

PRODUÇÃO DE PELotas A PARTIR DE MINÉRIOS FINOS DE MANGANÊS NÃO CALCINADOS PREVIAMENTE¹

João Batista Conti de Souza²

Resumo

O objetivo é produzir pelotas de menor custo e com qualidades adequadas ao uso nos reatores metalúrgicos, utilizando de finos de minérios de manganês e aditivos, substituindo as etapas de moagem, espessamento, homogeneização e filtragem pela cominuição em prensa de rolos, e eliminando a etapa de calcinação prévia dos minérios. Para a etapa de moagem somente os minérios com tamanho de partículas abaixo de 1 mm foi separado. Calcário fino e aglomerante foi adicionado ao minério moído, e submetido à operação de mistura. A etapa de aglomeração prevê a adição de água visando o teor de umidade adequada, resultando assim em pelotas cruas. No processamento térmico, as pelotas cruas foram submetidas às etapas de secagem, pré-queima e queima controlada. Através do conhecimento dos mecanismos de transformações de fases com o aumento da temperatura, a que está sujeito o minério, a elaboração de um ciclo térmico adequado para controle na etapa de queima, amenizando assim o efeito catastrófico de degradação das pelotas, obtendo um produto com qualidades químicas (redução/eliminação dos elementos pesados), físicas (elevada resistência á compressão e ao desgaste (abrasão)) e metalúrgicas, para suportar os efeitos de manuseios, transporte à longa distância e processamento nos reatores.

Palavras-chave: Pelotizacao; Minérios finos de manganês; Calcinação; Ferro-ligas.

PRODUCTION OF PELLETS STARTING FROM FINES MANGANESE ORE NO PREVIOUSLY ROASTED

Abstract

The objective is to produce pellets of lower cost with the appropriate technical qualities, to be used in metallurgic reactors, using fine manganese ore and additional substances, hereby substituting the grinding stages, thickening, and homogenization and filtering by grinding in the roller press, and eliminating the stage of previous calcinations of the ores. For the grinding process, only the particles with a size smaller than 1mm were selected. Limestone powder and binder were added to the grinded ore and everything was mixed. During the agglomeration process, water is added to the mixture until the appropriate humidity is reached, hereby resulting in crude pellets. During the thermal process, the crude pellets undergo stages of controlled drying, pre-burning and burning. Through the knowledge of the mechanisms of transformations of phases with the increase of the temperature, to which the ore is subjected, it is possible to elaborate an appropriate thermal cycle to control the burning stage, reducing hereby the destructive effect of degradation of the pellets, obtaining a product with chemical qualities (reduction / elimination of the heavy elements), physical qualities (high compression strength and low abrasion index) and metallurgic qualities, to support the effects of handling, long distance transport and processing in the reactors.

Key words: Pelletizing; Manganese ore fines; Calcinations/ roaster; Ferro-alloys.

¹ Contribuição técnica ao 41º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 12º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 12 a 26 de setembro de 2011, Vila Velha, ES.

² Eng. Metalurgista e de Materiais, Coordenador do Curso Superior de Engenharia Metalúrgica, Professor dos Cursos de Engenharia e Mestrado em Metalúrgica e Materiais – IFES - Instituto de Educação, Ciências e Tecnologia do Espírito Santo. Consultor da JB Conti Tecnologia Minerometalúrgica LTDA - jbcontitecnologia@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

O minério de manganês é de grande importância para a siderurgia, pois aproximadamente 90% da produção mundial deste mineral se destinam aos processos siderúrgicos sob a forma de ferro-ligas.

O Brasil possui reservas de minérios de manganês no estado do Pará, de Mato Grosso, Amapá e Minas Gerais. Os minérios se diferem por sua formação geológica. Durante a extração, nas estações de beneficiamento, no manuseio e no transporte do minério de manganês é gerada uma grande quantidade de finos. Esse material não tem utilização direta nos fornos de fabricação de ferro - ligas, nem nos demais fornos por prejudicarem a permeabilidade do leito, reduzindo a produtividade das plantas, aumentando os consumos energéticos, e além de problemas ambientais.

