



Anais do 7º Congresso Brasileiro do Cimento
São Paulo, 20 a 22 de junho de 2016



Projeto de Chutes de Transferência de Calcário e Aditivos para Minimizar Problemas de Fluxo de Sólidos



Projeto de Chute de Transferência

CBCi - 7º Congresso Brasileiro do Cimento
22 / Junho / 2016

ROGÉRIO RUIZ

r Ruiz@jenike.com

+55 (19) 3886-1179



Definição

Transfer
Chute = Calha de
Transferência

Equipamento com a função de
redirecionar o fluxo de material
de uma ponto à outro.

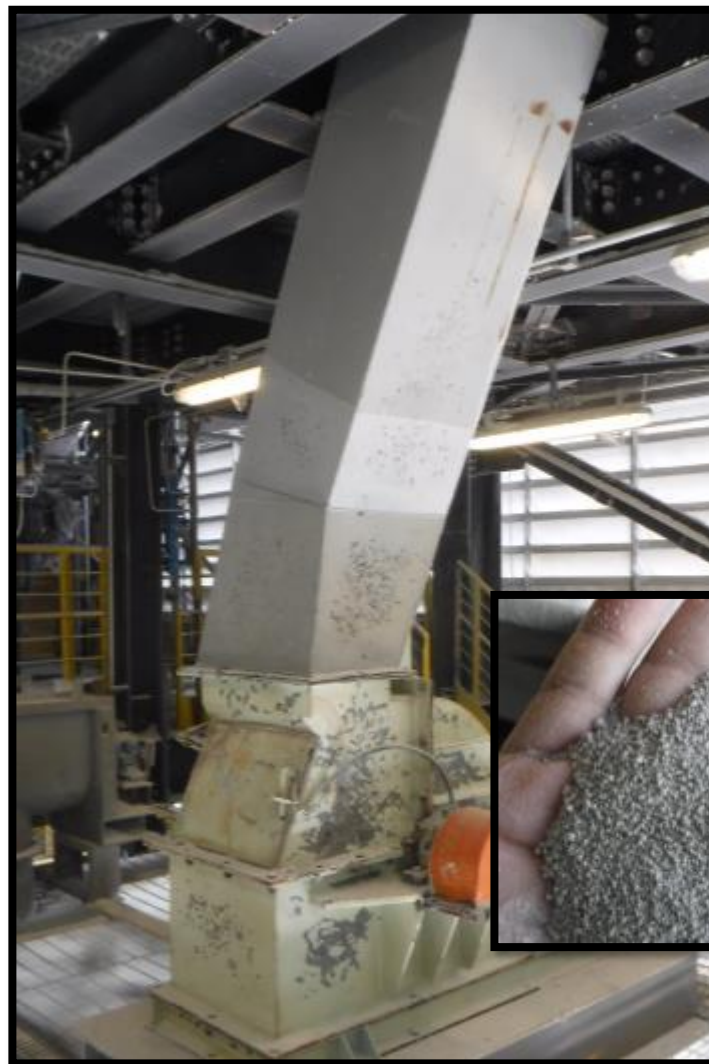
Comumente chamado de
CHUTE



Exemplos de Aplicação



Material: Suco em pó

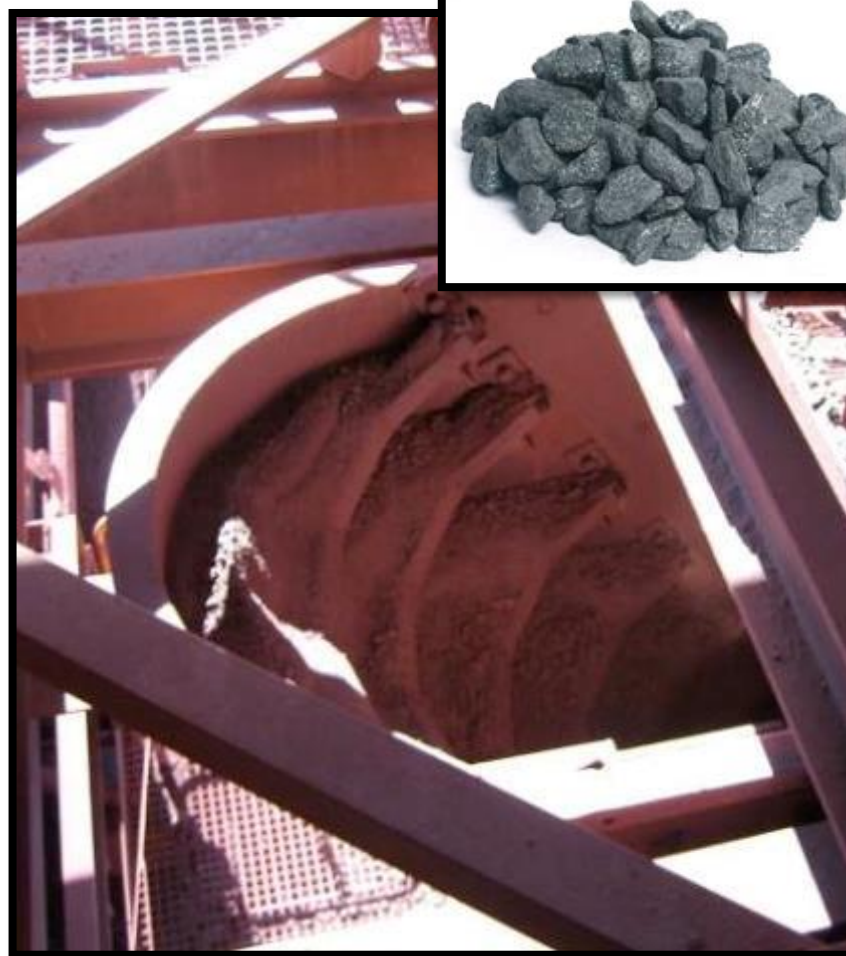


Material: Fertilizante granulado

Exemplos de Aplicação



Material: Clínquer



Material: Minério de ferro
(granulado)

