



AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PF HEMATÍTICO PARA O USO EM PELOTIZAÇÕES CHINESAS¹

Marcus Emrich²
Dauter Oliveira²
Zhu Dequing³
Pan Jian³

Resumo

A China possui uma grande capacidade de produção de pelotas, cerca de 145 Mta em 2010, o que pode representar um mercado potencial para minérios hematíticos da Vale. Em função disto, as diferenças de desempenho dos minérios hematíticos comparados aos magnetíticos chineses, nas diferentes etapas do processo de pelotização, foram avaliadas nos laboratórios da *Central South University* (CSU) na China objetivando suportar ações de marketing neste mercado tão importante. Os resultados demonstraram ser tecnicamente viável a utilização de grande quantidade de minério hematítico em misturas com magnetitas domésticas nas usinas de pelotização da China.

Palavras-chave: Pelotização; Ferro; Hematitas; Magnetitas.

PERFORMANCE EVALUATION OF HEMATITE ORES FOR USING IN CHINESE PELLET PLANTS

Abstract

China has a huge pellet production capacity, around 145 Mty in 2010, which could represent a potential market for ores to this application. Therefore, it would be important to understand the performance differences between magnetite and hematite ores in order to support marketing action in this important market. The performances of magnetite and hematite ores were evaluated in Central South University (CSU) in China and the results shown that is technically feasible the utilization of big quantities of hematite ores in blends with domestic magnetite in Chinese pellet plants.

Key words: Pelletizing; Iron; Hematite; Magnetite.

¹ Contribuição técnica ao 40º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 11º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 19 a 22 de setembro de 2010, Belo Horizonte, MG.

² VALE, Brasil, Departamento de Tecnologia e Marketing de Ferrosos.

³ Central South University (CSU), China, Departamento de Ferro e Aço.

1 INTRODUÇÃO

A produção de pelotas na China tem apresentado forte expansão, em face ao rápido desenvolvimento da sua indústria siderúrgica. Em 2010, serão 145 Mta de pelotas produzidas e usadas como componente de alta qualidade nas cargas dos altos fornos. Na China, as pelotas representam, em média, 20% da carga metálica dos fornos. Em 2013, considerando-se as previsões de aumento de produção de ferro gusa e mantida esta participação de pelotas na carga, estima-se que a demanda chinesa por pelotas deva atingir algo em torno de 200 Mta.

Neste cenário, a indústria siderúrgica chinesa enfrenta, e provavelmente também no futuro, sérios problemas de déficit de matéria prima de alta qualidade para suportar a sua expansão, apesar de possuir grandes reservas de minério de ferro, mas de baixos teores de ferro. Sendo assim, existe um mercado potencial para minérios de alta qualidade, principalmente hematita, destinados a esta utilização.

A indústria de pelletização chinesa difere-se da brasileira por utilizar, historicamente, minérios magnetíticos, produzidos localmente, e segundo diferentes fluxogramas e equipamentos de processo.

Em função disto, é importante entender o comportamento dos minérios hematíticos nesta indústria para suportar ações de *marketing* que visem ampliar o *market share* Vale nesse mercado.

Neste sentido, a VALE realizou uma série de estudos de avaliação do uso de minérios hematíticos nas pelletizações chinesas. Estes estudos foram realizados na *Central South University* (CSU), na China, e através deles foram encontradas soluções tecnológicas que permitem a utilização de elevadas participações de minério hematítico no feed da pelletização, gerando valor para a Vale e aos clientes chinesas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os minérios utilizados nestes estudos foram pellet feeds hematíticos da Vale (nove tipos) e concentrados magnetíticos chineses (15 tipos). Outros materiais utilizados foram bentonita (11 tipos), calcários calcítico (dois tipos) e dolomítico (um tipo) e magnetita não calcinada (um tipo) e calcinada (um tipo).

A maioria das bentonitas (dez) utilizadas foi de origem chinesa e uma indiana. Os outros insumos foram todos de origem chinesa.

Os minérios foram caracterizados quanto a sua composição química, morfologia, incluindo distribuição granulométrica, superfície específica (Blaine) e índice de aglomerabilidade estático, e mineralogia. A caracterização morfológica foi conduzida por meio de peneiramento, microscópio eletrônico de varredura e medidas das umidades moleculares e capilares.

O índice de aglomerabilidade estático (K_p) é usado para avaliar a capacidade de pelletização do minério de ferro, sendo calculado pela fórmula: $K_p = W_m / (WC - W_m)$. Onde, W_m é a umidade de saturação molecular e WC é a umidade capilar.

A capacidade de pelletização do minério é considerada inferior quando K_p é menor do que 0,3, e superior quando é maior que 0,6.

Os minérios, quando necessário, foram preparados usando moinho de bolas à úmido (460 mm D X 620 mm C) e/ou prensa de rolos (200 mm D X 75 mm L).

Os insumos foram caracterizados quanto a sua composição química e distribuição granulométrica e, quando necessário, preparados em moinhos de bola a seco.

