



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

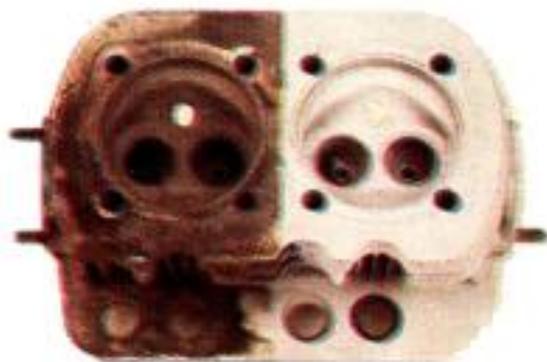
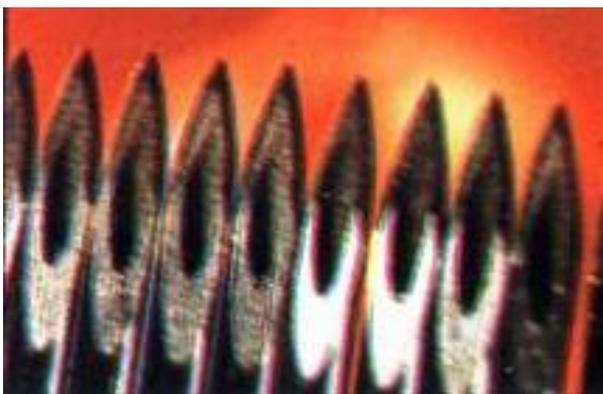
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LABORATÓRIO DE ASPERSÃO TÉRMICA E SOLDAGEM ESPECIAIS

## Aplicações Gerais do Processo de Jateamento

**LIMPEZA:** É a mais tradicional aplicação do jateamento e todos conhecem sua eficiência. Entretanto, com modernas técnicas operacionais, com o desenvolvimento de novos equipamentos e com o advento de materiais especiais, o campo se ampliou para áreas imprevisíveis. Com esferas de vidro ou cascas de noz, por exemplo, peças de alta precisão podem ser jateadas sem a menor alteração dimensional. Hoje, desde a limpeza de ligas de cromo-cobalto em prótese dentária, cascos de navios, passando por carburadores ou moldes em geral, rodas de avião etc. podem ser, limpas com jateamento. Praticamente todos os setores industriais são potenciais usuários do processo, nem que seja para a manutenção em geral.

**ACABAMENTO:** Com jateamento não se consegue polir uma superfície. É possível, usando especificações corretas, limpar sem prejudicar o polimento. O que se pode obter é um fosqueamento uniforme e controlado e que é um tipo de acabamento válido, muito bonito e de baixo custo. Com esferas de vidro, a superfície fica como acetinada, suave ao tato, sendo especialmente recomendadas para aço inox por não contaminá-lo. Em muitas peças o polimento não desejável – armas de fogo, instrumentos óticos e cirúrgicos, limpadores de para brisa e componentes para painéis de carro - e o processo é a solução mais econômica. Em muitos casos, pode substituir a texturização química para o fosqueamento de moldes. Outras explicações usuais são: tirar o brilho de plásticos, fosquear vidro, uniformizar superfícies antes do polimento, entre outras.



**DESREBARBAMENTO:** É outra importante aplicação do jateamento. Geralmente são empregadas esferas de vidro ou granalhas de aço esféricas que agem sobre a rebarba por quebra ou compactação. Não é qualquer tipo de rebarba que pode ser eliminada pelo processo já que algumas requerem ações abrasivas devendo ser utilizados rebolos, lixas ou “chips”. Em geral, rebarbas de usinagem e de estamparia são facilmente removidas suavizando as arestas cortantes. Como regra

geral, sempre que o processo for válido ele deve ser adotado porque será mais eficiente e sensivelmente mais econômico. Só como curiosidade, as rebarbas das pontas das agulhas hipodérmicas (foto) são eliminadas com jato de esferas de vidro (40 microns).

**GRAVAÇÃO OU DECORAÇÃO:** O contraste entre áreas polidas e parcialmente fosqueadas é um recurso decorativo bonito e muito fácil de ser obtido. Proteger superfícies com fita isolante, “contact” ou máscaras e removê-las depois do jateamento é tudo o que é necessário. O mesmo princípio se aplica para gravação de letras, números ou logotipos, sendo utilizadas máscaras perfuradas em aço ou borracha. Em equipamentos especiais, simples ou automáticos o tempo necessário para gravação é, em geral, da ordem de 0,4 a 0,6 segundos.

O processo é muito empregado não só em superfícies metálicas como sobre vidro, louça, plásticos etc.

**SHOT PEENING:** É uma moderna técnica de tratamento a frio de superfícies metálicas. É uma espécie de “martelamento” obtido com jato de partículas esféricas, geralmente de vidro ou aço, que melhora as qualidades metalúrgicas superficiais no sentido de aumentar as resistências às fadigas mecânica e térmica, ao superaquecimento, à corrosão entre outras. Outros efeitos, como selagem da microporosidade superficial, eliminação de microfissuras ou riscos direcionais de usinagem, que são pontos de concentração de tensões, abre ao processo um amplo campo de aplicações como em ferramentas de corte, estampo, molas planas ou helicoidais, virabrequins, bielas e centenas de outras peças submetidas a esforços alternados ou ao atrito. “Shot peening” requer rigorosas especificações de aplicação e de automatismo, mas, os benefícios obtidos, muitas vezes com resultados exponencialmente maiores, justificam seu emprego.

**São apenas cinco aplicações, mas cada uma delas representa um mundo à parte.**

### **Graus de limpeza**

Jateamento é um tradicional e eficiente processo de limpeza de superfícies para aderência (ancoragem) de revestimentos. Preparação previa inadequada sempre resulta em perda de tempo e de materiais, onerando os custos de manutenção e pondo em risco a vida útil das próprias peças que se pretendeu proteger.

As crescentes exigências de controle de qualidade, levaram ao desenvolvimento de normas internacionais que permitem especificações precisas do que se chama “Graus de Limpeza” de superfícies de aço. A mais importante é a norma sueca SIS-05 5900/1967 “Pictorial Surface Preparation Standards for Painting Steel Surfaces” que estabelece padrões fotográficos dos Graus de Oxidação (intemperismo) a que está submetida a peça e dos “Graus de Limpeza” que podem ser obtidos com operações manuais, mecânicas e com jato abrasivo. A necessidade de especificar o grau de limpeza é estabelecer as condições mínimas aceitáveis para a perfeita ancoragem do revestimento a ser aplicado, evitando (ou exigindo, se for o caso) que a superfície seja completamente limpa, sem a menor contaminação por carepas ou óxidos, apresentando a característica cor cinza claro sem manchas, o que exigiria maiores tempos operacionais, muitas vezes desnecessariamente.

A norma citada estabelece quatro padrões para estados iniciais das superfícies padronizando os graus de oxidação que elas apresentam.



**Grau “A”**

É o estado da superfície do aço logo após a laminação com carepa mas sem oxidação (ferrugem);



**Grau “B”**

Superfície já com vestígios de oxidação;



**Grau “C”**

Carepa se desagregando pela oxidação mas quando ela ainda não atingiu a superfície em profundidade.



**Grau “D”**

A superfície já apresenta cavidades, em grande número, visíveis a olho nu. Da mesma forma, estabelece quatro “Graus de Limpeza” para a preparação de superfícies de aço com jato abrasivo para cada padrão de estado inicial:



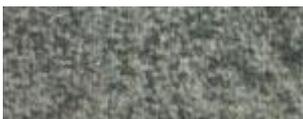
**Grau “Sa 1”**

Jateamento abrasivo ligeiro (Brush-off) – quando a superfície foi rapidamente atingida pelo jato (B Sa 1, C Sa 1 e D Sa 1);



**Grau “Sa 2”**

(Comercial) – quando o jateamento foi mais cuidadoso, removendo carepas, ferrugem e incrustações, podendo apresentar ligeiros resíduos visíveis em menos de 1/3 da superfície (B Sa 2, C Sa 2 e D Sa 2).



**Grau “Sa 2 1/2”**

(Ao metal quase branco) – quando o jato for bastante demorado removendo mais de 95% das contaminações visíveis e apresentar a cor cinza claro (A Sa 2 1/2, B Sa 2 1/2, C Sa 2 1/2 e D Sa 2 1/2).



**Grau “Sa 3”**

(Ao metal branco) – quando a superfície apresentar 100% de limpeza (A Sa 3, B Sa 3, C Sa 3 e D Sa 3).

A norma estabelece apenas padrões de limpeza. Para completar a especificação das condições mínimas de preparação de uma superfície outros fatores devem ser considerados como ausência de óleos ou graxas, contaminações que devam ser evitadas (geralmente citando o abrasivo recomendado) a rugosidade apropriada (geralmente de 20 a 30% da espessura do revestimento), entre outras.

## **Limpeza: Esferas de Vidro**

### **Um processo Fascinante**

Jateamento com microesferas de vidro é um moderno e eficiente processo de limpeza. Apresentam vantagens únicas que as diferenciam dos demais materiais granulados e lhe abre um campo de aplicações quase ilimitado, muitas vezes surpreendente. A perfeição dos resultados obtidos na limpeza de peças com alta responsabilidade dimensional e a rapidez e economia com que são obtidos, consagram as pequenas esferas como um eficaz material para jateamento.