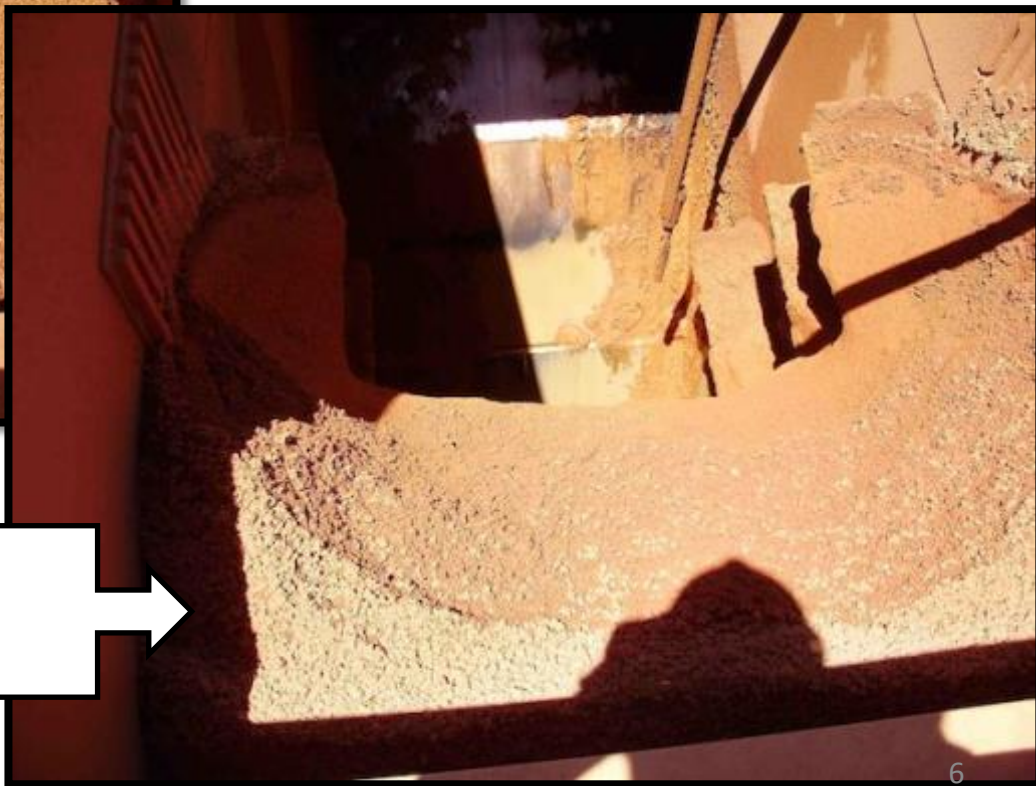
Exemplos de Aplicação



Material: Bauxita

Utilização de caixa de pedra / nervuras resultando em constante entupimento.

Grande quantidade de resíduo deixado sobre as nervuras.



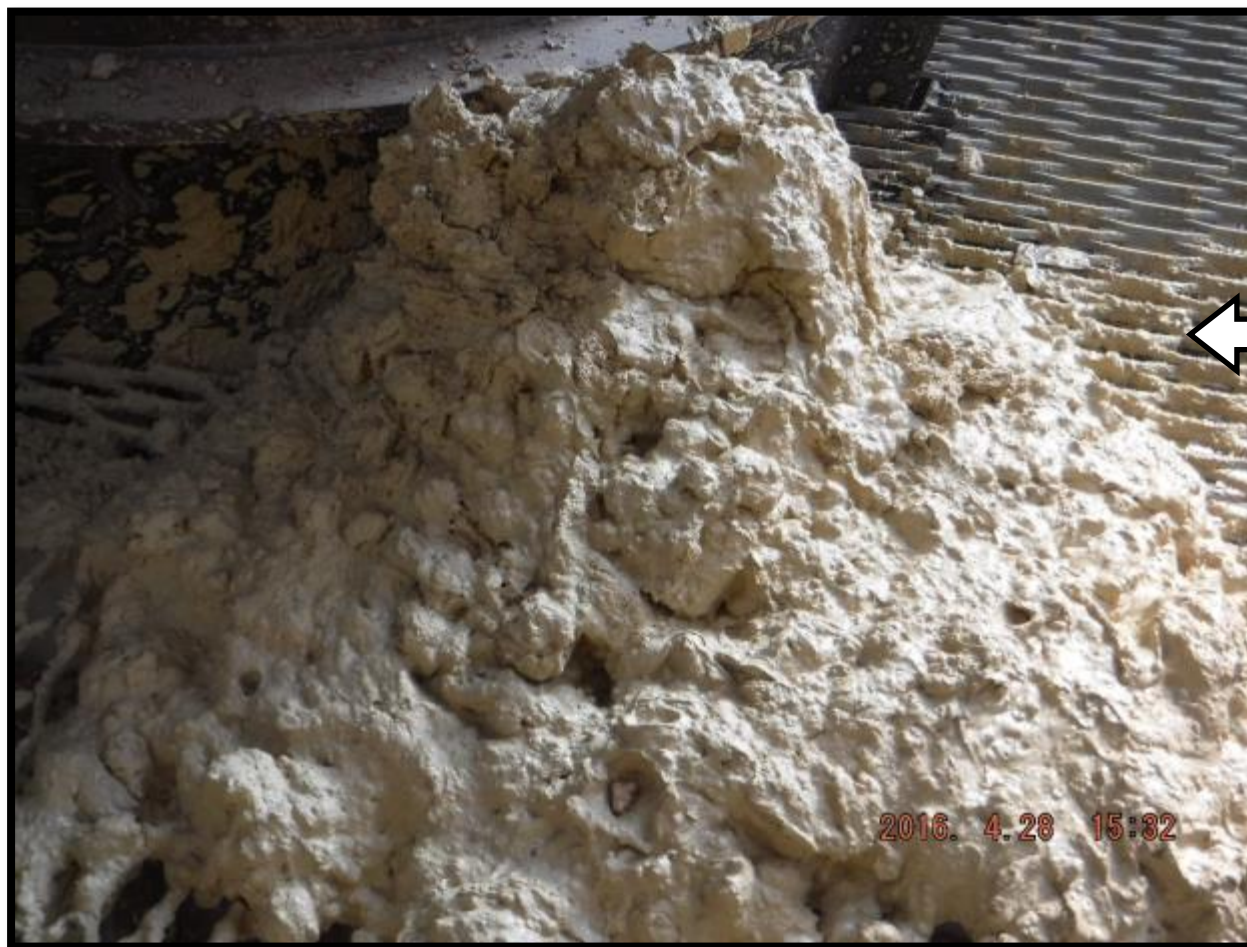
Exemplos de Aplicação

Material: Bauxita

Uso de caixa de pedra / nervuras
resulta em constante entupimento.

Grande quantidade de material
deixado na capota

Exemplos de Aplicação



Material: Calcário

Material extremamente coesivo e aderente.

Alternativas de projeto

Para materiais rochosos de fluxo livre:

- Caixas de pedra
- Nervuras

Minimiza o desgaste

Para materiais finos, aderentes:

- Hood & spoon
- Sem nervuras

Evita entupimento e minimiza acúmulo.

E se o material for rochoso, fino e aderente?

