

# Software aplicativo para metalografia quantitativa

Oswaldo Luís G. Branchini  
Antonio Augusto Gorni

Este trabalho apresenta uma coletânea de programas sobre diversos tópicos de metalografia quantitativa, desenvolvidos pelos autores. Os programas permitem a análise das seguintes grandezas: Dureza Vickers, tamanho de grão monofásico e bifásico, e tamanho e distribuição de precipitados, e proporção de fases.

## Desenvolvimento

O programa a ser apresentado é uma coletânea de várias rotinas desenvolvidas pelos autores para facilitar o manuseio dos dados metalográficos relativos às respectivas dissertações de Mestrado em desenvolvimento no Departamento de Engenharia Metalúrgica da Escola Politécnica da USP.

O programa consta basicamente de cinco módulos principais, a saber:

- (1) Dureza Vickers
- (2) Proporção de Fases
- (3) Tamanho de Grão Monofásico
- (4) Tamanho de Grão Bifásico
- (5) Precipitados
- (6) Fim

Ao se optar por um dos módulos, a seguinte tela-padrão é apresentada:

- Entrada de Dados
- Correção de Dados
- Supressão de Dados
- Listagem dos Dados
- Gravação dos Resultados
- Saída dos Resultados
- Fim

A seguir serão detalhadas todas as funções da tela-padrão.

**Entrada de Dados** — Esta escolha apresenta as seguintes opções:

- (1) Novos
- (2) Mais Dados

Após qualquer uma das escolhas, a seguinte tela é mostrada para a escolha do método de entrada dos dados:

Oswaldo Luís Guglielmi Branchini é engenheiro de Desenvolvimento e Antônio Augusto Gorni, engenheiro de Pesquisa. Ambos da Cosipa — Cia. Siderúrgica Paulista.

- (1) Teclado
- (2) Disco

Se a escolha for (2) é pedido o nome do arquivo gravado, previamente, em disco flexível, e após isto retorna à tela-padrão.

Se a escolha for (1) surge uma tela pedindo os parâmetros que definem as condições de medição da grandeza a ser analisada, por exemplo: carga utilizada nas medições de dureza, número de pontos da rede utilizada para a medição da proporção de fases, etc.

A partir daí são pedidos os dados medidos da grandeza analisada, como: comprimento das diagonais para a microdureza, número de interceptos para o tamanho de grão monofásico, etc.

**Correção de Dados** — Nesta função é pedido o número do conjunto de dado(s) a ser corrigido, e apresenta-se na tela o(s) valor(es) antigo(s) e pede-se o(s) novo(s).

**Supressão de Dados** — Também nesta função será pedido o número do conjunto de dado(s) a ser suprimido, e apresenta-se na tela o(s) valor(es) antigo(s) e pede-se confirmação para a supressão.

**Listagem dos Dados** — Esta função apresenta as seguintes opções:

- (1) Monitor
- (2) Impressora

No caso (2) antes da impressão é pedida uma mensagem para identificação dos dados.

Esta função apresentará os parâmetros que definem as condições gerais de medição da grandeza analisada e todos os dados informados e suas respectivas grandezas calculadas.

Ao final é apresentada a relação das cinco maiores e cinco menores medidas da grandeza em estudo, bem como o número de seus conjuntos.

**Gravação dos Resultados** — Neste caso informa-se o nome do arquivo para gravação em disco flexível ou informar se mantém ou não o nome atual, caso o arquivo tenha sido chamado via disco.

**Saída dos Resultados** — Esta função apresenta as seguintes opções:

- (1) Monitor
- (2) Impressora

Em ambas opções de escolha os resultados mostrados são:

- todos os valores da grandeza medida;
- todos os parâmetros fixos que definem as condições de medição da grandeza determinada; e
- análise estatística da grandeza medida, incluindo parâmetros como: média; desvio padrão;

número de medidas para precisão de 1, 3 e 5%;

precisão obtida, em porcentagem; precisão da média; e intervalo de variação da média com a precisão obtida.

**Fim** — Nesta função há o retorno à tela de escolha do módulo a ser utilizado. A seguir são mostrados os resultados apresentados após a execução de cada módulo.

