

# COMINUIÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO UTILIZANDO O BRITADOR BARMAC <sup>(01)</sup>

Krystof Staniak <sup>(02)</sup>

Manuel Garcia Navarro <sup>(02)</sup>

Rubens Costa Júnior <sup>(02)</sup>

## RESUMO

Desde o começo da mecanização de quebra de rochas, o homem tem imaginado quebrar rocha contra rocha, processo agora conhecido como britagem autógena. Desde o início do século, muitas patentes ao redor do mundo demonstram este esforço, mas praticamente os únicos sobreviventes que restaram são os moinhos autógenos nos quais uma carga de pedras é tombada em um tambor rotativo levando-as à cominuição.

Uma nova forma de utilizar britagem e moagem autógena de alta intensidade ( 75 m/s) está agora disponível através dos impactores autógenos de eixo vertical. Esta máquina única oferece todas as vantagens da redução por impacto, ou seja, intensifica a redução e liberação sem sofrer as habituais penalidades da britagem convencional por impacto que são os altos desgastes e custos operacionais.

O impactor de eixo vertical Barmac, desenvolvido no final dos anos 60 na Nova Zelândia é o pioneiro na utilização da tecnologia autógena de britagem por impacto de alta intensidade. Esta máquina desenvolvida inicialmente para indústria de agregados com muito sucesso, já está difundida em todo o mundo em mais de 2 000 máquinas instaladas em pedreiras, minerações e indústrias de processamento mineral. Sua crescente aplicação em projetos de processamento mineral já é muito reconhecida e aceita internacionalmente.

Palavras chave: Cominuição, Autógena, Barmac.

---

(01) Trabalho a ser apresentado ao "I Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro: Caracterização, Beneficiamento e Pelotização", de 14 a 17 de outubro de 1996, em Ouro Preto, MG.

(02) Engenheiros de produto da Svedala Faço Ltda, especializados em britagem e processamento de minérios.

## Descrição geral

O impactor autógeno é em essência uma bomba centrífuga de pedras de alta energia que utiliza velocidades periféricas elevadas enquanto permanece virtualmente livre da abrasividade do material por empregar ação de britagem rocha contra rocha ao invés de rocha contra metal.

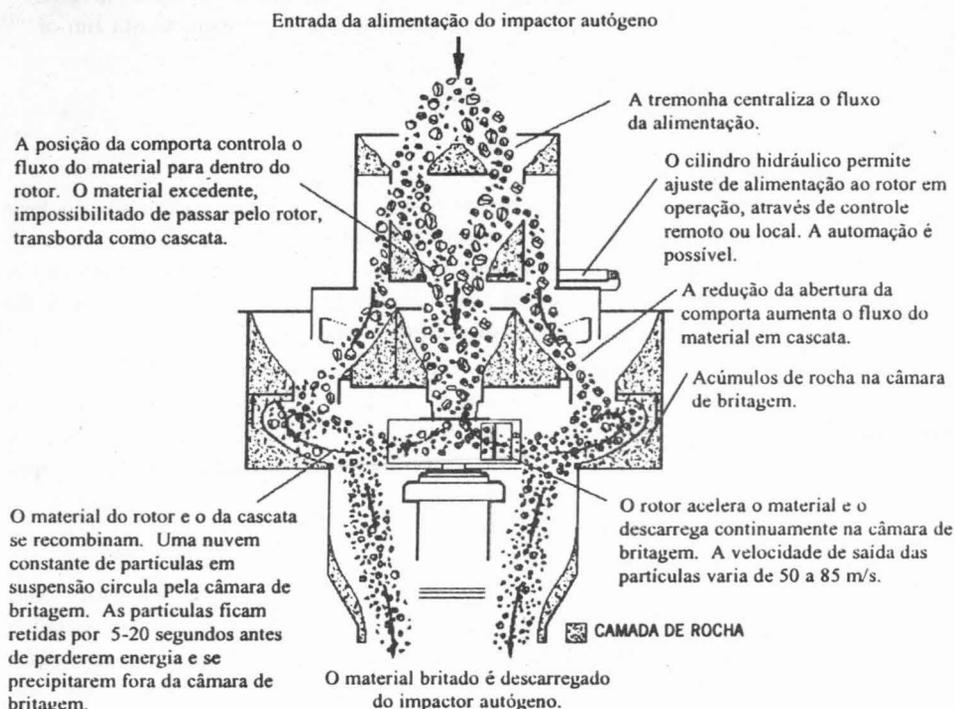


fig. 1 - Corte esquemático do Barmac

O material que alimenta a parte superior da máquina é acelerado no rotor revestido de rocha e descarregado continuamente dentro da câmara de britagem a velocidade de até 85 metros por segundo. Este processo reabastece o revestimento de rocha, provocando simultaneamente uma reação em cadeia de rocha-contra-rocha que produz britagem e moagem.

Pode-se lançar em cascata um segundo fluxo de material, em quantidades controladas, para dentro da turbulência da câmara de britagem, causando um aumento na densidade de partículas na câmara e melhorando a transferência de energia. Isto, combinado com outras variáveis como o diâmetro, a velocidade do rotor e o perfil da câmara de britagem, melhora a eficiência energética, reduz o desgaste, além de proporcionar um eficiente meio de controle da ação de moagem e britagem para maximizar ou minimizar os fins.

O britador VSI é construído quase inteiramente em chapas de aço em algumas seções ou módulos aparafusados possibilitando simples e fácil instalação.

O projeto é concebido de maneira que acúmulos de rocha protegem a carcaça contra desgaste. Estes acúmulos de material no rotor e câmara de britagem possibilitam o processo de redução autógeno e tornam a operação virtualmente sem desgaste. Apenas algumas peças de desgaste são usadas no interior do rotor de modo a proteger áreas onde os acúmulos de rocha fisicamente não são possíveis.

Estas peças são em pequenas quantidades e peso e absolutamente não interferem no processo de britagem, ou seja, a granulometria do produto mantém-se inalterada ao longo de operação e vida útil destas peças.

O rotor é montado em um eixo vertical e gira num plano horizontal com velocidades periféricas de 40 a 85 m/s dependendo dos requerimentos da aplicação.