- Evitar entupimento e minimizar desgaste

Problemas comuns em chutes

- Entupimento
- Desgaste das superfícies
- Derramamento
- Incrustação
- Geração de poeira
- Desgaste excessivo da correia



Entupimento

Problemas comuns em chutes



Desgaste das
superfícies do chute



Problemas comuns em chutes



Derramamento



Incrustação

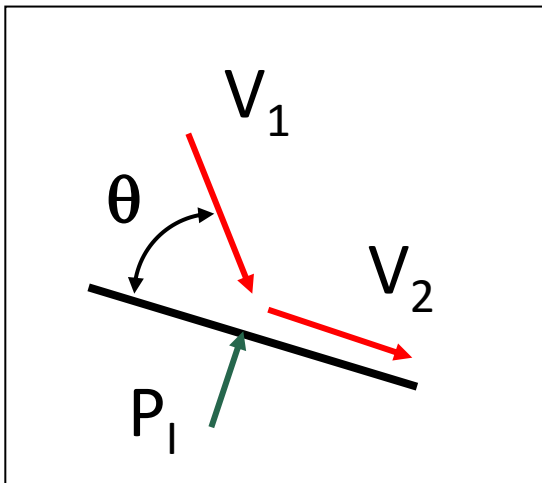
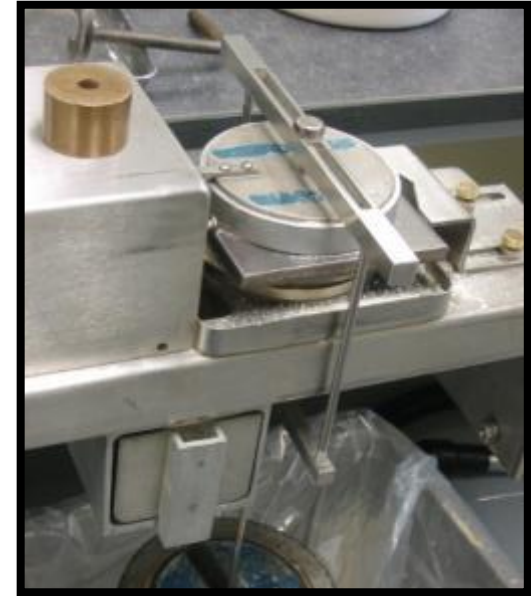
Princípios de projeto de chutes

- Evitar entupimento nos pontos de impacto
- Manter suficiente área de seção transversal
- Controlar a corrente de fluxo das partículas
- Minimizar o desgaste das superfícies

Cálculo da velocidade após impacto

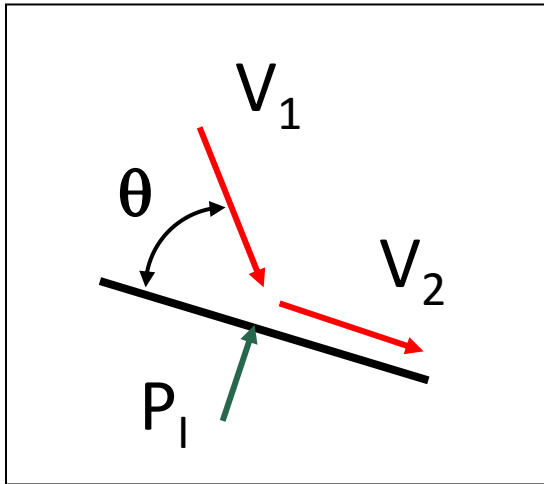
$$P_1 = \rho V_1^2 \sin^2 \theta$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \cos \theta - \sin \theta \tan \phi'$$



- V_2 = Velocidade ao longo do chute após impacto
- V_1 = Velocidade de impacto
- P_1 = Pressão de impacto
- θ = Ângulo de impacto
- ϕ' = Ângulo de atrito com a superfície
- ρ = Densidade

Ângulo de impacto & ângulo de atrito



$$\frac{V_2}{V_1} = \cos q - \sin q \tan f$$

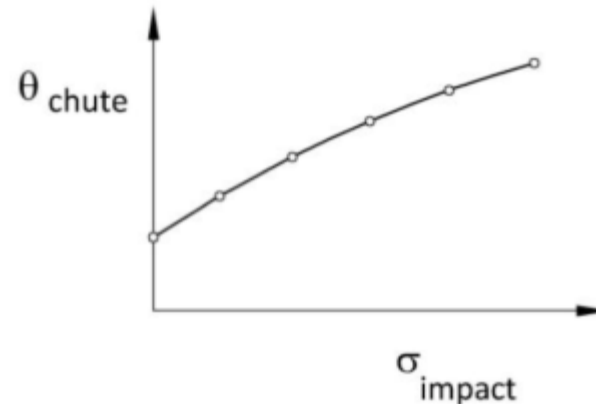
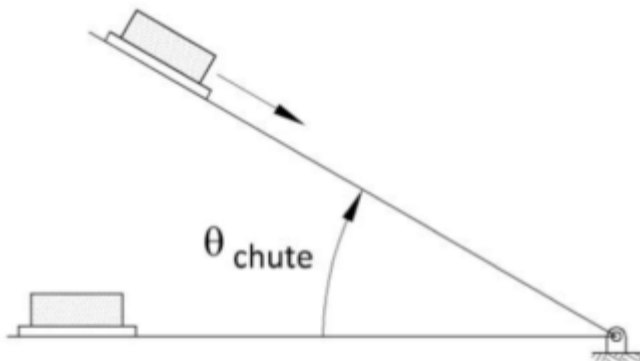
Exemplo: $V_2 = V_1 (\cos 60^\circ - \sin 60^\circ \tan 30^\circ)$
 $V_2 = 0$

Ângulo de impacto e ângulo de atrito
são críticos para projetos de chute!

Se $\theta + \phi' = 90^\circ$, não há velocidade resultante

Princípio: Evitar entupimento

- Calcular V_2 / V_1
- Se $V_2 \sim$ Zero ou negativo, possibilidade de incrustação ou entupimento.
 - Necessário pressão de impacto e **teste de chute**
 - Considerar mudança gradual de direção



Princípio: Seção transversal suficiente

- Calcular a aceleração e velocidade para determinar a capacidade.
- Reduções de velocidade podem exigir maior seção transversal.

$$Q = vA$$

Onde:

Q = Vazão volumétrica

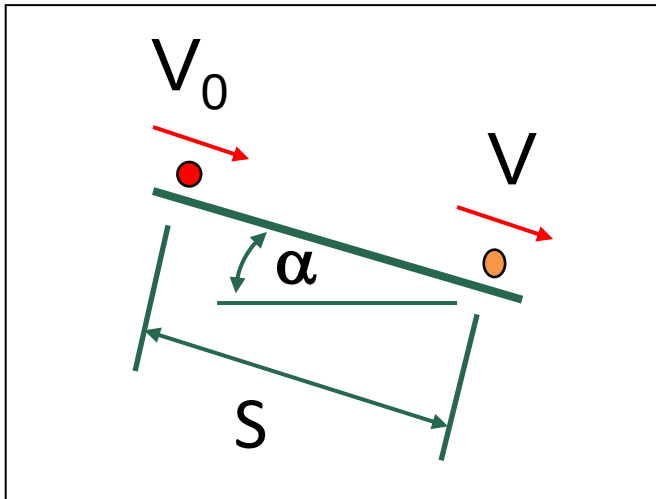
v = Velocidade

A = Área da corrente de fluxo de material

Cálculo da velocidade de deslizamento

$$V = \sqrt{V_0^2 + 2aS}$$

$$a = g \times \cos(\alpha) \times [\tan(\alpha) - \tan(\phi')]$$



- V = Velocidade final
- V_0 = Velocidade inicial
- S = Distância percorrida
- a = Aceleração
- α = Ângulo do chute (com a horizontal)
- ϕ' = Ângulo de atrito com a superfície

