

1 Introdução

A atividade siderúrgica mundial vive, na atualidade, um momento de extrema demanda. Desde a última crise em 2001, quando a produção de aço bruto fechou em 850,9 milhões de toneladas ^(1,2), a siderurgia vem crescendo anualmente a um ritmo médio de quase 7,8% de 2002 a 2006, superando, ao final de 2004, a barreira de 1 bilhão de toneladas. Em 2006, esta produção fechou em 1,236 bilhão de toneladas e a expectativa para 2007 é de que se produza algo em torno de 1,313 bilhão de toneladas ⁽²⁾. Este patamar de produção foi em grande parte influenciado pelo excepcional crescimento do parque siderúrgico chinês, notavelmente a uma taxa média de 26% ao ano.

De extrema importância para a atividade siderúrgica e acompanhando este ritmo de expansão, encontra-se também a produção de minério de ferro no mundo, que no período em análise cresceu 9,6% em média ao ano, passando de 1,04 bilhão de toneladas em 2001 para 1,65 bilhão de toneladas em 2006 ⁽³⁾. Esta atividade de mineração envolve a produção e comercialização de minério de ferro nas seguintes modalidades ⁽⁴⁻⁶⁾:

- i. na denominação genericamente conhecida como “finos de minério de ferro”, que engloba o “sinter feed”, empregado com abundância na fabricação de sinter para altos-fornos e o “pellet feed” ou concentrado de minério de ferro, utilizado com restrições também na fabricação de sinter e, preferencialmente, como matéria-prima em pelletizadoras;
- ii. “lump ore” ou minério granulado — ou simplesmente granulado — normalmente peneirado e enornado diretamente em reatores de redução, tais como altos-fornos e fornos de redução direta para a fabricação de ferro primário, respectivamente ferro-gusa e ferro-esponja;
- iii. “pellets” ou pelotas de minério de ferro, que de forma similar ao granulado é carregado diretamente em altos-fornos e processos de redução direta.

Dentre do cenário global de produção de aço, e como esquematicamente mostra a figura 1 em 2006, a fabricação de aço via forno elétrico a arco (FEA) assumiu uma posição de destaque no cenário mundial, tendo respondido por aproximadamente 31% do total gerado, podendo chegar a 34% até 2010, em segundo algumas estimativas ⁽⁷⁾.