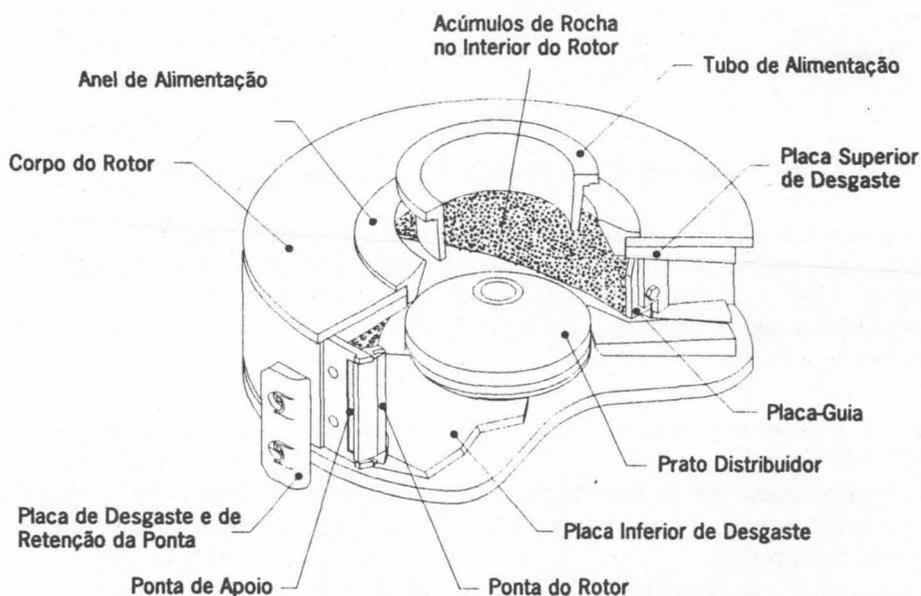


fig. 2 - Rotor do impactor autôgeno em corte

## Princípios de Britagem no Impactor Autógeno:

A cominuição ocorre pelos seguintes mecanismos de fragmentação:

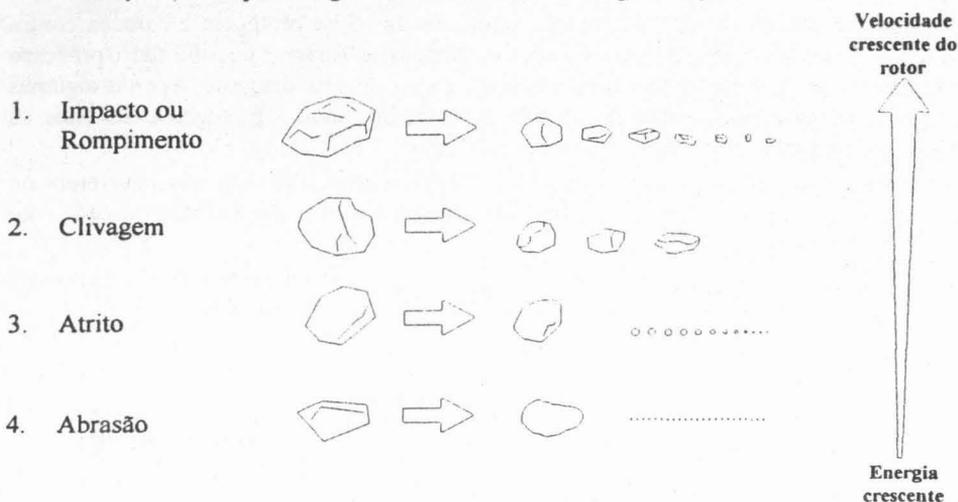


fig. 3 - Mecanismos de fragmentação do impactor autógeno

Estes mecanismos de fragmentação se devem à alta intensidade das colisões interpartículas e às colisões das partículas contra o revestimento de rocha dentro da câmara de britagem e rotor. A quebra das partículas ocorre principalmente ao longo dos planos de fragilidade, tais como os contornos dos minerais, os pontos de junção e as micro-fraturas. O produto britado em geral é isento de áreas frágeis, tem formato cúbico e com frequência deixa exposto ou liberado o mineral de valor.

O tipo de mecanismo de fragmentação que prevalece depende muito da natureza e da velocidade da colisão.

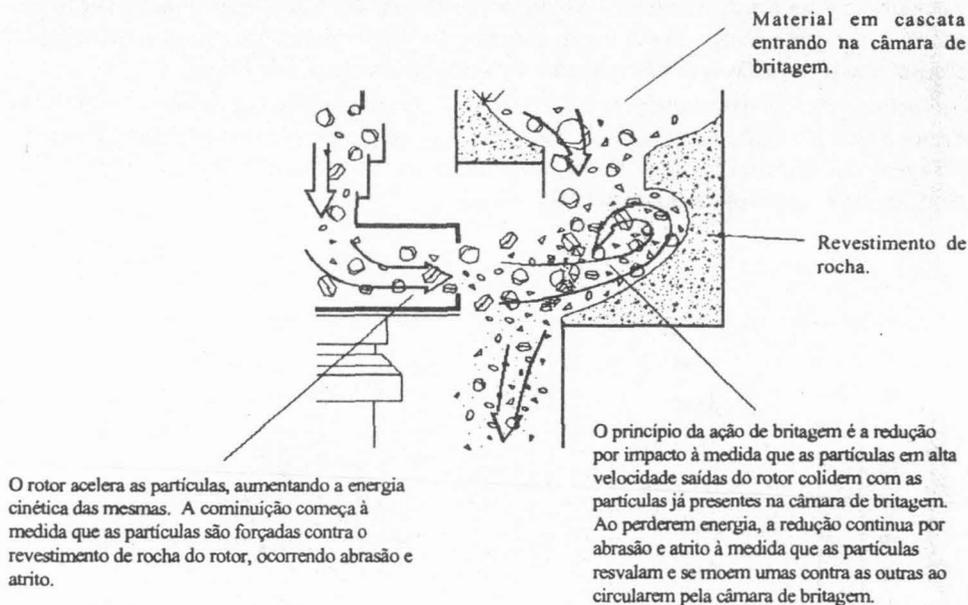
A energia para o processo de cominuição é aplicada a cada partícula na forma de energia cinética quando esta é acelerada pelo rotor e expelida contra a nuvem de partículas na câmara de britagem.

A velocidade de cada partícula expelida pelo rotor depende da rotação do mesmo. O tamanho e a massa de cada partícula lançada pelo rotor variam de acordo com a distribuição granulométrica do material de alimentação, portanto, o nível de energia de cada partícula variará desde um valor máximo para as partículas densas maiores até quase zero para as partículas superfinais.

A entrada destas partículas energizadas dentro da nuvem de partículas da câmara de britagem provoca uma reação em cadeia de colisões interpartículas e a transferência de energia. As partículas grandes, densas e com alta energia, ao colidirem com as partículas menores ou mais frágeis, provocam um forte impacto, resultando em rompimento e rápida cominuição.

As partículas de tamanho médio com menos energia e as sub-partículas resultantes dos impactos prévios provocam um impacto menos severo, burilando e desgastando as outras partículas que atingem. As partículas menores, os finos e o pó, embora tenham pouca energia cinética, viajam a altas velocidades e causam um eficiente jateamento de areia em tudo que atingem.

### Ação de Britagem do Impactor Autógeno



$$\begin{aligned} \text{Energia de Britagem} &= \text{Energia Cinética} \\ &= \frac{1}{2} mv^2 \\ 2 \times \text{massa da partícula} &= 2 \times \text{Energia de Britagem} \\ 2 \times \text{velocidade da partícula} &= 4 \times \text{Energia de Britagem} \end{aligned}$$

fig. 4 - Fluxo de rochas no interior do impactor autógeno

A nuvem de partículas na câmara de britagem, impulsionada pelo material expelido pelo rotor, circula pela câmara em alta turbulência, ocorrendo grande parte da cominuição por atrito e abrasão à medida que as partículas colidem, resvalam e se moem umas contra as outras até perderem velocidade a ponto de saírem da nuvem de partículas e deixarem a câmara de britagem.