No caso da bentonita, foram medidos os valores de algumas propriedades consideradas importantes para o seu desempenho, tais como: % de colóides e de “montmorillonite”, expansão de volume, absorção de água e de azul de metileno e ph.

As pelotas cruas foram produzidas em disco de 1000 mm de diâmetro e de 300 mm de profundidade e foram caracterizadas quanto à umidade, número de quedas, resistência a compressão da pelota seca e ao choque térmico.

Os testes de queima das pelotas cruas em escala de bancada foram realizados em forno elétrico horizontal de 35 mm de diâmetro (tubo de quartzo). Neste testes, pelotas cruas secas foram colocadas num recipiente de porcelana e submetidas ao processamento térmico, que inclui pré-aquecimento inicial, pré-aquecimento final e queima. A taxa de pré aquecimento inicial é controlada pela velocidade de movimento do recipiente de porcelana.

Os testes em escala piloto de secagem e pré-aquecimento foram realizados em *pot grate* de 300 mm de diâmetro e 500 mm de profundidade, sendo que a altura de camada variou de 130 mm, 150 mm e 180 mm, o que corresponde a cargas de pelota cruas de 12 kg, 15 kg e 18 kg, respectivamente. Os testes de queima foram realizados em forno rotativo de 3.000 mm de diâmetro e 900 mm de comprimento.

As pelotas queimadas foram caracterizadas quanto a qualidade física (resistência à compressão e abrasão); a qualidade metalúrgica (grau de redução, inchamento e degradação sob redução – RDI) e a mineralogia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização de Matérias Primas

3.1.1 Minérios de ferro

A Tabela 1 apresenta as composições químicas dos minérios considerados nesse estudo.

Tabela 1 – Composições químicas dos *pellet feeds*

Nº	Código	Fe _t	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P	S	LOI
1	H1	67,50	0,77	1,99	0,43	0,08	0,06	0,007	0,004	0,022	0,009	0,78
2	H2	67,34	0,38	2,41	0,40	0,05	0,07	0,025	0,008	0,011	0,015	0,49
3	H3	68,02	1,18	1,41	0,33	0,19	0,11	0,030	0,025	0,015	0,012	0,50
4	H4	67,45	0,28	1,28	0,58	0,14	0,07	0,010	0,015	0,017	0,023	0,10
5	H5	66,79	0,19	2,47	0,82	0,10	0,04	0,071	0,014	0,024	0,017	0,64
6	H6	67,20	0,37	2,44	0,35	0,07	0,04	0,025	0,014	0,026	0,010	0,81
7	H7	66,48	0,72	2,48	0,81	0,14	0,05	0,054	0,014	0,041	0,022	0,61
8	H8	65,54	0,24	1,41	1,46	0,14	0,07	0,015	0,014	0,037	0,015	2,94
9	H9	65,75	0,81	1,27	1,08	0,05	0,03	0,007	0,014	0,035	0,010	2,11
10	M1	65,62	26,36	6,38	0,67	0,46	0,40	0,065	0,040	0,015	0,040	0,42
11	M2	67,64	30,94	4,60	1,05	0,18	0,19	0,020	0,018	0,008	0,080	0,32
12	M3	67,30	28,26	4,30	0,79	0,48	0,40	0,019	0,023	0,006	0,055	0,50
13	M4	66,18	27,40	5,20	0,69	0,45	0,26	0,024	0,009	0,022	0,120	1,27
14	M5	65,38	19,22	1,91	1,00	0,42	2,89	0,014	0,015	0,010	0,018	1,53
15	M6	65,19	25,59	5,55	0,60	0,87	1,10	0,030	0,025	0,012	0,011	0,73
16	M7	64,39	25,16	4,31	0,86	1,86	0,78	0,013	0,015	0,007	0,066	0,77
17	M8	62,32	25,45	4,38	1,49	2,16	2,05	0,240	0,017	0,024	0,540	2,14
18	M9	62,81	26,49	4,19	1,49	2,08	2,00	0,220	0,016	0,026	0,580	1,77
19	M10	66,33	28,28	2,62	2,01	1,44	0,83	0,097	0,070	0,022	0,300	1,03
20	M11	69,01	29,32	3,15	0,47	0,25	0,29	0,014	0,038	0,090	0,073	0,21
21	M12	66,64	29,76	3,77	1,88	0,31	0,44	0,070	0,066	0,140	0,085	0,59
22	M13	62,53	22,37	11,32	0,19	0,32	0,37	0,018	0,017	0,019	0,035	0,17
23	M14	65,63	23,48	6,43	0,24	0,44	0,45	0,013	0,035	0,016	0,050	0,61
24	M15	65,08	10,64	5,68	0,86	0,20	0,24	0,031	0,056	0,031	0,020	0,92

A Figura 1 mostra como variaram os teores de FeO, S e P, e as composições das gangas ácidas e básicas nos minérios.