Uma importante característica peculiar ao processo é a de que, além da ação de limpeza, com a mesma operação resulta um acabamento superficial acetinado de grande beleza e uniformidade. Em alguns casos, operações de rebarbamento também podem ser simultâneas. Em outros, efeitos colaterais de “peening” podem ser de relevante importância para o aumento da vida útil das peças.

### **Inúmeras vantagens não abrasivas**

A forma esférica, associada a dureza e densidade do vidro, removem contaminações e acabam superfícies com rapidez eficiência sem destruir as tolerâncias das peças tratadas. Em condições perfeitamente controláveis, é sempre possível assegurar que não haja remoção de material significativamente mensurável, qualquer que seja a natureza do metal jateado.

### **Ausência de contaminação**

O vidro, por ser virtualmente inerte, não reage quimicamente com os materiais tratados. A adequada densidade e tenacidade resistência à fratura – associadas à suavidade da forma esférica. Impedem sua incrustação nas superfícies.



### **Operações uniformes e especificáveis**

Regularidade de forma, regularidade propriedades físicas e químicas e regularidade de classificação, são características peculiares às esferas de vidro e garantem uma uniformidade impressionante aos serviços executados. Em equipamentos apropriados podem ser sempre reproduzidos, com precisão, resultados anteriormente obtidos.

### **Baixo custo operacional**

Vários fatores concorrem para que o processo BRASIBRAS seja simples e econômico: equipamentos leves, de projeto avançado e com manutenção mínima, mão-de-obra não

especializada, baixo consumo de esferas de vidro, rapidez e eficiência com que se completam as operações, entre outros.

Resistência a formação do pó



As esferas de vidro estão sempre associadas à formação pouquíssimo pó. Sua forma e dureza oferecem grande resistência à fragmentação. Sua características não abrasivas permitem à BRASIBRAS projetar equipamentos mais elaborados que, contínua e permanentemente, separam as esferas das incrustações removidas e mesmo das esferas quebradas, devolvendo ao processo material limpo e com granulometria similar à inicial.

### Possibilidade de automação

A auto-abrasão sobre os próprios equipamentos é impressionantemente reduzida, o que permite o projeto de dispositivos para movimentação de peças e pistolas com materiais leves mas duráveis, bem como de processos contínuos de recuperação de esferas de vidro. Poucos materiais granulados para jateamento oferecem tantas possibilidades de automação, mas nenhum associa a vantagem de uma vida útil tão prolongada para os equipamentos.

Esferas de vidro industriais				
	Tipo	Micron	Malha A.S.T.M.	Esferas perfeitas mín. em %
G R O S S A S M	AA	210-595	30-70	70
	D	210-297	50-70	70
	AB	177-297	50-80	70
	E	177-250	50-80	70
M É D I A S	AC	149-250	60-100	70
	AD	105-210	70-140	70
	AF	74-149	74-149	80
F I N A S	AG	53-105	140-270	80
	AH	44-88	170-325	80
	AI	53-finos	270-finos	80

A norma estabelece apenas padrões de limpeza. Para completar a especificação das condições mínimas de preparação de uma superfície outros fatores devem ser considerados como ausência de óleos ou graxas, contaminações que devam ser evitadas (geralmente citando o abrasivo recomendado) a rugosidade apropriada (geralmente de 20 a30% da espessura do revestimento), entre outras.

## **Aplicações consagradas**

Das inúmeras vantagens peculiares às esferas de vidro como material de jateamento, decorrem aplicações importantes como processo de limpeza não área industrial, tanto em produção como em manutenção.

**Manutenção automotiva:** Descarbonização e limpeza em geral de cabeçotes, blocos, válvulas, virabrequins, carburadores, velas, rodas e em muitos outros componentes de motores e carroçarias.

**Manutenção ferroviária:** Além da limpeza de peças de motores é importante a aplicação das esferas na recuperação de motores elétricos, dínamos, contatos em disjuntores etc.

**Manutenção naval:** É uma ferramenta indispensável em face dos graves problemas de corrosão em peças de maior precisão. Além de remover os óxidos e revestimentos de proteção, prepara as superfícies para ancoragem de tintas. Um bom exemplo é a recuperação de antenas de radar.

**Manutenção aeronáutica:** É o setor que mais aplicações desenvolveu para o processo não só em motores como em turbinas, hélices, trens de pouso e em inúmeras partes das células das aeronaves.

**Moldes em geral:** Além da limpeza sem abrasão dos moldes para vidro, borracha, baquelite, placas de “shell-molding”, matrizes para forjados, entre outros, os efeitos colaterais de “peening” aumentam a sua vida útil. Um bom exemplo é o emprego das esferas de vidro para limpeza de moldes de pneus, tanto aço como de alumínio, solução internacionalmente adotada pela maioria dos fabricantes.

**Limpeza de Hidrômetros:** Registros, válvulas, conexões, tubulações etc.

**Inspeção:** A qualidade da limpeza e uniformidade do acabamento superficial, facilita a inspeção visual, química ou metrológica.

**Motores elétricos:** Rotores, carcaças, escovas tanto de motores como de geradores elétricos. Em coletores, após a solda e usinagem, o tratamento é indicado não só para limpeza como para melhoria da resistência ao desgaste pelo atrito e da condutibilidade elétrica.

**Eletrônica:** Eliminação dos vernizes isolantes em fios ou resistências variáveis. Limpeza de circuitos impressos para aderência de solda e, posteriormente, para remoção dos resíduos.

**Tratamento Térmico:** Remoção de resíduos de tratamento térmico como uniformização da cor. Remoção de carepas de solda.

**Indústria Têxtil:** Limpeza de pinças e rolos nas páreas de tingimento. Em guias-fios, para remoção de resíduos de tratamento térmico e preparação para revestimentos de cromo-duro

**Aço Inox:** Por não contaminarem as superfícies tratadas, as esferas de vidro é o material mais indicado para limpeza e acabamento de aço inox.

São apenas algumas aplicações mais usuais, mas são bastante ilustrativas das características do processo. Com microesferas de vidro, jateamento pode ser aplicado com eficiência e economia para a limpeza de peças de precisão.

## **Limpeza - Granalhas de aço**

As granalhas de aço são um dos mais importantes materiais de jateamento disponíveis no mercado. Foi um dos primeiros abrasivos artificiais produzidos e, depois de exaustivas pesquisas operacionais, reconhecidas suas qualidade de eficiência, uniformidade e economia.

Inicialmente eram fabricadas de ferro fundido. Fragmentavam-se com certa facilidade apresentando consumo elevado, passando a agredir as superfícies jateadas e os equipamentos, Mesmo assim já começaram a substituir a tradicional areia evitando suas deficiências operacionais e os riscos que acarretam a saúde dos operadores.

As produzidas em ferro maleável ou aço só foram comercializadas , no Brasil, nos anos 60, dominando mais de 70% do mercado atual. As principais vantagens que apresentam são:

- Baixo custo operacional: Suportam 300, 400 ou mais ciclos ao contrário dos 2 ou 3, no máximo, da areia.
- Velocidade de limpeza: A maior densidade, a possibilidade de ser impulsionado por turbinas atingindo maiores velocidades e a constância de suas dimensões durante muito tempo resultam numa notável e duradoura eficiência operacional.
- Uniformidade no acabamento: Pelas mesmas razões, os acabamentos superficiais são de uniformidade constante.
- Menor desgaste: A abrasão sobre os bicos, palhetas de turbinas e sobre os próprios equipamentos é menor que quando se utiliza areia.
- Menor geração de pó: Como as granalhas de aço ou maleáveis não se fragmentam facilmente, o pó gerado se restringe ao removido da superfície da peças jateadas simplificando os sistemas de purificação dos abrasivos e reduzindo os investimentos iniciais.

### **Tipos de Granalhas**

**Ferro Fundido:** Ainda são empregadas mas seu uso vem se reduzindo progressivamente. São de menor custo mas um criterioso estudo comparativo considerando, além do consumo direto, os gastos de manutenção, tem se revelado, smpre desfavorável às de ferro fundido.

**Maleável:** Geralmente produzidas de arame cortado (comprimento igual ao diâmetro) são bastante duráveis e representam cerca de 10% do consumo total.

**Aço:** São oferecidas com grande variedade de composição e dimensões. Quanto à forma, são produzias esféricas (“shot”) e angulares (“grit”).

Praticamente dominam o mercado pela sua alta qualidade e rigor de especificações. Conforme a finalidade, passam por processos de têmpera e revenimento que lhes conferem características de dureza e maleabilidade convenientes.

As granalhas de aço mais utilizadas para limpeza são as de baixa dureza (40 e 49 Rc) ou de arame cortado (31 a 39 Rc). As de grande dureza (até 66 Rc) são empregas principalmente para “shot peening” (“shot”) ou para a obtenção de altas rugosidades (“grit”) às vezes necessárias em certos

problemas de ancoragem ou em rolos laminadores. Sempre é preferível escolher granalhas de menor diâmetro que são mais perfeitas e mais econômicas.