Princípio: Seção transversal suficiente

- Calcular a aceleração e velocidade para determinar a capacidade.
- Reduções de velocidade podem significar maior seção transversal.
- Não utilizar convergência (redução da seção transversal).
- Utilizar apenas 1/3 cheio (da seção transversal).

$$Q = vA$$

Onde:

Q = Vazão volumétrica

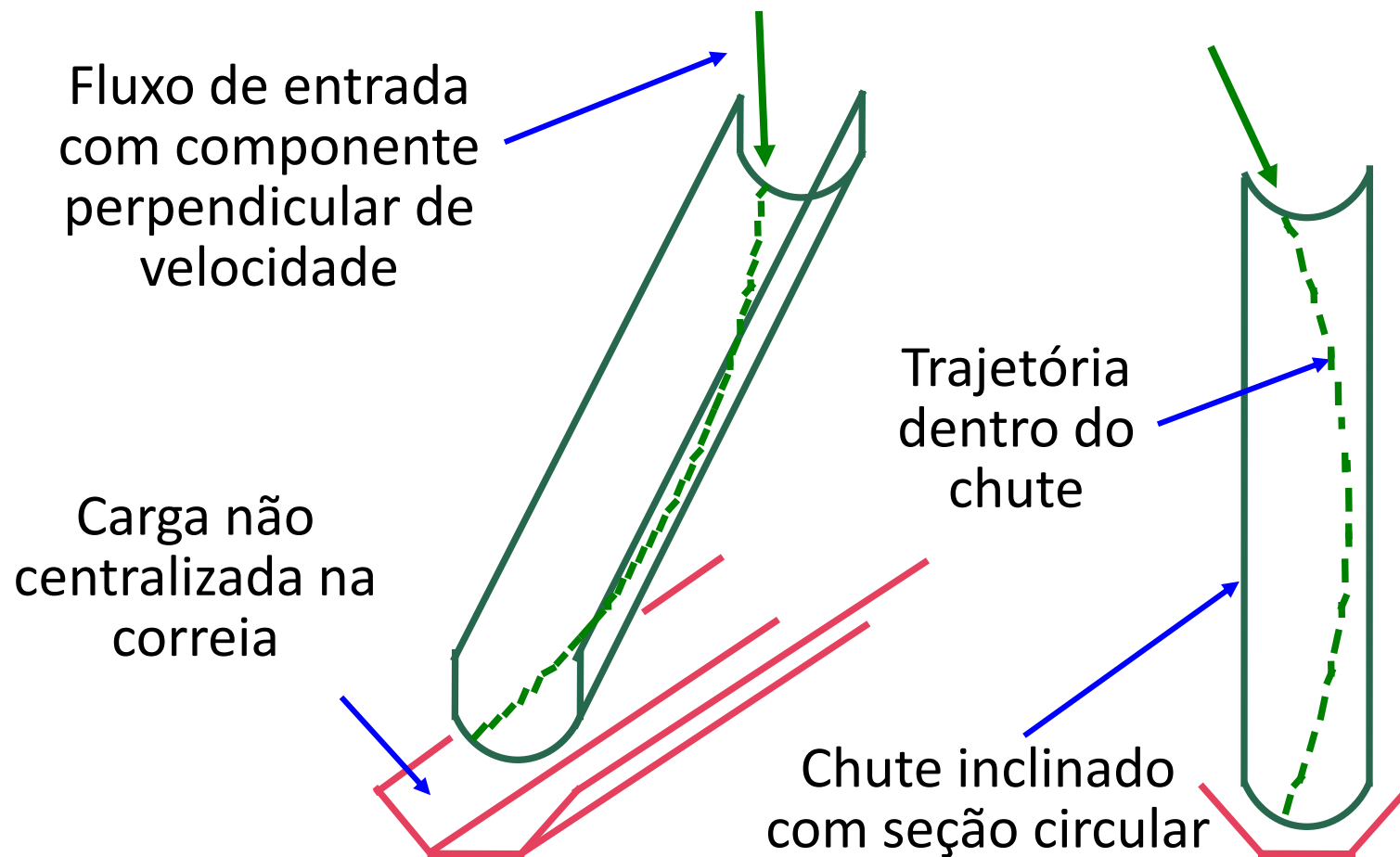
v = Velocidade

A = Área da corrente de fluxo de material

Princípio: Controle da corrente

- Usar superfícies inclinadas, não verticais.
- Capturar e manter o controle. Certifique-se de que materiais aderentes se mantenham em movimento.
- Minimizar ângulos de impacto.
- Descarga deve ter velocidade na direção da correia, ser centralizada e possuir velocidade levemente superior.