Baseado nestes parâmetros de qualidade química, as magnetitas chinesas caracterizadas puderam ser classificadas da seguinte maneira:

- Ricas: Baicang (M1), Liaoning (M2), Qian (M3) e Ekou (M4);
- Carbonatadas: Laiwu (M5), Anben (M6) e Jisgandian (M7);
- Carbonatadas e Sulfetadas: Jishandian (M8), Daye (M9) e Dadinshan (M10);
- Fosfatadas: Anshan (M11) e Miyum (M12);
- Silicatadas: Chantaihai (M13) e Hanwang (M14); e
- Hematíticas: Shijitaihai (M15).

Em relação às hematitas brasileiras da Vale, as magnetitas chinesas, além do maior teor de FeO, apresentam:

- maior teor de ganga básica (CaO e MgO);
- maior teor de ganga ácida (principalmente SiO₂); e
- maior teor de S.

Do ponto de vista químico, os minérios hematíticos diferem-se mais significativamente em relação ao teor de alumina que é maior para aqueles do Sistema Norte.

A Figura 2 mostra como variou o índice de aglomerabilidade dos minérios caracterizados na faixa granulométrica (< 0,074 mm).

Na China, de maneira geral, o único parâmetro de característica física usado para especificação do PF para pelotização é a fração menor que 0,074 mm, que deve ser maior de 80%. Nota-se na figura que esta especificação não garante a boa aglomerabilidade do minério. Este parâmetro, além disto, não consegue discriminar minérios de diferentes características. Verifica-se, além disto, que os minérios hematíticos Vale, exceção do Norte, tem índice de aglomerabilidade inferior a maioria das magnetitas chinesas.

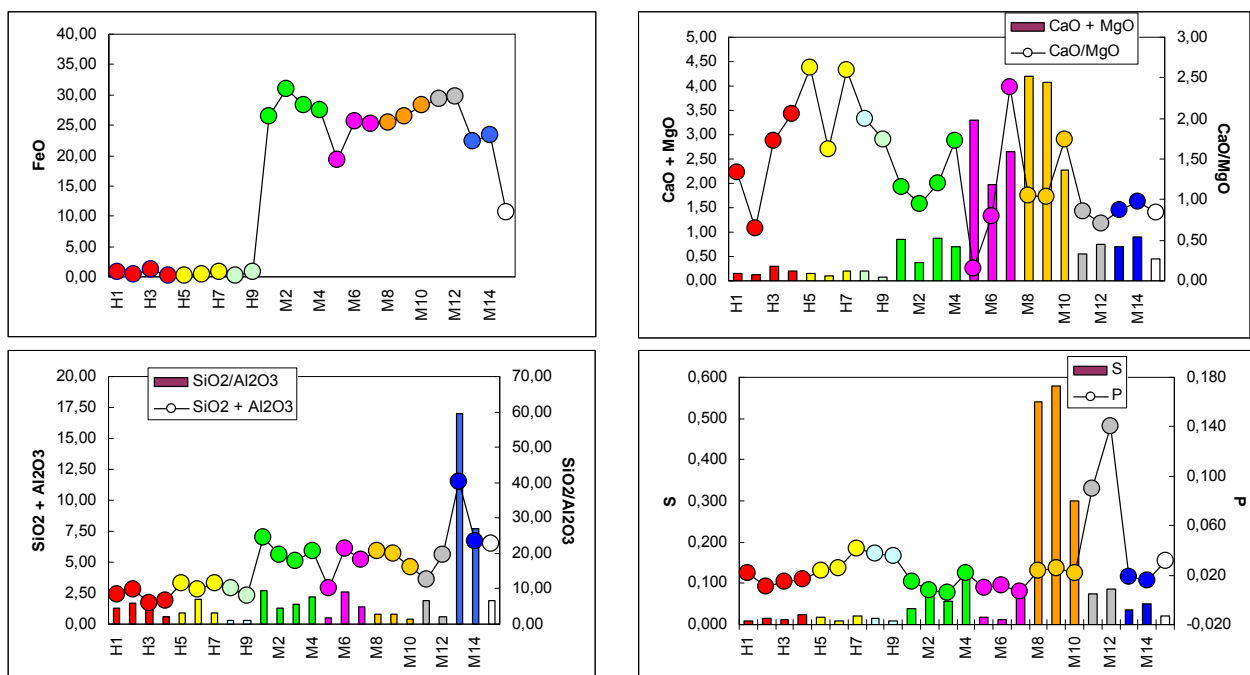


Figura 1 – Composições químicas de *pellet feeds* hematíticos brasileiros e concentrados magnetíticos chineses.

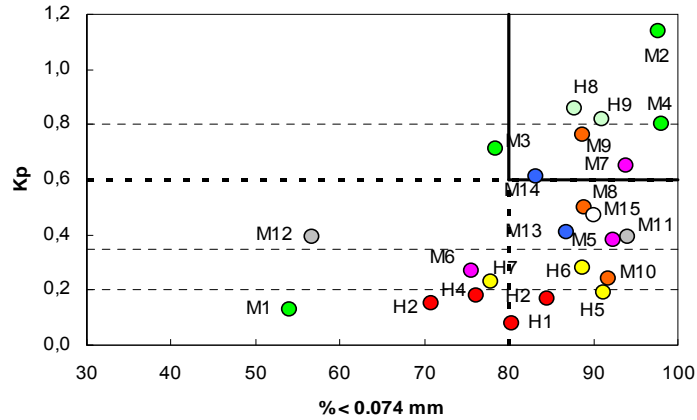


Figura 2 – Variação do Kp dos minérios com a fração < 0,074 mm.

