 <b>ABIFA</b> <b>CEMP</b> Comissão de Estudos de Matérias Primas	<b>MATERIAIS PARA FUNDIÇÃO -          CÁLCULO DAS CARACTERÍSTICAS          GRANULOMÉTRICAS</b>	<b>Recomendação          CEMP 102</b> <b>Aprovada em: Fev/1983</b> <b>Revisada em: Nov/2015</b>
	<b>Método de Ensaio</b>	<b>Folha : 1 de 6</b>

## SUMÁRIO

- 1\_ Objetivo
- 2\_ Documentos a consultar
- 3\_ Definições
- 4\_ Execução do ensaio
- 5\_ Resultados

### 1\_ OBJETIVO


- 1.1\_ Esta recomendação fixa o método de cálculo das características granulométricas de materiais granulares usados em fundição.

### 2\_ DOCUMENTOS A CONSULTAR

- 2.1\_ Na aplicação desta recomendação é necessário consultar:
  - 2.1.1\_ CEMP 081 - Materiais para fundição - Determinação da distribuição granulométrica, módulo de finura e teor de finos em materiais granulares.
  - 2.1.2\_ CEMP 083 - Materiais para fundição - Determinação da área específica real através do aparelho de Blaine em materiais granulares.
  - 2.1.3\_ CEMP 137 - Materiais para fundição - Determinação da massa específica pelo uso do frasco volumétrico de "Le Chatelier" em materiais granulares.

### 3\_ DEFINIÇÕES

- 3.1\_ Para os efeitos desta recomendação são adotadas as seguintes definições:
  - 3.1.1\_ Superfície específica teórica: Superfície por unidade de massa em uma amostra em análise, onde teoricamente todos os seus grãos fossem esféricos, porém de diâmetros variados.
  - 3.1.2\_ Superfície específica real: Somatória das áreas de todas as partículas contidas numa determinada unidade de massa.
  - 3.1.3\_ Tamanho de grão médio: Diâmetro que um grão de uma amostra teria supondo que ele representasse a média geométrica ponderada de um universo de grãos esféricos, porém de diâmetros variados.
  - 3.1.4\_ Coeficiente de angularidade: Valor que representa o quanto que a superfície real difere da superfície específica teórica.

 <b>ABIFA</b> <b>CEMP</b> Comissão de Estudos de Matérias Primas	<b>MATERIAIS PARA FUNDIÇÃO -          CÁLCULO DAS CARACTERÍSTICAS          GRANULOMÉTRICAS</b>	<b>Recomendação</b> <b>CEMP 102</b> <b>Aprovada em: Fev/1983</b> <b>Revisada em: Nov/2015</b>
	<b>Método de Ensaio</b>	<b>Folha : 2 de 6</b>

3.1.5\_ Módulo de finura: Representa aproximadamente o tamanho médio virtual dos grãos de areia, dado pelo número de malhas por 25,4 mm da peneira pela qual os grãos ainda passariam.

3.1.6\_ Número específico teórico dos grãos: Quantidade de grãos por unidade de massa que uma amostra teria se todos fossem esféricos, porém de diâmetros variados.

3.1.7\_ Diâmetro representativo: Diâmetro que cada grão de uma amostra deveria ter, supondo que esta fosse composta de esferas do mesmo diâmetro, para proporcionar a mesma superfície específica teórica da amostra em análise.

3.1.8\_ Grau de afastamento: Porcentagem que relaciona a superfície específica teórica de um universo de grãos esféricos de diâmetros que diminuem em relação a superfície específica teórica de cada universo de grãos esféricos de tamanho uniforme, mantendo-se constante o diâmetro representativo da amostra.

#### **4\_ EXECUÇÃO DO ENSAIO**

4.1\_ O ensaio propriamente dito deve ser executado de acordo com a recomendação CEMP 081, sendo que a massa de material retido em cada peneira deve ser lançada na Tabela 1.

4.2\_ Na primeira peneira do conjunto, designada pela letra A, não deve haver retenção de material, se houver, deve-se sobrepôr à mesma outra peneira, com abertura de malha tal que não permita retenção.

4.3\_ O prato, apesar de isento de malhas, é considerado como tendo 0,020 mm de abertura da malha, visto que todo material inferior a esse tamanho, teoricamente é eliminado no ensaio de argila AFS.