Os produtores de minérios de manganês, principalmente aqueles com elevada geração de finos, vem continuamente buscando alternativas para aumentar a utilização desses finos. Entre estas alternativas estão a aglomeração via sinterização, briquetagem e a pelotização (a frio ou a quente).

A linha de sinterização do minério do manganês está bem estabelecida. O minério tem comportamento adequado na sinterização e produz um sinter apropriado para uso em fornos elétricos de redução, desde que para uso local, devido o sinter não possuir resistência mecânica suficiente para suportar excessivo manuseio e o transporte à longa distância. A maior restrição ao processo de sinterização é do ponto de vista ambiental, já que tem sofrido fortes restrições dos órgãos ambientais na Europa no que diz respeito às emissões de toxinas e elementos pesados na atmosfera, não eliminados em função da menor recirculação de gases e da deficiência dos atuais sistemas de tratamento de efluentes gasosos utilizados.

Na linha de briquetagem e pelotização, vários estudos foram realizados visando o desenvolvimento de produtos aglomerados a frio. Os briquetes foram produzidos a partir de uma mistura composta de minérios finos, fundente (calcário), combustível sólido (carvão mineral, carvão vegetal ou coque de petróleo) e aglomerante. A sua aplicação em processo de fabricação de ferro-ligas ainda requer melhorias, uma vez que os mesmos apresentaram alta degradação mecânica no manuseio e degradação sob redução nos reatores.

As pelotas aglomeradas a frio foram produzidas, em escala industrial, usando o circuito convencional para produção de pelotas de minérios de ferro, com as etapas de moagem a úmido, espessamento, homogeneização, filtragem, adição de aglomerante, pelotamento e queima. Devido às grandes variações no processo, as pelotas não apresentaram qualidades físicas e metalúrgicas adequadas e ao serem carregadas no forno elétrico para produção de ferro-ligas. Ocorreu geração excessiva de pó e descontrole no posicionamento dos eletrodos em função do uso de carga com resistividade não homogênea.

A tentativa de produzir pelotas de minérios de manganês a quente foi e vem sendo estudada por empresas, pesquisadores independentes e centros de pesquisas no Brasil e no exterior.⁽¹⁾ Os resultados obtidos nos experimentos, até aquele momento, foram insatisfatórios para atender as exigências a que os produtos seriam submetidos.

Embora seja de grande importância no ramo siderúrgico, as pesquisas e estudos sobre produção de pelotas de minérios de manganês têm sido pouco divulgados até o momento, sendo pequena a quantidade de trabalhos publicados sobre o assunto. Talvez seja uma questão de visão estratégica visando uma garantia da propriedade intelectual e/ou implantação de projeto industrial em futuro bem próximo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Histórico da Produção de Pelotas a Quente de Minérios de Manganês

A ICOMI – Indústria e Comércio de Minérios do Amapá construiu e operou, no período de 1970 a 1991, uma planta de pelletização com objetivo de utilizar o minério de manganês de mina própria localizada na Serra do Navio (SNV), Amapá. A capacidade de produção da planta era de 20.000 toneladas por mês. ⁽²⁾

A Tabela 1 apresenta os produtos obtidos na planta de beneficiamento da ICOMI.

Tabela 1. Produtos do beneficiamento na mina da ICOMI

Produto	Faixa Malha	Operação / Etapa	% Mn
Grosso	75 – 13 mm	lavado e peneirado	48,5
Bitolado	13 – 8 mm	lavado e peneirado	48
Miúdo	6 mm – 20 Mesh	classificador tipo Rake	43
Fino	20 – 150 Mesh	Underflow do hidrociclone	31
Slimes	<100 Mesh	overflow do hidrociclone	16

Para a produção de pelotas a ICOMI utilizava de um sistema de beneficiamento para formar uma mistura composta por 75 t de “Miúdo” e 50 t “Fino”, correspondendo a relação 60% e 40% respectivamente. Esta mistura, concentrado de finos de minérios de manganês, na faixa granulométrica de 6mm a 150 Mesh, era alimentada no forno de leito fluidizado (Roaster), equipamento utilizado para realizar uma calcinação em atmosfera redutora.