O principal fator que afeta a aglomerabilidade dos minérios é a configuração das partículas ou a presença de microfinos (< 10 µm) e a morfologia e o aspecto superficial das partículas. Uma mistura com a maior presença de microfinos e com partículas de superfície irregular e mais rugosas tem certamente maior aglomerabilidade. Sendo assim, especificar um produto para pelotização baseado somente numa faixa de tamanhos, e relativamente grossa, não parece ser o mais adequado.

A Figura 3 mostra como variou a aglomerabilidade das magnetitas com a sua superfície específica (SS), que é um parâmetro que leva em conta os parâmetros morfológicos das partículas, mas principalmente a presença de microfinos.

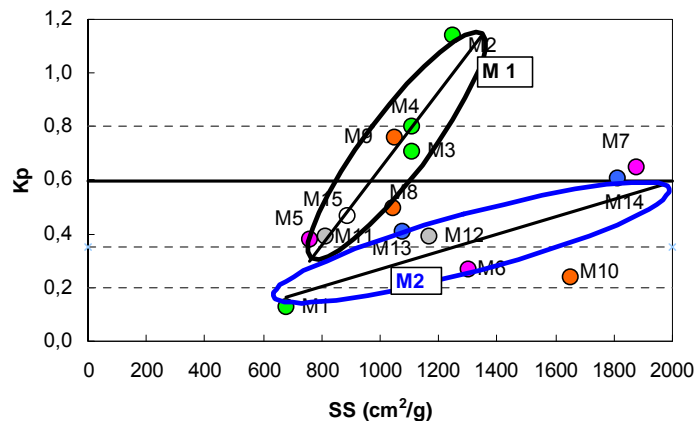


Figura 3 – Variação do Kp com a SS das magnetitas.

Observa-se na Figura 3 que a SS é, realmente, o parâmetro mais discriminatório quanto a aglomerabilidade das magnetitas e que é possível, a partir dela, distinguir dois grupos de magnetita, um cuja variação de aglomerabilidade é grande em função da SS e que exigiria menores SS para se atingir uma boa aglomerabilidade (grupo M1), e outro cuja variação de aglomerabilidade é pequena em relação a SS e que exigiria maiores SS para atingir uma boa aglomerabilidade (grupo M2).

A Figura 4 mostra a configuração das partículas de magnetitas dos dois grupos.

Nota-se que, de maneira geral, as magnetitas do grupo M1 diferem-se das do grupo M2, principalmente em relação a morfologia das partículas. No grupo M1 elas são menos compactas e mais rugosas que as do grupo M2, ou seja, magnetitas do grupo M1 apresentam maior aglomerabilidade que as do grupo M2 para mesmo nível de SS.

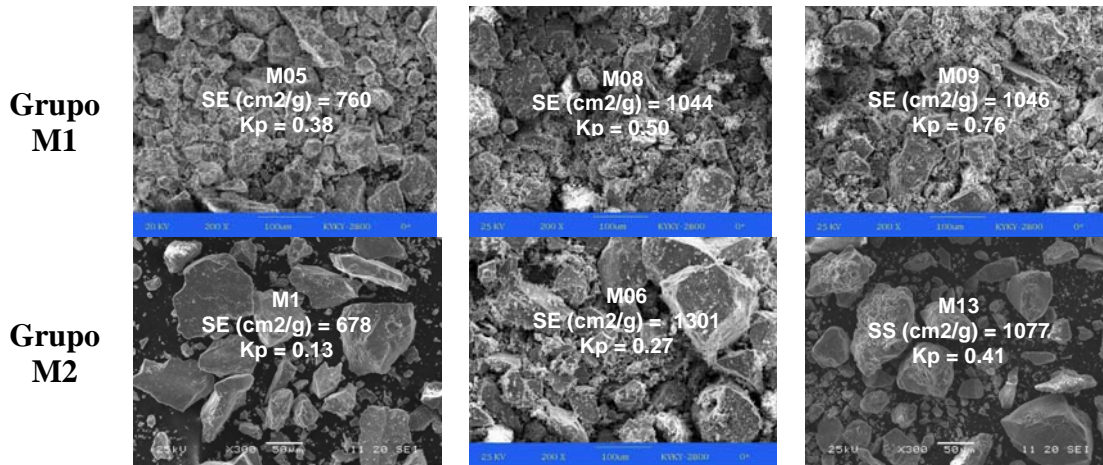


Figura 4 – Aspecto da morfologia das partículas de algumas magnetitas.

A Figura 5 mostra como se posicionaram as hematitas em relação às magnetitas na correlação entre SS e o índice de aglomerabilidade.

