

CARACTERIZAÇÃO DE SÍNTER DE MINÉRIO DE FERRO POR MICROSCOPIA ÓPTICA DIGITAL

Aluno: Gustavo Schinazi
Orientador: Sidnei Paciornik

Introdução

O presente projeto faz parte de uma pesquisa conjunta, desenvolvida pelo DCMM e a Companhia Vale do Rio Doce. A VALE trabalha intensamente com aglomerados de minério de ferro, incluindo sinters. No controle de qualidade destes materiais, é fundamental o conhecimento de sua microestrutura, necessitando-se procedimentos de avaliação qualitativa e quantitativa (frações das fases presentes). Os sinters são materiais fortemente não-homogêneos, compostos predominantemente por hematita, magnetita, ferrito, silicato e poros.

Tradicionalmente, estas avaliações são feitas por métodos manuais, fortemente dependentes do operador. O uso de microscopia digital e análise de imagens permite propor métodos de automação que podem aumentar a velocidade e a confiabilidade dessas análises.

Objetivos

O objetivo geral deste projeto é o desenvolvimento de uma metodologia para a caracterização de sinters através de microscopia óptica digital e análise de imagens.

Como objetivo específico, realizou-se uma comparação sistemática entre resultados de quantificação de fases obtidos em diferentes resoluções.

Metodologia

Amostras de sinter foram observadas em um microscópio óptico, com lentes objetivas de 5X e de 20X. Esses dois aumentos foram utilizados para comparação entre os dois resultados de caracterização. Sob a lente de 5X, foram capturados mosaicos [1] – conjuntos de campos formando uma só imagem concatenada – cobrindo inteiramente cada amostra. Esses mosaicos permitem uma avaliação qualitativa do material, mas uma análise quantitativa com menor precisão. Já com a lente de 20X, foram capturadas imagens individuais sequenciais, também cobrindo inteiramente cada amostra. Mosaicos não foram obtidos com este aumento, porque as imagens seriam grandes demais e praticamente impossíveis de se processar.

Em seguida, uma rotina de processamento de imagens [2] foi desenvolvida para cada aumento, visando a obter as frações das cinco fases presentes em cada imagem e, conseqüentemente, em cada amostra de sinter. Para os mosaicos capturados em baixo aumento, a rotina segue a seqüência: extração do canal vermelho, realce de bordas, e separação entre o sinter (incluindo poros internos) e a resina externa. Essa separação é feita através de uma segmentação binária (figura 1b) e preenchimento dos buracos internos (figura 1c). Finalmente, as cinco fases são segmentadas manualmente, buscando-se os tons de corte visualizando-se a imagem e seu histograma. Por último, as frações de área são medidas.

As imagens individuais em alto aumento foram processadas de maneira similar. No entanto, antes da discriminação das cinco fases, enfrentou-se o problema de distinguir poros internos de resina externa, ambos com a mesma tonalidade, já que os campos individuais apresentam uma visão muito limitada, impossibilitando a distinção direta entre “interno” e “externo”. Para solucionar esse problema, foi desenvolvida uma metodologia de co-localização multi-resolução.

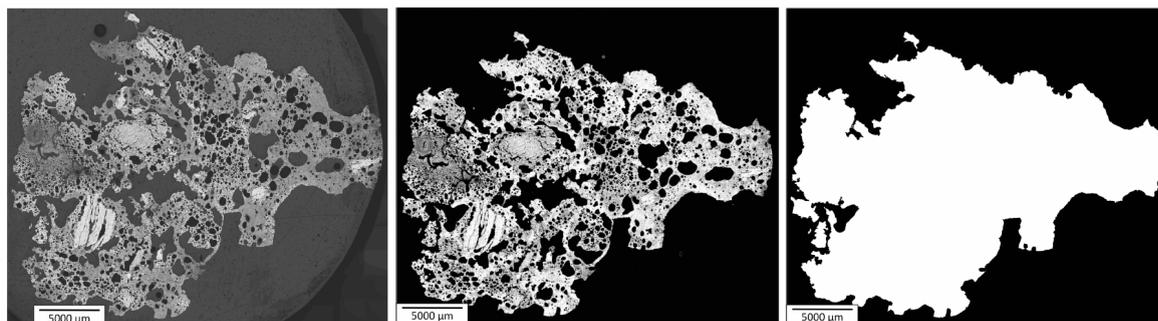


Figura 1 – Processamento de mosaico em baixo aumento: (a) Mosaico em escala de cinza após realce de bordas; (b) Sínter é separado da resina externa e dos poros internos; (c) “Máscara do sínter”, com poros preenchidos.

Usando as coordenadas do estágio motorizado, armazenadas junto com cada imagem capturada, é localizada a parte correspondente dentro da imagem binária do sínter completo (figura 1c). Finalmente, as cinco fases são discriminadas através de análise do histograma. Os tons de corte são mantidos constantes para todas as imagens de alto aumento de uma mesma amostra. Por último, as frações de área das cinco fases são medidas.

Resultados e Discussões

As duas rotinas de captura e processamento de imagens foram aplicadas a três amostras do mesmo sínter. Resultados médios encontram-se na tabela a seguir. Silicato e poros foram tratados em conjunto porque, em diversos casos, é impossível discriminá-los.

Tabela 1 – Frações Fase (%) medidas

	Hematita	Magnetita	Ferrito	Silicato + Poros	Total
Baixo Aumento	15.70	15.26	13.82	54.41	99.18
Alto Aumento	18.14	14.65	14.30	52.64	99.74
Erro relativo	13.45	-4.18	3.42	-3.35	

É possível notar que o maior erro relativo ocorre nas medidas para hematita. Ainda assim, este valor é aceitável e indica que o mosaico de baixo aumento pode ser utilizado para avaliação quantitativa, além de sua função qualitativa [3].

Conclusões

Uma metodologia semi-automática para avaliação qualitativa e quantitativa de amostras de sínter de minério de ferro foi desenvolvida, utilizando técnicas de microscopia digital e de análise de imagens. Os resultados obtidos indicam a viabilidade do uso deste enfoque no controle de qualidade da produção deste tipo de aglomerado. Métodos automáticos para segmentação das fases estão sendo pesquisados. A discriminação de cristais individuais de hematita, utilizando polarização, também está sendo desenvolvida.

Referências

- 1 - Bradley, A.; Wildermoth, M.; Mills, P. Virtual microscopy with extended depth of field. In: International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA 2005), Cairns, 2005, p. 235-242.
- 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 - Alvarez, J.C. et al. Qualitative and Quantitative Evaluation of Iron Ore Sinters through Digital Microscopy. Accepted for ICAM 2008, Brisbane, 2008.