

II SIMPÓSIO DE MINERAÇÃO

CAPÍTULO IV

A IMPORTÂNCIA DA AREIA PARA FINS INDUSTRIAIS

PAULO JUARES MÁRIO DA ROSA

MINERAÇÃO ABEL

A Areia, mineral dos mais abundantes na natureza, é uma das matérias primas industriais mais baratas em todo o mundo, sendo utilizada nos mais diversos setores industriais, tais como:

Metalurgia	Meios filtrantes
Vidraria e Cerâmica	<u>Tração de locomotivas</u> ?
Refratários Ácidos	Padrões p/ medidas físicas
Abrasivos	Material de lastro
Meios densos	Etc...

Não é apenas o fato de ser abundante e econômica que a torna utilizável, mas sim certas características fundamentais, que dificilmente conseguir-se-ão com materiais sintéticos.

Nós, como mineradores, temos a responsabilidade do fornecimento de areias classificadas dentro das recomendações e especificações técnicas solicitadas.

Convivendo e suprindo as indústrias, principalmente as metalúrgicas, com areias especificadas, quanto ao metal ou processo utilizado, fomos assimilando e aprendendo; sentido, enfim, problemas e soluções.

À Elas, embora sucintamente, dedicamos este trabalho.

A Areia na Fundição

Apesar do avanço tecnológico mundial em todos os setores industriais e dentro destes, o de peças fundidas ter acompanhado a mesma evolução, inclusive com novas ligas metálicas, elevados índices de automatização, bem como, da introdução de matérias primas sofisticadas nos processos de moldagem, a Areia permanece como constituinte básico em plena liderança entre os processos de moldagem.

Essas novas técnicas industriais, com todas as suas implicações, requerem cada vez mais, areias, comercialmente padronizadas com especificações bem definidas, isentas de impureza, etc..

As fundições mais atualizadas possuem seus laboratórios de areias e materiais de moldagem, aonde não só a areia base ( $\text{SiO}_2$ ) mas todos os materiais componentes do molde, são controlados, em testes

padrões de recepção, sendo elaboradas composições bem definidas e acompanhando o comportamento na fundição antes, durante e depois do vazamento do metal, a fim de fazer correções dos componentes, se necessário, ou processo de moldagem, colaborando desde o projeto da peça, passando pela confecção dos moldes, cascas, machos, até a peça final na rebarbação.

Constantemente é atribuída à Areia de Moldagem, uma série enorme de circunstâncias, das quais nem sempre ela é diretamente responsável.

Quando o fundidor se propõe a executar uma peça, deve, além da escolha do processo de moldagem (quanto à seriação ou não), também fazer um estudo crítico na fase do projeto e traçado em função da regularidade das espessuras, dos pontos quentes, dos perfis fechados, da exatidão das dimensões, orientação de solidificação e das disposições facilitando a usinagem.

Do maior conhecimento possível, das características em que a peça será vazada, e com a escolha do processo de moldagem adequado, poderá obter peças economicamente perfeitas.

Convém que fique bem determinado que, quando na Fundição se atribue à Areia os defeitos de peças fundidas, refere-se à Areia de Moldagem, e não propriamente à Areia Base.

Entretanto, o que deve ficar bem definido é que: De nada adiantará a escolha do processo, e uso de aglomerantes dos mais sofisticados, se a Areia Base não tiver especificação bem determinada. A Areia Base é o constituinte fundamental que transmite diretamente seu comportamento e características à Areia de Moldagem.

Essa influência é tal que, nem mesmo o processo de moldagem ou aglomerantes poderão corrigir as variações da Areia Base.

Por outro lado, de nada adiantará a Areia Base correta, com o uso de aglomerantes, sistema e técnica de moldagem sem controle.

O uso inadequado dos outros componentes, como aglomerantes, aditivos, umidade alta ou baixa, socamento na moldagem, ou até mesmo método e tempo de mistura, poderão neutralizar, ou mesmo eliminar, na Areia de Moldagem as características da Areia Base.

Criteriosa, pois, deve ser a escolha da Areia Base, umidade ótima, permeabilidade do molde, aglomerantes, quer quanto ao seu comportamento no molde ou em função do metal (temperatura, pressão metalostática, reatividade, etc.).

Passemos à análise destas características:

AREIA BASE

Para perfeita classificação e identificação de uma Areia Base, primeiramente deve o laboratório de areias receber ou conseguir uma amostra representativa do lote total (anexo 1 - Método de ensaio e laborado pelo I.P.T. - S.P.).

## CARACTERÍSTICAS A CONSIDERAR NUMA AREIA BASE:

a) Granulometria: Tamanho dos grãos, distribuição granulométrica e porcentagem dos finos (anexo 2 - Método de ensaio elaborado pelo I.P.T. - S.P.).

Uma areia é considerada grossa, quando seu módulo de finura situa-se entre 30 e 50; média entre 50 e 70; fina entre 70 e 100; muito fina entre 100 e 150 e finíssima acima de 150.

A prática de se adotar as diversas areias em aplicações diferentes baseada na granulometria é um tanto arbitrária.

Areias que possuem uma boa regularidade do tamanho dos grãos, isto é, alta concentração numa determinada peneira da série padrão tem uma alta permeabilidade, em função do número elevado de espaços entre esses grãos. Porém, nessas areias, a tendência à expansão é acentuada.

Por outro lado, areias com grãos de tamanho diversos ou mais distribuídas, apresentarão menos espaços entre os grãos, diminuindo - sensivelmente a permeabilidade, pois os grãos menores se localizarão nos interstícios dos maiores. Entretanto, estas areias tem a vantagem no sentido de melhor "amarração" no molde.