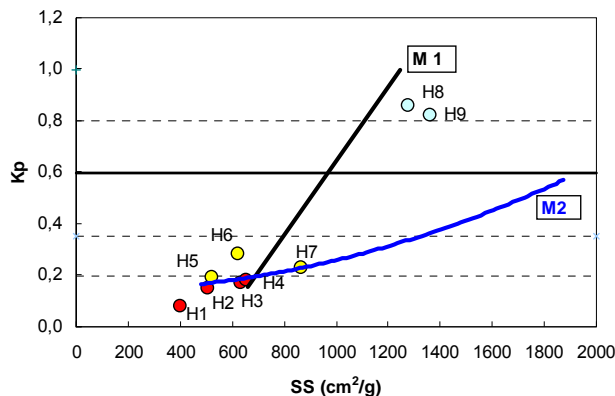


Figura 5 – Variação do Kp com a SS das hematitas.

Nota-se que, com base nas suas características morfológicas (Figura 6), as hematitas Vale do Sistema Norte (8 e 9), devem exigir SS menor e que as dos Sistemas Sul (5 a 7) e Sudeste (1 a 4) para que se tenha uma boa aglomerabilidade.



Figura 6 – Aspecto da morfologia das partículas de hematita.

3.1.2 Insumos

As Tabelas 2 e 3 mostram as composições químicas das bentonitas utilizadas e algumas das suas propriedades, respectivamente.

De acordo com Eisele e Kumatra,⁽¹⁾ as características e propriedade mais importantes para o desempenho das bentonitas são a relação $\text{Na}_2\text{O}/(\text{CaO}+\text{MgO})$, a granulometria e a capacidade de absorção de água. Baseado nisto, podemos afirmar que foram utilizadas bentonitas de desempenhos completamente diferentes e que isto deve ser considerado na análise dos resultados do pelotamento dos minérios.

As Tabelas 4 e 5 mostram as características dos fundentes e carvões utilizados. A maioria dos testes foi realizada objetivando a produção de pelotas ácidas e sem a adição de carvão, que é a prática mais utilizada nas pelotizações chinesas. No entanto, alguns ensaios para avaliar o uso destas adições também foram realizados.

Tabela 2 – Composição química das bentonitas

Tipo	Código	Fet	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	S	P	LOI	Na ₂ O (CaO+MgO)
Zhangjiagang	B1	1,74	65,82	14,72	1,52	1,30	1,04	1,05	0,02	0,02	11,57	0,37
Husi	B2	8,53	52,34	18,95	0,70	2,18	0,71	0,71	0,05	0,01	10,76	0,25
Ezhou 1	B3	8,63	46,65	16,12	1,57	2,86	1,22	1,05	0,01	0,17	16,86	0,24
Tangshan	B4	1,71	60,15	15,21	3,21	2,54	0,41	1,94	0,02	0,04	13,41	0,34
Fangchang	B5	1,56	60,00	13,37	1,35	3,17	0,60	0,41	0,03	0,03	11,65	0,09
Ezhou 2	B6	2,44	55,63	15,26	1,88	2,75	1,34	3,75	0,03	0,03	14,67	0,81
Anyang	B7	1,93	63,07	14,28	2,27	2,23	1,75	2,18	0,02	0,02	10,88	0,48
ND	B8	5,39	56,67	15,11	3,11	2,21	ND	ND	0,05	0,06	11,67	ND
Weifang	B9	1,92	67,99	13,52	1,84	2,57	1,40	2,54	ND	0,02	6,81	0,58
LG	B10	3,60	58,91	17,12	1,76	2,82	0,02	1,83	0,07	0,10	10,07	0,40
Indian	B11	11,89	48,27	15,86	1,62	2,69	0,09	2,92	0,06	0,05	10,32	0,68

Tabela 3 – Outras propriedades das bentonitas

Tipo	Código	Abs. azul metileno (g.(100g) ⁻¹)	Montmoriolita (%)	Colóides (%)	Inch. (mL.g ⁻¹)	Abs. H ₂ O (%)	< 74 microns (%)	< 43 microns (%)	pH value
Zhangjiagang	B1	28,60	64,71	100,00	14,75	157,70	95,20	ND	10,06
Husi	B2	38,00	89,40	90,50	9,00	186,42	99,75	70,25	9,82
Ezhou 1	B3	ND	88,60	91,00	6,50	187,50	91,20	20,52	ND
Tangshan	B4	35,35	80,00	10,80	10,80	218,45	88,90	66,90	9,83
Fangchang	B5	36,00	ND	99,00	10,00	283,61	99,24	68,39	9,71
Ezhou 2	B6	ND	95,02	102,00	33,00	329,00	99,76	93,48	ND
Anyang	B7	ND	76,92	100,00	71,00	344,00	96,80	85,70	ND
ND	B8	33,00	74,70	100,00	10,00	371,10	95,00	70,8	ND
Weifan	B9	35,50	80,30	100,00	42,00	380,60	97,20	ND	ND
LG	B10	32,50	ND	>100	56,50	547,07	98,75	ND	ND
Indian	B11	44,50	100,70	99,50	37,00	552,12	98,41	65,32	10,05