Os tempos típicos de permanência de partículas na câmara de britagem se situam entre 5 e 20 segundos, sendo função do peso, velocidade e trajeto das partículas durante suas múltiplas colisões.

Visto que o processo de cominuição depende das colisões aleatórias interpartículas, segue-se que a eficiência de britagem melhorará com o aumento da densidade da nuvem de partículas na câmara de britagem por aumentar a probabilidade e frequência das colisões.

### Granulometria do Produto

A distribuição granulométrica do produto do impactor autógeno é função da granulometria de alimentação, friabilidade da rocha, velocidade do rotor, densidade da nuvem de partículas da câmara de britagem e da proporção de cascata. Não depende da condição das peças de desgaste dentro do rotor. Um aumento da friabilidade do material ou da rotação produz maior redução com conseqüente aumento na produção de finos.

Um decréscimo na friabilidade do material ou na rotação resulta em menor redução com menor produção de finos. O aumento da quantidade de material introduzido na câmara de britagem via casacata diminui a taxa de redução, porém, resulta num ganho líquido de produtividade sem aplicação de energia extra.

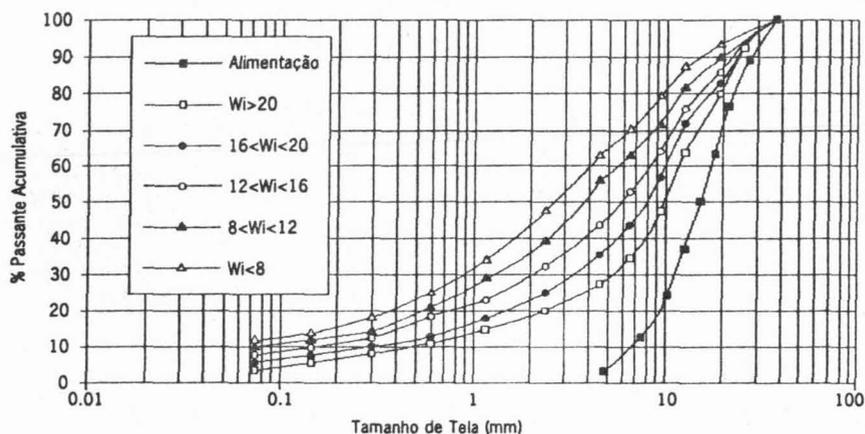


fig. 5 - Influência das características do material na curva granulométrica do produto do impactor autógeno

A contribuição dos vários mecanismos de fratura que ocorrem no interior do britador na granulometria final do produto pode ser vista na figura abaixo. Pode ser notado que o impacto e fragmentação principalmente reduzem as partículas graúdas a uma faixa de tamanhos com poucos finos. Clivagem e atrito tendem a ocorrer em todas partículas gerando produto em toda a faixa. A abrasão somente produz partículas finas.

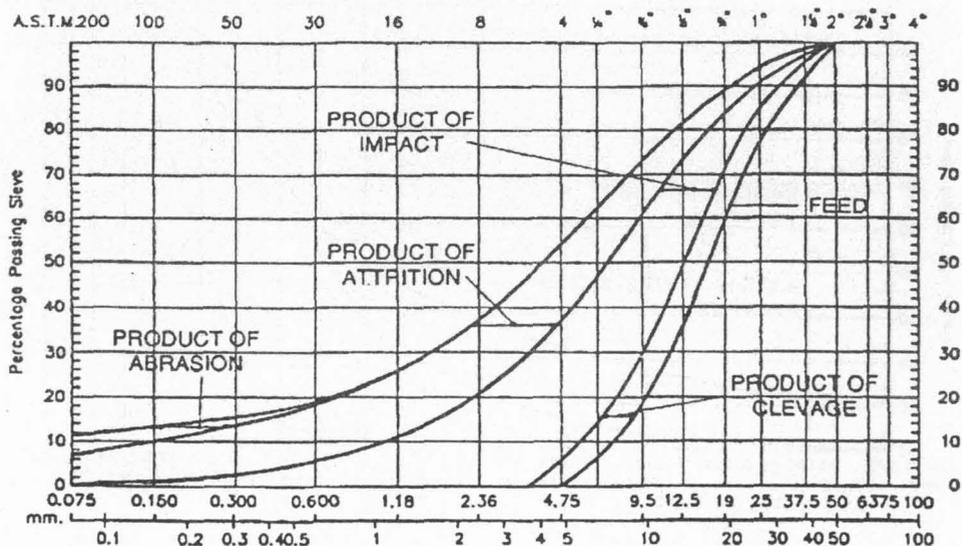


fig. 6 - Influência dos mecanismos de fratura no produto do impactor autógeno

Quando se analisa uma distribuição granulométrica típica do produto do impactor autógeno, comparando-a com a curva típica de um britador de compressão, pode-se perceber várias características distintas tais como:

- Algum material de alimentação estará presente no produto. O impactor autógeno se baseia no impacto livre em vez de comprimir o material por uma abertura determinada, como nos britadores cônicos, para produzir a cominuição.
- A taxa de redução no ponto P80 (80% passante) é em geral baixa. Raramente acima de 2, exceto no caso de materiais muito friáveis.
- Uma alta porcentagem de finos, muito superior à gerada pelos britadores cônicos, se apresentará nas malhas menores.
- Embora não esteja refletido numa curva granulométrica, o produto do britador impactor autógeno tem formato bastante cúbico, diferente das partículas lamelares produzidas num britador por compressão.
- Todas as partículas alimentadas, não importa o tamanho, serão reduzidas, não somente aquelas próximas ou maiores que a medida da abertura de regulagem, como acontece num britador por compressão.