A tendência das fundições brasileiras atualmente, é adotar, quanto à distribuição granulométrica, 80% dos grãos retidos em 3, e 90% em 4 peneiras consecutivas da série padrão, ou considerações específicas para casos especiais.

A distribuição granulométrica é determinada em peneirador de laboratório, partindo-se de uma amostra de areia totalmente seca e isenta de argila.

b) Teor de Argila A.F.S.: Argila A.F.S. são partículas (inferiores a 20 Microns, 0,02 mm) inertes de matéria orgânica, óxidos, argila não ativa, finos resultantes da abrasão e quebra de grãos maiores, - etc. (anexo 2-A).

c) Pureza: Quanto à pureza, deseja-se uma areia isenta de minerais de baixo ponto de fusão, que se constituem como fundentes, soldando os grãos silicosos entre si e outros que prejudicam a coesão entre os grãos, como é o caso da mica.

d) Forma do grão: Quanto à forma dos grãos, os angulares dão melhor amarração no molde, porém as arestas quebram, produzindo finos, abaixando o ponto de sinterização da areia, pois as partículas finas têm menor refratariedade. Eventualmente os finos também funcionarão como juntas separadoras dos grãos maiores, atenuando o efeito de expansão, porém diminuirão a permeabilidade do molde, sensivelmente à medida que aumenta a intensidade de socamento. Grãos angulares, por possuírem maior superfície específica que os redondos, necessitarão também maior quantidade de aglomerante.

Grãos redondos, ou de forma arredondada, têm um maior rolamento, facilitando a socagem; dão maior colapsibilidade nos machos e necessitam menor quantidade de aglomerantes, pois a superfície específica dos grãos é menor que os angulares, e oferecerem permeabilidade sensível à intensidade de socamento.

Entretanto, areias de grãos arredondados têm a tendência à expansão, pela maior facilidade de compactação; tem menor amarração nos moldes e são mais suscetíveis a defeitos de trincas e lavagem.

As areias de grãos sub-angulares, associam características das anteriores, e têm sido preferidas por não apresentarem as desvantagens em intensidades agravantes.

e) Integridade dos grãos: Grãos de areia com trincas ou planos de clivagem, diminuem a durabilidade da areia e dificultam também o controle granulométrico. Procura-se também evitar areias que possuam grãos de diferentes formações geológicas, que possuem características diferentes. Grãos de superfícies ásperas são mais vantajosos que os de superfícies lisas ou polidas, pela melhor aderência do aglomerante.

f) Refratariedade: A areia base é fundamentalmente o elemento refratário do molde. Portanto a propriedade refratária da areia base é muito importante, pois outras propriedades do molde podem ser corrigidas por diversas maneiras, porém as possibilidades de se corrigir uma areia de baixa refratariedade são limitadas.

A propriedade refratária necessária de um molde dependerá da temperatura de fusão do metal, como também da espessura máxima da parede da peça a ser fundida. Quando a refratariedade é insuficiente, parte da areia sinteriza-se, produzindo na peça fundida uma superfície defeituosa.

g) Permeabilidade Base: É a permeabilidade apresentada pela Areia Base seca e isenta de qualquer aglomerante. É influenciada pela forma do grão e pela distribuição granulométrica.

A permeabilidade base de uma Areia de Moldagem é uma propri

idade das mais importantes, pois os gases que se formam durante o enchimento dos moldes, o vapor produzido pelo aquecimento da areia úmida e o ar retirado ou expulso pelo metal líquido, deverão ter certas facilidades para sair.

Além da permeabilidade base, a umidade, teor de argila ou outro aglomerante, poeira de areia recirculante, etc.; vão influir na permeabilidade da areia no molde.

Durante a moldagem, a permeabilidade é influenciada pelo socamento variável na moldagem manual e também na mecânica.

Uma areia base em função da dimensão, forma dos grãos e da distribuição granulométrica pode ser mais sensível à variação de permeabilidade em função do socamento.

#### OUTROS CONSTITUINTES DA AREIA DE MOLDAGEM

**ARGILA:** a argila quando em mistura com a areia base, devidamente umedecida, confere a propriedade de moldabilidade, ou seja: a mistura adquire consistência e plasticidade, que são os requisitos primários para uma areia de moldagem. Como existem diversos tipos de argila e cada tipo oferece vantagens ou desvantagens para determinadas propriedades da Areia de Moldagem, é necessário, ao se fazer a escolha de argila, analisar-se as propriedades que mais interessam no caso ( anexo nº 3).

A moldabilidade será influenciada pela característica de escoabilidade da Areia Base, que é representada pela maior ou menor facilidade de rolamento ou escorregamento dos grãos de areia entre si.

**ÓLEOS E RESINAS PARA MACHOS (ou moldes em maior resistência):** são ligantes orgânicos, geralmente usados como aglomerantes para as areias de moldagem de machos. Eles podem ser: óleos vegetais, secativos, ou semi-secativos e resinas naturais ou sintéticas, além de cereais como amido de milho, dextrinas, etc.

As condições essenciais requeridas pelos machos são: Alta resistência antes e durante o vazamento, alta colapsibilidade após o vazamento e alta permeabilidade.

Essas propriedades são bastante influenciadas pelas propriedades da Areia Base, pois a permeabilidade está intimamente ligada com a forma, distribuição granulométrica e tamanho dos grãos da Areia Base.

A grande resistência dos machos, com óleos é obtida na estufagem dos mesmos, quando se dá um processo de oxidação e polimerização do óleo, formando um filme que dá grande adesão aos grãos de areia entre si.

Nos últimos anos, foram desenvolvidos vários tipos de resi -

nas sintéticas, com fins aglomerantes, para diversas aplicações, quer quanto ao tipo de metal fundido, quanto ao tempo de cura do macho(ou molde), quanto à temperatura de cura e inclusive quando misturada com conversores, dando cura a frio, dispensando o uso de estufas, etc.