Tabela 4 – Composição química e parâmetro granulométrico dos fundentes

Tipo	Código	Fet	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	S	P	LOI	-0.043 mm)
Calcário calcítico	CC1	0,51	0,9	0,41	53,9	0,53	ND	ND	0,023	0,016	43,1	61,59
Calcário calcítico	CC2	0,51	0,9	0,41	53,9	0,53	ND	ND	0,023	0,016	43,1	61,59
Calcário Calcítico	CC3	0,17	0,65	0,22	54,9	0,26	ND	ND	ND	ND	43,3	48,35
Calcário dolomítico	CD1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Magnesita	M1	1,63	5,09	0,86	2,51	42,32	0,069	0,049	ND	2,3	46,2	62,16
Magnesita calcinada	MC1	0,50	1,39	0,31	1,6	92,63	0,015	0,043	ND	0,044	3,06	91,6

Tabela 5 – Composição química dos carvões

Tipo	Código	Fet	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	S	P	LOI	Cfix	Vol.	Cinzas
YCH	C1	0,23	5,75	3,95	0,24	0,047	0,017	0,012	0,16		89,3	81,48	8,74	10,71
YQ	C2	0,26	4,33	2,83	0,08	0,03	0,02	0,008	0,49		92,1	81,04	9,9	10,06

3.2 Procedimento de Preparação do Minério

A etapa de preparação é a mais importante no processo de pelotização, pois ela é determinante da qualidade da pelota crua e da pelota queimada. Um bom pelotamento depende de uma boa aglomerabilidade dos minérios. Neste sentido, uma das alternativas para aumentar esta aglomerabilidade é a redução do tamanho das partículas através da moagem.

A Figura 7 mostra como variou a aglomerabilidade dos minérios magnetíticos e hematíticos com o tempo de moagem, e, conseqüentemente, a SS.

Nota-se que as magnetitas em função da sua morfologia exigem menor SS e moagem menos intensiva do que as hematitas para se obter uma boa aglomerabilidade. Em função disto, na China, esta preparação é quase que totalmente feita utilizando moinhos horizontais, de descarga periférica, com bolas de grande diâmetro, em circuito aberto e a umidade “natural”, que mesmo sendo ineficiente é suficiente para os minérios magnetíticos locais.

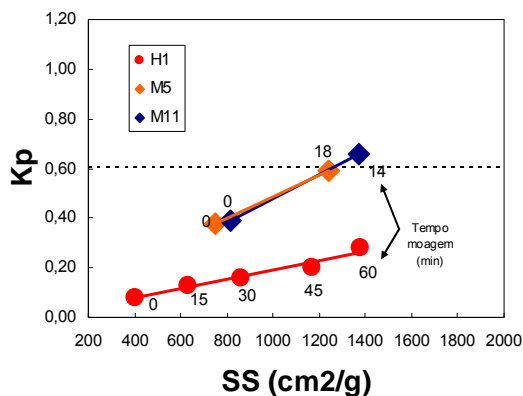


Figura 7 – Variação da SS e da aglomerabilidade de minérios magnetíticos e hematíticos com o tempo de moagem.

A Figura 8 mostra como variou a SS e a aglomerabilidade de minérios hematíticos a partir das etapas de moagem e de prensagem. Observa-se que a prensagem é muito mais eficiente que a moagem para melhorar a aglomerabilidade.

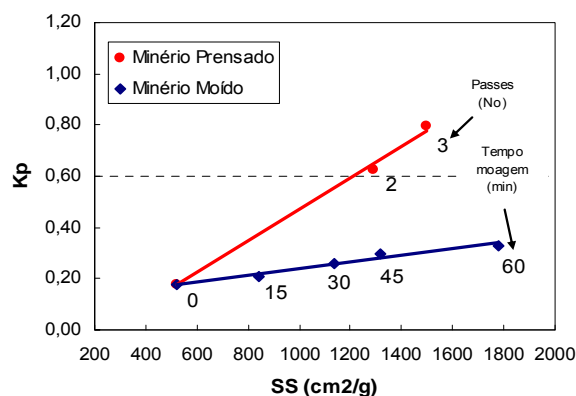


Figura 8 – Variação da SS e da aglomerabilidade de hematitas prensadas e moídas.

O melhor desempenho da prensagem em relação à moagem para melhorar a aglomerabilidade dos minérios é devido ao fato da prensa gerar, além de

microfinos, mudanças microestruturais favoráveis, segundo Zhu,⁽²⁾ incluindo alterações morfológicas (trincas), como mostra a Figura 9. Sendo assim, do ponto de vista técnico e econômico, o circuito de preparação indicado para minérios hematíticos é aquele que utiliza moagem adequada e prensa de rolos em série.

