado. Embora o consumo de pelotas seja função de variáveis operacionais, como mostrou o desvio padrão de 11,0 kg/t aço, esta média será o índice considerado para a comparação com o consumo de sucatas, nos casos em que não há o consumo de pelota.

Ao contrário da situação anterior o consumo exclusivo de sucata metálica como refrigerante do metal líquido não ocorre com muita frequência, uma vez que as pelotas são carregadas também para o ajuste fino da temperatura de vazamento do aço.

A figura 3 mostra a quantidade de sucata utilizada de forma exclusiva em algumas corridas da usina integrada considerada, ou seja, quando não foram utilizadas as pelotas.

Figura 3. Consumo de sucata metálica no conversor LD, sem utilização de pelotas



A média obtida no período para o caso do consumo exclusivo de sucata metálica foi de 160 kg por tonelada de aço. A comparação das duas situações levou, portanto, a um consumo de sucata 2,8 vezes maior que o consumo de pelotas, resultado portanto, plenamente compatível com os valores apresentados neste trabalho.

De forma a validar o estudo comparativo acima, podem também ser considerados os consumos simultâneos de sucata metálica e de pelotas de minério de ferro, ao longo de um mesmo período mensal (cerca de 1.000 corridas), ou seja, quando utilizados em conjunto (tabela 11).

Tabela 11: Consumo mensal simultâneo de sucatas e pelotas num conversor LD

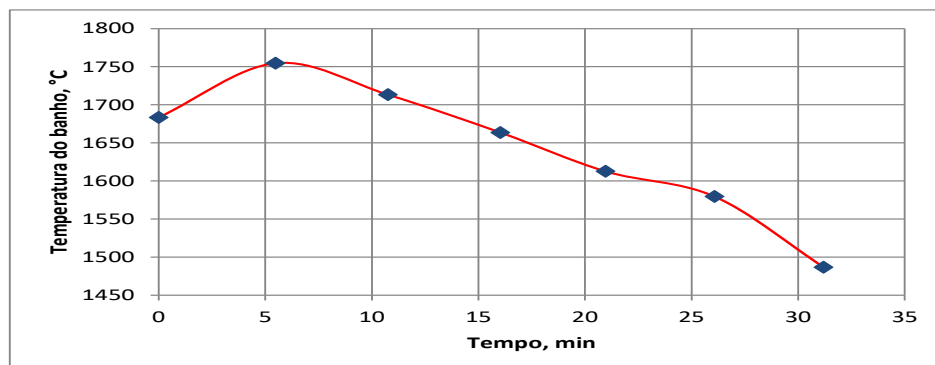
Identificação	Pelota (t)	Sucatas (t)						Gusa Líq. (t)	Carga Met. (t)	HMR Taxa de Gusa Líq. (%)
		Gusa Sólido	Sucata 1	Sucata 2	Sucata 3	Sucata 4	Total			
Consumo de Carga Metálica										
Média (todas as corridas)	11,8	3,9	18,2	1,9	7,1	2,5	33,6	337,6	372,1	90.73%
Média (não vazios)	11,8	6,4	18,3	5,1	7,1	2,5	33,6	337,6	372,1	90.73%
Total	10.886	3.632	16.803	1.754	6.539	2.283	31.010	311.604	343.456	-
Consumo Médio (kg/t)	33,8	11,3	52,2	5,5	20,3	7,1	96,4	968,7	1.067,7	-

Para a situação de uso conjunto referida, apurou-se um consumo médio de 33,8 kg de pelotas e de 96,4 kg de sucatas metálicas por tonelada de aço líquido vazado, o que, aplicado o fator de refrigeração de 2,8 para as pelotas e de 1 para as sucatas metálicas, leva a um consumo equivalente de 191,2 kg de sucata metálica por tonelada de aço.

Entretanto, se o considerado for o consumo exclusivo de pelotas, no valor de 57 kg/t aço, e o fator de refrigeração de 2,8, o consumo equivalente passa a ser de 160 kg de sucata metálica por tonelada de aço, valor diferente do anterior mas cuja discrepância se enquadra dentro do intervalo previsto pelo desvio padrão obtido para as corridas

Para o caso da utilização de briquetes na aciaria como material refrigerante, trabalho experimental de Bentes, M e D'Abreu, JC, mostrou sua viabilidade técnica, conforme ilustra a Figura 4 abaixo

Figura 4: Efeito refrigerante dos briquetes de pós de aciaria LD



3 CONCLUSÃO

A metodologia de cálculo do poder refrigerante de briquetes ferrosos realizado neste trabalho mostrou-se compatível com os dados operacionais de uma aciaria LD, e com dados obtidos da literatura técnica, podendo ser utilizado para a previsão do fator refrigerante de quaisquer outros aglomerados produzidos a partir de coprodutos siderúrgicos. Com base nas premissas adotadas, foi determinado um poder refrigerante de 616 kcal/kg de briquetes de pó de aciaria, com um conteúdo de 50% de ferro total. Para pelotas de minério de ferro com cerca de 63% de ferro total, o poder refrigerante obtido foi de 950 kcal/kg, o que significou ser necessário substituir cada tonelada de pelota por cerca de 1,54 toneladas de briquetes, para se obter o mesmo efeito refrigerante no aço líquido. Finalmente, considerando um poder refrigerante médio de 340 kcal/kg para as sucatas ferrosas, foi possível concluir pela

maior capacidade de refrigeração tanto dos briquetes de pós da aciaria (1,8 vezes maior) como das pelotas de minério de ferro (2,8 vezes superior).

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES e à PUC-Rio pelo suporte financeiro para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production – Industrial Emissions Directive 2010/75/EU – Integrated Pollution Prevention and Control – European Commission
- 2 DORONIN, I. E. et al – Properties of Steelmaking Dust and the Mechanism of its Formation – Metallurgist, Vol. 55 – March 2012
- 3 KUMAR, D. S. et al - Coolant strategies for BOF steelmaking – Ironmaking and Steelmaking – 2008
- 4 D’ALESSIO, G. – Cold Bond Agglomeration of Waste Oxides for Recycling – Iron & Steelmaker – 1996
- 5 BALAJEE, S. R. et al – Production and BOF Recycling of Waste Oxide Briquettes at Inland Steel – ISS 78th Steelmaking Conference, 1995
- 6 HEISS, J. et al – Hot Briquetting of LD Dust in the Steel Plant of VA-Linz
- 7 HONG, R. et al – Recycling of BOS Waste Gas Dust – BHP Flat Products
- 8 REES, M. – The Briquetting Approach Currently Used to Recycle BOS Plant Sludges at British Steel Port Talbot – Short Bros. Ltd.
- 9 DUKELOW, D. A. et al – Use of Waste Oxides in the Great Lakes BOP – National Steel Corporation
- 10 HARRISON, F. W et al – Recycling Dusts and Sludges in the BOF – Steelmaking Conference Proceedings – 1995
- 11 DUARTE, J. C. et al – A Utilização de Briquetes de Lama de Aciaria em Substituição a Sucata na Carga Metálica de Convertedores na CST – Seminário de Aciaria – ABM – 1996
- 12 D’Abreu, J. C. et al – Briquetes Autorredutores de Resíduos da Siderurgia Integrada: Reduções em Fase Sólida e Líquida – Contribuição técnica ao 45º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 16º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 3º Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, parte integrante da ABM Week de 2015
- 13 AISE Steel Foundation – The Making, Shaping and Treating of Steel, 11th Edition
- 14 SOFTWARE HSC CHEMISTRY 6