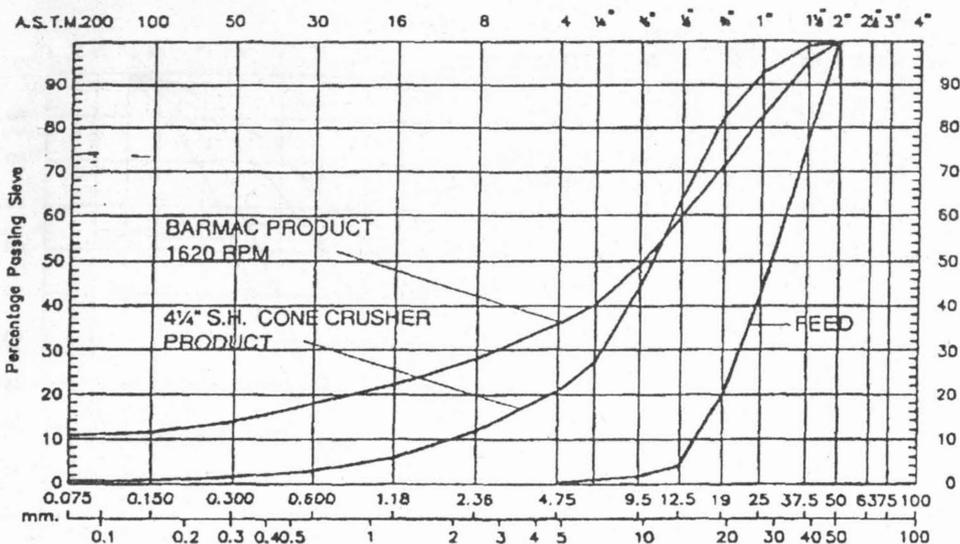


fig. 7 - Comparativo entre curvas de produto típicas do impactador autôgeno e britador cônico

O impactador autôgeno também apresenta algumas características adicionais que o tornam uma solução atraente para problemas de britagem:

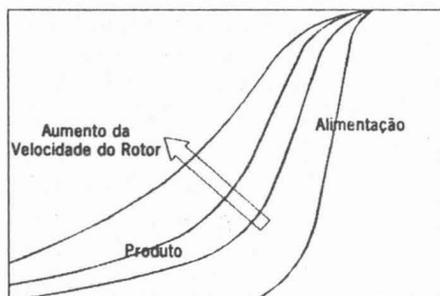
- A distribuição granulométrica do produto britado permanece constante a despeito da condição das peças de desgaste.
- Alimentação úmida ou pegajosa também pode ser processada no impactador autôgeno. Teores de umidade até 8% são aceitáveis. Pode-se processar material muito pegajoso pela instalação de revestimentos de baixo atrito e de um sistema de jato d'água para evitar que os acúmulos internos de rocha se tornem excessivos.
- Oscilações na alimentação podem ser absorvidas sem sobrecarregar o britador. Todo o material em excesso cai automaticamente como cascata na câmara de britagem e não interfere na operação da máquina.
- A turbulência na ação de britagem areia e seca o material britado, o que contribui para a eficiência de peneiramento.
- O britador tem uma operação praticamente livre de pó em virtude de ter uma circulação interna de ar que impede a saída de pó.
- Baixos níveis de ruído graças ao efeito de absorção acústica dos acúmulos internos de rocha. Cerca de 70 dB a um metro de distância.
- O britador é leve e balanceado, tornando-o apropriado para instalações móveis ou montadas em skids metálicos leves. Não exige fundações ou estruturas de apoio pesadas.

## Controle da Granulometria do Produto Britado

O britador autógeno permite o controle de diversas variáveis que influem na granulometria do produto final.

### ROTAÇÃO

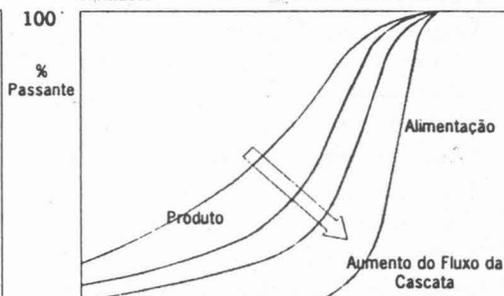
O aumento da velocidade do rotor aumenta a energia cinética das partículas e a cominuição resultante.



Tamanho de Tela

### CASCATA

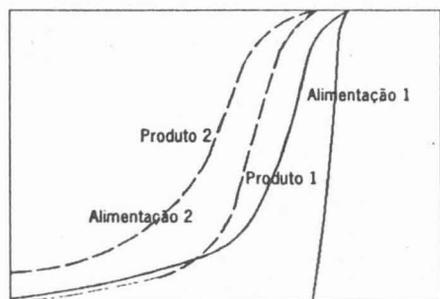
O aumento da proporção da cascata diminui a taxa de redução ao passo que aumenta a capacidade do britador.



Tamanho de Tela

### GRANULOMETRIA DA ALIMENTAÇÃO

Alterar a distribuição granulométrica da alimentação do impactor VSI influirá na distribuição granulométrica do produto britado.



### ABERTURA DA MALHA DA PENEIRA

Em circuito fechado, controla-se o tamanho do produto final produzido pelo impactor VSI através da abertura da malha da peneira

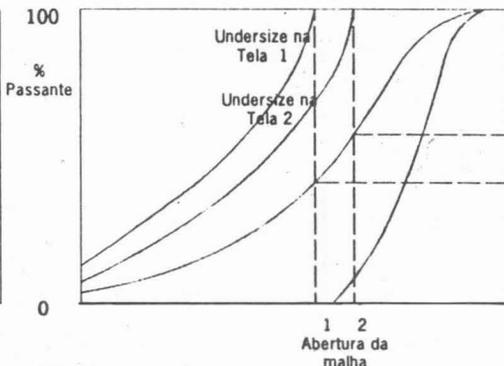


fig. 8 - Mecanismos de controle de granulometria

### Perfil da Câmara de Britagem

Em alguns modelos, há disponível anéis de cavidade para grossos ou finos. O anel de cavidade para finos aumenta o tempo de permanência das partículas na câmara de britagem, aumentando a cominuição resultante.

## Diâmetro do Rotor

Há disponível diferentes diâmetros de rotor para alguns modelos. Operar com um rotor de diâmetro maior aumenta efetivamente a velocidade da ponta e o efeito é similar a quando se aumenta a velocidade do rotor, com o detalhe de que quanto mais longo for o braço moedor no rotor mais finos se produz do que com um rotor de diâmetro menor com a mesma velocidade da ponta.

## Capacidade e Potência Requerida

A capacidade do britador VSI é função da potência instalada, rotação, proporção da cascata e fluidez do material. O principal fator determinante é a potência instalada. Para determinada rotação, a capacidade de vazão do rotor é diretamente proporcional à potência instalada.

A potência requerida geralmente se situa entre 1,0 a 2,5 kwh / t da vazão pelo rotor.

No entanto, visto que o material pode ser cascadeado pela câmara de britagem, aumentando a capacidade sem aumentar o consumo de potência, o consumo real pode ser até duas vezes menor.

Embora se possa aumentar dramaticamente a capacidade em determinada potência instalada por cascadear o material, ocorre certa perda em termos de redução, de modo que para fins práticos raramente se empregam proporções de cascata superiores a 60% do fluxo pelo rotor. No entanto, nas aplicações especializadas, proporções de cascata de 1:1 têm sido utilizadas.