Processos que utilizam Resinas (matérias primas sofisticadas e caras).

Utilizando geralmente catalisadores à base de ácidos, requerem areias bases, obrigatoriamente isentas de matérias alcalinas ou óxidos, pois do contrário as reações químicas que ocorreriam, retardariam, ou mesmo neutralizariam a reação da resina.

#### OUTROS AGLOMERANTES

CIMENTO PORTLAND (de pega lenta e endurecimento rápido).

Neste processo, que vem sendo utilizado para peças médias e grandes, dispensa-se o uso de estufas de secagem.

A mistura é feita pelos métodos convencionais, fundamentalmente com Areia Base, Cimento e Água.

A cura, à temperatura ambiente, varia de 2 a 4 dias.

A Areia Base nesse processo deve ser isenta de sais, como também de argilas (ativas ou não) que afetam a cura ou pega do cimento.

SILICATO DE SÓDIO + CO<sub>2</sub> (processo CO<sub>2</sub>)

Neste processo obtém-se machos (ou moldes) sem necessidade posterior de estufagem.

A mistura é de Areia Base e Silicato de Sódio. Após a moldagem da mistura, faz-se passar uma corrente de gás carbônico.

Da reação do CO<sub>2</sub> com o silicato de sódio, resulta sílica gel e carbonato de sódio, atribuindo-se a esta reação, o endurecimento do sistema.

A maior limitação desse processo é a baixa colapsibilidade, em certos casos quase nula. Para dar propriedades de colapsibilidade aos machos, nesse processo, têm-se usado materiais orgânicos na mistura. Entretanto, esses materiais alteram sensivelmente as outras características do processo.

O correto é usar-se, mesmo sacrificando-se um pouco o acabamento das peças fundidas, areias mais grossas, a fim de diminuir a porcentagem de silicato (menor superfície específica dos grãos).

#### ADITIVOS

São substâncias adicionais às misturas de areias de Moldagem com finalidade de auxiliar a ação dos demais componentes, corrigir deficiências de certas propriedades do molde ou mesmo conferir certas características.

CARVÃO: pode ser usado em areias sintéticas com finalidade de melhorar o acabamento da peça, atenuando também os efeitos da expansão.

**SERRAGEM:** Melhora a colapsibilidade e facilita a desmoldagem, diminuindo a resistência retida, atenuando também os efeitos da expansão da areia.

Estes aditivos são geralmente usados nas areias recirculantes e por vezes é usado como mero paleativo, principalmente quando a Areia de Moldagem está saturada, por excesso de ciclos de recuperação e no caso contendo uma percentagem de finos inertes muito alta, nociva ao processo.

A supressão por exaustão desses finos, ou adição de Areia Base nova, são soluções mais técnicas e corretivas.

**ENXOFRE:** usado nas areias sintéticas, na fundição de magnésio e suas ligas, para evitar a oxidação deste pelo oxigênio do ar, formando antes uma atmosfera protetora de  $SO_2$ .

**ÁCIDO BÓRICO:** também na fundição de Magnésio em Areias Sintéticas, formam uma película superficial, que evita a queima do metal.

Esses aditivos, usados para impedir a reação  $Mg \times SiO_2$ , tornam possível a fundição de magnésio e suas ligas com processos de moldagem em Areias.

**OXIDANTES:** adicionados à Areias de Moldagem de machos, com óleos, para acelerar o processo de oxidação das mesmas.

**POLIACRILAMIDA:** nas Areias Sintéticas, como flocculante de argila.

Esses oxidantes influem diretamente nos aglomerantes; nada dizem respeito à Areia Base.

**ÓXIDO DE FERRO:** para atenuar o efeito de expansão da areia silicosa, no caso de Aço em Shell Moulding. Esse aditivo deve ser adicionado em forma de pó, e em quantidades controladas, pois a presença de qualquer outro componente, além da Areia Base ( $SiO_2$ ), altera sensivelmente as características de permeabilidade e resistência da casca.

#### CONCLUSÃO

Encerrando a apresentação deste trabalho, ressaltamos que o objetivo do mesmo é contribuir para o aperfeiçoamento nas minerações do mineral não metálico, Areia; que, aparentemente não demonstrando ser qualificado como nobre, representa papel preponderante no campo metalúrgico, especificamente nos fundidos, onde segundo as afirmações de Pat Dwyer, em Gates and Risers for Casting, as Areias de Moldagem são responsáveis por 80% dos defeitos ocasionados nas peças refugadas.

ANEXO I

## AREIAS DE MOLDAGEM

## MÉTODOS DE RETIRADA DE AMOSTRA DE AREIAS E ARGILAS

(Método de ensaio elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Será revisto quando necessário, tendo em vista as observações de sua aplicação. )

OBJETIVO

1. Estes métodos fixam o modo pelo qual deve ser feita a retirada de amostra de areia de moldagem e de argila utilizada no seu preparo, para ensaios de laboratório.