 <b>ABIFA</b> <b>CEMP</b> Comissão de Estudos de Matérias Primas	<b>MATERIAIS PARA FUNDIÇÃO -          CÁLCULO DAS CARACTERÍSTICAS          GRANULOMÉTRICAS</b>	<b>Recomendação          CEMP 102</b> <b>Aprovada em: Fev/1983</b> <b>Revisada em: Nov/2015</b>
	<b>Método de Ensaio</b>	<b>Folha : 3 de 6</b>

Tabela 1 - Modelo a ser utilizado para o lançamento da massa de material retido em cada peneira, para o cálculo da superfície teórica, do tamanho de grãos e do número teórico de grãos.

Abertura em mm da peneira na qual o material		MR (g)	St (cm <sup>2</sup> )	TG (g.mm)	Nt (10 <sup>4</sup> unid.)
Passou	Ficou retido				
A (1)	B	a	$\frac{a \cdot 120}{(A+B) \cdot \gamma}$	$a \cdot \sqrt{A \cdot B}$	$\frac{a \cdot 4.8}{(A+B)^3 \cdot \pi \cdot \gamma}$
B	C	b	$\frac{b \cdot 120}{(B+C) \cdot \gamma}$	$b \cdot \sqrt{B \cdot C}$	$\frac{b \cdot 4.8}{(C+D)^3 \cdot \pi \cdot \gamma}$
C	D	c	$\frac{c \cdot 120}{(C+D) \cdot \gamma}$	$a \cdot \sqrt{C \cdot D}$	$\frac{c \cdot 4.8}{(C+D)^3 \cdot \pi \cdot \gamma}$
Anterior ao Prato	Prato (2)	m'	$\frac{m' \cdot 120}{P+0.020}$	$m \cdot \sqrt{P' \cdot 0,02}$	$\frac{m \cdot 4.8}{(p + 0.020)^3 \cdot \pi \cdot \gamma}$
(P')	(P)				
		$\Sigma MR$	$\Sigma ST$	$\Sigma TG$	$\Sigma NT$

Onde:

TG = tamanho de grãos, em g. mm;

MR = massa retida, em g;

St = superfície teórica, em cm<sup>2</sup>;

NT = número teórico de grãos, em 10<sup>4</sup> unidades;

$\gamma$  = densidade relativa do material, determinada segundo a recomendação CEMP 137;

$\Sigma MR$  = somatória do material retido em todas as peneiras, incluindo o prato, em g;

$\Sigma St$  = somatória de todas as superfícies teóricas, em cm<sup>2</sup>;


$\Sigma Nt$  = somatória de todos os números teóricos de grãos, em 10<sup>4</sup> unidades;

$\Sigma TG$  = somatória de todos os tamanhos de grãos, em g.mm.;

A.B.C.D.. etc (P'), (P)= abertura das malhas da primeira, segunda até o prato, respectivamente, em mm;

a.b.c.d, etc. m' = massa de material retido na segunda peneira até o prato, respectivamente, em g.

- (1) Na primeira peneira do conjunto designada pela letra A, não deve haver retenção de material, se houver, deve-se sobrepor à mesma, outra peneira com abertura de malha tal que não permita retenção.
- (2) O prato apesar de isento de malhas, é considerado como tendo 0,020mm de abertura de malha, visto que todo material inferior a esse tamanho teoricamente é eliminado no ensaio de argila AFS.

 <b>ABIFA</b> <b>CEMP</b> Comissão de Estudos de Matérias Primas	<b>MATERIAIS PARA FUNDIÇÃO -          CÁLCULO DAS CARACTERÍSTICAS          GRANULOMÉTRICAS</b>	<b>Recomendação          CEMP 102</b> <b>Aprovada em: Fev/1983</b> <b>Revisada em: Nov/2015</b>
	<b>Método de Ensaio</b>	<b>Folha : 4 de 6</b>

## 5\_ RESULTADOS

5.1\_ Cálculo da superfície específica teórica.

5.1.1\_ O resultado é expresso em cm<sup>2</sup>/g com 3 casas decimais e é obtido através da seguinte fórmula:

$$Set = \frac{\sum St}{\sum MR}$$

Onde:

Set = superfície específica teórica, em cm<sup>2</sup>/g;

$\sum St$  = somatória de todas as superfícies teóricas, em cm<sup>2</sup>;

$\sum MR$  = somatória do material retido em todas as peneiras, em g.