Geralmente se usa uma mistura de granulometrias ou até de esféricas com angulares. Como valores médios de mistura (<IX) podem ser considerados os seguintes:

**Limpeza de peças fundidas:**

Dimensão recomendada.....60%

Granulometria 1 pt menor.....20%

Granulometria 2 pts menor.....20%

**Decapagem**

Dimensão recomendada.....75%

Granulometria 2 pt menor.....25%

Os sistemas de reciclagem e purificação dos abrasivos devem ser eficientes para remover os finos gerados durante a operação pois eles reduzem a eficiência, principalmente nos equipamentos turbinados.

Arame Cortado	Nº	16	17	18	19	20	21
Ø x Comprimento (mm)		1,6	1,5	1,3	1,0	0,9	0,8

**Granalhas de aço esféricas ("shot")**

SAE	Ø mm	Peneira ASTM	Ø Médio mm
S 660	2,38 a 1,68	8 a 12	2,0
S 550	2,00 a 1,41	10 a 14	1,7
S 460	1,68 a 1,41	12 a 16	1,4
S 390	1,41 a 1,00	14 a 18	1,2
S 330	1,19 a 0,84	16 a 20	1,0
S 280	1,00 a 0,71	18 a 25	0,9
S 230	0,84 a 0,59	20 a 30	0,7
S 170	0,71 a 0,40	25 a 40	0,6
S 110	0,650 a 0,30	30 a 50	0,4

**Granalhas de aço angulares ("grid")**

SAE	Ø mm	Peneira ASTM	Ø Médio mm
G 12	2,38 a 1,68	8 a 12	2,0
G 14	2,00 a 1,68	10 a 14	1,7
G 16	1,68 a 1,19	12 a 16	1,4
G 18	1,41 a 1,00	14 a 18	1,2
G 25	1,19 a 0,71	16 a 25	1,0
G 40	1,00 a 0,42	18 a 40	0,7
G 50	0,71 a 0,30	25 a 50	0,5
G 80	0,42 a 0,18	40 a 80	0,3

## Granulometrias Comerciais



Recomendações para o uso de granalhas de aço para limpeza

Seria por demais exaustivo enumerar e detalhar as aplicações dos tipos de granalhas e de cada uma de suas granulometrias comerciais. Os quadros abaixo contém aplicações gerais que, como exemplos, permitem uma orientação para generalização.

Granulom.	Ø médio mm	Aplicações gerais das granalhas esféricas
S 660	2,0	Remoção de areia de fundição em peças de ferro. Decapagem de peças de grande porte. Blocos de motores para tratores, carcaças
S 550	1,7	Fundidos em geral com grandes dimensões. Blocos de motores de caminhões, material ferroviário
S 460	1,4	Forjados e fundidos pesados e médios. Peças com paredes grossas, acima de 20kg. Blocos de motores de carros.
S 390	1,2	Remoção de areia e decapagem de peças pequenas e médias de ferro fundido como blocos de pequenos motores. Decapagem de peças forjadas em geral e de chapas grossas. Aplicação em tubos de paredes grossas e em colunas e vigas de estruturas.
S330	1,0	Fundidos e forjados, em geral. Raramente usado em chapas e trefilados a não ser de paredes acima de 3/8".
S 280	0,9	Fundidos e forjados de pequenas e médias dimensões como balancins de eixos de comando de válvula e tuchos.
S 230	0,7	Idem como o S 280 só que de menores dimensões como balancins de eixos de comando de válvulas e tuchos.
S 170	0,6	Para peças de pequenas dimensões ou de menores espessuras como tambores e quadros de bicicleta. Substitui a S 110 nas aplicações indicadas só que provoca maior rugosidade.
S 110	0,4	Remoção de areia e decapagem de peças fundidas e forjadas de alta precisão. Pode sr aplicado em latão fundido. Recomendado para quadros de biciletas ou motos.

Granulom.	Ø médio mm	Aplicações gerais das granalhas angulares
G 12	2,0	Possui poucas aplicações
G 14	1,7	Fundição pesada como bases de turbinas e estruturas que unem os eixos ferroviários
G 16	1,4	Decapagem de chapas acima de 1". Fundição pesada.
G 18	1,2	Decapagem de chapas grossa (acima de 1/4"). Indústria naval, tubos de grandes dimensões, sapatas de frio de caminhões e trens.
G 25	1,0	Decapagem de chapas e peças de ferro com espessuras acima de 1/4" como as utilizadas em estruturas metálicas. Chassis de vagões ferroviários. Pastilhas de freio. É a granulometria de maior aplicação.
G 40	0,7	Preparação para ancoragem de tintas ou revestimentos de borracha ou plástico. Preparação para revestimentos galvânicos. Decapagem e limpeza em geral em peças, chapas ou perfilados com espessuras superiores a 1/8".
G 50	0,5	Decapagem de chapas de espessuras superior a 2 mm como as utilizadas em painéis de comando (eventualmente usar G 880). Preparação para revestimentos galvânicos ou ancoragem. Peças pequenas
G 80	0,3	Remoção de areia de peças fundidas como materiais não ferrosos. Preparação para galvanização. Decapagem de chapas de 1 a 2 mm e de peças pequenas de relativa precisão. Preparação para revestimentos galvânicos ou ancoragem.

### Estudo econômico comparativo – Areia X Granalha de Aço

O baixo custo da areia quando comparado com o da granalha de aço, induz à errônea conclusão de que, operacionalmente, seria mais econômico utilizá-la.

A areia quando empregada com jateamento sob pressão (máquinas de jateamento) a 7kg/cm<sup>2</sup>, (100 p.s.i.) fragmenta-se rapidamente. Após o primeiro ciclo, 70% do total resulta pulverizado admitindo-se apenas um segundo ciclo antes da substituição total do material.

As granalhas de aço são muito mais duráveis. As esféricas resistem de 400 a 450 ciclos, com o volume de perda a cerca de 160g/m<sup>2</sup>, e as angulares de 300 a 3550, avaliando-se o desgaste em 180g/2.

Sobre o preço da areia incide apenas o Imposto único sobre Minerais e sobre os da granalhas incidem IPI e ICM, ambos recuperáveis.

Posto isso, o custo operacional por metro quadrado seria:

Valor aproximado (ORTNs)	Granalha esférica	Granalha angular	Areia
Custo por ton.	129,12	129,12	5,62
Impostos IPI %	4	4	-0-
Impostos ICMm %	17	17	-0-
Custo Real por ton.	102,00	102,00	5,62
Consumo por m <sup>2</sup> (KG)	0,16	0,18	21
Custo por m <sup>2</sup>	0,016	0,018	0,118
Custo comparativo	1	1,13	7,37

Além do custo direto, outros aspectos têm que ser considerados.

- Custo da coleta e transporte de certos volumes de pó.
- Produtividade de granalha angular é de 15 a 200% superior à da direita.
- A areia produz silicose requerendo rigorosas precauções para a proteção da saúde do operador.
- O uso da areia em gabinetes ou cabines exige maiores investimentos na duplicação, pelo menos da capacidade exaustão e da área de filtragem dos coletores de pó.
- E claro que a areia é indispensável em operações ao ar livre. Entretanto, a eficiência operacional, o custo mais de sete vezes menor, a qualidade do serviço e outros aspectos econômicos e sócias justificam plenamente os investimento em cabines ou gabinetes para confinar o processo, permitindo ao reciclagem e purificação da granalha.

### **Limpeza – Óxido de Alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**

O óxido de alumínio é um produto obtido artificialmente pela fusão em fornos elétricos e resfriamento lento da Bauxita e posteriormente moído e classificado em vários tipos e granulometria. É um material de alta dureza (9 na escala Mohs), com peso específico de 3,2g/cm<sup>3</sup> e os grão possuem arestas vivas e cortantes.



Para jateamento, o tipo mais empregado é o denominado HSG encontrado no mercado classificado entre 16 e 220 mesh. Para aplicações muito especiais podem ser empregados outros tipos mais purificados ou classificados em granulometrias mais finas, geralmente em equipamentos de jato úmido.

As características físicas, químicas e geométricas dos grãos, associadas a disponibilidade comercial de classificações regulares, abrem para o óxido de alumínio, um largo e peculiar campo de aplicação em jateamento.

O processo é altamente abrasivo o que é uma qualidade importante para algumas aplicações:-  
Remoção de incrustações muito duras;

- Preparação de superfícies para maltação, eletrodeposição e pintura e rugosidades controladas para ancoragem, principalmente em peças de elevada dureza superficial.

- Pelas mesmas razões, é empregado também para preparação de superfícies para aderência de revestimentos de alta responsabilidade;

- Além da boa qualidade da limpeza, podem ser reduzidos ou até eliminados alguns tipos de imperfeições superficiais.

Em certos casos, a composição química do óxido de alumínio e a ausência de certos tipos de contaminações, formam o processo de jateamento compatível com algumas aplicações:

- Limpeza de titânio para aderência de plasma, muito empregado na indústria e manutenção aeronáuticas;

- Limpeza de ligas nobres como cromo-cobalto em prótese dentária;

- Limpeza em geral de metais não ferrosos, mesmo preciosos, quando eventuais contaminações com sílica (areia) ou ferro (areia e granalhas de aço) não forem admissíveis.