**Módulo (1) Dureza Vickers** — O resultado final apresentado neste módulo é a dureza média final, e sua análise estatística.

**Módulo (2) Proporção de Fases** — Aqui o resultado apresentado é a fração volumétrica da fase em estudo e sua análise estatística.

**Módulo (3) Tamanho de Grão Monofásico** — Este módulo apresenta como resultado as seguintes grandezas:

- tamanho de grão monofásico, em micrometros;
- relação área/volume —  $S/V$  — e as respectivas estatísticas; e
- tamanho de grão ASTM.

**Módulo (4) Tamanho de Grão Bifásico** — Os resultados finais de módulo são:

- tamanho de grão  $\alpha$ ;
- tamanho de grão  $\beta$ ;
- tamanho de grão ASTM  $\alpha$ ;
- tamanho de grão ASTM  $\beta$ ;
- contigüidade  $\alpha$ ;
- contigüidade  $\beta$ ;
- caminho livre  $\alpha$ ;
- caminho livre  $\beta$ ;
- relação densidade contorno de grão;
- relação contorno de grão/contorno de fase; para todas as grandezas acima, também é apresentada a parte estatística; e

- dados gerais da microestrutura:
  - tamanho de grão ASTM global;
  - razão volume das fases;
  - razão entre o tamanho de grão das fases; e
  - espaçamento das ilhas de segunda fase.

**Módulo (5) Precipitados** — Este módulo apresenta os seguintes resultados:

- relação  $N/L$ ;
- fração volumétrica dos precipitados;
- distância média entre precipitados;
- espaçamento médio entre precipitados; e
- tamanho médio dos precipitados e as respectivas estatísticas.

**Módulo (6) Fim** — Utilizado para deixar o programa.

Nas etapas de entrada de novos dados e de saída para a escolha de outro módulo, há um aviso sonoro e um pedido de confirmação caso haja dados armazenados na memória do microcomputador sem terem sido gravados.

Eventuais erros na escolha de opções também são sinalizados com um sinal sonoro.

A nomenclatura utilizada em todas as grandezas e medidas a serem informadas em todos os módulos, e os métodos de

cálculo das grandezas e estatísticos foram extraídos dos seguintes autores: *Padilha, A.F. e Ambrósio Filho, F.* (1), *Hornbogen, E. et alii* (2), e *Underwood, E.E.* (3).  
A seguir é mostrado um exemplo de utilização do módulo:

#### (1) Dureza Vickers

Dados coletados pelo observador/usuário:

- carga utilizada: 500 g;
- aumento utilizado: 600X

OBS	D1	D2	OBS	D1	D2
1	130	128	8	127	133
2	132	129	9	130	134
3	140	129	10	128	129
4	130	133	11	130	135
5	128	134	12	135	131
6	129	129	13	140	132
7	130	127	14	125	126

Etapas para utilização do programa:

Escolha opção (1) *Dureza Vickers* na tela de escolha dos módulos.

Escolha opção (1) *Entrada de Dados* na tela-padrão para a escolha da função.

Escolha opção (1) *Novos*

Escolha opção (1) *Teclado*

Informe:

- carga utilizada (g): 500
- aumento: 600
- informe as diagonais:

Ponto 1

D1 = 130

D2 = 128

Ponto 2

D1 = 132

D2 = 129

Ponto 14

D1 = 125

D2 = 126

e então digite *Fim*.

Ai digitar *Fim* há o retorno para a tela-padrão.

Na tela-padrão escolha (6) *Saída dos Resultados*. Escolha opção (1) *Monitor*.

Surge no monitor todos os valores de dureza medidos.

Na tela seguinte aparece:

Número de Dados: 14

Aumento: 600X

Carga Utilizada: 500g

Resultados

Média: 488.18

Desvio-Padrão: 20.3

$N(1\%)=69$      $N(3\%)=8$      $N(5\%)=3$

Precisão Obtida = 2.22%

Precisão da Média = 10,85

Intervalo da Média = 488.18 +/- 10.85

Ao sair desta tela há o retorno à tela-padrão.