A Figura 1 apresenta a rota de processamento da mistura de minérios “Miúdo” e “Fino” da etapa de calcinação redutora até a de pelletamento.

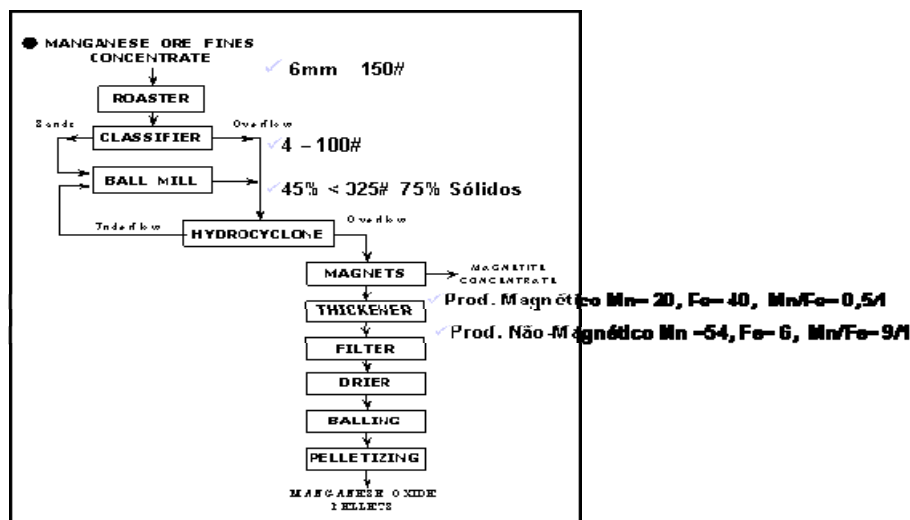


Figura 1. Fluxo de processamento do minério do calcinador até a pelletização.

Para a pelletização a ICOMI utilizava como aglomerante a Bentonita (argila montmorinolitica). Esta mostrou que com adições da ordem de 20 quilos por tonelada de minério (2%) e um bom controle da etapa de queima das pelotas crua era possível obter pelotas queimadas com valores de resistência a compressão da ordem dos valores obtidos nas pelotas de minérios de ferro.

Em resumo o processo de pelletização da ICOMI exigia as etapas de calcinação redutora, classificação, moagem, classificação por hidrociclones, separação

magnética como alternativa para aumentar a relação Mn/Fe no minério e possibilitar a redução do efeito da degradação devido o tratamento térmico nas pelotas. Após esta etapa o minério era submetido aos processos de espessamento, homogeneização, filtragem, secagem, pelotamento e a queima das pelotas cruas em forno do tipo *Straight-Grate Induration Machine (traveling grate)*.

2.2 Materiais e Métodos

2.2.1 Descrição do processo de produção de pelotas de minérios de manganês não calcinado previamente

O processo se aplica a qualquer minério de manganês mais oxidado.

O minério deve ser preparado de maneira a evitar a geração de materiais ultrafinos. Deve-se evitar a utilização de moinhos de bolas.

Para o processo de preparação do minério, a escolha do equipamento de cominuição dependerá da granulometria inicial do minério. Os equipamentos mais indicados para o processo de cominuição são os britadores e a prensa de rolos em linha ou somente a prensa de rolos. Para minérios que estejam na fração superior a malha de 1 mm é necessária a redução prévia do tamanho das partículas de modo a se obter 100% do material passante nesta malha, e daí seu processamento em prensa de rolos. A prensagem deve ser realizada em quantidade necessária até que se atinja superfície específica na faixa de 800 cm²/g a 1.200 cm²/g e/ou granulometria na faixa de 30% a 40% do material passante na malha de 0,044 mm (325 mesh). Para os minérios que, na fase de classificação, se colocaram com granulométrica e/ou superfície específica na faixa especificada ao processo, as etapas de britagem e prensagem deverão ser dispensadas.