## **Materiais para Jateamento 1ª parte**

O primeiro passo para especificar uma operação de jateamento é a seleção correta dos materiais a serem empregados.

A seguir são dadas as principais características dos mais usuais, disponíveis no mercado brasileiro.

**ESFERAS DE VIDRO:** Suas características físicas (forma esférica, densidade elevada, dureza e resistência) e químicas (material inerte, não reagindo com a grande maioria das substâncias) lhes reservam um lugar de destaque entre os demais produtos usados para jateamento, São empregadas para limpeza, acabando acetinado de grande beleza, desrebarbamento de precisão, gravação ou decoração e são insubstituíveis para “shot peening” com baixas intensidades. Praticamente, não são abrasivas, o que lhes abre um gigantesco campo de aplicação antes vedado ao processo. Limpar um carburador, desrebarbar agulhas hipodérmicas (são usuais esferas de 40 micros de diâmetro que passam cinco, uma ao lado da outra, no furo de uma agulha fina), limpar moldes em geral, “shot peening” em ferramentas de corte ou palhetas de turbinas de aviação e muitas outras importantes aplicações passaram a ser viáveis com as esferas de vidro.

**GRANALHAS DE AÇO ESFÉRICO (“SHOT”):** São fornecidas em varias especificações. São empregadas para eliminação de rebarbas maiores, para alguns casos de limpeza e acabamento e também indispensáveis para “shot peening” com grandes intensidades. Os custos operacionais são pequenos pela sua grande durabilidade (300 a 400 ciclos) e por serem pouco abrasivos.

**GRANALHAS DE AÇO ANGULARES (“GRIT”):** É o material mais empregado para limpeza em geral e preparação das superfícies para aderência (ancoragem) de revestimentos. São mais abrasivas que as esféricas mais igualmente econômicas.

**ÓXIDO DE ALUMÍNIO:** É um produto altamente abrasivo de grande dureza. É extremamente eficiente para limpeza e ancoragem inclusive para revestimento de alta responsabilidade como aplicação de metalização ou plasma.

**MATERIAS ORGÂNICOS:** Cascas de noz ou pêssego ou castanha do Pará, sabugo do milho, ossos do peixe e outros, moídos e classificados, são empregados para limpeza de peças de alta precisão por serem ainda menos abrasivos e de efeito mais suave do que as esferas de vidro. São muito empregadas para desrebarbamento de plásticos quebradiços por não prejudicarem o brilho superficial.

**QUATZO:** É um material de grande pureza e mais durável do que a areia, principalmente quando à segurança dos operadores (não provoca a silicose). Uma de suas aplicações bastante comum é para gravação ou decoração de pecas de vidro.

**AREIA:** Recomenda-se seu emprego apenas em locais a céu aberto onde não há condições de recuperar a reciclar os materiais de jato. É de rápida fragmentação (2 a 3 ciclos apenas) o que a torna anti-econômica se comparada com as granalha de aço por exemplo, quando usadas em ambientes confinados. Provoca a “silicose” nos operadores quando não protegidos por sistemas respiratórios adequados. Seu uso já é proibido em vários países desenvolvidos.

**Cada Material para Jateamento tem um comportamento peculiar.**

**Escolha o mais indicado apra a sua aplicação:**

Materiais	Comportamento operacional					
	Ação Abrasiva	Contaminação Superficial	Geração de Pó	Uniformidade de acabamento	Eficiência p/ Limpeza	Custo Operacional
Esferas de Vidro	Praticamente Nula	Nula	Baixa	Ótimo	Alta	Baixo
Granalha de aço esférica	Média	Baixa	Baixa	Ótimo	Alta	Baixo
Granalha de aço angular	Alta	Baixa	Baixa	Bom	Alta	Baixo
Óxido de alumínio	Muito Alta	Baixa	Alta	Bom	Alta	Médio
Materiais Orgânicos	Nula	Baixa	Baixa	-	Baixa	Médio
Quartzo	Alta	Média	Alta	Regular	Alta	Alto
Areia	Alta	Alta	Muito Alta	Mau	Alto	Alto

SHOT-PEENING	● <sup>1</sup>	● <sup>2</sup>	★	★	★	★	★
GRAVAÇÃO	●	★	★	★	★	● <sup>2</sup>	★
DESREBARBAMENTO	●	●	★	★	● <sup>1</sup>	★	★
ACABAMENTO	●	●	☆	☆	★	☆	★
LIMPEZA	●	●	●	●	□	●	☆

- RECOMENDADO
- ★ NÃO RECOMENDADO
- ☆ ACEITÁVEL
- USO EVENTUAL

**Intensidades: 1- Plásticos / 2- Vidro / 3- Baixa e Média / 4- Média e Alta**

**Observação:** A areia é um materia que oferece sérios riscos à saúde dos operadores ao ponto de seu uso ser proibido em muitos países.

## **PORTARIA N.º 99, DE 19 DE OUTUBRO DE 2004**

**(Publicada no DOU de 21/10/04, Seção 1)**

**“Proibi o processo de trabalho de jateamento que utilize areia seca ou úmida como abrasivo”**

**A areia está proibida na sua utilização como jateamento, devido provocar a silicose pulmonar.**

### **O que é Silicose Pulmonar?**

A Silicose é uma doença Pneumoconiose, palavra que quer dizer doença pulmonar ocupacional. Os agentes da doença são partículas de silicatos não fibrosos (cristais, ou grosseiramente falando, pó de areia).

A Silicose está intimamente ligada à aspiração crônica de pó de areia, e algumas pessoas estão sob o grande risco de adquirir a doença, notadamente os mineiros, jateadores de areia e operários de pedreiras.

### **Como é a Silicose?**

A doença surge, em geral, após 10 a 20 anos de exposição à sílica e tem caráter progressivo, algumas pessoas descobrem que tem a doença quando fazem um exame de rotina. O sintoma mais comum é a falta-de-ar, que tende a piorar com a progressão da doença. Outros sintomas, como perda do apetite, impotência sexual, tosse e expectoração, também se tornam comuns com o evoluir da silicose. A falta-de-ar tem a ver com o enrijecimento dos pulmões, resultado da reação inflamatória ao pó. Uma das conseqüências diretas deste enrijecimento é a dilatação do lado direito do coração, que após um certo tempo, não consegue vencer de modo eficiente, a alta pressão existente nos pulmões, conseqüência do tal enrijecimento.

A Silicose Pulmonar está associada a um aumento da freqüência de infecções pulmonares, tuberculose e câncer de pulmão.

### **Como se diagnostica a Silicose Pulmonar?**

O diagnóstico de Silicose é obtido através do estabelecimento da história profissional da pessoa afetada e de alguns outros exames.

A radiografia do tórax revela alterações pulmonares que são típicas da doença. Alguns casos apresentam imagens aberrantes, que podem ser confundidas com as causas por outras doenças, como o câncer. Nessa situação que pode estar indicada a biópsia pulmonar. Outros exames servem para mostrar o grau de acontecimento dos pulmões e coração e entre eles vale citar a prova de função pulmonar e ecocardiografia.

### **E o tratamento?**

Infelizmente, não existe tratamento específico para a Silicose Pulmonar. O objetivo do uso de remédios é reduzir e/ou controlar os sintomas derivados da doença. Dessa forma, usa-se broncodilatores e mucolíticos para melhorar a respiração e cardiotônicos e diuréticos para diminuir a disfunção do coração. Outros medicamentos são usados em situações específicas. Por exemplo, antibióticos são empregados quando há infecções.

As vacinas antigripal e anti-pneumocócia servem para proteger a pessoa portadora de silicose de infecções respiratórias comuns.

**NÃO ACONSELHAMOS O USO DE AREIA, EM CASO DE SUSPEITAS CONSULTE UM MÉDICO.**

### **Limpeza – Outros Materiais**

Teoricamente, qualquer material sólido, classificado em granulometrias apropriadas pode ser empregado para jateamento, desde que ofereça condições de ser reciclado nos equipamentos.

Os mais usuais, no Brasil ou apenas no exterior são:

Materiais Orgânicos como cascas de noz, sabugo de milho, arroz, castanha do Pará, caroço de pêsego entre outros, oferecem vantagem de serem ainda menos abrasivos do que as esferas de vidro. Sua baixa dureza e pequeno peso específico não arranha ou fosqueia superfícies suaves mesmo plásticas. Em geral, o processo é mais demorado do que quando se emprega outros materiais mais duros e apresenta, também, o inconveniente de contaminar as superfícies com óleo, geralmente existente nos vegetais. Principalmente as cascas de noz, castanha ou pêsego, são muito duráveis o que torna o processo bastante econômico. Além da limpeza e outras aplicações a serem abordadas posteriormente, alguns materiais, como o sabugo de milho moído são empregados para secagem de peças.

Quartzo moído e classificado pode substituir com vantagens a areia, já que é mais resistente à fragmentação, assegurando operações mais uniformes. Oferece o grave inconveniente de também provocar a silicose exigindo ainda maiores cuidados na proteção do operadores.

Materiais plásticos sob a forma esférica ou de pequenos cilindros obtidos de fios cortados são ainda mais duráveis do que os orgânicos. Alguns tipos de plásticos ou quando aplicados em certos materiais, geram eletricidade estática em níveis elevados criando situações de bastante desconforto.