RETIRADA DE AMOSTRA DE AREIAAreia em bruto

2. a) Procurar obter amostra representativa de todo o carregamento, independentemente de seu tamanho. Coletar amostra durante a carga ou a descarga da areia de vagões, caminhões, depósitos ou caçambas. Quando a areia é desintegrada por meio mecânico, coletar a amostra depois dessa operação. Para formar a amostra de areia, remover a camada superficial de 10 cm ou a parte suposta contaminada e retirar porções (nunca menos que 10) de diferentes profundidades. O número de porções retiradas varia com o tipo, condições e quantidade de material a ser ensaiado, e essas porções serão reunidas para formar a amostra total. Para carregamento em vagões deve-se obter uma amostra total de 160 Kg para cada vagão; para carregamento em caminhões a amostra total de 40 Kg para cada caminhão, sendo que para carregamentos sucessivos de areia do mesmo tipo, a amostra total pode ser formada com porções de 40 Kg retiradas de cada caminhão, até um máximo de 4 caminhões (160 Kg). A retirada das amostras parciais pode ser feita com auxílio de um tubo apropriado.

b) Reduzir a amostra total retirada como indicado em (a) , procedendo da seguinte forma: sobre superfície limpa, lisa e não absorvente, em local abrigado, desmanchar os torrões e misturar bem a amostra total. Em seguida, pelo sistema de porções alternadas do quarteramento, formar a amostra média final de cerca de 5 Kg, adotando a sequência indicada a seguir:

1a. operação: desintegrar os torrões da amostra total (160 Kg) até o tamanho de 13 mm, formar um cone de areia. Misturar a areia



da seguinte forma: espalhar a 1a. pá de areia formando uma faixa comprida, espalhar a 2a. pá sobre a 1a. e assim por diante formando camadas, resultando pilha alongada. Dividir essa pilha em dois cones do seguinte modo: marcar 8 porções aproximadamente iguais nessa pilha, quatro de cada lado, em seguida com a 1a. fração começa-se a formar o primeiro monte de areia e com a 2a. fração o segundo monte; a 3a. fração é colocada sobre a 1a. fração, e a 4a. fração sobre a 2a; assim sucessivamente, até resultarem os dois cones de areia, de cerca de 80 Kg cada um, formados de porções alternadas. A retirada de porções é feita seguindo o sentido do comprimento da pilha, começando por um lado e retornando pelo outro. Rejeitar um cone, e continuar a redução com o outro, como indicado a seguir.

2a. operação: desintegrar os torrões de areia do cone de 80 Kg até o tamanho de 10 mm, repetir a marcha da operação anterior, obtendo-se dois cones de aproximadamente 40 Kg cada, sendo um deles rejeitado e o outro usado para prosseguir a redução.

3a. operação: desintegrar os torrões de areia do cone de 40 Kg até o tamanho de 6 mm, formar um cone, misturar formando novo cone, abatê-lo com a pá e dividi-lo em 4 partes aproximadamente iguais. Duas partes opostas são rejeitadas e outras duas usadas para prosseguir a redução.

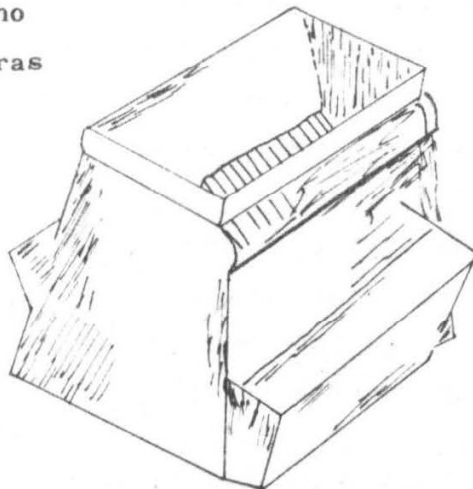
4a. operação: desintegrar os torrões de areia dos 20 Kg obtidos, sobre um papel ou encerado; misturar a areia por movimentos dados ao encerado, levantando-se um lado e deixando a areia rolar para o outro lado, depois levantando-se o lado oposto, assim por diante até homogeneização completa; formar um monte no centro levantando-se as 4 pontas do encerado, abater com a pá e dividir em 4 partes aproximadamente iguais. Prosseguir a redução usando-se duas partes opostas.

5a. operação: desintegrar os torrões de areia dos 10 Kg obtidos, ainda sobre o encerado; prosseguir como na operação anterior, resultando 4 partes de cerca de 2,5 Kg cada; tomar duas partes opostas, misturá-las completamente formando-se a amostra média de 5 Kg que será destinada ao laboratório.

Obs.: Nos casos em que a areia se apresenta solta, seguir o processo das porções alternadas e do quarteamento indicado acima, até formar amostra de cerca de 20 Kg ou menos. Depois com o aparelho divisor de amostras (ver esquema) reduzir essa amostra até 5 Kg, que depois pode ser reduzida no laboratório, com esse aparelho, até o tamanho desejado para ensaio. A redução da amostra de areia solta pode ser feita desde o início com o aparelho divisor de amostras desde que este possua

tamanho adequado.

Aparelho  
Divisor de Amostras



#### Areia preparada

3. Conforme a amostra for retirada de depósitos ou de sistemas mecanizados, os seguintes processos são utilizados:

a) Areia de depósitos: ao se iniciar a utilização da areia (quando são retirados os sacos úmidos que cobrem a areia), tomar 3 por

ções de cerca de 2 Kg cada, em 3 pontos bastante afastados um do outro como por exemplo na frente, no centro e na parte posterior do depósito, a uma profundidade não menor do que 15 cm. Homogeneizar essas porções para constituir a amostra.

Para ensaios de pesquisa, desmanchar os grumos de areia que possam existir, em peneira de malha de 6 mm (1/4"), e para ensaios de rotina, em peneira de mesma malha que a usada na moldagem. Executar os ensaios logo após o peneiramento.

b) Areia de sistemas mecanizados: tomar a amostra de cerca de 2 Kg, no transportador ou no misturador, após a operação de mistura e desintegração. Para trabalhos de pesquisa ou comparação, desmanchar os grumos de areia em peneira de malha de 6 mm (1/4") para ensaios de rotina, desmanchar em peneira de mesma malha que a usada na moldagem. Ensaiar logo depois da retirada da amostra.

