

# CARACTERIZAÇÃO AUTOMÁTICA DE AGLOMERADOS DE MINÉRIO DE FERRO

**Alunos: Debora Turon Wagner e Gustavo Schinazi**  
**Orientador: Sidnei Paciornik**

## **Introdução**

O consumo específico do aço vem crescendo ao longo dos últimos 100 anos, com parcela cada vez maior de aço bruto produzido derivado de produtos da indústria de mineração do ferro. As crescentes exigências de qualidade no mercado de minério de ferro, as mudanças nas características das reservas atualmente disponíveis, o desenvolvimento tecnológico do setor siderúrgico e a diversidade de produtos finais colocados à disposição dos mercados consumidores, tornaram as especificações dos insumos para os processos produtivos muito mais rígidos.

O minério de ferro na forma de pelota é um insumo comercial com grande impacto econômico. O controle de qualidade envolve diferentes técnicas, entre as quais microscopia ótica, através da qual avalia-se a distribuição espacial das fases e o grau de maturação, que está associado à evolução microestrutural da pelota durante o processo de queima. Estas variáveis têm impacto direto nas propriedades das pelotas (p.ex. resistência à compressão e eficiência no processo de redução, na siderurgia). Atualmente, essas informações são obtidas visualmente por um operador treinado e inseridas manualmente em um relatório.

Estes procedimentos manuais não são nem reprodutíveis nem eficientes. Em trabalho anterior [1] foi desenvolvida uma rotina automática de processamento e análise de imagens para quantificação de fases, em projeto conjunto com a VALE. Com a evolução deste projeto, outros tipos de análise foram desenvolvidos e integrados em um relatório gerado de forma totalmente automática.

## **Objetivos**

Desenvolver um procedimento para integrar as diversas etapas de caracterização de pelotas de minério de ferro. Automatizar a captura de imagens de microscopia ótica, permitindo uma análise multi-resolução das amostras - distribuição de macro-poros em imagens de mosaico em baixo aumento e fração de fases sólidas em imagens de mosaico em alto aumento. Criar uma rotina para geração automática de relatório contendo imagens, gráficos e dados estatísticos da análise microestrutural.

## **Metodologia**

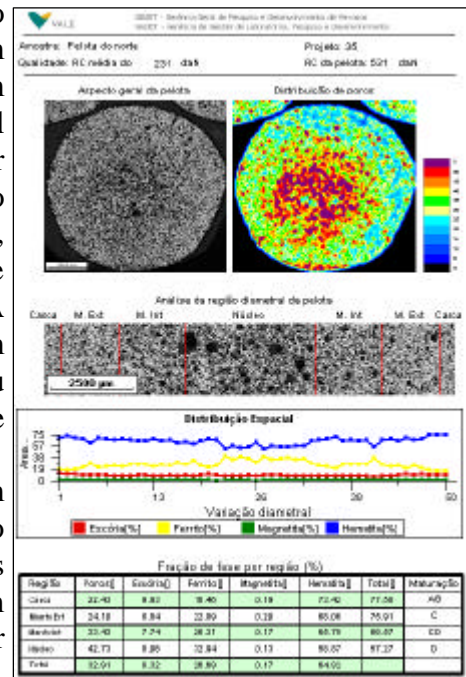
Foi utilizado um microscópio motorizado Zeiss Axioplan 2 com câmera digital AxioCam HR (1300 x 1030 pixels), e o programa AxioVision (V4.6, Carl Zeiss Vision) para controlar o microscópio, adquirir e processar as imagens, realizar as análises e gerar o relatório. As rotinas foram desenvolvidas em dois ambientes: a linguagem interna de “scripts” do AxioVision, e a linguagem de programação Visual Basic for Applications (VBA), com acesso a uma grande biblioteca de funções internas do programa. Estes dois ambientes podem ser integrados, de forma que os scripts podem chamar as “macros” desenvolvidas em VBA. Foram desenvolvidas três “macros” e um “script” que integrava todo o procedimento, desde o processamento e análise das imagens, passando pela geração de tabelas e gráficos, até a geração automática do relatório que integra todos as imagens e dados em um “layout” padrão.

De acordo com a variação radial existente nas pelotas e as limitações de resolução apresentadas no trabalho anterior [1], utilizou-se um mosaico diametral em alto aumento, para quantificação fases e variação espacial, um mosaico da pelota completa, em baixo aumento, para análise qualitativa e determinação do mapa de porosidade da amostra.

A quantificação de fases já havia sido desenvolvida no trabalho anterior e não será novamente detalhada aqui. O mapa de porosidade, [3] desenvolvido no presente trabalho, se baseou na detecção automática dos poros em toda a seção transversal da pelota, criando uma imagem binária com poros brancos sobre um fundo preto. Em seguida, um filtro de média móvel (low-pass, [2]) foi utilizado para calcular o valor médio de porosidade em janelas de tamanho pré-determinado. Estes valores foram então mapeados em cores através de uma tabela (Lookup Table) e o resultado completo apresentado com um mapa de porosidade na mesma escala da amostra da pelota.

As “macros” possuem interatividade com o usuário para que os dados necessários para o projeto sejam obtidos. Inicialmente dividiu-se o mosaico diametral em fatias de larguras iguais para obter a distribuição espacial das frações de fase ao longo do diâmetro, e então gerar um gráfico. Em seguida, dividiu-se o mosaico em quatro regiões (casca, manto externo, manto interno e núcleo), de acordo com um padrão proposto na literatura, a fim de obter as frações de fase, apresentadas em uma tabela. A rotina permite que o usuário escolha uma imagem representativa de cada região e avalie visualmente seu grau de maturação. A imagem escolhida e o grau de maturação são automaticamente incluídos no relatório.

Uma vez que todas as imagens e dados estejam disponíveis, a rotina cria tabelas e gráficos que são automaticamente posicionados, juntamente com as imagens, em duas páginas de relatório, de acordo com um layout definido pelo usuário. Este relatório pode ser gravado em formatos padrão (pdf, rtf) para exportação.



## Conclusões

A rotina criada atingiu os objetivos propostos, foi transferida para a VALE, e está em uso regular no Lab. de Caracterização de Materiais do Centro de Tecnologia de Ferrosos.

## Referências

- 1 - Wagner, D.T., **Caracterização automática de aglomerados de minério de ferro**. In: Anais-XVI Seminário de iniciação científica da PUC-Rio no campus da Universidade, 2008, p. 287,288.
- 2 - Paciornik, S.; Mauricio, M.H.P. Digital Imaging. In: VANDERVOORT, G.F. (Ed.). **ASM Handbook, Vol. 9: Metallography and Microstructures**. Materials Park: ASM International, 2004, p. 368-402.
- 3 - Wagner, D.T.; Rouco, H.V.; Gomes, O.D.M; Paciornik, S.; Vieira, M.B., **Caracterização de pelotas de minério de ferro por microscopia digital e análise de imagens**. In: Tecnologia em Metalurgia e Materiais, São Paulo, aceito para publicação.