Já foram desenvolvidos plásticos antiestáticos ainda não disponíveis sob a forma granulada no Brasil.

Abrasivos não ferrosos como aço inox, bronze e alumínio, sob a forma esférica ou angular, têm aplicações especiais, geralmente vinculadas a problemas de contaminação ou dureza quando comparadas aos de aço.

Além destes existem outros materiais mas de aplicação muito restrita ou apenas de uso regional como a “Novaculite” que é um material descoberto nas Montanhas Rochosas nos E.U.A. de granulometria fina e uniforme e ossos ou cartilagem de peixe empregados na Espanha, onde, em certa época do ano, uma praia ao norte fica coalhada de animais mortos por um curioso fenômeno ecológico.

Encerrando, por enquanto, as aplicações do jateamento como recurso para limpeza de peças, cabe salientar que especificação completa de um processo deve ser iniciada pela seleção do material a ser empregado, mas deve ser completada com a escolha do tipo de equipamento mais adequado no que diz respeito ao tipo de aceleração (pistola de sucção, bico de pressão ou turbina), tipo de equipamento (jateamento a céu aberto, gabinete ou cabine), jato a seco ou úmido, ciclone ou ventilação simples, equipamentos manuais, com tambores ou automáticos e o tipo do coletor de pó. É recomendável, antes de uma decisão, solicitar literatura e/ou a assessoria técnica da BRASIBRAS.

## **SEGURANÇA EM JATEAMENTO**

### **Introdução**

Principalmente ao desenvolvimento dos equipamentos a materiais, foram a eles incorporados uma ampla gama de dispositivos que asseguram eficiente proteção aos operadores e ao meio ambiente.

Em gabinetes manuais ou automáticos, o jateamento e o operador se situam em ambientes separados e a proteção principal se resume a visores, luvas ou cortinas e escovas nos túneis de entrada e saída das peças.

Ela se completa com a presença de exaustores que provocam uma descom-pressão interna controla nas áreas das pistolas evitando a fuga de abrasivos e do pó em caso de falhas de vedação.



### **Uma série de dispositivos opcionais foram**

desenvolvidos para aumentar a segurança dos operadores:

- a) Sistemas de bloqueio do funcionamento das pistolas quando qualquer porta ou abertura estiver mal fechada;

- b) Sistemas pneumáticos que impedem a abertura das portas, só as liberando 30 segundos após o desligamento das pistolas, dando tempo para a total decantação do pó, evitando sua fuga ou que venha a ser absorvido pelo operador;
- c) Para equipamentos automáticos foram projetados diversos dispositivos eletro-mecânico que desligam instantaneamente o sistema em caso de acidente ou quando o operador inadvertidamente, atingir áreas perigosas;
- d) Nos aparelhos, em que a movimentação de certas partes ofereça perigoso, são adaptados alarmes luminosos ou sonoros que funcionam durante a fase de deslocamento;
- e) Comandos bimanuais, iguais aos das prensas, também são muito empregados.



**O processo de jateamento a seco gera, naturalmente, maior ou menor quantidade de pó, que tem que ser captado para não se dispersar nos ambientes, vindo a prejudicar homens e máquinas.**

- a) Todos os gabinetes de jato seco são fornecidos com coletores de pó. Os mais simples são balões ou multifiltros de tecido montados após os exaustores (pressão positiva). Entretanto, a necessidade de sacudi-los periodicamente para limpeza faz com que uma pequena quantidade de pó se desprenda contaminando o ambiente. Um sistema mais eficiente é encerrar os filtros, geralmente formados por várias mangas ou cartuchos, dentro de uma caixa metálica hermeticamente fechada, ligada ao gabinete e com o exaustor montado após a caixa, lançando o ar filtrado na atmosfera. Com essa solução se consegue uma desejável pressão negativa não só no gabinete como no coletor. Ainda mais se a saída do exaustor for ligada ao exterior ou a sistemas centrais de ventilação, a proteção é total, inclusive contra eventuais falhas de manutenção.
- b) Os sistemas de coleta de pó e reciclagem do abrasivo devem ser ligados numa determinada ordem evitando que este se acumule e extravase.

Como solução, os painéis elétricos de comando são projetados com bloqueios seqüenciais que impedem, inclusive, o funcionamento dos bicos ou pistolas, se não completado.

- c) Abafadores especiais foram projetados para montagem nos túneis de entrada e saída das peças ou nos exaustores para reduzir o ruído a níveis aceitáveis.
- d) Nos casos em que a presença do pó for crítica, podem ser fornecidos filtros mais sofisticados, geralmente operando em presença da água.

**Para trabalhos a céu aberto ou em cabines, onde geralmente são empregadas máquinas de jato sob pressão, os problemas de segurança são muito grandes.**

- a) A primeira preocupação deve ser a qualidade do ar respirado pelo operador, principalmente quando estiver utilizando areia como abrasivo, porque ela provoca a “silicose”. Máscaras filtrantes são totalmente inadequadas por serem evidentemente porosas, sempre deixando passar finas partículas de pó que são, exatamente, as que atingem e se localizam nos alvéolos pulmonares.

O ar deve ser captado fora do ambiente de trabalho e injetado nos capacetes, após a filtração. A solução é utilizar o ar comprimido e passá-lo por um purificador, provido de regulador de pressão e manômetro e com cinco estágios de filtração.

- b) Para a proteção do jateador foi desenvolvida toda uma linha de materiais como capacetes de fibra com visores protegidos, blusões leves mas resistentes, luvas, aventais, perneiras etc.
- c) Ligando um bico de jato sem que esteja firmemente seguro, ele chicoteia violentamente oferecendo duplo perigo: pode bater no operador ou atingi-lo diretamente com o jato. Recomenda-se o uso de controle remoto da máquina de jato por meio de gatilho operado pelo próprio jateador junto ao bico. Se ele soltar a mangueira o sistema se desliga automaticamente.

Finalmente, no que diz respeito a cabines, foram desenvolvidos dispositivos de segurança adequados para cumprir todas as funções previstas e adaptáveis aos gabinetes e já relatados, além de luminárias especiais protegidas que asseguram boa iluminação, “olho mágico” para inspeção e completos sistemas de ventilação horizontal para arrastar o pó em suspensão de toda a área da cabine.

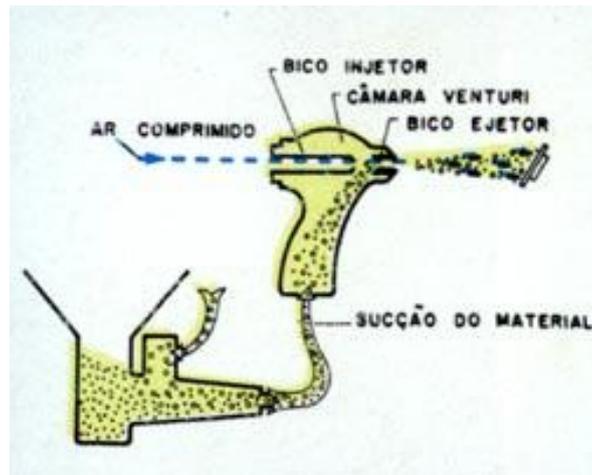
Proteger seu patrimônio e a saúde de seus colaboradores é obrigação de todo responsável. Por essa razão, a solução “jateamento” as vezes considerada como um mal necessário e implantada na área mais afastada possível. Espera-se que, com este informe, contribuir, de alguma maneira, para confirmar a imagem de um processo industrial eficiente e até insubstituível em muitas aplicações.

## **O que você deve saber para especificar Jateamento**

Para especificar um equipamento para jateamento é necessário conhecer os diversos sistemas usualmente adotados e suas aplicações específicas.

Em primeiro lugar deve ser definido o material a ser empregado no jateamento. Os primeiros doze INFORMATIVOS TÉCNICOS, em particular o segundo, resumem as principais características dos materiais mais usuais, facilitando sua escolha.

Definido o material, a opção entre Pistolas de Sucção, Bicos de Pressão ou Turbinas, depende não só do tipo de trabalho como eficiência, regularidade e disponibilidade de ar comprimido.



### Pistolas de Sucção

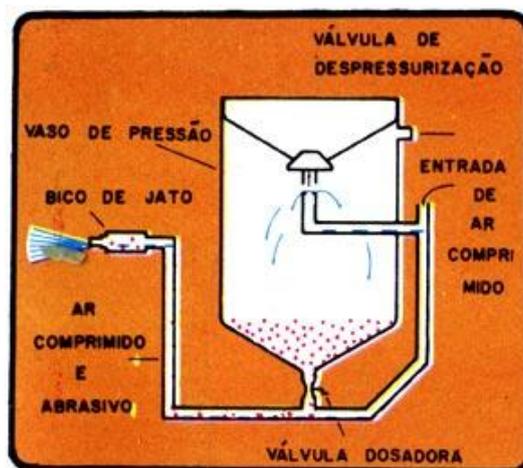
Operam com ar comprimido. Ele é introduzido na pistola pelo bico injetor e sai pelo ejetor criando um vácuo na câmara “venturi” interna, succionando ar e abrasivo da válvula dosadora. É o sistema mais empregado em gabinetes pela sua maneabilidade e pequeno consumo de ar comprimido.