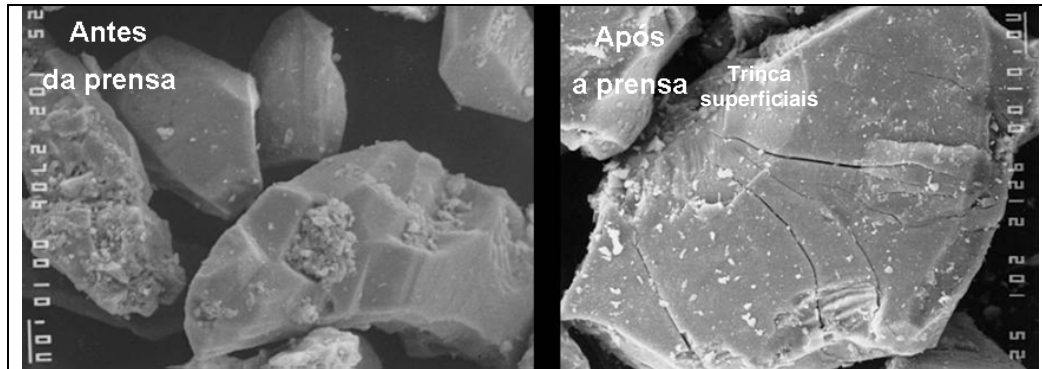


Figura 9 – Alterações de morfologia da partícula devido ao uso de prensa de rolos.

3.3 Etapa de Pelotamento

A Figura 10 mostra como variou a qualidade da pelota crua em função da adição de bentonita, uso de magnetita e SS de misturas, cujo minério base foi o hematítico da Vale do Sistema Sul. Estas misturas foram preparadas a partir de moagem e prensagem (um passe) em série das misturas. Destacando, no entanto que vários outros tipos de misturas e configurações foram testadas.

Nota-se na figura que o consumo de bentonita diminuiu quando se usou bentonita de melhor qualidade, de maior capacidade de absorção de água, maior SS e com a adição de magnetita.

Nas pelletizações chinesas, o consumo de bentonita varia de 15 kg/t a 30 kg/t dependendo da qualidade da bentonita utilizada, das características da magnetita *in natura* e das condições de preparação.

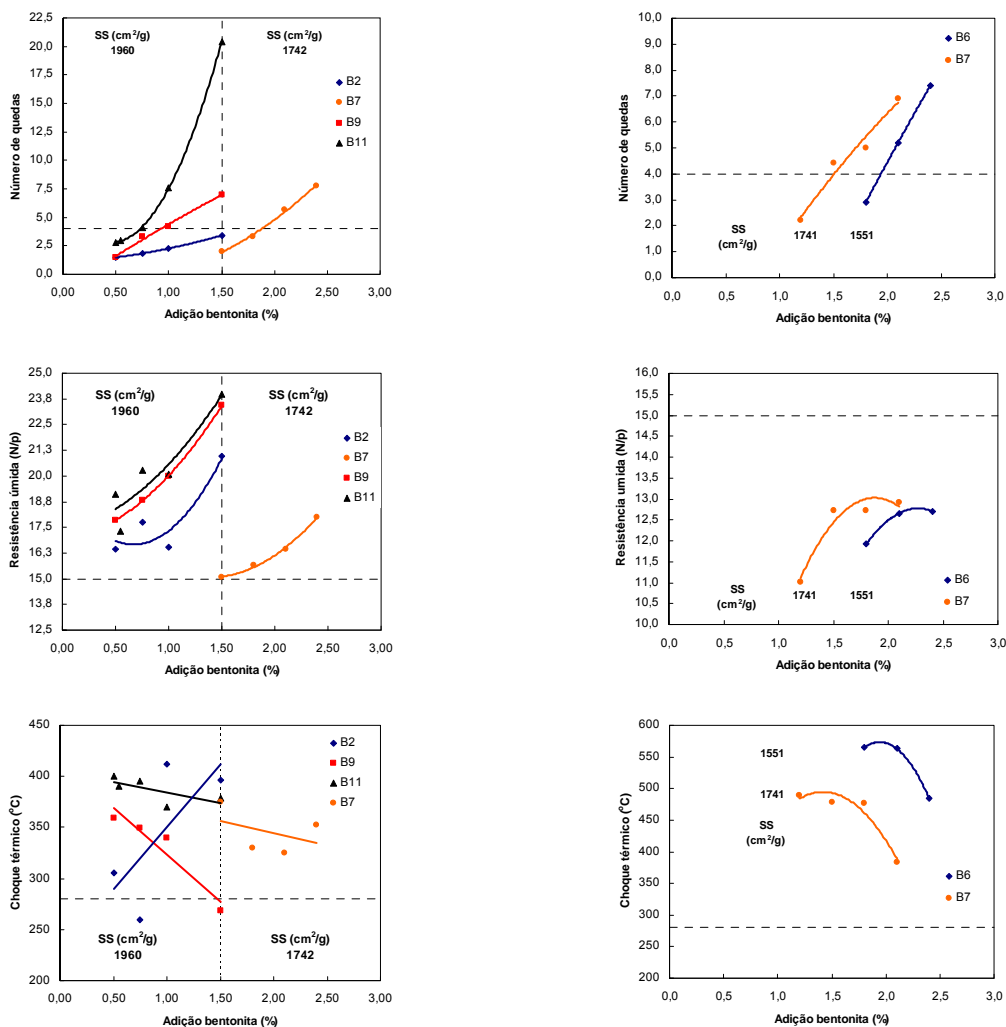


Figura 10 – Efeitos da adição de bentonita, do uso de magnetita e da SS dos minérios na qualidade de pelotas cruas em misturas hematíticas moídas e prensadas.