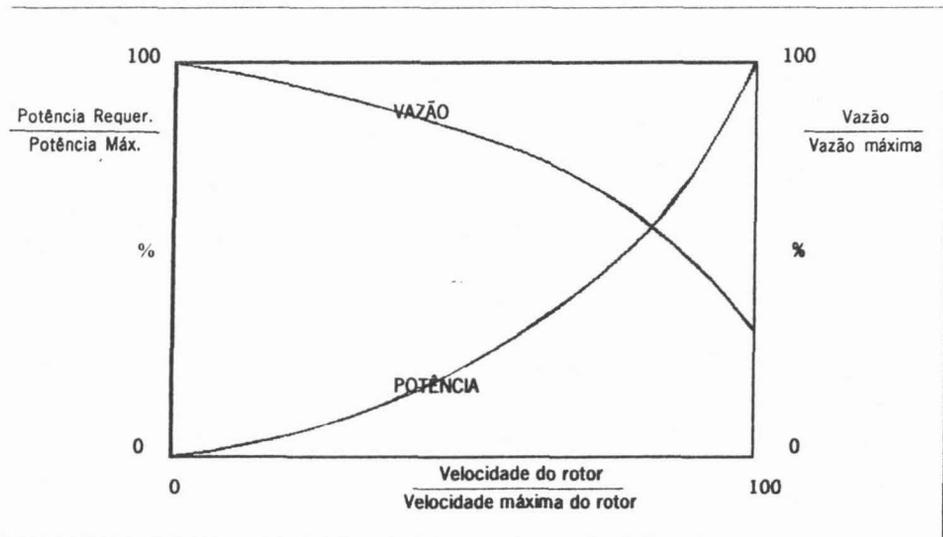


fig. 09 - Gráfico de potência requerida vs. rotação e gráfico de capacidade vs. rotação

O gráfico 09 indica que com o aumento da rotação, aumenta também a potência específica requerida. Disto se conclui que para determinada potência instalada, a capacidade de vazão pelo rotor diminuirá com o aumento de sua rotação. Em geral, uma rotação média oferece o melhor compromisso entre capacidade e energia de britagem.

Com o aumento da fluidez do material, diminui o consumo específico de energia para uma vazão constante.

A fluidez é função do formato, granulometria, teor de umidade e peso específico das partículas.

### Aplicando o Impactor Autógeno de Eixo Vertical

Agora que as características do impactor autógeno foram apresentadas, algumas considerações podem ser feitas sobre como estas características afetam sua aplicação em um fluxograma de planta de britagem. Para obter a melhor performance possível de um impactor autógeno VSI, os seguintes pontos devem ser usados como guia para uma correta aplicação e instalação:

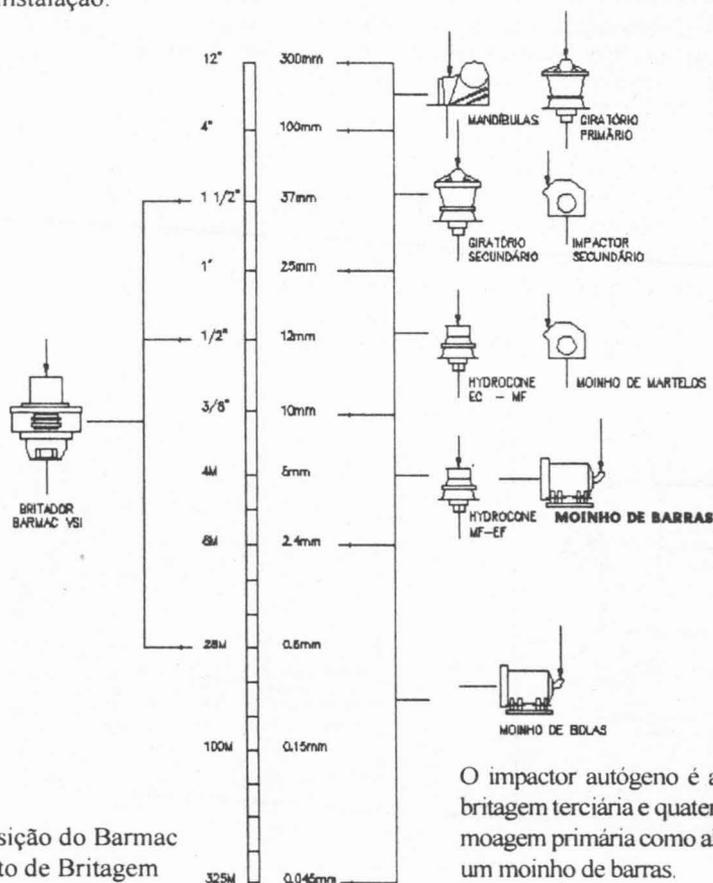


fig. 10 - Posição do Barmac no Circuito de Britagem

- **Estágio Final de Britagem.** A restrição do tamanho da alimentação (tamanho máximo 57 mm para o maior modelo) impossibilita sua aplicação como britador primário ou secundário. Esta restrição na alimentação limita sua utilização para o estágio final de britagem, como britador terciário ou quaternário, principalmente.

- **Circuito Fechado com uma Peneira.** O processo de impacto livre permite que algumas partículas passem pelo britador sem receber nenhuma redução significativa de tal modo que a faixa granulométrica do produto descarregado do britador começa a partir do top size da alimentação. O serviço de classificação deverá ser executado por uma peneira, necessariamente.

Para produção de finos, a operação em circuito fechado otimiza os resultados, por explorar ao máximo os benefícios da habilidade de geração de finos do impactor. Todavia operações em circuito aberto também são possíveis, dependendo dos requerimentos da aplicação.

- **Pré-peneiramento.** Em muitos casos, o pré peneiramento para remover os finos da alimentação ao impactor é benéfico, por aumentar a capacidade do circuito e melhorar a eficiência da britagem por impacto (finos em excesso na alimentação podem inibir as colisões por impacto livre, por amortecê-los na câmara de britagem)

Contudo, se a alimentação não contém finos ou há algum benefício em britar os finos existentes tais como acelerar a liberação do mineral de valor, melhorar sua resistência e formato, o pós-peneiramento constitui a melhor alternativa.

- **Seleção da Peneira.** Uma vez que o impactor autógeno VSI comumente trabalha em circuito fechado com uma peneira, é essencial dimensionar corretamente o tamanho da peneira. Considerações sobre o tamanho de corte desejado, e curva granulométrica de alimentação, a qual será significativamente diferente daquela produzida por um britador de compressão, devem ser observados. Normalmente, os produtos de um impactor autógeno são mais fáceis de peneirar que os dos britadores cônicos devido a maior porcentagem de material que passa em abertura igual à metade da malha de corte e formato mais cúbico das partículas.