Seguindo o fluxo do processo de pelotização, após a etapa de preparação, o material cominuído é misturado com fundente, que poderá ser calcário calcítico ou dolomítico, A dosagem do fundente poderá variar de 2% a 5% em função da composição química desejada para a pelota. A mistura é encaminhada para receber a dosagem de aglomerante. Este poderá ser bentonita (1,5% a 2%), cal hidratada (2% a 3%) ou aglomerante sintético do tipo CMC (Carboxi-metil-celulose) (de 0,05 a 0,15). As quantidades devem ser adequadas para a formação de pelotas cruas com resistência suficiente para suportar o transporte até o forno e aos choques térmicos a que são submetidas na etapa de: secagem, pré – queima e queima. A resistência das pelotas úmidas e secas deve ser no mínimo 1 kg/pelota e 2 kg/pelota, respectivamente, e um valor mínimo de resiliência (Número de quedas) de cinco quedas.

Na etapa de pelotamento é feita a dosagem de água. A adição deverá ser realizada em função da umidade inicial da mistura a ser pelotizada e em quantidades suficientes para a formação da pelota crua com boa qualidade física. Dependendo da granulometria e da adição de aglomerante a umidade poderá variar de 14% a 18%.

As pelotas cruas poderão ser processadas termicamente em forno do tipo *shaft furnace*, *traveling grate*, *grate kiln* ou *stell belt*, dependendo, principalmente do volume de produção que se deseja. Deve ser dada especial atenção às etapas de secagem e pré-queima da pelota que devem ser feitas visando evitar geração de trincas na pelota devido ao choque térmico. A taxa de aquecimento deve variar de 50°C a 150°C/minuto. A temperatura máxima e tempo total de queima devem ser suficientes para garantir a qualidade do produto final em termos de resistência a compressão e a abrasão. A temperatura de topo máxima pode variar de 1.280°C a

1.340°C e o tempo total de 34 a 42 minutos. A resistência à compressão da pelota deve ser de na faixa de 250 kg/pelota e o índice de abrasão menor que 3,0% passante na malha de 0,5mm.

2.2.2 Seleção e caracterização de matérias primas, aditivo e aglomerante.

Para o estudo foram realizadas as etapas de escolha, seleção e coleta de amostras representativas de finos de minérios de manganês, fundentes e aglomerantes. As amostras de cada material foram homogeneizadas e realizadas a separação das amostras-testes representativas do universo. As amostras foram encaminhadas para a caracterização empregando técnicas apropriadas de análises de materiais.

Tabela 2. Resultados das análises das matérias primas dados em porcentagem

	Mn	SiO ₂	CaO	Fé	Al ₂ O ₃	MgO	P	H ₂ O	PPC
Calcário	0,020	2,15	51,93	0,00	0,89	1,25	0,068	2,0	42,22
Bentonita	0,00	63,50	1,30	0,00	16,12	02,98	0,020	0,3	6,50
Minério	44,20	3,72	0,18	4,74	8,12	0,23	0,080	9,0	15,36

Importante para a conclusão do projeto foi a avaliação dos comportamentos dos minérios em função da variação da temperatura e do controle das atmosferas oxidante e redutora (termogravimetria).⁽³⁾

As análises termogravimétricas associadas à difratometria de Raios-X mostraram que o minério de manganês sofre transformações com a elevação de temperatura. Estas transformações levam a formação de novos compostos, que por sua vez conduzem ao enfraquecimento da rede cristalina gerando fragmentos em função da degradação do minério e dos aglomerados formados com este.