Trajetória num chute mal projetado

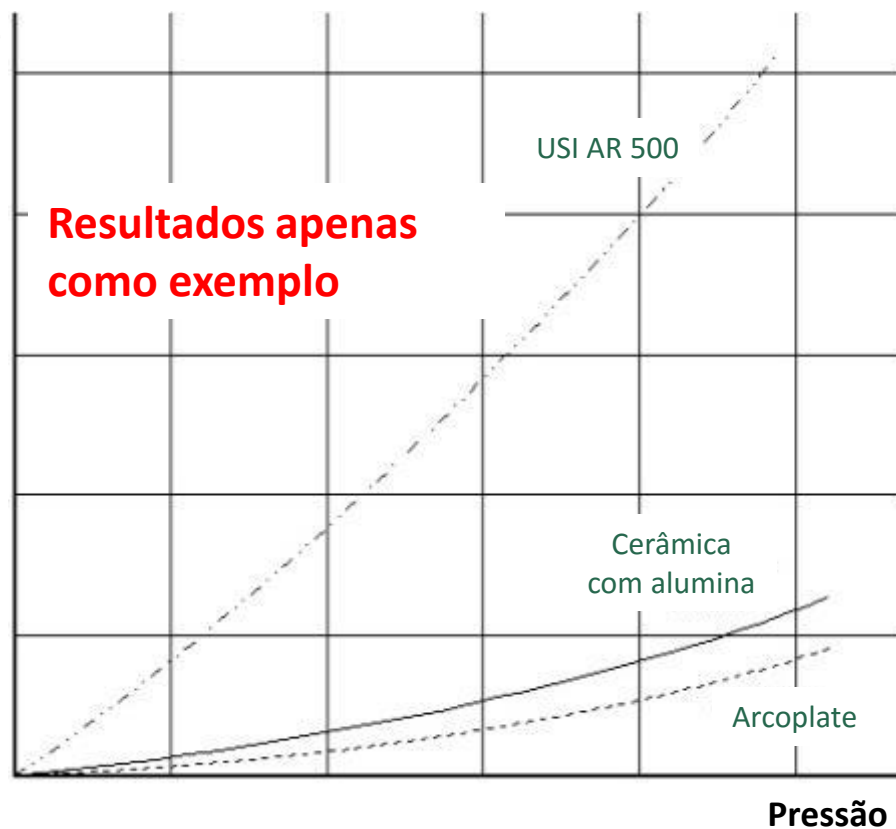
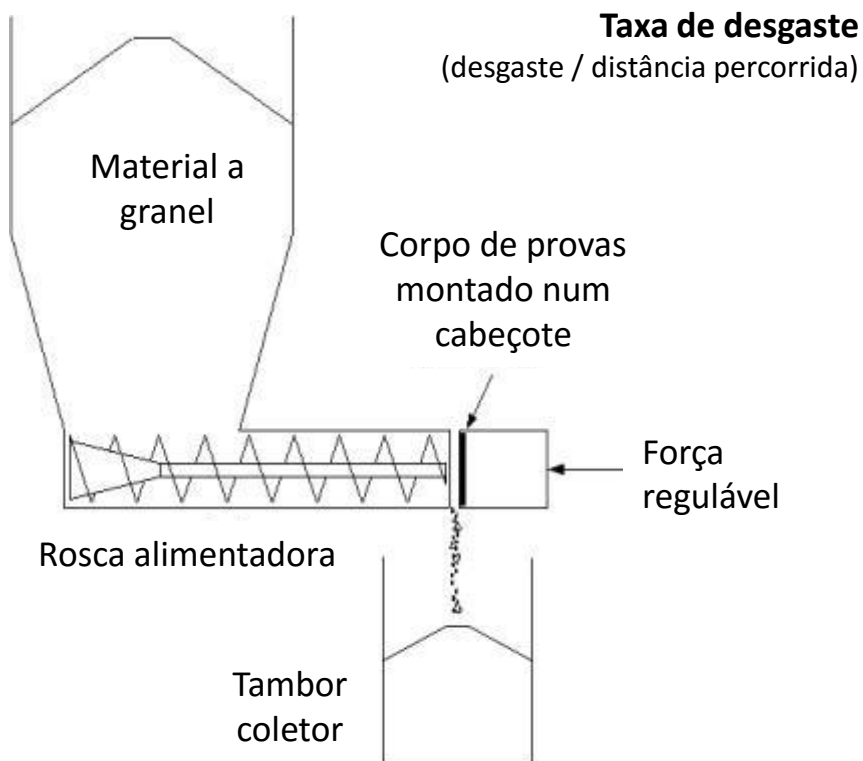


Princípio: Minimizar o desgaste

- Manter baixos níveis de pressões de impacto.
- Utilizar material de revestimento adequado.
 - Especificar revestimento com adequada resistência ao desgaste.
 - Conhecer a taxa de desgaste do revestimento para o material manuseado.

Teste de desgaste abrasivo

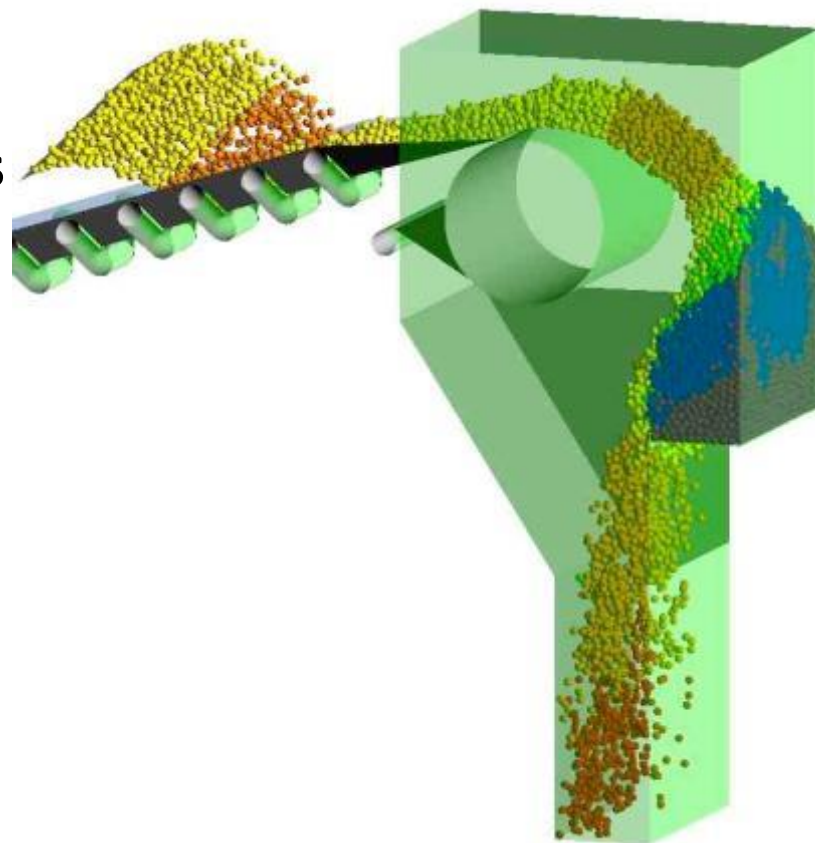
Patent J&J #4.446.717



A taxa de desgaste varia dependendo das características do material tais como tamanho, formato, e abrasividade das partículas

Estudo de caso

- Terminal de exportação de minério de ferro na África do Sul
 - Largura da correia: **1650 mm**
 - Velocidade da correia: **5,5 m/s**
 - Taxa de fluxo: **10.000 tph**
 - Transferência a 90°
- Caixa de pedra usada para minimizar desgaste
- Cliente precisava aumentar a capacidade



Progressão do Problemas

Aumento de
finos,
umidade e
vazão



Incrustação
(eventual
obstrução)



Alteração da
trajetória do
fluxo através
do chute



Alteração na
maneira como
o material saia
do chute



Derramamento,
geração de poeira &
desgaste prematuro
da correia



Minério de Ferro

Para analisar e projetar chutes

Testes de propriedades de fluxo necessários:

- **Coeficiente de atrito**
- **Ângulo de chute**
- **Taxa de desgaste abrasivo**

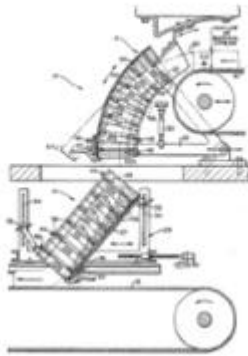
Para analisar e projetar chutes

Testes de propriedades de fluxo necessários:

