

1 Introdução

Por serem as principais matérias-primas na obtenção do ferro metálico (o precursor dos produtos siderúrgicos) de maneira economicamente viável, os minérios de ferro são fundamentais no processo de industrialização de um país (Vargas, 2009).

O Brasil é o segundo maior produtor de minério de ferro do mundo. De acordo com a Conferência das Nações Unidas para o Comércio e o Desenvolvimento (Unctad), o país produziu cerca de 372 milhões de toneladas no ano de 2010, o que equivale a 15% do total mundial, ficando atrás somente da Austrália. Além disso, o minério de ferro ocupa o 1º lugar na lista de produtos que geram as maiores rendas nas exportações brasileiras.

As pelotas de minério de ferro, juntamente com o sinter e o minério granulado, constituem as principais matérias-primas no processo de produção do ferro primário. São obtidas através de uma tecnologia de aglomeração, denominada *Pelotização*, de finos gerados na extração do minério de ferro.

A utilização de pelotas de minério de ferro vem ganhando cada vez mais importância nas usinas siderúrgicas, devido à degradação das reservas e da produção de minério granulado, ao impacto ambiental gerado pelas unidades de sinterização para a produção do sinter, à expansão da tecnologia de redução direta, à crescente geração de *pellet feed* e à maior produtividade do alto-forno. O saldo de produção de pelotas foi positivo em todo o período entre os anos de 1996 e 2008, gerando excedentes exportáveis em todos os anos.

Com a enorme e ainda crescente escala de produção, pequenos ganhos de eficiência geram resultados consideráveis. Assim, a caracterização microestrutural constitui-se em uma importante etapa de controle de qualidade do material, permitindo identificar fatores que influenciam o comportamento das pelotas de minério de ferro nos processos de redução.

Uma das principais técnicas analíticas empregadas na caracterização de minérios é a microscopia. O microscópio ótico de luz refletida, em especial, é muito utilizado, pois as fases mais comumente presentes são facilmente discriminadas por meio de suas refletâncias (Wagner et al., 2009).

Na Vale, atualmente, a avaliação qualitativa da microestrutura das pelotas de minério de ferro é feita visualmente, utilizando um microscópio ótico de luz refletida, por um técnico. Em virtude de uma parceria entre o Laboratório de Microscopia Digital e Análise de Imagens do Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa), da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), e a Vale, ferramentas de caracterização de aglomerados de minério de ferro por processos automatizados baseados em Processamento e Análise Digital de Imagens (PADI) vem sendo desenvolvidas.

A partir de imagens digitais obtidas pelo microscópio, a técnica de PADI possibilita medidas impossíveis de se obter manualmente, além de permitir sistemas completamente automatizados baseados em reconhecimento de padrões para procedimentos de classificação (Gomes, 2001).

As rotinas de PADI seguem uma sequência padrão, na qual uma imagem digital obtida por microscópio de uma amostra adequadamente preparada é interpretada pelo computador e um resultado, seja qual for o requerido, é fornecido de forma automática. Isso confere maior reprodutibilidade, confiabilidade e velocidade ao processo (Gomes, 2001).

O presente trabalho envolve técnicas de Microscopia Digital e Processamento e Análise Digital de Imagens e tem por objetivo o desenvolvimento de uma rotina automática de identificação do *Grau de Maturação* de pelotas de minério de ferro – uma importante característica microestrutural adquirida numa das etapas do processo de pelotização.

Assim, esta dissertação está organizada em 8 capítulos. O capítulo 1 é a presente introdução. No capítulo 2, são apresentados, de forma abrangente, conceitos básicos sobre o minério de ferro e sua aplicação na produção do ferro primário, o produto intermediário na produção do aço. No capítulo 3, o enfoque é o material de interesse deste trabalho, as pelotas de minério de ferro. São explicadas as características e as vantagens das pelotas, bem como os processos envolvidos na sua produção. O capítulo 4 e o capítulo 5 contêm revisões acerca da metodologia utilizada, respectivamente nas técnicas de Microscopia e de

Processamento e Análise Digital de Imagens. O capítulo 6 apresenta os experimentos realizados e os equipamentos e as técnicas utilizadas. O capítulo 7 mostra os resultados e os discute. E, por fim, o capítulo 8 apresenta as conclusões e propostas para trabalhos futuros.