Tabela 3. Reações do minério de manganês em função da temperatura⁽⁴⁾

Faixa de temperaturas	Reações / compostos
560 – 630 °C	4 MnO ₂ (c) à 2 Mn ₂ O ₃ (c) + O ₂ Reação da Pirolusita Criptomelana estável
840 – 900 °C	2 KMn ₈ O ₁₆ (c) à 6 Mn ₂ O ₃ (c) + 3 O ₂ + k ₂ Mn ₄ O ₈ (c) Criptomelana Partridgeita Permanganato de Potássio
900 – 1020 °C	3 Mn ₂ O ₃ (c) à 2 MnO. Mn ₂ O ₃ (c) + ½ O ₂ Partridgeita Hausmanita 2 K ₂ Mn ₄ O ₈ (c) à 4 Mn ₂ O ₃ (c) + O ₂ + 2K ₂ O (liq) Permanganato de Potássio 2 K ₂ O (liq) + Al ₂ O ₃ (c) + 2 SiO ₂ (c) à 2 KAlSiO ₄ (c) + 2 O ₂

2.2.3 Etapa de cominuição – britagem e prensagem

Para a etapa de cominuição do minério foi utilizada a rota de britador de rolos, seguida de prensa de rolos. Com o uso de britador de rolos objetivou-se a redução dos tamanhos de partículas para a faixa de 100% passante em 1 mm e com a prensa foi possível atingir material com granulometria de 30% a 40% passante na malha de 0,044 mm (325 Mesh).

O minério foi processado em números de cominuição (britagem e prensagem) em quantidades visando gerar massa suficiente para as diferentes condições de pelotamento e queima. Geração de massa para produção das pelotas.

Após todo o material ter sido cominuído, foi realizada nova homogeneização, coletas e separações de amostras para análise da distribuição granulométrica, superfície específica, umidade e análise química.

Em paralelo foi feita a preparação de calcário calcítico, através de prensagem até que o material se encontrasse com a granulometria de 70% passante na malha de 0,044 mm (325 mesh).

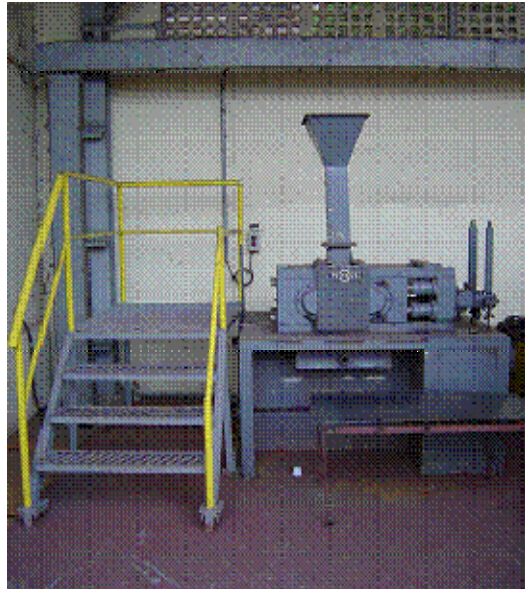


Figura 2. Prensa de rolos piloto para cominuição de minérios e fundentes.

As amostras de calcário calcítico foram encaminhadas para análise da distribuição granulométrica, superfície específica, umidade e análise química.

Foram separadas porções de bentonita já caracterizadas, que foram utilizadas como aglomerante na fase de pelotamento.

Com as análises químicas, granulometria (% 325 Mesh), PPC de todos os materiais foi determinado a participação (dosagem) de cada um na mistura (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados de análises químicas, perda por calcinação (PPC), percentual passante na malha de 0,044 mm (325 mesh) e percentual de dosagem de cada componente da mistura

	Mn	SiO ₂	CaO	Fe	Al ₂ O ₃	PPC	%<325#	Dosagem (%)
Calcário	0,020	2,15	51,93	0,00	0,89	42,22	70	5,0
Bentonita	0,00	63,50	1,30	0,00	16,12	6,50	100	1,9 %
Minério	44,20	3,72	0,18	4,74	8,12	15,36	38	93,1 %

Na etapa seguinte foram realizadas as pesagens da matéria prima, do fundente, do aglomerante e da água visando uma composição química em atendimento ao especificada no balanço de massa e um teor de umidade, de 15% a 17%, para um bom desempenho na etapa de pelotamento.