#### Areia usada

4. A amostra é formada como indicado no item 3a) para areia de depósito.

#### RETIRADA DA AMOSTRA DE ARGILA

##### Argilas beneficiadas (em pó)

5. a) Introduzir a mão na argila abaixo da camada superficial e retirar de vários pontos porções de cerca de 100 g (para um mínimo de 3 sacos de argila), até formar uma amostra de 2 Kg por tonelada de material. Para carregamentos de mais de 5 toneladas o peso da amostra será de 1 Kg por tonelada de material.

b) Homogeneizar as amostras parciais retiradas como acima indicado, e reduzi-las até o peso de 2 Kg para ensaio. Para amostras grandes usar o processo de quarteamento já indicado; para amostras menores usar o aparelho divisor de amostras.

Argilas úmidas

6. Retirar a amostra depois que a argila tenha passado no misturador de homogeneização; retirar uma porção de 200 g de cada carga de argila. Colocar em recipiente apropriado e remeter ao laboratório.

A amostra final será de cerca de 2 Kg, retirada depois de 5 minutos de homogeneização das porções de 200 g em misturador de laboratório. No caso de partidas com 5 cargas ou menos retirar de cada carga quantidade suficiente para que a amostra final seja de cerca de 2 Kg.

REMESSA DA AMOSTRA AO LABORATÓRIO

7. A amostra a ser remetida ao laboratório deverá ser encerrada em recipiente estanque, sem compactar, identificando-se devidamente o recipiente.

ANEXO II

## AREIAS DE MOLDAGEM

## ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - Método de Ensaio

(Método de ensaio elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Será revisto quando necessário, tendo em vista as observações de sua aplicação.)

OBJETIVO

1. Este Método fixa o modo pelo qual deve ser feita a análise granulométrica de areias de moldagem. A distribuição granulométrica obtida permite estabelecer os seguintes índices: módulo de finura AFS, porcentagem de finos, coeficientes de distribuição e coeficientes de uniformidade.

APARELHAGEM

2. a) A seguinte aparelhagem será utilizada:

- estufa para secagem a 105-110 °C
- dessecador
- balança permitindo pesar até 200 g com precisão de aproximadamente 0,1 g
- série de 11 peneiras de fios de latão ou de bronze; as telas são montadas em caixilhos circulares resistentes, de forma a assegurar a indeformabilidade das malhas e

a esticagem perfeita dos fios; os caixilhos terão 20cm de diâmetro e 2,5 de altura. A série de peneiras é acompanhada de tampa e de prato coletor para o material que atravessa a peneira mais fina;

- peneirador vibratório de excêntrico ou rotativo com percussão (peneirador Combs Ro-Tap ou equivalente).

b) A abertura das malhas e os diâmetros dos fios das telas das peneiras devem obedecer às condições da Tabela I, abaixo.

c) A aferição das peneiras deve ser feita segundo o processo indicado pela Especificação E11-39 da American Society for Testing Materials.

T A B E L A I

Peneira		Tolerância na abertura, %		Diâmetro do fio, mm		Número correspondente da	
Número (*)	Abertura nominal mm	Abertura média $\pm$	Abertura máxima	Mínimo	Máximo	Série U.S.S.	Série Taylor
6	3,36	3	10	0,87	1,32	6	6
12	1,78	3	10	0,62	0,90	12	10
20	0,84	5	15 **	0,38	0,55	20	20
30	0,59	5	15 **	0,29	0,42	30	28
40	0,42	5	25 **	0,23	0,33	40	35
50	0,30	5	25 **	0,170	0,253	50	48
70	0,21	5	25 **	0,130	0,187	70	65
100	0,15	6	40 **	0,096	0,125	100	100
140	0,105	6	40 **	0,063	0,087	140	150
200	0,074	7	60 **	0,045	0,061	200	200
270	0,053	7	90 **	0,035	0,046	270	270

( \* ) Os números dados à presente série correspondem aos números das peneiras da série U.S.S.

( \*\* ) Nestas peneiras apenas 5% das aberturas poderão exceder a abertura nominal de mais de metade da tolerância para abertura máxima.

ENSAIO

3. Formada a amostra, de acordo com o Método M-31 do IPT, secar uma porção da amostra em estufa a 105º - 110ºC, até constância de peso, esfriar em dessecador e pesar 50 g (para areia grossa poderá ser tomado peso maior). Remover a argila A.F.S. (Método M-33 do IPT); secar a parcela restante até constância de peso, esfriar em dessecador, pesar e colocar na peneira superior da série de peneiras empilhadas em ordem decrescente de tamanho de malha. Colocar essa pilha, devidamente tampada e com o prato ajustado à última peneira, no peneirador, agitando o conjunto durante 15 minutos. Em seguida pesar a areia retida em cada peneira e no prato.

RESULTADOS

4. a) Os resultados serão apresentados de acordo com o exemplo da Tabela II abaixo. Os "coeficientes" que figuram na coluna 5 são valores fixos, convencionais, e correspondem aproximadamente ao número da peneira contígua anterior.

T A B E L A I I

Exemplo: análise granulométrica de uma areia de São Vicente, S.P.  
Peso da amostra inicial -50 g; peso da argila AFS - 1,0 g ou 2%

Número da Peneira	Material retido g	Material retido %	Material acumulado %	Coeficiente	Produto do mat. retido em % pelo coeficiente
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
6	-	-	-	3	-
12	-	-	-	5	-
20	-	-	-	10	-
30	-	-	-	20	-
40	0,1	0,2	0,2	30	6
50	0,1	0,2	0,4	40	8
70	0,3	0,6	1,0	50	30
100	22,2	44,4	45,4	70	3108
140	22,0	44,0	89,4	100	4400
200	4,0	8,0	97,4	140	1120
270	0,1	0,2	97,6	200	40
Prato	0,2	0,4	98,0	300	120
Totais	$1 = 49,0$	$2 = 98,0$	-	-	$3 = 8832$

b) A coluna 3 da Tabela consigna o material retido em porcentagem da amostra inicial de 50 g.