Escolha opção (5) *Gravação dos Resultados*

Surge na tela:

Nome do arquivo? *Teste*

Retorno à tela-padrão.

MINERAÇÃO METALURGIA N.º 508

Escolha opção (4) *Listagem dos Dados*

Escolha opção (1) *Monitor*

Surge na tela:

Carga: 500g

Aumento: 600X

Ponto 1

D1 = 130

D2 = 128

HV = 501.46

Ponto 2

D1 = 132

D2 = 129

HV = 489.99;

e assim até o último dado informado.

Ao final são apresentados:

*Cinco Menores Medidas*

451.1    461.2    471.7    475.3    478.9

(13)    (3)    (12)    (11)    (9)

*Cinco Maiores Medidas*

529.8    505.3    505.3    501.4    501.4

(14)    (10)    (7)    (6)    (1)

Retorno à tela-padrão.

As opções (2) *Correção de Dados* e (3) *Supressão de Dados* também são auto-explicativas.

O programa apresenta boa flexibilidade e algumas possíveis aplicações estão listadas abaixo:

- determinação de proporção de fases em aços ferríticos/perlíticos ou ferríticos/martensíticos, bem como ligas de cobre e outros metais não-ferrosos.
- contagem e caracterização de nódulos de grafita em ferro fundido nodular;
- contagem e caracterização morfológica de inclusões em aço ou ferro fundido cinzento;
- caracterização de ligas endurecíveis por precipitação, fases intermetálicas em aços inoxidáveis, materiais duplex

ou compósitos;

- estudos de tratamento de recristalização e/ou recuperação em materiais conformados a frio;
- auxílio complementar à determinação de diagramas TTT ou TRC;
- avaliação de microestrutura em termos de controle de qualidade, como, por exemplo, na determinação do tamanho de grão austenítico no ensaio de McQuaid-Ehn; e etc.

Este programa atualmente é compatível com os microcomputadores da linha Apple-II Plus.

Cópias deste programa podem ser obtidas junto aos autores, desde que seja fornecido o disco flexível de 5 1/4", simples face/dupla densidade. A utilização e cópia deste programa são livres desde que seja dado o devido crédito aos autores. Críticas e sugestões acerca do programa e suas aplicações serão bem recebidas.

#### Endereço para contatos

Cia. Siderúrgica Paulista — Cosipa  
OVQL — Osvaldo Luís Guglielmi Branchini

Estrada de Piaçaguera, Km 6,5  
11500 — Cubatão, São Paulo-SP

Cia. Siderúrgica Paulista — Cosipa

OTPL — Antônio Augusto Gorni  
Estrada de Piaçaguera, Km 6,5  
11500 — Cubatão, São Paulo-SP

#### Bibliografia

- 1 — *Padilha, A.F. e Ambrósio Filho, F.* Técnicas de análise microestrutural. Hemus Editora Ltda, 1987, p. 190, S. Paulo.
- 2 — *Hornbogen, E. et alii.* Zeitschrift fuer Metallkunde, Januar 1980, 27-31.
- 3 — *Underwood, E.E.* Quantitative stereology. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1970. 274p.

## Crea analisa manual do DNPM

A Câmara de Minas e Geologia do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA) esteve reunida para analisar as normas Regulamentares de Mineração, recentemente divulgadas pelo Departamento Nacional de Produção do Ministério das Minas e Energia. Segundo Irineu Marques Souza, coordenador desta Câmara no Crea, este manual destina-se a normatizar as ligações a que estão sujeitas as empresas de mineração, abrangendo aspectos como o da proteção ao trabalhador, ao meio-ambiente, o uso de novas tecnologias, etc.

Segundo Marques Souza, a normatização dos trabalhos de mineração no Brasil há muito tempo era esperada por todos os que atuam nesta área. Para ele o trabalho realizado pelo DNPM é bastante satisfatório e certamente contribuirá para imprimir um desenvolvimento crescente e mais seguro ao setor mineral brasileiro. A única correção proposta pelos conselheiros do CREA ao DNPM é a de que fique claro nestas normas que os responsáveis pelas minas devem ser profissionais tecnicamente habilitados e devidamente registrados em seus respectivos conselhos.