O balanço de massa foi elaborado visando a produção de pelotas queimadas com características físicas e composição química pré-definida.

2.2.4 Etapa de pelotamento

Foram realizados pelotamentos, em disco piloto, utilizando minérios com granulometrias de 70% e 38% passante na malha de 0,044mm (325 mesh).

Para cada composição de matérias-primas para o pelotamento foram utilizadas diferentes proporções de aglomerantes, variando de 1,5% a 2% de bentonita.

Na etapa de produção de pelotas cruas foi utilizado um alimentador de correia de velocidade regulável, um disco de pelotamento com 1 metro de diâmetro, inclinação e velocidade variáveis, além de um sistema de dosagem de água por spray.



- Disco de pelotização piloto**
- **Diâmetro – 800 mm;**
 - **Velocidade – Regulável / variável**
 - Padrão 19 rpm;**
 - **Inclinação – 45 /46°;**
 - **Taxa de alimentação – 100 kg / h;**
 - Dosagem de água (Spray) opcional**

Figura 3. Foto e dados do disco de pelotização piloto.

Após a produção das pelotas cruas, as mesmas passaram por um peneiramento nas malhas de 8 mm, 10 mm, 12,5 mm, 16 mm, 18 mm, e 20 mm para avaliação da distribuição granulométrica.

Amostras de pelotas cruas também foram submetidas aos ensaios de umidade, resistência da pelota crua úmida, resistência da crua pelota seca, teste de queda (resiliência) e coque térmico. Este elenco de ensaios é utilizado para avaliar o desempenho das pelotas cruas ao simular as etapas de manuseio na classificação (peneiramento de pelotas cruas), transporte, transferências até a entrada do forno e o comportamento com a mudança da temperatura.

Tabela 5. Resultados dos ensaios das pelotas cruas

Resistência à compressão (kg/p)		Número de quedas
Úmida	Seca	
1,20 a 1,70	6,80 a 8,50	85,00 a 90,00

2.2.4 Etapa de processamento térmico

Foram realizadas queimas em forno piloto do tipo *Pot Grate* (Figura 4), utilizando de perfis térmicos adequados às necessidades de cada carga, visando avaliar o comportamento das pelotas cruas, consumos de energia e a qualidade das pelotas queimadas nesta etapa do processo de pelotização.

Na montagem do *Pot Grate* utilizou-se como camada de forramento pelotas queimadas de minérios de ferro protegidas com um grelha / tela de aço e para a camada lateral foram utilizadas esferas de porcelana de 6 mm.

As pelotas cruas foram carregadas no forno e em seguida foi realizado o fechamento do mesmo, as conexões dos termopares.



Figura 4. Desenho esquemático, foto e dados do Pot Grate – Forno piloto para queima de pelotas.

Durante o carregamento do forno foi elaborado o programa de queima, onde é determinado e estipulado o perfil térmico a ser executado para que as pelotas cruas possam passar pelas etapas de secagem ascendente, secagem descendente, pré-queima, queima, pós-queima e resfriamento sem que ocorra a geração de trincas que provoca a degradação das pelotas.

Ao término da fase de resfriamento as pelotas queimadas produzidas foram descarregadas, separadas das esferas de porcelanas, homogêneas, quarteadas e, encaminhadas para os ensaios físicos de resistência a compressão e abrasão, e análise química.

A Figura 5 apresenta o desenho esquemático do forno de pelotização convencional - *Straight Gate Induration Machine*.