Opera com todos os matérias inclusive suspensão aquosa (jato úmido).

- 1- O diâmetro do bico ejetor define o consumo de ar comprimido e permanece constante durante toda a vida útil da pistola.
- 2- Potência nominal absorvida de uma rede de ar comprimido. Usando um compressor específico para um equipamento recomenda-se uma capacidade um pouco superior (15 a 20%).
- 3- Referência comparativa com a produção da pistola com bico ejetor de 1/8” de diâmetro.

Nº	Bico Injetor Ø	Consumo ar comprimido				HP Aprox. 80 psi	Eficiência
		40	60	80	106		
2	1/16	3,1	4,2	5,3	6,4	1,2	0,2
4	1/8	12,3	16,8	21,2	25,7	4	1,0
5	5/32	20,0	26,2	33,0	40,1	6,5	1,4
6	3/16	27,5	37,5	47,5	57,9	9	2,1
8	1/4	49,0	67,0	85,0	10 <sup>3</sup>	15	4,0

### Sistemas de pressão



Consta de uma vaso de pressão que é alimentado através de uma válvula obturadora. Durante a operação, o vaso é pressurizado e o material, junto com o ar comprimido, é arrastado pela mangueira e expelido pelo bico em alta velocidade.

É um processo energeticamente mais eficiente que com pistolas de sucção. Pode ser empregado em gabinetes (série BP) mas é mais usual em cabines ou em jateamento a céu aberto.

Os vasos são fabricados com capacidades entre 40 e 4500 litros, com saídas para um ou mais operadores, controles diretos ou remotos, com funcionamento descontínuo ou contínuo (câmara dupla), enfim, com várias opções operacionais sendo que as mangueiras podem ter comprimentos superiores a 30m, permitindo operar à longa distância do equipamento.

O diâmetro do bico ejetor é que define o consumo de ar comprimido indicado ao lado. O seu progressivo desgaste aumenta o consumo, recomendando-se prever capacidades, de ar até 20% superiores às indicadas.

Potência nominal absorvida de uma rede de ar comprimido para bicos novos. Para o caso de um compressor ligado diretamente ao vaso de pressão recomenda-se capacidades de 15 a 20% superiores.

#### **Referência comparativa com a produção do bico de pressão com diâmetro de 1/8".**

N°	Bico Injetor Ø	Consumo ar comprimido				HP Aprox. 80 psi	Eficiência
		60	80	90	100		
2	1/8	14	17	19	21	5	1,0
3	3/16	30	39	42	46	10	2,1
4	1/4	55	70	75	83	17	4,0
5	5/16	90	115	127	140	30	6,5
6	3/8	130	163	175	200	40	9,5
7	7/16	175	220	245	260	55	13,0
8	1/2	225	285	312	342	70	16,8

#### **Turbinas**

São dispositivos rotativos providos de palhetas que aceleram por centrifugação partículas de abrasivos alimentadas continuamente pelo centro. São energeticamente muito mais eficientes do que as pistolas de sucção e os bicos de pressão, ou seja, com a mesma potencia instalada podem realizar um volume de serviço muito maior.

Basicamente são compostos de um rotor com palhetas radiais que gira, em geral, entre 1500 e 3000rpm. , e de uma válvula dosadora que pode regular o volume alimentado e a direção dessa alimentação no centro da turbina.

Conforme o ângulo em que o abrasivo é liberado dentro da turbina, ele é arremessado em forma de leque cobrindo uma área determinada, ou seja, o fluxo pode ser direcionado com certa precisão. Os abrasivos mais utilizados em turbinas são as granalhas de aço esféricas, mas podem também operar com outros mais leves, inclusive com cascas de noz.

Dependendo da finalidade elas são fabricadas com vários diâmetros na faixa de 150 550mm com larguras também variáveis.

Da quantidade de abrasivo acelerada depende a potencia requerida para o motor.

Só para ilustrar a eficiência, cabe a informação de que uma turbina de 550mm de diâmetro, girando a 2600 rpm, acionada por um motor de 75cv arremessa mais de 600kg/min. de granalha de aço.

São construídas com ligas especiais de aço de alta resistência a abrasão, o que assegura às peças de desgaste mais de 300 horas de vida útil.

No desenho, está esquematizada a forma do leque de abrasivos arremessados cobrindo uma área alongada que pode ter mais de um metro de comprimento.

A grande superfície atingida, associada ao elevado volume de material arremessado em altas velocidades, conferem às turbinas um largo campo de aplicações, geralmente em peças grandes como decapagem de chapas e perfis, peças forjadas ou fundidas (com ou sem areia), shot peening em barras de torsão etc.

Desde que foi desenvolvido, há mais de cem anos, o processo de jateamento sempre demonstrou ser um recurso de alta eficiência e suas aplicações se multiplicaram rapidamente sendo absorvidas, inclusive, pelos mais diversos setores industriais.

Entretanto, a tecnologia de aplicação era primitiva, apresentando três inconvenientes básicos:

- Poluição ambiental, criando problemas de empoeiramento da atmosfera que atingia e prejudicava prédios e até máquinas no seu interior, bem como a saúde dos operadores.
- Mesmo com o desenvolvimento de abrasivos mais eficientes e menos poluentes, seu uso era
- Finalmente, mesmo recuperados, esses abrasivos iam gradativamente se contaminando, prejudicando a repetibilidade e a eficiência do processo.

As soluções foram surgindo e se aperfeiçoando durante um século de evolução, mudando radicalmente a imagem dos equipamentos de jateamento, antes relegados para os confins das fábricas, hoje encontrados em linhas de produção, lado a lado com sofisticados equipamentos mecânicos convencionais, satisfazendo plenamente as mais rigorosas exigências de segurança e de uniformidade de produção.

Operações a céu aberto tendem a desaparecer completamente não só por pressões de órgãos de segurança oficiais ou internos das empresas como por razões econômicas quanto aos custos diretos, transportes e eficiência operacional.

A moderna concepção de um equipamento de jateamento sempre inclui, com maior ou menor sofisticação, os seguintes componentes.:

**1) Confinamento da operação em si de jateamento**

- 2) As partículas aceleradas (pistolas de sucção, bicos de pressão, turbinas etc.) e as peças sobre as quais elas incidem, estão sempre confinadas em ambientes fechados como simples gabinetes ou grandes cabines em que os operadores também adentram-se nos ambientes.

**3) Recolhimento do abrasivo**

- 4) São dispositivos por gravidade, mecânicos ou pneumáticos que recolhem e concentram os materiais em silos, fazendo-os retornar ao processo.

### **3) Purificadores de abrasivos**

São dispositivos intermediários de maior ou menor complexidade conforme as exigências operacionais, que retiram dos materiais, após o jateamento, as contaminações removidas, o pó operacional e eventuais detritos maiores, devolvendo-os ao processo com constituição e granulometrias similares às iniciais.

#### **5) Sistemas de exaustão**

- 6) Sua função principal é arrastar o pó dos ambientes confinados e separá-los dos abrasivos. Quando bem dimensionados, asseguram uma boa visibilidade interna e uma descompressão (pressão negativa) em todos os componentes do sistema, aumentando a segurança contra a fuga de pó para o ambiente externo.

### **5) Coletores de pó**

Separam o ar de exaustão do pó, retendo-o e devolvendo o primeiro purificado para a atmosfera.

#### **Cabines**

Define-se como cabines unidades de confinamento de operações de jateamento em que o operador trabalha em seu interior, protegido por capacetes e roupas especiais.

Elas foram desenvolvidas para evitar as tradicionais operações a céu aberto com areia acabando com o alto grau de poluição e permitindo o uso de abrasivos mais nobres, já que aceitam adaptações de sistemas de ventilação, reciclagem, purificação e filtragem do pó.

Apresentam ainda as vantagens de independerem das condições atmosféricas e de poderem ser montadas bem próximas ou até mesmo nas próprias linhas de produção

#### **2-1) Cabines propriamente ditas**

São desenvolvidas conforme o tamanho máximo provável das peças, existindo unidades com 7 ou 8 m<sup>3</sup> ou com mais de 5.000 m<sup>3</sup>, para a indústria naval, geralmente.

Podem ser construídas em alvenaria ou metálicas estruturadas ou em módulos, o importante é que paredes e tetos sejam contínuos, sem aberturas.

#### **2-2) Ventilação**

Em geral, com o auxílio de exaustores, é estabelecida uma circulação horizontal de ar que arrasta o pó em suspensão, no sentido longitudinal da cabine (menor seção). O ar é succionado por meio de captos montados numa extremidade, entrando por aberturas protegidas com telas e escudos pela outra. Como nos gabinetes, a presença de uma pressão negativa interna também é importante.

#### **2-3) Portas**

As portas principais (serviço) e as auxiliares (jateista) têm que ter vedação hermética com guarnições de borracha. Muitas vezes as aberturas de entrada da ventilação estão nas próprias portas principais e os captos no fundo oposto.