5.2\_ Cálculo do tamanho do grão médio.

5.2.1\_ O resultado é expresso em mm com 3 casas decimais e é obtido através da seguinte fórmula:

$$TGm = \frac{\sum TG}{\sum MR}$$

Onde:

TGm = tamanho de grão médio, em mm;

$\sum TG$  = somatória de todos os tamanhos de grãos, em g.mm;

$\sum MR$  = somatória do material retido em todas as peneiras, em g.

5.3\_ Cálculo do coeficiente de angularidade.

5.3.1\_ O resultado é expresso sob forma adimensional com 2 casas decimais e é obtido através da seguinte fórmula:


$$Ca = \frac{Ser}{Set}$$

Onde:

Ca = coeficiente de angularidade;

Ser = superfície específica real, determinada segundo a recomendação CEMP 083, em cm<sup>2</sup>/g;

Set = superfície específica teórica, em cm<sup>2</sup>/g.

 <b>ABIFA</b> <b>CEMP</b> Comissão de Estudos de Matérias Primas	<b>MATERIAIS PARA FUNDIÇÃO -          CÁLCULO DAS CARACTERÍSTICAS          GRANULOMÉTRICAS</b>	<b>Recomendação          CEMP 102</b> <b>Aprovada em: Fev/1983</b> <b>Revisada em: Nov/2015</b>
	<b>Método de Ensaio</b>	<b>Folha : 5 de 6</b>

5.4\_ Cálculo do módulo de finura.

5.4.1\_ O resultado é expresso em unidade AFS com 2 casas decimais e é obtido através da seguinte fórmula empírica;

Nota: Válido para Set determinada com peneiras padronizadas segundo a ABNT e a ASTM, para Set obtida com peneiras padronizadas da Série ISO ou VOG P-27 e equação será  $MF = 7,25 + 0,190 \cdot Set \cdot \gamma$ .

$$MF = 4 \cdot 13 + 0.202 \cdot Set \cdot \gamma$$

Onde:

MF = módulo de finura, em AFS;

Set = superfície específica teórica, em  $\text{cm}^2/\text{g}$ ;

$\gamma$  = densidade relativa do material determinada segundo a recomendação CEMP 137.

5.5\_ Cálculo do número específico teórico de grãos.

5.5.1\_ O resultado é expresso com 3 casas decimais e em  $10^4$  unidades/g o qual é obtido através da seguinte fórmula:


$$Net = \frac{\sum Nt}{\sum MR}$$

Onde:

Net = número específico teórica de grãos, em  $10^4$  unidades/g;

$\sum Nt$  = somatória de todos os números teóricos de grãos ( $10^4$  unidades)

$\sum MR$  = somatória do material retido em todas as peneiras, em g.

 <b>ABIFA</b> <b>CEMP</b> Comissão de Estudos de Matérias Primas	<b>MATERIAIS PARA FUNDIÇÃO -          CÁLCULO DAS CARACTERÍSTICAS          GRANULOMÉTRICAS</b>	<b>Recomendação          CEMP 102</b> <b>Aprovada em: Fev/1983</b> <b>Revisada em: Nov/2015</b>
	<b>Método de Ensaio</b>	<b>Folha : 6 de 6</b>

5.6\_ Cálculo do diâmetro representativo.

5.6.1\_ O resultado é expresso em mm com 3 casas decimais e é obtido através da seguinte fórmula:

$$DR = 0,10 = \sqrt{\frac{Set}{Net \cdot \pi}}$$

Onde:

DR = coeficiente de angularidade;  
 Net = número específico teórico de grãos, em  $10^4$  unidades/g;  
 Set = superfície específica teórica, em  $\text{cm}^2/\text{g}$ ;  
 $\pi$  = 3,1416

5.7\_ Cálculo do grau de afastamento.

5.7.1\_ O resultado é expresso em porcentagem com 2 casas decimais e é obtido através da seguinte fórmula:

$$GA = 100 \cdot \frac{(1 - \gamma \cdot DR \cdot Set)}{60}$$

Onde:

GA = grau de afastamento, em %;  
 Set = superfície específica teórica, em  $\text{cm}^2/\text{g}$ ;  
 DR = diâmetro representativo, em mm;  
 $\gamma$  = densidade relativa do material determinada segundo a recomendação CEMP 137.