#### CIRCUITO TÍPICO DE PROCESSAMENTO DE MINÉRIO

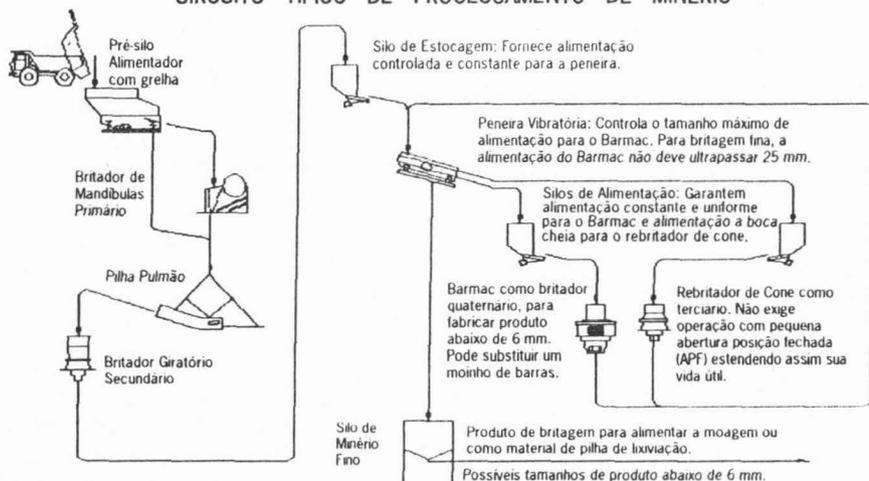


fig. 11 - Circuito típico de processamento de minério

A britagem em um impactor autógeno também reduz o teor de umidade de uma alimentação úmida ( alguma parte da energia de britagem se dissipa como calor ).

Nota 1: Uma peneira ineficiente retornará material fino ( produto ) para o britador. Este aumento da carga de material fino irá reduzir a eficiência de britagem, e eventualmente levar a uma sobrecarga no circuito fechado.

- **Alimentação Consistente.** Para assegurar uma distribuição granulométrica do produto consistente, o britador deverá ser alimentado em uma taxa de alimentação consistente para manter a densidade da nuvem de partículas na câmara de britagem. A granulometria de alimentação também deverá ser consistente sem alterações periódicas significativas. Um silo antes do britador e um alimentador dosador assegurarão condições de alimentação consistentes. Alguma flutuação na alimentação é normal e não causa preocupações.

Nota 1: A comporta de alimentação do rotor instalada na bica de entrada da máquina permite o ajuste do fluxo em cascata e o sistema também opera como uma proteção de sobrecarga de material. Qualquer sobrecarga de alimentação que poderia potencialmente sobrecarregar o britador é restringida na entrada para o rotor e é absorvida como fluxo em cascata, não sobrecarregando a máquina.

Nota 2: A condição das peças de desgaste no interior do britador não afeta a granulometria do produto obtido, uma vez que as peças de desgaste não participam do processo de britagem, mas apenas protegem áreas expostas à desgaste.

- **Britagem fina.** Muito comum sua aplicação em britagem fina em operações de processamento mineral. O impactor autógeno VSI é melhor aplicado em circuito fechado com uma peneira, para produzir produto britado na faixa de 0-6 mm ou até 0-3 mm como alimentação de moinho. Quando operado para produzir uma alimentação fina para moinho, o impactor autógeno VSI pode ser classificado como um “pré-grinder”.

Nota 1: Devido ao processo de britagem por impacto livre, o VSI não está submetido à tensões mecânicas quando produz um produto fino britado e conseqüentemente não sofre com penalidades de alto custo de manutenção como resultado da britagem fina. Diferentemente de um britador de compressão, que deve ser operado com ajuste mínimo de aberturas de saída, resultando em aumento de tensões mecânicas dentro do britador, aumento de desgaste dos revestimentos e redução da vida útil mecânica da unidade.

Nota 2: Produtos britados mais graúdos também são perfeitamente possíveis, por usar uma maior malha de separação na peneira do circuito, e pode em alguns exemplos ser preferido, por exemplo, para preparação de alimentação de pilhas de lixiviação com minerais oxidados.

- **Ajuste de operação.** Através de variáveis tais como velocidade do rotor, tamanho do rotor, relação de cascata e tamanho da câmara de britagem, as quais podem ser ajustadas para alterar a granulometria do produto, o impactor autógeno VSI tem uma maior faixa de ajuste e controle sobre o processo do qual tradicionalmente é disponível com os impactores convencionais. Em geral, o processamento mineral requer que o material seja reduzido rapidamente, o que resulta que os impactores autógenos VSI sejam instalados com velocidades relativamente altas do rotor para obter a máxima energia cinética para as partículas. Relações de cascadeamento são geralmente limitadas a 20 - 30% da alimentação

total do britador. O tamanho do rotor e câmara de britagem são selecionados de acordo com a capacidade requerida do britador.

- **Alimentação pegajosa e úmida.** O impactor autógeno VSI exibe uma maior habilidade em processar materiais pegajosos que outros tipos de britadores. Isto é novamente resultado do processo de britagem por impacto livre e desenho do britador que permite escoamento livre do material pela máquina. Alimentações com teores de umidade até 8% podem geralmente ser processadas sem dificuldade.

Nota 1: Uma regra geral parece ser que se o material puder ser processado através das unidades de britagem primária e secundária, certamente ele não causará quaisquer dificuldades em um impactor autógeno VSI.

- **Custo de Instalação.** O custo de instalação de um impactor autógeno VSI é geralmente 40 - 50% de um britador cônico de capacidade similar. Isto resulta de menor custo de capital, menor peso, requerimentos mais simples para fundação (apenas nivelamento do local) e ausência de equipamentos periféricos tais como sistema de circulação de óleo lubrificante e utilização de bicas de transferências mais simples e menores.

- **Custo Operacional.** O custo operacional de um impactor autógeno VSI é geralmente equivalente ao de um britador cônico de capacidade similar. Geralmente os custos de desgaste são menores, mas o custo operacional total acaba se aproximando devido um maior custo energético.

## **Exemplo de Aplicação - estudo de caso**

### **Britagem Fina em Minério de Ferro - Samarco Mineração S.A.**

Em 1991, a Samarco Mineração em sua planta de britagem fina instalou três britadores cônicos utilizando o processo Water-Flush.

Esta tecnologia tem como objetivo permitir o manuseio de materiais úmidos e pegajosos mantendo, ou até melhorando, a performance dos equipamentos, através da introdução de grande volume de água na câmara de britagem, que facilita o fluxo do material.

O processo é comumente usado por vários fabricantes e já foi aplicado em hydrocones na década de 70.

Realmente admitimos que, em alguns casos, este caminho representa a única solução, já que 5 a 10% de água, juntamente com alguma inclusão de argila, tornam a britagem impraticável com britadores de compressão ( a operação do britador torna-se extremamente deficiente pelo problema de compactação excessiva do material na câmara de britagem, causando altíssimos esforços e tensões nos componentes mecânicos do britador, redução excessiva de produção ou até o colapso do fluxo de material pela máquina; em alguns casos, a operação somente pode ser efetuada aumentando-se a abertura de saída, porém afetando definitivamente o produto. Todavia em outros casos, a colagem do material nos revestimentos impede totalmente a operação).

Quando se aumenta o conteúdo de água até 25 a 30%, o fluxo de material retorna ao seu nível normal, possibilitando a britagem. Entretanto, consideramos que esta solução deve ser usada com muita cautela e somente em casos realmente críticos, uma vez que

juntamente com as vantagens descritas, ela traz diversos inconvenientes, sendo que entre os principais está que a instalação toda deve ser preparada para trabalhar em via úmida e é muito dispendiosa e complexa a remoção do excesso de água do ciclo de britagem.