3.3 Etapa de Queima

A Tabela 6 mostra a qualidade das pelotas queimadas, produzidas em escala piloto a partir de algumas misturas, e cuja participação de hematita variou de 70% a 100%.

Tabela 6 – Qualidades das pelotas queimadas de misturas com participação de minérios hematíticos variando de 70% a 100%

Bentonita	(%)	1,80	0,75	0,75	1,80	2,10
	Código	B7	B11	B11	B7	B6
Minério	Hematita (%)	100	100	100	70	70
	Magnetita (%)	0	0	0	30	30
SS mistura (cm ² /g)		1742	1960	1960	1741	1551
Fundente	(%)	-	5,65	5,70	-	-
	Código	-	CC2	CC2	-	-
Carvão	(%)	-	-	0,65	-	-
	Código	-	-	C2	-	-
Altura do leito (mm)		200	150	150	200	200
Secagem Ascendente	Fluxo de ar (m/s)	1,5	1,0	1,0	1,5	1,5
	Tempo (min)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Temperatura (°C)	200	210	210	200	250
Secagem Ascendente	Fluxo de ar (m/s)	1,5	1,2	1,2	1,5	1,5
	Tempo (min)	4,0	4,0	4,0	3,0	4,0
	Temperatura (°C)	300	340	340	400	350
Pre-queima	Fluxo de ar (m/s)	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
	Tempo (min)	12,0	8,0	8,0	12,0	7,0
	Temperatura (°C)	950	1130	1130	950	1025
Qualidade PH	Índice Tamboramento (%+3mm)	98,00	98	97,74	98,70	98,94
	Resistência Compressão (N/p)	553	1077	1251	1019	1421
Queima	Temperatura (°C)	1270	1310	1310	1230	1230
	Firing duration /min	15	10	10	15	12
Qualidade PQ	Resistência Compressão (N/p)	2422	3780	3433	3401	3013
	Índice Tamboramento (%+6,3mm)	96,24	ND	97,33	96,03	96,07
	Índice Abrassão (%-0,5mm)	3,28	ND	2,53	3,48	3,12
	Fet	66,00	64,70	64,77	66,20	65,23
	FeO	0,99	0,86	0,30	0,98	1,98
	SiO ₂	3,60	3,08	2,98	3,64	3,47
	Al ₂ O ₃	0,75	0,59	0,65	0,78	1,27
	CaO	0,32	3,11	3,01	0,34	0,65
	MgO	0,39	0,10	0,15	0,37	0,70
	Redutibilidade (%)	63,40	69,51	ND	62,19	56,86
	Inchamento (%)	17,00	10,93	11,19	18,15	13,27
	Degradação (%+6,3 mm)	73,31	94,94	ND	70,45	96,84
	Degradação (%+3,15 mm)	87,61	96,36	ND	86,34	98,28
	Degradação (%-0,5mm)	6,80	1,42	ND	6,44	1,50

Observa-se na figura que:

- em misturas com 100% de hematita, a qualidade da pelota queimada melhorou com o aumento de SS da mistura, com as adições de fundentes e carvão, e com o aumento das temperaturas de pré-queima e queima.
- a adição de até 30% de magnetita implicou em redução das temperaturas de pré-queima e queima.

Estes efeitos eram esperados em função de diferenças mineralógicas marcantes entre minérios hematíticos e magnetíticos, teor de magnetita, e de comportamento no processo de queima, de acordo com Meyer:⁽³⁾

- na etapa de pré-queima a magnetita é oxidada formando hematita e gerando calor, o que reduz a necessidade de consumo energético no processo.
- além disso, durante a oxidação da magnetita para hematita, os primeiros cristais de hematita já são formados a baixas temperaturas sobre a borda e superfície dos grãos e cristais do minério gerando a formação das primeiras pontes de ligação entre os grãos, o que implica em maior taxa de geração de resistência à compressão.

4 CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram ser tecnicamente viável a utilização de grande quantidade de minérios hematíticos em misturas com concentrados magnetíticos



domésticos nas usinas de pelotização da China, desde que se façam adaptações de fluxograma de processo e de parâmetros operacionais dos principais equipamentos.

Do ponto de vista técnico e econômico, o circuito de preparação indicado para minérios hematíticos é aquele que utiliza moagem e prensa de rolos em série.

Em certas condições seria possível utilizar até 100% de minério hematítico.

REFERÊNCIAS

- 1 Eisele, T.C.; Kawatra, K.; A review of binders in iron ore pelletization, Mineral Processing & Extractive Metall. Vol., 24, 1-90, 2003.
- 2 Zhu D.; Pan Jian, Qiu. G.; Clout J.; Wang C.; Guo Y.; Hu C.; Mechano-chemical activation og magnetite concentrate for improving its pelletability with HPRG, ISIJ International, vol. 44, (2004), n^o2, pg. 310-315.
- 3 Meyer K., Pelletizing of Iron Ore, Springer-Verlag Berlim Heidelberg, New York, 1980.