## 2-4) Recolhimento do abrasivo

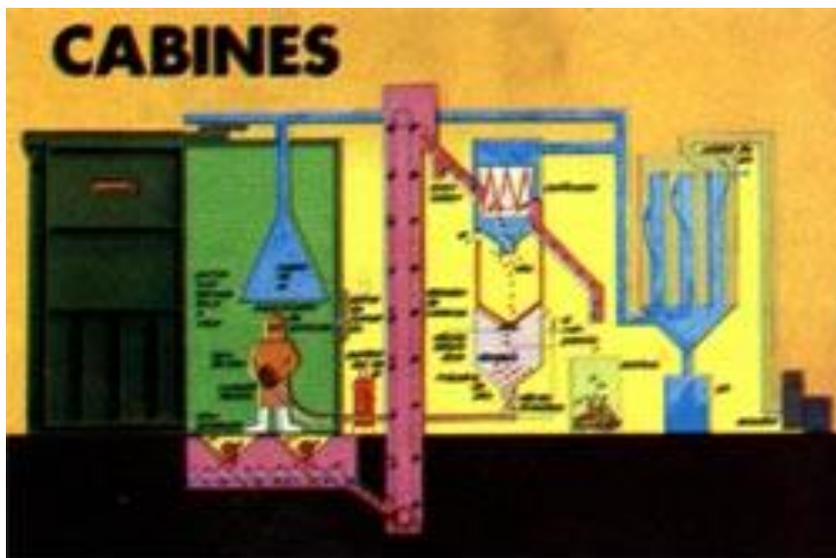
Existem vários sistemas para recolher o abrasivo que cai no piso da cabine para reconduzi-lo ao processo:

### 2-4-1) Varreção

É o processo mais simples e o que exige menor investimento. O piso é revestido com chapas lisas e o material, durante um intervalo no jateamento, é arrastado manualmente ou com veículos apropriados para moegas ou roscas transportadoras instaladas lateralmente.

### 2-4-2) Roscas helicoidais

Nesse caso o piso é revestido integralmente com grades que não retêm o abrasivo que é recolhido continuamente por calhas inferiores com roscas helicoidais, concentrando o material em um ou mais pontos.



### 2-4-3) Sistema de arraste

Sob o piso gradeado são montadas calhas rasas e planas e o material recolhido é arrastado por palhetas que se movem longitudinalmente com movimento alternado.

### 2-4-4) Sistema de sucção

Nesse caso, sob o piso gradeado são montadas calhas em "M" paralelas e o abrasivo é recolhido e transportado por sucção. Tanto esse sistema como o anterior têm a vantagem de poderem ser montados diretamente sobre os pisos industriais, requerendo pouca ou nenhuma obra civil.

## 2-5) Purificação dos abrasivos

Da mesma forma que nos gabinetes, o material recolhido é levado para um sistema de purificação. Quando é usada a granalha de aço, que é o abrasivo mais comum em cabines, ela é transportada para o purificador por meio de um elevador de canecas. O material limpo de pó é peneirado, cai em silos, de onde retorna ao processo. No caso de recolhimento por sucção, em geral empregado para materiais leves, são utilizados ciclones para recolher o material e separar impurezas de pó. Em casos

onde as exigências quanto a purificação são maiores, podem ser intercalados outros recursos como peneiras vibratórias e filtros magnéticos.

## **2-6) Coletores de pó**

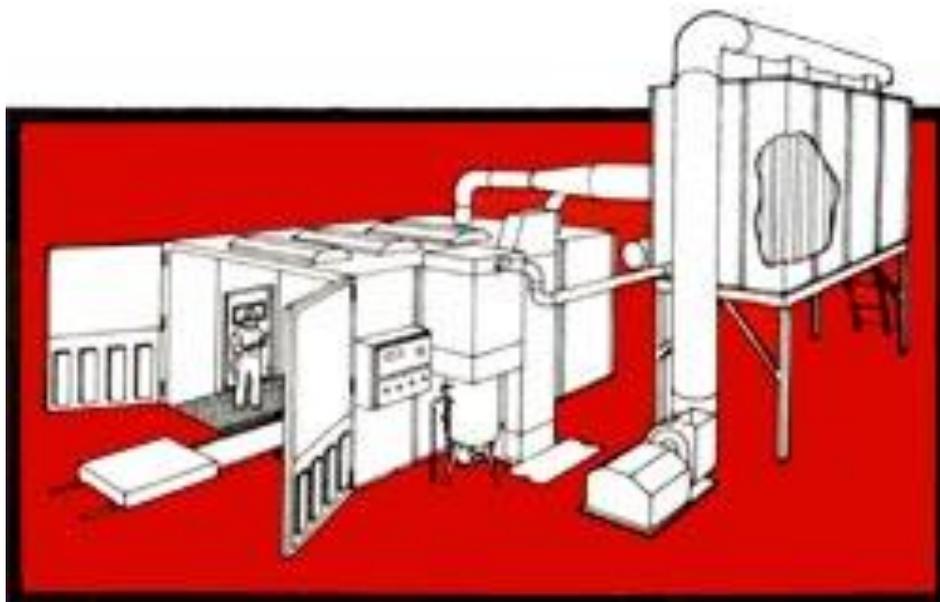
São sistemas indispensáveis para reter o pó arrastado pela ventilação antes de devolver o ar para a atmosfera. A captação de ar, além de dentro da cabine deve succionar do elevador e do purificador criando, como já foi dito, pressão negativa em todo o sistema.

## **2-7) Cabines especiais**

O atual desenvolvimento tecnológico permite uma ampla versatilidade no projeto de cabines, adaptando-as às mais diversas condições operacionais.

### **2-7-1) Cabines para a Indústria Naval e “Offshore”**

Teoricamente, não há limitações quanto às dimensões máximas com que pode ser contruída uma cabine.



A da foto, por exemplo, atinge o volume de 3000m<sup>3</sup>.

Problemas como a movimentação de peças irregulares de grande porte e peso elevado, são resolvidos com engenhoso sistema de vários trilhos com carros livremente posicionados sob os seus pontos de apoio.

Cada caso particular exige dispositivos especiais para a racionalização das condições operacionais.

### **2-7-2) Cabines para jateamento e pintura**

O desenvolvimento de coletores de pó tipo multiciclone em substituição aos filtros de mangas ou de cartuchos que não resistem às partículas de tinta a e aos gases de solvente, abriu a possibilidade de utilização das cabines para o jateamento e para a pintura posterior reduzindo o tempo entre as duas operações e dispensando a movimentação de peças.

### **2-7-3) Cabines climatizadas**

Para evitar, com segurança, a não contaminação de partes já jateadas e para garantir as exigências de temperaturas máximas requeridas pelas modernas tintas de proteção, podem ser adaptados às cabines completos sistemas de climatização que mantém a temperatura interna abaixo dos 26°C e entre 45 e 50% de umidade relativa durante todos os processo de jateamento e pintura. Nesse caso, a pressão interna passa a ser positiva e o ar expelido é purificado quanto ao pó e aos gases de solventes por filtros especiais, antes de serem lançados na atmosfera.

### **2-7-4) Cabines para “shot peening”**

Dispositivos para movimentação de peças como mesas ou eixos rotativos ou carros acionados, para movimentação de pistolas ou bicos de pressão, com temporizadores programáveis, enfim, com todos os dispositivos requeridos para operações repetitivas e impessoais, como as exigidas para “shot peening”, podem também ser adaptados a cabines de qualquer porte.

## **ASPERSÃO TÉRMICA – Preparação de superfície**

É muito importante a preparação de superfície, o que não devemos despreza-la por nenhum motivo. Apesar de ser a parte mais crítica de toda a operação, geralmente recebe a mínima consideração. Até nos casos onde o revestimento será fundido, após aplicado, uma correta preparação é necessária. O tipo de tratamento do desbaste usado, como também, o índice de aspereza, irá depender naturalmente, do tipo e espessura do revestimento a ser aplicado, assim como das condições típicas dos serviços que a peça será exposta. Pode ser afirmado com toda segurança que as melhores e mais trabalhosas preparações de superfícies ainda são consideradas como sendo as mais econômicas de todo o processo de metalização. Os operadores deste processo deverão ter sempre às suas disposições os equipamentos essenciais, tais como: tornos, cabine de jateamento, retíficas, ferramentas, etc., verificando se o serviço de pré-limpeza esteja cuidadosamente realizado.

## **PRÉ-LIMPEZA**

Antes de preparar a superfície para receber um revestimento, muitas vezes se requer uma pré-limpeza da peça. Óleo, graxa, tinta ou outros agentes deverão ser removidos, não só da superfície a ser revestida, como também, das superfícies adjacentes.

## **REBAIXAMENTO**

Trabalhos em cilindros, hastes, etc., muitas vezes exigem um rebaixamento da área a ser pulverizada. A profundidade do rebaixo é geralmente determinada por especificações do fabricante. Se o desgaste máximo permitido for de 0,500mm no raio, a peça deverá ser rebaixada de 0,600 a 0,760mm no raio a fim de deixarmos um revestimento contínuo depois que o desgaste máximo já se tornou evidenciado.

## **JATEAMENTO**

Jateamento com abrasivos é o método mais versátil e satisfatório de todos os métodos de preparação de superfície usados para os processos de metalização. O grau de aspereza necessário, depende do tipo e espessura da camada a ser aplicada e do tipo de serviço a que a peça estará sujeita. O desbaste produzido pelo jateamento com abrasivos possui variações dependendo do: tipo e granula do

abrasivo, tipo de equipamento de jato, pressão do ar e dureza da superfície. Os abrasivos indicados são: Óxido de Alumínio ou Granalha de Aço Angular, 25/40.