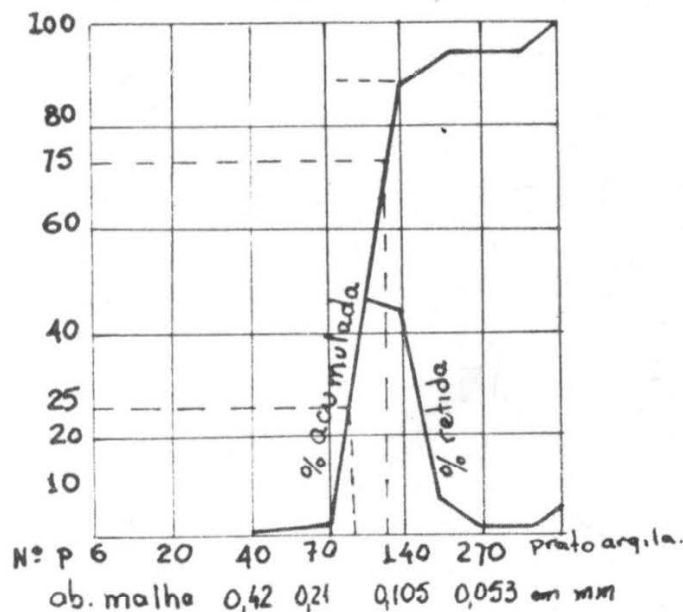
5. Os dados constantes das colunas da Tabela II, permitirão a obtenção de:

a) Distribuição granulométrica: é dada pelas porcentagens, em relação ao peso da amostra inicial, das parcelas retidas nas peneiras da série (coluna 3), ou pelas porcentagens acumuladas (coluna 4). A distribuição granulométrica pode ser apresentada em gráfico (figura a seguir), representando-se em ordenadas as porcentagens do material (coluna 3 ou 4) e em abscissas os números das peneiras (coluna 1).

b) Módulo de finura AFS: é obtido pela relação (aproximada para número inteiro) entre a soma dos produtos indicados na coluna (6) e a soma das porcentagens do material retido, coluna 3; podendo ser representado pela fórmula abaixo:

$$\text{Módulo de finura AFS} = \frac{3}{2}$$

GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA - EX. DA TABELA II.



No exemplo:

$$\text{Módulo de finura AFS} = \frac{8832}{98,0} = 90$$

Esse módulo representa o tamanho médio virtual dos grãos de areia, dado pelo número de malhas por polegada linear da peneira cuja abertura de malha corresponderia a esse tamanho.

c) Porcentagem de finos: é a porcentagem de material que passa pela peneira nº 140.

$$\text{No exemplo: } 8,0\% + 0,2\% + 0,4\% = 8,6\%$$

d) Coeficiente de distribuição: é a maior soma das porcentagens retidas em 3 peneiras consecutivas.

No exemplo:  $44,4\% + 44,0 + 8,0\% = 96,4\%$

e) Coeficiente de uniformidade: é obtida pela relação entre a abertura da malha da peneira ideal correspondente ao ponto da curva acumulada de ordenada 25% (gráfico feito como descrito em 5a). e a abertura da malha da peneira ideal correspondente ao ponto da curva acumulada de ordenada 75%.

No exemplo:  $\frac{0,18}{0,12} = 1,50$

NOTA: I) O peso do material retido (coluna 2) mais o peso da argila AFS deve ser igual ao peso da amostra inicial (50 g). A soma das porcentagens retidas (coluna 3) mais a porcentagem de argila AFS deve ser igual a 100%.

NOTA: II) As peneiras devem ser manejadas com cuidado. Antes de iniciar o ensaio elas devem ser limpas com a ajuda de um pincel de pêlo rijo, mas flexível, ou pela passagem de ar comprimido a baixa pressão. Podem também ser batidas de leve em posição invertida, sobre uma mesa. Não devem ser batidas entre as mãos, pois isso alteraria sua forma circular. Não deve ser usado nenhum método de limpeza que modifique a abertura das malhas das peneiras.

NOTA: III) Em muitos casos de ruptura localizada da tela, esta pode ser soldada, devendo a peneira ser novamente aferida antes de uso.

NOTA: IV) Os aglomerados de areia que não foram desfeitos durante o processo de separação de argila AFS, não devem ser triturados a mão durante o ensaio, pois disso resultaria dados falhos em relação ao comportamento da areia na fundição.

NOTA: V) Ao remover a areia das peneiras é conveniente ter uma folha de papel liso ou um prato esmaltado, onde a peneira possa ser colocada em posição invertida. A peneira deve ser batida levemente para desprender os grãos presos às malhas. A face inferior é limpa por meio de um pincel enquanto a peneira é conservada em posição invertida sobre a folha de papel. A areia é transferida para o recipiente de pesagem com a ajuda do pincel.

## AREIAS DE MOLDAGEM

## DETERMINAÇÃO DE ARGILA AFS - Método de Ensaio

(Método de ensaio elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Será revisto quando necessário, tendo em vista as observações de sua aplicação.)