- **Coeficiente de atrito**
- **Ângulo de chute**
- Densidade aparente
- Densidade da partícula
- Tamanho de partícula
- **Taxa de desgaste abrasivo**
- Ângulo de repouso
- Ângulo de descarga
- Ângulo de atrito interno

Projeto *Hood & Spoon*

United States Patent [19]		[11] Patent Number: 4,646,910
Johanson et al.		[22] Date of Patent: Mar. 3, 1987
[54] GENERALIZED HIGH SPEED BELT TO BELT TRANSFER CHUTE		
[75] Inventors: Jerry R. Johanson; David S. Dick, both of San Luis Obispo, Calif.		
[72] Assignee: Jenike & Johanson, Inc., N. Billerica, Mass.		
[21] Appl. No.: 742,892		
[23] Filed: Aug. 5, 1985		
[31] Int. Cl. ⁴ B65G 47/28; B65G 47/44		
[32] U.S. Cl. 190/530; 190/500; 190/509; 406/193		
[56] Field of Search 190/500, 509, 530; 190/515, 16, 22; 406/193		
[58] References Cited		
U.S. PATENT DOCUMENTS		
398,300 1/1981 Montford 190/500		
444,230 12/1981 Banta et al. 190/530		
463,780 11/1986 Connor 190/515		
778,899 12/1984 Nelson 190/530		
825,864 5/1989 Monson 190/530		
1,087,454 8/1982 French et al. 190/530		
1,573,534 1/1981 Ours 190/500		
3,807,540 4/1974 Baskin 190/515		
4,479,743 10/1984 Baskin 406/193		
FOREIGN PATENT DOCUMENTS		
345481 6/1982 Austria 190/530		
474934 7/1981 Canada 190/530		
1,270,020 6/1986 Fed. Rep. of Germany 190/500		



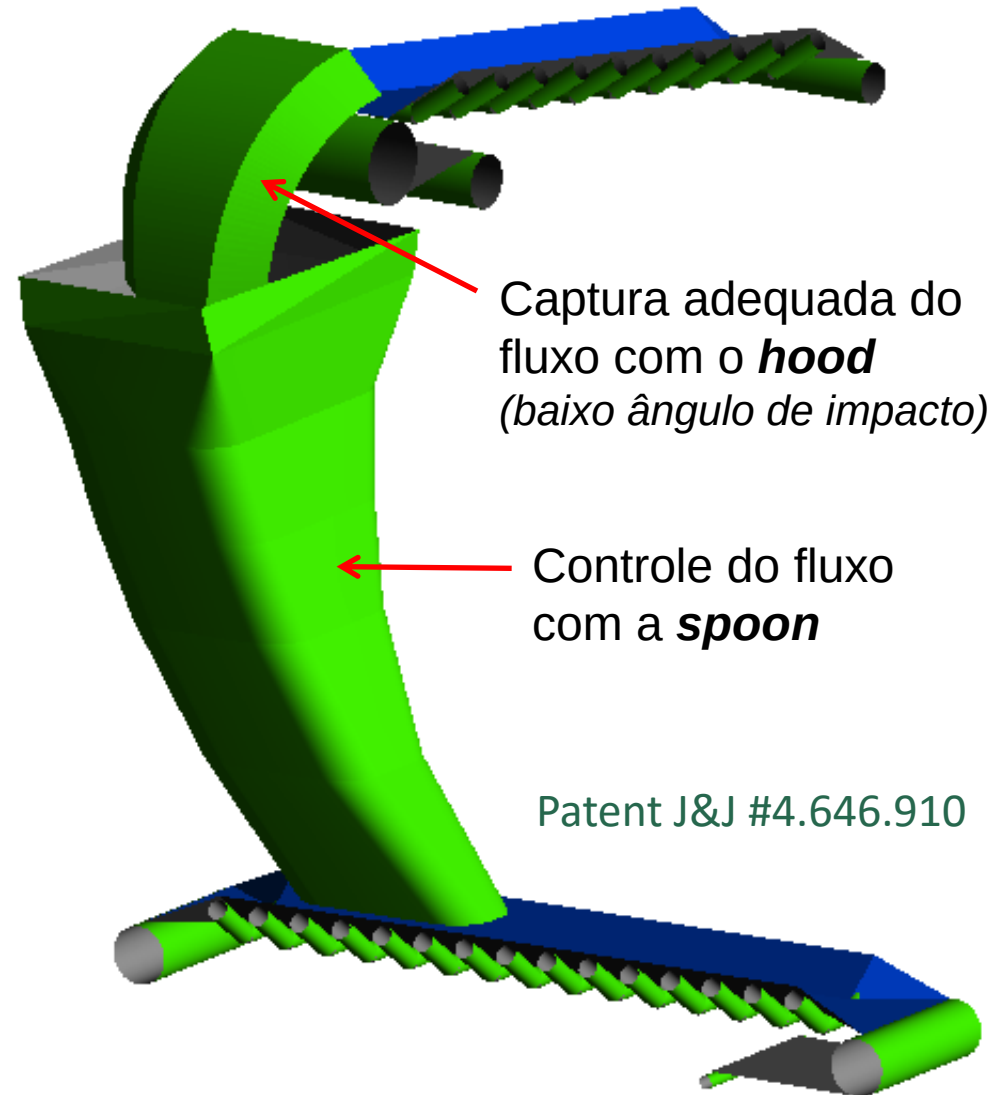
- Desenvolvido pela Jenike & Johanson (US Patent 4,646,910 - Agosto 1985)
- Projeto apresenta nova abordagem para controle do material.
- Minimiza geração de poeira, centraliza a carga na correia receptora.
- Minimiza o desgaste na correia fornecendo velocidade à carga na direção da correia receptora.

Projeto *Hood & Spoon*

Rhino horn



Finos e aderentes contra placas de impacto resultam em obstruções frequentes.