## **PRÉ-AQUECIMENTO**

O pré-aquecimento deverá ser sempre levado em consideração, como parte integrada no processo de preparação de superfície. Também serve para reduzir a tensão em revestimentos não fundidos por pré-expansão do serviço. Como parte integrante da função de agarramento, deve-se considerar: um dos dois terminais do produto da chama oxi-acetilênica é o vapor d'água, e, o produto interno desta chama é o hidrogênio. Quando a chama da pistola de metalização atinge uma superfície fria o vapor d'água condensa e a superfície fica momentaneamente úmida. Isto não é aparentemente visível com o acetileno, mas é bem visível com o hidrogênio. Quando o metal derretido ou as partículas atingem esta superfície úmida, a água é indiretamente vaporizada. Esta vaporização leva em média um minuto e, quando permanece sob a metalização, evita que se consiga um agarramento satisfatório. Como o agarramento na camada inicial do metal é a parte mais importante no processo de revestimento, a condensação na superfície deverá ser evitada. Testes têm mostrado que nenhuma condensação irá se formar em superfícies aquecidas até 94°C. Apesar desta temperatura estar abaixo do ponto no qual ocorre rápida oxidação na maioria dos metais e ligas, o pré-aquecimento até atingir 94°C ou pouco acima, deverá ser feito como rotina normal no processo, sempre antes da metalização. Em pequenos trabalhos, a chama da pistola poderá ser usada. Em trabalhos maiores, uma fonte separada é recomendável. Em qualquer dos casos, uma chama limpa é essencial e maçaricos de aquecimento oxi-acetilênicos, são recomendáveis.

Dentro das informações aqui especificadas, deverão estar presentes as idéias pessoais e criativas dos operadores, tendo sempre como objetivo o êxito de seus serviços, tendo em mente que, a sua empresa investiu em equipamentos e treinamentos a fim de obter resultados perfeitos.

## **Informação adicional**

### **1) Abrasivos**

#### **Microesferas de Vidro**

**Características:** Pouco abrasivas, devido a forma esférica associada à dureza e a densidade do vidro, removem contaminações e acabam superfícies na maioria dos casos com rapidez e eficiência sem destruir as tolerâncias das peças tratadas. É um material inerte, não reage com os materiais tratados, pois não se incrustam nas superfícies jateadas. Sua dureza situa-se entre 5 e 7 na escala MOHS.

**Aplicações:** Limpeza, acabamentos acetinados, gravação, desrebarbamento, shot peening (martelamento: geram micro-tensões elevadas que alteram as características normais como a resistência à fadiga, ao atrito, à ruptura, ao desgaste, à oxidação e às altas temperaturas entre as mais importantes). Baixa produtividade, média reciclagem.

Granulometrias mais usuais em jateamento		
DENOMINAÇÃO	MALHA A.S.T.M.	DIÂMETRO (microns)
RA	30-70	425 – 212
RB	50-80	300 – 180
RC	60-100	250 – 150
RD	70-140	215 – 107
RF	100-70	150 – 90
RG	140-270	106 – 53
RH	170-325	90 – 45
RI	53 – Finos	38 - Finos

## Óxido de Alumínio

**Características:** Produto abrasivo com alto poder de limpeza, em pó na cor cinza ou marrom, obtido através da bauxita, de origem mineral, com baixo grau de toxicidade. Alta dureza: 9 na escala Mohs, muito tenaz e refratário, baixa reatividade e boa estabilidade, resistente à altas temperatura, fusão acima de 2000°C, densidade + ou – 1,8 gr/cm<sup>3</sup>

**Aplicações:** Podendo ser utilizado em cabine ou gabinetes de jateamento, para limpeza de peças em geral, remoção de camadas oxidadas, limpeza de “carepas” provenientes de tratamento térmico, preparação de superfícies a serem pintadas ou revestidas, além de materiais metálicos é utilizada em peças de vidro, plásticos e metais não ferrosos. Apresenta ótima produtividade nos processos de decapagem, preparação de pintura ou para aplicações de outros revestimentos em metais ferrosos. Ótima produtividade, reciclagem média.

Granulometrias mais usuais em jateamento	
MALHA	TAMANHO MÉDIO (microns)
N-36	800
N-40	700
N-60	490
N-80	290
N-100	220
N-120	150

## Granalha de Aço

**Características:** Alta reciclagem, pequena geração de pó, alta produtividade, utilizada em metais ferrosos, é um abrasivo metálico, produzido a partir de aço selecionado.

**Aplicações:** Limpeza de superfícies metálicas para eliminar a corrosão até o material branco e produzir um padrão de ancoragem que melhore a aderência do posterior tratamento, seja por pintura, metalização ou emborrachamento. Utilizada no jateamento em cabines, gabinetes ou equipamentos turbinados em que o abrasivo pode ser reciclado e purificado para sua reutilização, podendo chegar até 400 ciclos de vida útil.

## Granalha de Angular (Grit)

Limpeza de superfícies metálicas de aço ou ferro fundido para eliminar a corrosão até o metal branco e produzir um padrão de ancoragem que melhore a aderência do posterior tratamento, seja por pintura, metalização ou emborrachamento. É usada também no corte e polimento de pedras.

Granulometrias mais usuais			
TIPO	TAMANHO	TIPO	TAMANHO
SAE G-12	2 – 1,68 mm	SAE G-25	1,00 – 0,71 mm
SAE G-14	1,68 – 1,41 mm	SAE G-40	0,84 – 0,42 mm
SAE G-16	1,41 – 1,19 mm	SAE G-50	0,59 – 0,297 mm
SAE G-18	1,19 – 1,00 mm	SAE G-80	0,35 – 0,117 mm

## Granalha Esférica (Shot)

Limpeza carepas de peças fundidas ou forjadas, geralmente em gabinetes pressurizados ou equipamentos turbinados. Para tratamento de shot-peening são normalmente usados em gabinetes a pressão.

Granulometrias mais usuais			
TIPO	TAMANHO	TIPO	TAMANHO
SAE S-660	2 – 1,68 mm	SAE S-330	1,00 – 0,84 mm
SAE S-550	1,68 – 1,41 mm	SAE S-280	0,84 – 0,71 mm
SAE S-460	1,41 – 1,19 mm	SAE S-230	0,71 – 0,59 mm
SAE S-390	1,19 – 1,00 mm	SAE S-170	0,59 – 0,42 mm

## Bicarbonato de Sódio

Abrasivo ecológico, não contamina o ambiente, é biodegradável, podendo ser usado para aplicações de jateamento em áreas abertas em operações de jateamento seco ou úmido, não danifica a peças ideal para jateamento de matrizes.

Malhas ideais para operações de jateamento: Técnico e extra-fino (comestível).

### **Microesfera Cerâmica Brightblast**

As microesferas cerâmicas Brightblast da CMV são fabricadas por processo térmico/elétrico de fusão de óxidos. A estrutura interna é formada pela fase cristalina cerâmica, agregada por uma fase sílica amorfa, resultando em propriedades de alto impacto combinada com boa dureza.

As microesferas cerâmicas são geralmente empregadas no tratamento de superfície de componentes tais como: moldes de borracha e plástico, fundidos, boilers e trocadores de calor. Também sendo empregadas em aplicações de shot peening e peen forming de componentes, principalmente na indústria aeroespacial.

Quando usadas para peening as microesferas cerâmicas oferecem várias vantagens sobre outros abrasivos tradicionais, como granalha de aço esférica e microesferas de vidro. A cerâmica pode obter intensidades similares as da granalha de aço mas com um menor rugosidade superficial. Além disso, a cerâmica pode ser utilizada em aplicações aonde a granalha de aço pode trazer contaminação ferrosa.

A alta densidade da cerâmica permite intensidades de peening, equivalentes a aquelas obtidas com as microesferas de vidro, com uma velocidade muito mais reduzida. Isto resulta em muito menos quebra de abrasivo e devido a isto muito menos pó, resultando num ambiente de trabalho mais limpo e com melhor visibilidade do operador.

A estreita distribuição de tamanho juntamente com a baixa taxa de quebra, até 1:15 da microesfera de vidro, possibilita resultados repetitivos e consistentes, que são fatores críticos para aplicações de peening.

A CMV fornece uma ampla gama de granulometrias, favor consultar nosso departamento de vendas para maiores detalhes.

Dentro das informações aqui especificadas, deverão estar presentes as idéias pessoais e criativas dos operadores, tendo sempre como objetivo o êxito de seus serviços, tendo em mente que, a sua empresa investiu em equipamentos e treinamentos a fim de obter resultados perfeitos.

Referencia:

Material preparado com informação publicada pela empresa BRASIBRAS e com experiências das empresas de metalização do Brasil e do LABATS/DEMEC/UFPR.

---

**Ramón S. Cortés Paredes, Dr. Engº.**

Coordenador do Laboratório de Aspersão Térmica e Soldagem Especiais - LABATS

Departamento de Engenharia Mecânica - DEMEC

Universidade Federal do Paraná - UFPR