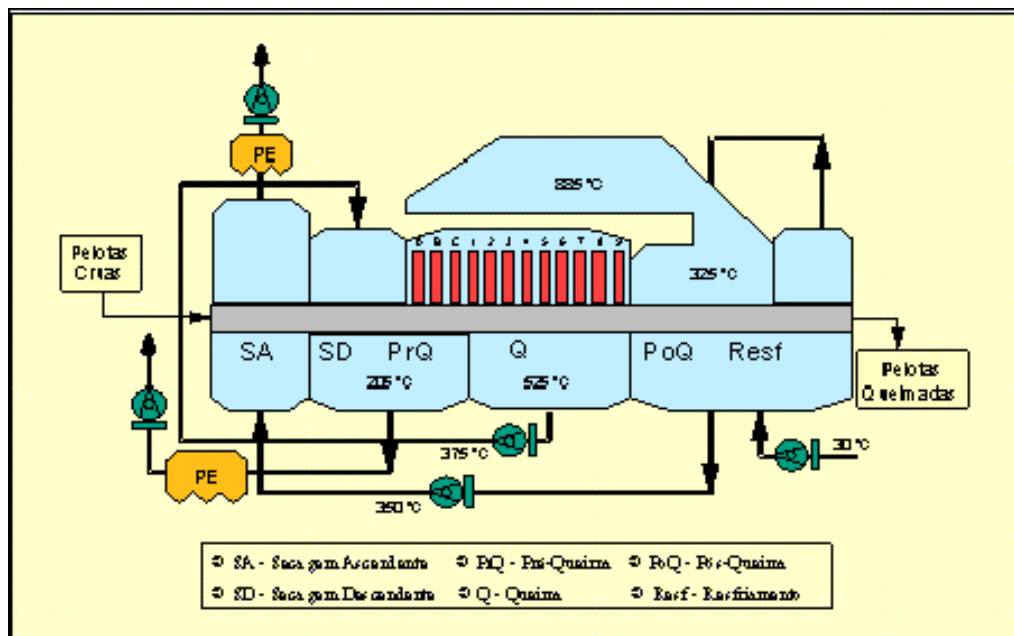


Figura 5. Forno tipo *Straight Gate Induration Machine* – pelotização convencional.

2.2.6 Caracterização das pelotas queimadas

Foram realizadas análises químicas e testes físicos mostrados na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados das análises químicas e testes físicos das pelotas queimadas produzidas

Mn	SiO ₂	CaO	Fe	Al ₂ O ₃	R. Comp	R. Abrasão (<0,5mm Max)
41,00	5,92	2,43	5,71	9,26	269Kg /pelota	1,40 %

Para a caracterização das qualidades físicas foram utilizados os mesmos equipamentos utilizados para as pelotas obtidas pelo processo convencional de produção com minérios de ferro e em obediência às normas ISO.

Para as análises químicas foram utilizadas normas e os padrões utilizados para os minérios de manganês.

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

A fabricação de pelotas de minérios de manganês a quente é um assunto que demandou um estudo complexo, principalmente no que se refere à etapa de cominuição e ao comportamento a quente do produto, que por sua vez, depende das características das ligações formadas entre o minério e o aglomerante. Em certos casos, como a presença de certos compostos hidratados, a ligação formada a frio determina um comportamento de fragilização a quente devido à perda da água de cristalização, que compromete sua utilização em fornos de tratamento térmico de pelotização.

A composição química das pelotas queimadas reproduziu o esperado pelo balanço de massa elaborado e os parâmetros de qualidade física atenderam às especificações praticadas pela ICOMI. A Resistência à Compressão (RC), atingiu o valor de 269 kg/pelota e o Índice de Abrasão (IA) com 1,4% passante na malha de 0,5 mm.

Para a realização dos ensaios das pelotas de minérios de manganês foram utilizadas normas e metodologias de avaliação da qualidade baseadas nas normas já consagradas pela ISO (*International Standardization for Organization*) para minérios de ferro por não existir normas específicas que reproduzam as condições a que os minérios de manganês são submetidos nos fornos elétricos de produção de ferro-ligas.