As peneiras, por exemplo, devem trabalhar com sistema de lavagem e devem ser colocados equipamentos de desaguamento tais como tanques, classificadores espirais, hidrociclones, peneiras desaguadoras, bem como bombas, tubulações, válvulas, etc.

O consumo de água na planta pode superar em 2 a 3 vezes o volume de material processado. Tudo isso provocará um aumento significativo do investimento inicial, desproporcionalmente maior do que as vantagens da produção obtida. O mais importante, porém, é um significativo aumento de custos operacionais.

É sabido que o desgaste de peças de britadores e moinhos aumenta várias vezes, com a presença de água. Em casos de moagem em via úmida, por exemplo, o consumo de corpos moedores e revestimento é de 7 a 10 vezes maior, se a compararmos com a via seca. A mesma proporção é notada também em britadores cônicos. Sem dúvida, o caminho economicamente mais interessante para a aplicação seria o uso de algum processo de redução que possibilitasse britar o minério úmido sem adicionar um volume extra de água.

Esta alternativa é hoje disponível com o impactor autógeno de eixo vertical. Este equipamento processa os materiais úmidos e pegajosos com muito maior facilidade que os britadores cônicos. A umidade até um certo limite é benéfica, facilitando a formação de leito de revestimento.

De fato, decorridos três anos de operação na planta, as capacidades obtidas com os britadores cônicos se revelaram inferiores às requeridas, com as granulometrias do produto mais graúdas que planejadas e constantes defeitos mecânicos dos equipamentos, que motivaram a SAMARCO a buscar alguma solução alternativa.

Deve ser considerado que realmente o minério de ferro da Samarco se mostrou excepcionalmente difícil de ser processado, sobrecarregando os britadores cônicos que sofreram com problemas mecânicos constantes.

No começo de 94, passamos a estudar a aplicação com uso da tecnologia de britagem autógena por impacto, que vinha demonstrando no Brasil sua excelência em aplicações de britagem fina. Após análises e testes em nossa planta piloto, decidiu-se oferecer à Samarco a oportunidade de testar em campo por 90 dias um Duopactor Barmac 9600, a partir de junho de 94.

O período inicial dos testes de 90 dias foi estendido mediante aluguel da máquina, a um ano.

Após o período de testes, confirmou-se que o impactor autógeno de eixo vertical possibilitava em relação aos britadores cônicos:

- Produto mais fino em toda faixa granulométrica.
- Menor custo de capital por tonelada produzida.
- Menor custo de produção por tonelada produzida.
- Maior disponibilidade operacional.

- O pessoal da operação e manutenção o considerou mais simples de manter e operar.
- O produto muito mais cúbico, melhora a eficiência de peneiramento.
- A carga circulante menor.

Como resultado final, a Samarco adquiriu 3 Barmacs 9000 XHD, e descontinuou a operação com britadores cônicos. Esta notícia foi de repercussão internacional, pois um grande produtor comprovou a superioridade do processo de britagem fina de minério de ferro com britadores autógenos de impacto de alta intensidade em relação à convencional britagem com máquina cônica, mesmo com a tecnologia Water-Flush. A seguir, apresentamos um resumo dos dados operacionais levantados nesta aplicação:

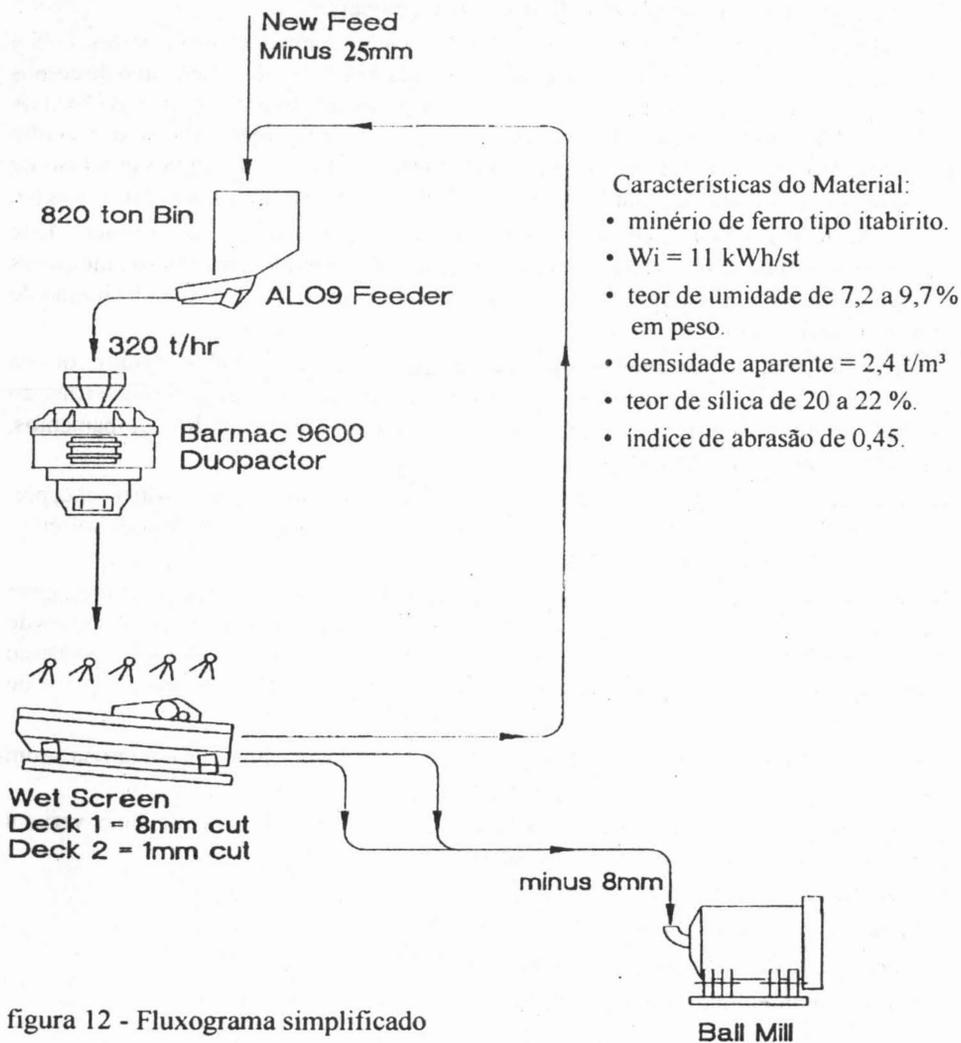


figura 12 - Fluxograma simplificado

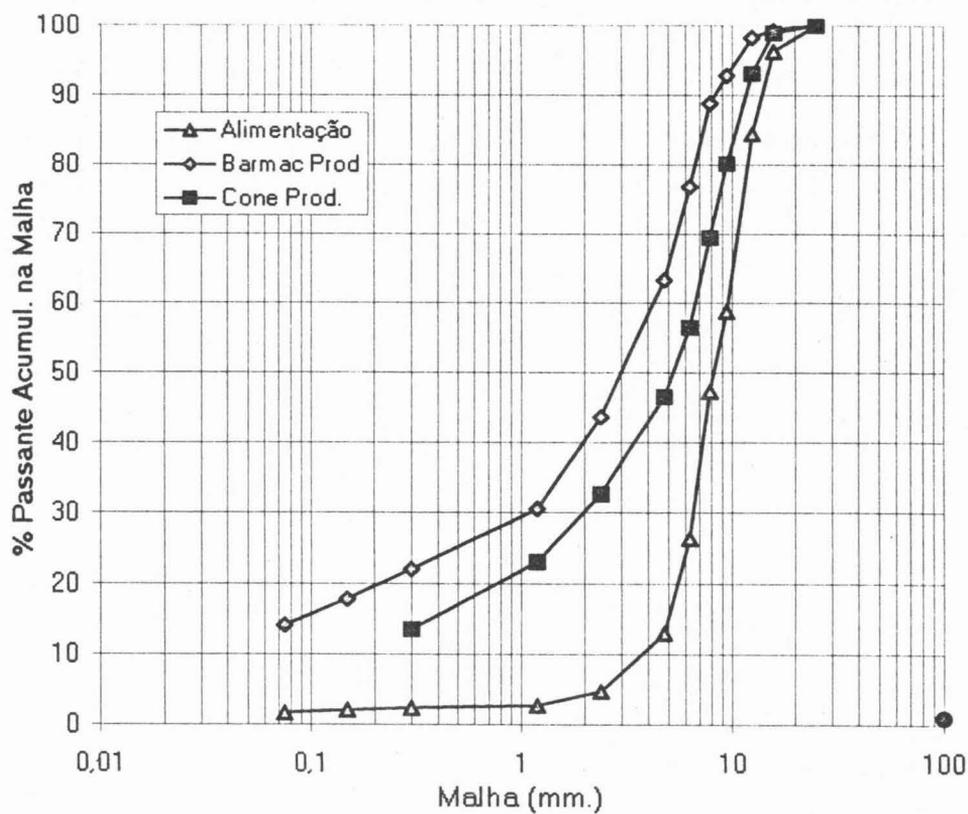


fig. 13 - Curvas Granulométricas de Produto

## Comparativo de Desempenhos:

Parâmetro	Britador Autógeno de Impacto VSI	Britador Cônico
Capacidade processada passante pela máquina (tph)	323	178
Potência absorvida (kW)	459	134
Produto gerado -8 mm (tph) (excluídos os finos < 8 mm contidos na alimentação)	134	58
Consumo energético específico (kWh/ton - 8 mm)	3,43	2,31
% retida +8 mm na descarga do britador	11,2	30,5
P(80) mm	6,7	9,5
P(50) mm	3	5,2
P(20) mm	0,23	0,77
Disponibilidade Operacional (%)	93	75
Custo de desgaste por tonelada de produto -8 mm (US\$/t)	0,07	0,151
Custo de energia por tonelada de produto -8 mm (US\$/t)	0,137	0,092
Custo Operacional Total (US\$/t)	0,207	0,243

### Observações:

- Os dados acima são de nossa inteira responsabilidade. Foram obtidos a partir de observações de desempenho que efetuamos na instalação do cliente.
- Dados de desempenho para britadores cônicos 60" short head fechados em 3/8", com 220 kW. Impactor autógeno VSI com 440 kW, diâmetro do rotor 840 mm, rotação de 1710 rpm (75 m/s), operado sem cascadeamento a plena potência.

- c. Para cálculo do custo de energia elétrica consumida foi considerado o valor de US\$ 0.04/kWh.
- d. No custo operacional total não estão inclusos os custos de mão-de-obra para operação e manutenção e o custo de depreciação do equipamento.
- e. O desempenho do impactor autógeno independe da condição de desgaste das peças do rotor. Uma vez mantidas as variáveis de processo como a taxa de alimentação, granulometria e características do minério alimentado, e também as variáveis da máquina para controle do produto tais como rotação e relação de cascadeamento, o desempenho do impactor autógeno se mantém inalterado. O desempenho (produção e granulometria do produto) dos britadores cônicos é sensivelmente afetado pelo desgaste de seus revestimentos.

### **Referências Bibliográficas**

- HAMER, M.D., 1990, "THE BARMAC AUTOGENOUS CRUSHING MILL - THE NEW DEVELOPMENT IN AUTOGENOUS CRUSHING AND MILLING". Trabalho apresentado na AusIMM Annual Conference em Rotorua, Nova Zelândia.
- BARTLEY, BRYAN A., 1988, "HIGH INTENSITY AUTOGENOUS MILLING". Trabalho apresentado no 8<sup>th</sup> Industrial Mineral International Conference, Boston, USA, abril 1988.
- LOVELL, S.J.T., 1987, "NEW DEVELOPMENTS IN AUTOGENOUS CRUSHING AND MILLING".
- HAMER, M. D., 1995, "VERTICAL SHAFT IMPACT CRUSHING AND DESIGN", apresentado na "World Sales Conference 1995" em Matamata, Nova Zelândia.

# COMMINUTION OF IRON ORE USING THE BARMAC CRUSHER <sup>(01)</sup>

Krystof Staniak <sup>(02)</sup>  
Manuel Garcia Navarro <sup>(02)</sup>  
Rubens Costa Júnior <sup>(02)</sup>

## ABSTRACT

Since the origin of the rock crushing mechanization, man has imagined to break rock against rock, process known today as autogenous crushing. From the beginning of the century, a great number of patents all over the world show this effort, but the only survivors left in fact are the autogenous mills in which a load of rocks is caused to fall within a rotative drum, making the comminution.

A new way of using the autogenous crushing and grinding of high intensity (75 m/s) is now available through the autogenous vertical shaft impactors. This unique machine offers all the advantages of the reduction by impact, that is, intensify the reduction and liberation without suffering the usual penalties of the conventional crushing by impact which are the high wearing and operational costs.

The vertical shaft impactor Barmac, developed in the end of the 60's in New Zealand, is the pioneer in the utilization of the autogenous technology of crushing by impact of high intensity. This machine, developed initially for the aggregate industry with great success, is already spread out all over the world in more than 2,000 machines installed in quarries, minings and mineral processing industries. Its ever increasing application in mineral processing projects is already well recognized and worldwide accepted as well.

Key words: Comminution, Autogenous, Barmac.

---

(01) Paper work to be presented in the "I Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro: Caracterização, Beneficiamento e Pelotização" ("1<sup>st</sup> Brazilian Iron Ore Symposium: Characterization, Processing and Pelletizing", from 14<sup>th</sup> to 17<sup>th</sup> of October, 1996, in Ouro Preto city, State of Minas Gerais, Brazil.

(02) Product Engineers from Svedala Faço Ltda, experts in crushing and mineral ore processing.