OBJETIVO

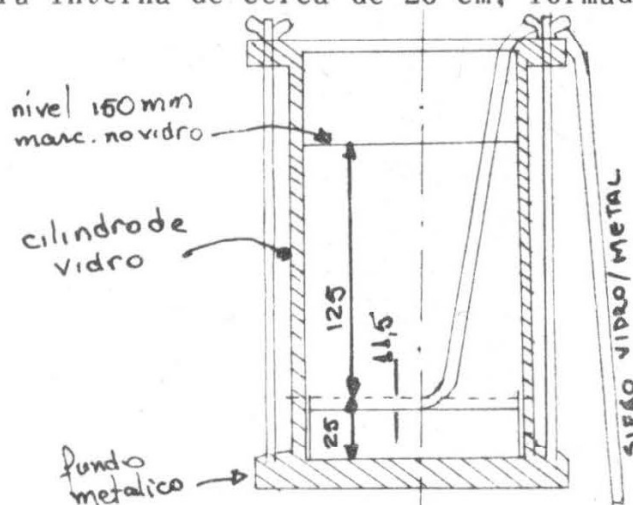
1. Este Método fixa o modo pelo qual deve ser feita a determinação da porcentagem de argila AFS em areias de moldagem.

DEFINIÇÃO

2. Argila AFS (\*) é a porção de areia de moldagem que contém partículas de diâmetro inferior a 20  $\mu$  (0,020 mm) e que, quando dispersas em meio aquoso, sedimentam com velocidade inferior a 2,5 cm/min. Essa porção compreende, além dos minerais argila, as frações dessa finura de outros minerais, e eventualmente de outros constituintes (aglomerantes e carvão).

APARELHAGEM

3. a) Será utilizada a seguinte aparelhagem:
- estufa para secagem a 105 - 110  $^{\circ}$ C;
  - dessecador;
  - balança com capacidade de 200 g e precisão de 0,1 g;
  - recipiente de cerca de 1 litro de capacidade, com altura interna de cerca de 20 cm, formado por cilindro



RECIPIENTE PARA DETERMINAÇÃO DE ARGILA AFS EM AREIAS DE MOLDAGEM

( \* ) Neste Método adota-se a definição de argila AFS da American Foundrymen's Society.



de vidro e fundo metálico desmontável, (ou outro tipo de recipiente que satisfaça as condições do ensaio);

- agitador, constituído de hélice em prolongamento do eixo de pequeno motor elétrico (ou outro tipo correspondente);
- sifão de vidro ou de metal;

b) Serão utilizados ainda:

- água destilada neutra, a temperatura ambiente (entre 18º e 25ºC);
- solução de soda cáustica (NaOH), obtida dissolvendo-se 30 g de soda cáustica em 1000 ml de água destilada.

#### ENSAIO

4. Formada amostra de areia segundo o Método M-31 do IPT, secar uma porção da amostra em estufa a 105 - 110 ºC até constância de peso. Esfriar em dessecador, pesar 50 g ( $P_i$ ) e colocar no fundo metálico; em seguida adaptar a este o cilindro de vidro. Adicionar 475 ml da água destilada e 25 ml da solução de soda cáustica. Agitar durante 5 minutos; recolocar no recipiente os resíduos deixados no eixo e na hélice do agitador. Completar com água destilada até o nível de 150 mm (já marcado no vidro), sendo que a água deve ser colocada com certa violência para se obter agitação da areia. Esperar 10 minutos para decantação do material e sifonar exatamente 125 mm de líquido, ficando 25 mm no recipiente (isso se obtém colocando-se o sifão conforme a figura acima). Adicionar novamente água destilada até o nível de 150 mm (a água é colocada de modo a agitar a areia), esperar 10 minutos e sifonar 125 mm de líquido. Adicionar novamente água destilada até o nível de 150 mm (colocando a água de forma a agitar a areia), esperar 5 minutos e sifonar 125 mm de líquido. Esta última operação é repetida até que o líquido se apresente claro até a profundidade de 125 mm. Obtido isso, retirar o cilindro de vidro e colocar o fundo metálico em estufa aquecida a 105 - 110 ºC. Secar a areia restante até constância de peso, esfriar em dessecador e pesar ( $P_f$ ).

Resultado: Conhecidos os pesos  $P_i$  e  $P_f$ , a porcentagem de argila será dada pela fórmula abaixo:

$$\text{argila AFS em \%} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

NOTA: I) No caso de aglomerantes derivados de cereais (espe-

cialmente dextrina) presentes na areia, a primeira operação de agitação será feita sem adição da solução de soda cáustica.

NOTA: II) As areias contendo cimento como aglomerante devem ser ensaiadas sem a adição da solução de soda cáustica, que será substituída por 125 ml de solução de ácido clorídrico 1:1. Tomar precaução contra o ataque do ácido às partes metálicas do aparelho, removendo-as e lavando-as logo após o uso.

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA BENTONITA NAS AREIAS DE FUNDIÇÃO

BENTONITA SÓDICA

ARGILA CAULÍNICA

VANTAGEM

DESVANTAGEM

TÉCNICAS

menor umidade nas areias  
 maior permeabilidade e maior resiliência  
 menor incidência do defeito de "lavagem"  
 maior resistência da areia seca e estufada  
 maior colapsibilidade nos machos

maior umidade nas areias  
 menor permeabilidade e menor resiliência  
 maior incidência do defeito de "lavagem"  
 menor resistência da areia seca e estufada  
 menor colapsibilidade nos machos

ECONÔMICAS

menor teor de aglomerante na areia  
 maior recuperação de areia  
 facilidade em moldagem mecânica  
 maior tolerância quanto ao sistema de alimentação e ventilação dos moldes

maior teor de aglomerante na areia  
 menor recuperação de areia  
 menor facilidade em moldagem mecânica  
 menor tolerância quanto ao sistema de alimentação e ventilação dos moldes

DESVANTAGEM

VANTAGEM

TÉCNICAS

secagem ao ar rápida  
 dificuldade no conserto dos moldes  
 acabamento inferior  
 menor refratariedade  
 menor durabilidade  
 menor tolerância quanto à faixa de umidade

secagem ao ar lenta  
 facilidade no conserto dos moldes  
 acabamento superior  
 maior refratariedade  
 maior durabilidade  
 maior tolerância quanto à faixa de umidade

ECONÔMICAS

maior custo unitário  
 material de ocorrência rara  
 dificuldade em moldagem manual

menor custo unitário  
 material de ocorrência comum  
 facilidade em moldagem manual

A N E X O I V

A AREIA NA FUNDIÇÃO

MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DA UMIDADE ÓTIMA

(Boletim nº 54 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - pg.66 (Victor Lo Ré e Carlos Dias Brosch)).