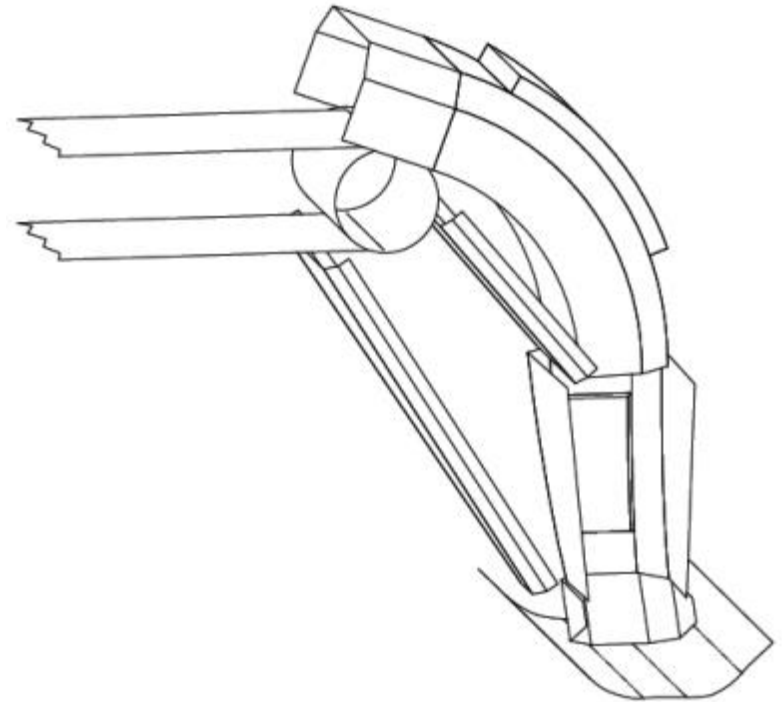
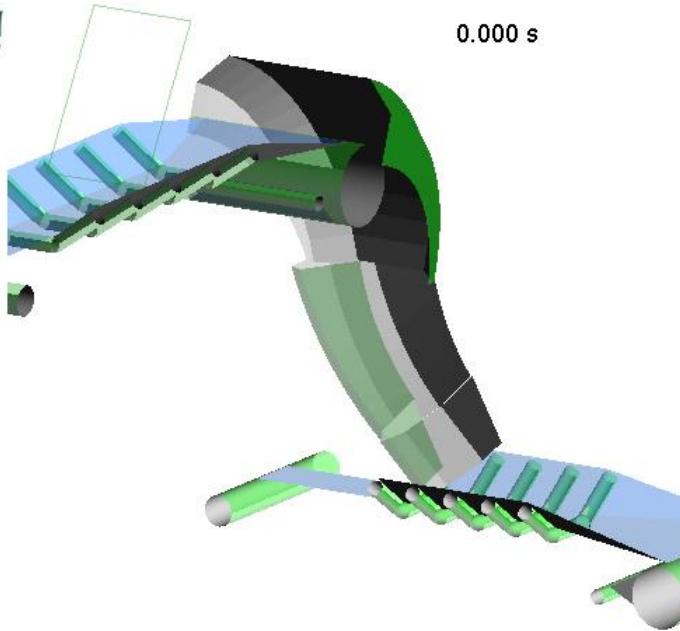


Simulação de fluxo utilizando DEM

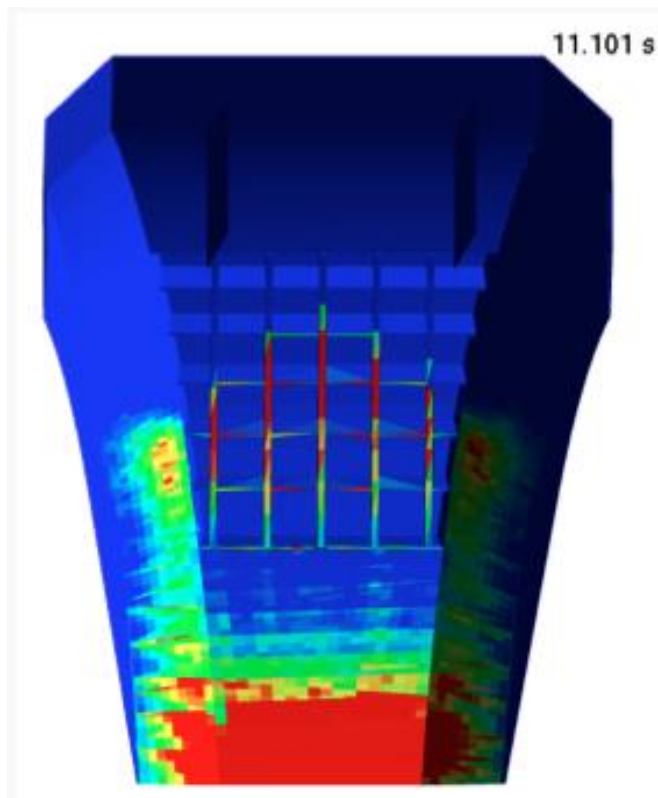
JENIKE &
JOHANSON
INCORPORATED

0.000 s

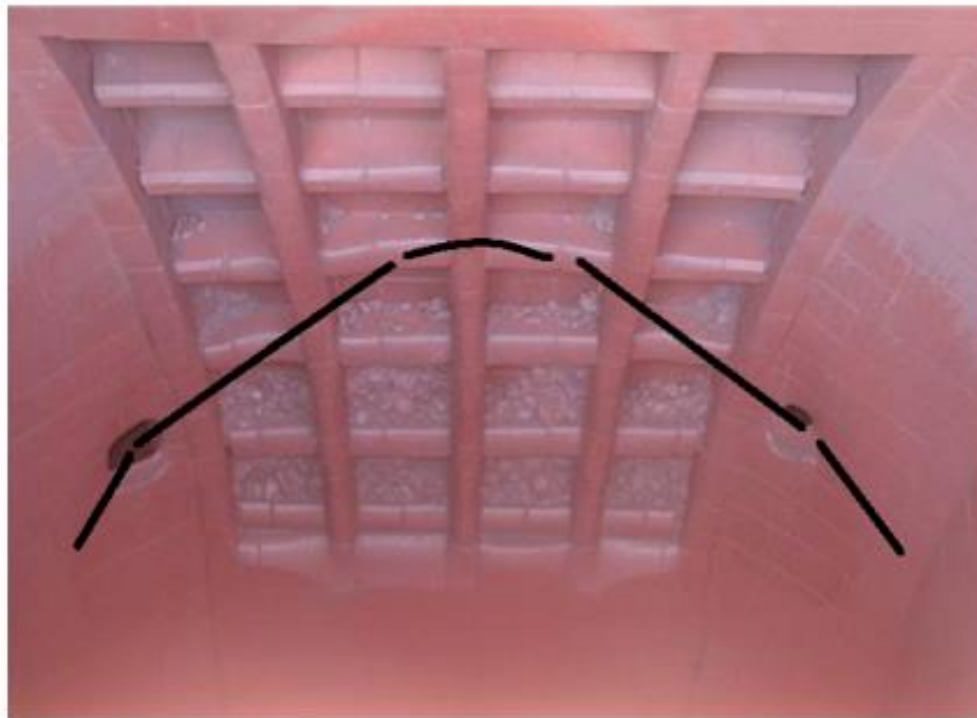
min value ft/s	color
20	
10	
5	
2	
0.1	
0	