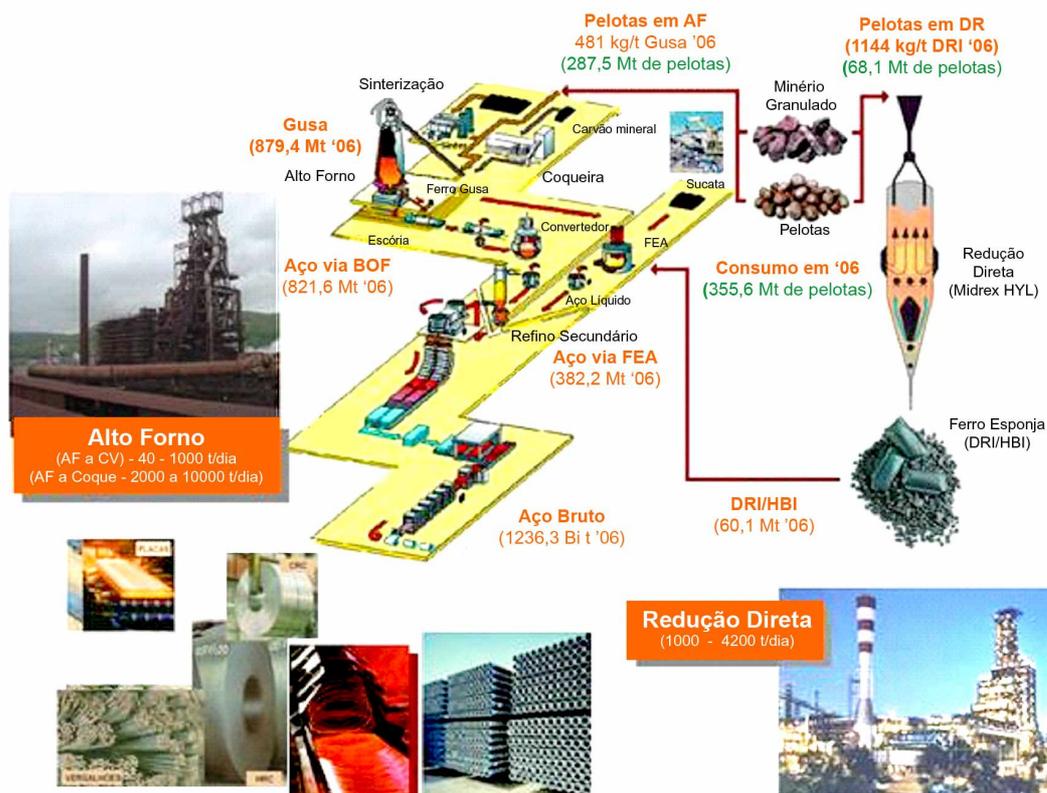


Figura 1 – Rotas tradicionais de produção de aço.

Tipicamente, o FEA tem a finalidade de produzir aço líquido empregando não somente sucata, mas também outras fontes de ferro primário. Em particular, o ferro-gusa (sólido ou líquido) e o pré-reduzido são as alternativas mais amplamente em uso. De especial interesse neste trabalho, temos o pré-reduzido, que no cotidiano recebe outras denominações para identificá-lo. Como também ilustrado pela figura 1, os termos ferro-esponja e DRI (“direct reduced iron” ou “directly reduced iron”) são genericamente considerados, ao passo que se adota o termo HBI, iniciais de “hot briquetted iron”, sempre que se deseja fazer referência ao ferro-esponja na forma de briquetes.

Na obtenção de ferro-esponja, os processos conhecidos como Midrex e HYL são as duas tecnologias dominantes no campo da redução direta⁽⁸⁻¹¹⁾, caracterizando-se pela adoção de fornos do tipo cuba, alimentação contínua e exclusiva de minérios pelo topo, descarga contínua de ferro-esponja pela sua parte mais inferior e injeção de gases redutores obtidos a partir da reforma de gás natural. Uma descrição mais detalhada sobre estas tecnologias será dada nas seções 3.4.1 e 3.4.2. Observa-se que ambas as tecnologias citadas respondem por 82%, aproximadamente de toda a produção de pré-reduzidos, merecendo destaque o processo Midrex como alternativa tecnológica para obtenção de ferro-esponja da ordem de 60%.

Em função da crescente tendência^(7,12) de desequilíbrio entre oferta e demanda de sucata de alta qualidade a preços competitivos a longo-prazo e pela demanda por aços cada vez mais de melhor qualidade, existe, atualmente, a necessidade de se ampliar a utilização de materiais alternativos contendo ferro na forma metálica nos fornos elétricos a arco em operação ao redor do mundo. A exemplo do ferro-gusa, a produção de ferro-esponja para aplicação em aciarias elétricas também está em forte ascensão, registrando um crescimento médio da

ordem de 12% entre 2001 e 2006 ^(4,5). Em 2006, este segmento da siderurgia obteve o recorde de produção de mais de 60 milhões de toneladas de ferro-esponja, à custa de um consumo de pelotas da ordem de 68 milhões de toneladas, o que por sua vez representa aproximadamente 1/5 (um quinto) do consumo total de pelotas obtido ano passado.

Pode parecer contraditório, à primeira vista, existir um grande interesse das empresas pelotizadoras em relação ao mercado de redução direta, se somente for levado em conta o “volume” de pelotas absorvido por esta rota e em comparação com o que é direcionado aos diversos altos-fornos espalhados pelo mundo (287 milhões de toneladas de pelotas em 2006, conforme figura 1). Entretanto, existem outras razões que precisam ser consideradas, a saber:

- i. para o mercado de redução direta são anualmente transacionados expressivos “volumes” de vendas de pelotas;
- ii. este mercado está em plena expansão, com vários novos projetos em andamento;
- iii. consegue-se por este mercado adicionar um prêmio da ordem de 10% ao preço da unidade de ferro em comparação ao que é anualmente negociado junto às principais empresas que adquirem pelotas de alto-forno.