3.1 Resultados do Estudo

- O processo desenvolvido para produção de pelotas de manganês possibilitou uma redução significativa do custo total frente aos custos do processo convencional, pela eliminação de etapas do processo;
- obtenção de um produto com baixo teor de umidade, indicando ganho no frete, por transportar um produto de maior conteúdo metálico. Introdução de um novo produto no mercado de maior valor agregado;
- reaproveitamento dos finos gerados na extração no manuseio/beneficiamento e no transporte - maximização das reservas;
- recuperação dos materiais de barragens – reutilização dos *tailings*. Transformar os minérios finos, hoje considerados rejeitos em reservas;
- boa resistência mecânica para suportar transportes a longas distâncias, manuseio e degradação (menor geração de finos) durante a sua utilização em reatores metalúrgicos;
- redução dos passivos ambientais;
- produção de carga elaborada para fabricação de ferro-ligas, gusa de manganês ou como elemento de adição na fabricação de aços especiais.

Produto com composições químicas pré-estabelecidas/ conhecidas, maior precisão no balanço de massa;

- redução/eliminação dos elementos pesados, sendo estes, motivo das restrições dos órgãos ambientais sobre o processo de sinterização na Europa, e recuperação dos mesmos através de sistema de tratamento dos gases;
- melhoria do desempenho dos reatores metalúrgicos. Aumento da produtividade dos fornos de produção de Ferro – ligas em função de tamanho de partícula mais homogêneo (melhor permeabilidade da carga); e
- antecipação de solução para o caso de restrições ambientais mais rigorosas para as plantas de sinterização, principalmente na Europa, e que vem se espalhando pelos países desenvolvidos e também pelos países em desenvolvimento.

4 CONCLUSÕES

O projeto possibilitou viabilizar técnica e economicamente a produção de pelotas com finos de minérios de manganês, eliminando a etapa de calcinação prévia dos minérios e substituindo as etapas de moagem, espessamento, homogeneização, filtragem e secagem pelo processo de cominuição dos minérios naturais em britadores e/ou prensa de rolos. O novo fluxo de processo representa inúmeras vantagens aos produtores de manganês e/ou de ferro ligas.

O projeto permitiu através do conhecimento dos mecanismos de transformações de fases dos minérios, com o aumento da temperatura a que estão sujeitos, a elaboração de um ciclo térmico adequado para controle na etapa de queima, amenizando o efeito catastrófico de degradação das pelotas, e assim garantir uma qualidade necessária às etapas subseqüentes para produção ferro-ligas.

O produto obtido tem uma composição química pré-definida e qualidades físicas, como elevada resistência á compressão e ao desgaste (abrasão), para suportar os efeitos de manuseios (carga e descarga), transporte à longa distância, possibilitando a oferta do novo produto no mercado nacional e internacional. O produto, por possuir uma estrutura estável, suportar bem os efeitos das altas temperaturas e as condições das atmosferas reinantes nos reatores siderúrgicos.

REFERÊNCIAS

- 1 BROSCH C.D. et alii. Pelotização de Minérios de Manganês. Metalurgia ABM, v.23, n.118, p.695-697, set 1967.
- 2 DOMINGUEZ, E. C. Pelletizing Manganese ore fines At Icomi, Brazil Bethlehem Steel Corporation, Bethlehem – Pennsylvania.
- 3 DRESSER, W. M; KENWORTHY, H. Thermal behavior of manganese minerals in controlled atmospheres – Bureau of Mines Report (U.S) Feb 1960.
- 4 INGRAHAN T.R. e MARIER P. Kinetics of the Formation of $MnSO_4$ from MnO_2 , Mn_2O_3 , and Mn_3O_4 and its Decomposition to Mn_2O_3 or Mn_3O_4 . Transactions of The Metallurgical Society of AIME, V.242, n.10, p.2039-2043, 1969.