1. Noções preliminares:

Em cada sistema argila-areia, há um certo teor ótimo de água, no qual a argila se apresenta com suas melhores propriedades aglomerantes; neste ponto verifica-se a quase simultaneidade da melhor resistência com a maior permeabilidade dos sistemas.

A umidade baixa ou excessiva, altera as propriedades físico-mecânicas da areia, ocasionando com isso uma série variada de defeitos na peça fundida, o que determina a necessidade de encontrarmos uma umidade intermediária em uma mistura (areia-aglomerante(s)) ou seja a umidade no seu ponto ótimo.

Embora de grande importância, o ensaio para determinação de umidade ótima é essencialmente simples.

2. Fundamento do método de ensaio:

A umidade ótima corresponde ao ponto de saturação da água de absorção e pode ser determinada em laboratório pelo ponto variável no peso específico da areia fôfa.

A diferença de peso específico da mistura em um mesmo volume, com diversos teores de umidade, irá determinando peso menor, para cada adição de água, até chegarmos ao ponto de saturação, ponto este em que o peso aumenta novamente.

Aparelhagem: Misturador  
 Cubo de 1 dm<sup>3</sup>  
 Peneira 1/4"  
 Balança (Kg)  
 Cilindro graduado  
 Balança (g)  
 Secador ou aparelho do método carbureto

Método de ensaio:

- Secar ao menos 3.000 g de areia
- Após a secagem e resfriamento até a temperatura ambiente, pesar as quantidades exatas de areia ou areias e aglomerante ou aglomerantes

de acordo com a composição da mistura.

- Colocar a areia seca e os aglomerantes secos no misturador. Tampar o misturador. Misturar por 2 minutos.
- Esperar 1 minuto para que as substâncias pulverulentas assentem.
- Destampar o misturador.
- Adicionar  $20 \text{ cm}^3$  de água, misturar por 2 minutos.
- Remover a areia do misturador em movimento.
- Desagregar a areia na peneira, depositando no cubo, de uma altura de 10 a 15 cm, de forma que esta fique fôfa.
- Com a ajuda de uma espátula, aplainar a borda do cubo, "cortando" sem produzir pressão na areia. Pesar assinalando assim o 1º ponto.
- Devolver a areia ao misturador, adicionando mais de  $20 \text{ cm}^3$  de água, misturar por mais 2 minutos, desagregar e pesar, assinalando o 2º ponto.
- Repetir a operação, porém com  $10 \text{ cm}^3$ , tantas vezes quantas forem necessárias, até chegar ao ponto de saturação, facilmente identificado pela elevação do peso da areia, depois de sucessivas quedas por todos os pontos.

Têm-se então como ponto ideal aquele que antecede ao ponto de saturação (lembrando que houve perda de umidade no decorrer do ensaio, tornando esse volume de água, intermediário entre os dois pontos).

- Repete-se o ensaio: areia mais aglomerante(s), com mesmo peso, secos, e mistura-se com o volume de água ideal encontrada acima. Mistura-se por 5 minutos.
- Determina-se então a umidade ótima, a qual pode ser dada em porcentagem pelos métodos de rotina, tais como: - pelo "secador" (moisture teller) ou pelo método de carbureto (Speedy-moister).

TABELA COM AS SÉRIES DE PENEIRAS DE DIVERSAS NORMAS E RESPECTIVOS COEFICIENTES PARA O CÁLCULO DO MÓDULO DE FINURA

		Norma A. F. S.		Norma DIN 4188		Série George Fischer	
nº dente série U.S.S.	nº dente série Taylor	malha polegada	malha milímetro	malha milímetro	malha milímetro	malha milímetro	malha milímetro
				entre (x)	entre (x)	entre (x)	entre (x)
6	6	0,1320	1,68 -3,36	5	1,0 -1,6	8	1,50 -3,00
12	10	0,0661	0,84 -1,68	10	0,63 -1,0	16	1,00 -1,50
20	20	0,0331	0,59 -0,84	20	0,40 -0,63	29	0,6 -1,0
30	28	0,0232	0,420-0,59	30	0,315-0,40	40	0,4 -0,6
40	35	0,0165	0,297-0,420	40	0,20 -0,315	50	0,3 -0,4
50	48	0,0117	0,210-0,297	50	0,16 -0,20	69	0,2 -0,3
70	65	0,0083	0,149-0,210	70	0,125-0,16	88	0,15 -0,2
100	100	0,0059	0,105-0,149	100	0,10 -0,125	113	0,1 -0,15
140	150	0,0041	0,074-0,105	140	0,08 -0,10	140	0,075 -0,1
200	200	0,0029	0,053-0,074	200	0,063-0,08	175	0,06 -0,075
270	270	0,0021	0,02 -0,053	300	0,02 -0,063	270	0,02 -0,06

-Prato

Obs.: As peneiras padronizadas acima são designadas de "meia altura" (1 polegada) e têm um diâmetro de 8 po legadas. O número equivalente da série U.S.S. corresponde ao número de peneira de mesmo tamanho de abertura de malha do National Bureau of Standard dos EE.UU. da América do Norte. (Os coeficientes são valores fixos convencionais, funcionam como "multiplicadores" das porcentagens retiradas em cada peneira, de sua própria série ou Norma). O tempo de peneiramento deve ser de 15 minutos com 50 g de areia.