É importante também levar em consideração que cada tonelada de ferro-esponja gerada ao longo de 2006 demandou a utilização em média de 1144,4 kg de pelotas contra 481,1 kg de minério granulado natural ^(1,2). Ou seja, a composição dos diferentes tipos de minério em um reator de redução direta foi constituída, em 2006, predominantemente por pelotas, na proporção de 79% de pelotas e 21% de minério granulado natural. Via de regra, esta proporção entre estes diferentes tipos de minério de ferro vem sendo seguida já há algum tempo, podendo ser redefinida eventualmente em momentos de mercado recessivo. Como exemplo mais recente desta condição mercadológica, cita-se o ano de 2001, quando a relação de carregamento fechou o ano com 76% de pelotas e 24% de granulado natural, em função do diferenciado valor de mercado entre estas matérias-primas e da não necessidade de se operar à plena carga. Apesar daquela modificação no “mix” de carga parecer pouca naquele ano, observou-se uma contração de 11,3% no consumo de pelotas pelo mercado de RD, o qual reduziu de 48 milhões de toneladas em 2000 para 42,58 milhões de toneladas em 2001. Esta crise trouxe um significativo impacto ao setor de pelotização.

Mesmo nos períodos de crise, como se acabou de analisar, nota-se uma forte preferência dos processos de redução direta por pelotas de minério de ferro, que, comprovadamente, alcançam seus máximos níveis de performance sempre que lançam mão de altos percentuais de pelotas na composição da carga. Atualmente, não é raro encontrar plantas de redução direta ao redor do mundo que consideram a participação de 100% de pelotas, como único constituinte no carregamento, em função do custo-benefício trazido por esta prática operacional.

Diferentemente, e a título de comparação, tem-se outra importante rota de produção de ferro primário: a via alto-forno (AF), que em 2006 consumiu, como já dito, algo em torno de 481,1 kg de pelotas por tonelada de ferro-gusa, mesmo estando o mercado demandado. A análise desta tendência passa pela consideração de que, grandes altos-fornos a coque priorizam o emprego do sinter como

principal componente de carga. Percebe-se que os especialistas em altos-fornos — seja no campo de aplicação quanto da fundamentação — têm dado muita ênfase a pesquisas e desenvolvimentos ^(3,13-15) voltados à otimização e à perpetuação da utilização deste principal componente de carga, obviamente na busca de práticas operacionais cada vez mais produtivas e de menor custo. Na maioria das vezes, e por razões de custo, enxerga-se que as pelotas devem assumir um papel complementar, apesar de trazer benefícios já comprovados para a performance dos altos-fornos ^(16,17).

Com base no que foi descrito nos parágrafos precedentes, pode-se concluir que:

- há uma tendência de crescente competitividade e prosperidade do setor siderúrgico, o que inclui também o mercado de redução direta;
- o uso de pelotas na produção de ferro-esponja é bastante expressivo se comparado ao granulado;
- a qualidade das pelotas sobre a performance dos processos tradicionais de redução direta exige, e exigirá ainda mais no futuro, uma atenção e um tratamento diferenciado por parte dos fornecedores, por ser esta matéria-prima o componente de carga mais predominante.

Por conta destes fatores, definiu-se que este trabalho se dedicará ao desenvolvimento de uma ferramenta de valor de uso, capaz de:

- i. suportar a tomada de decisão do fornecedor do recurso natural não renovável em assuntos voltados à eficácia na comercialização de pelotas para o mercado alvo (como exemplo, no mercado de RD);
- ii permitir que investigações de caráter tecnológico para o mercado de RD, tais como, aprimoramento das especificações dos atuais produtos e desenvolvimento de outros novos, passem a contemplar os aspectos e impactos econômicos inerentes à alternativa de produção de ferro-esponja, via redução direta em linha com a etapa fabricação de aço líquido em fornos elétricos a arco.