Uso de DEM para prever desgaste

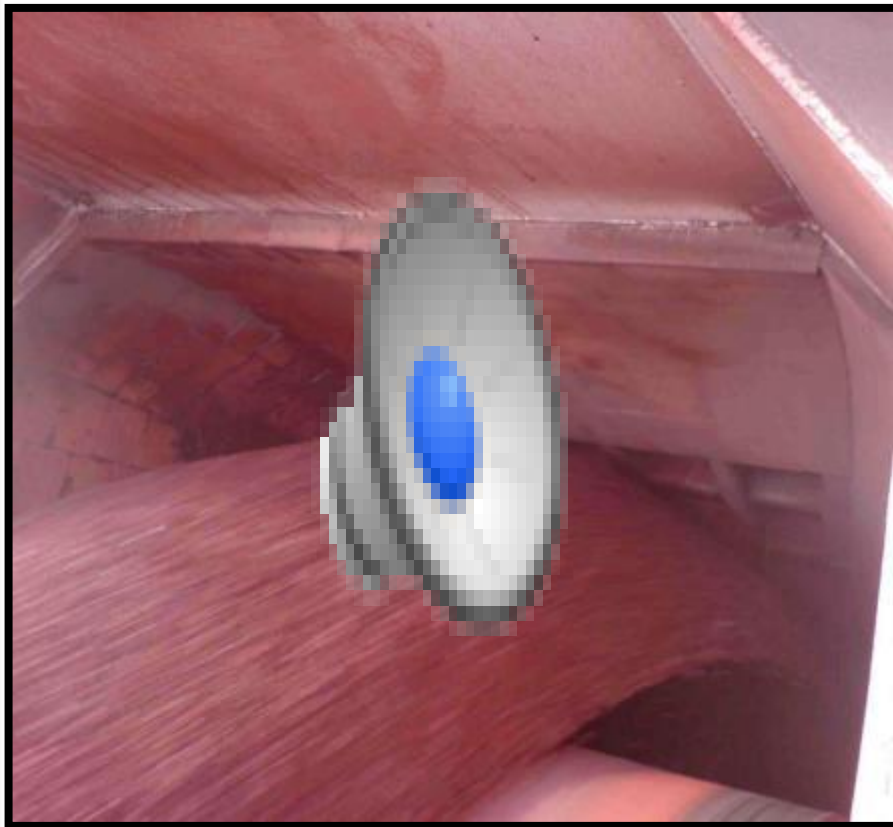


Análise de desgaste
com DEM



Desgaste real na cerâmica do
chute

Conceito *Hood & Spoon*



Captura adequada da corrente de fluxo com *hood*

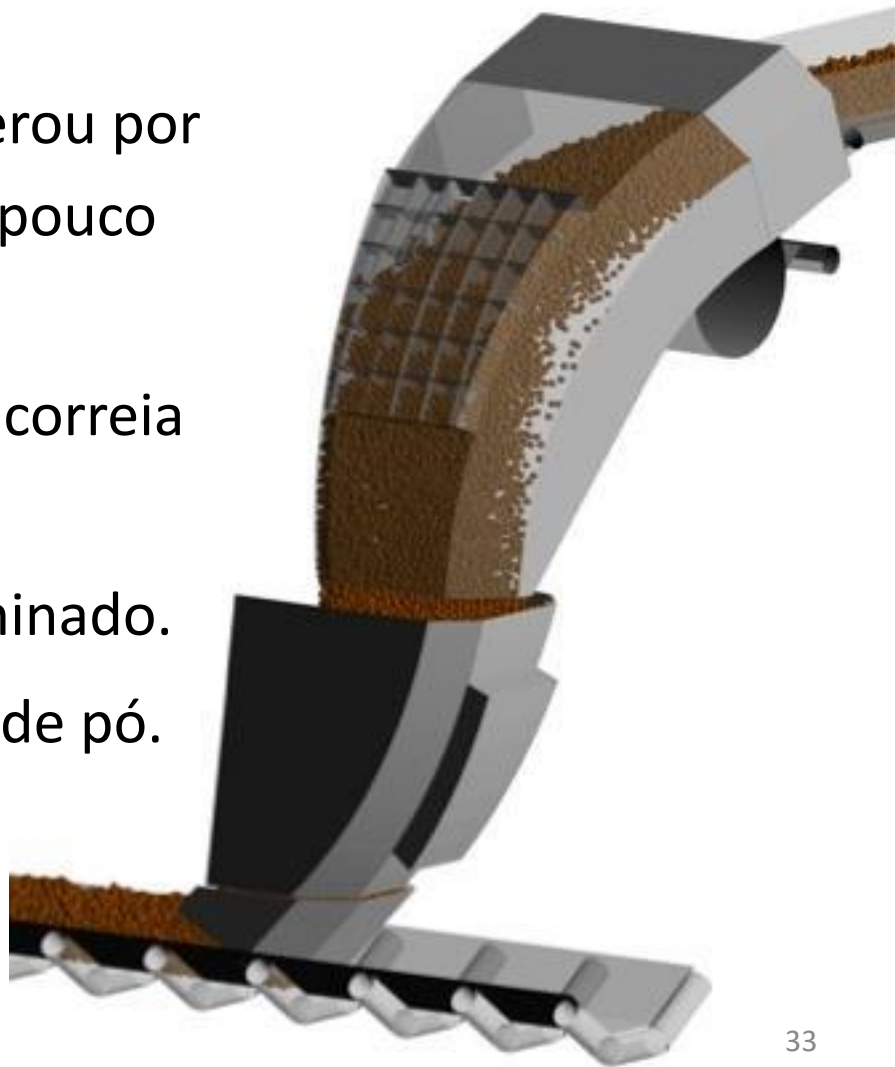
Carregamento adequado da correia com *spoon*



Conceito *Hood & Spoon*

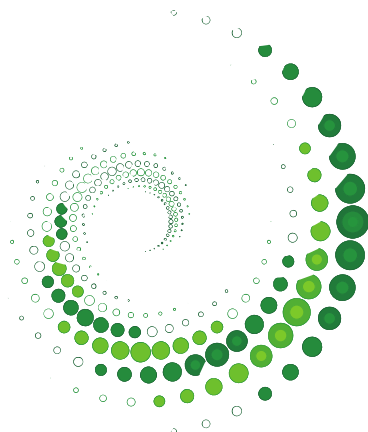
Outros benefícios:

- Manutenção mínima – chute operou por 2,5 anos antes de trocar o *hood*, pouco desgaste no *spoon*.
- Problema de desalinhamento da correia resolvido.
- Problema de derramamento eliminado.
- Redução significativa da geração de pó.
- **Atingir a capacidade desejada.**



Conclusão

- Problemas de fluxo podem ser evitados utilizando métodos analíticos comprovados.
- Simulações usando DEM são ótimas ferramentas de auxílio ao projeto.



JENIKE[®]
& J O H A N S O N
SCIENCE ENGINEERING DESIGN



PERGUNTAS?

Rogério Ruiz
Engenheiro de Projetos
Vinhedo/SP – Brasil
r Ruiz@Jenike.com

www.jenike.com

Jenike & Johanson Consultoria em Materiais Sólidos Ltda
Rua Monteiro de Barros, 513 · Vinhedo, SP · Tel: +55 19 38761179 · info-brasil@jenike.com · jenike.com

AUSTRÁLIA | BRASIL | CANADÁ | CHILE | ESTADOS UNIDOS