

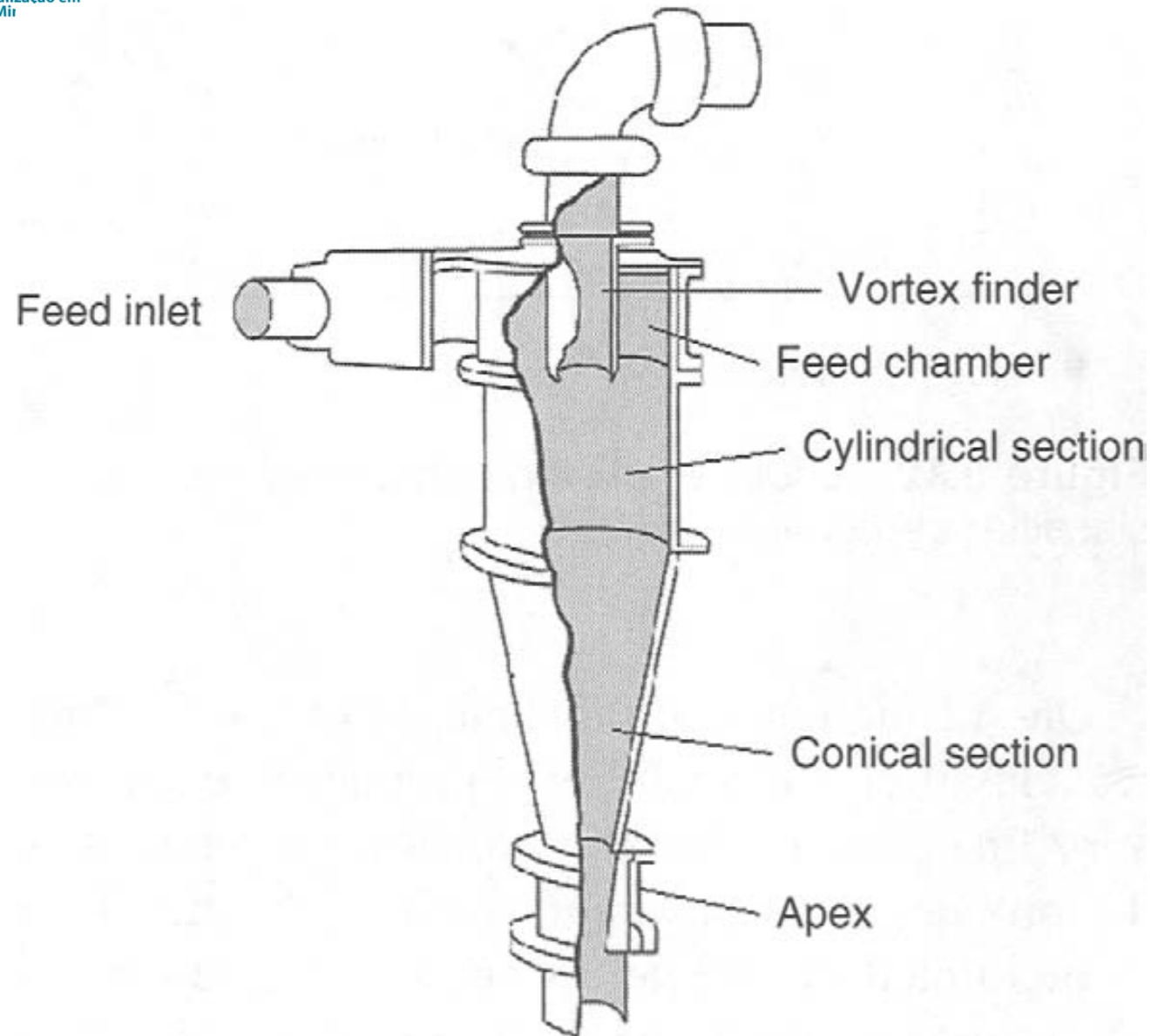
Classificação

5. Hidrociclones

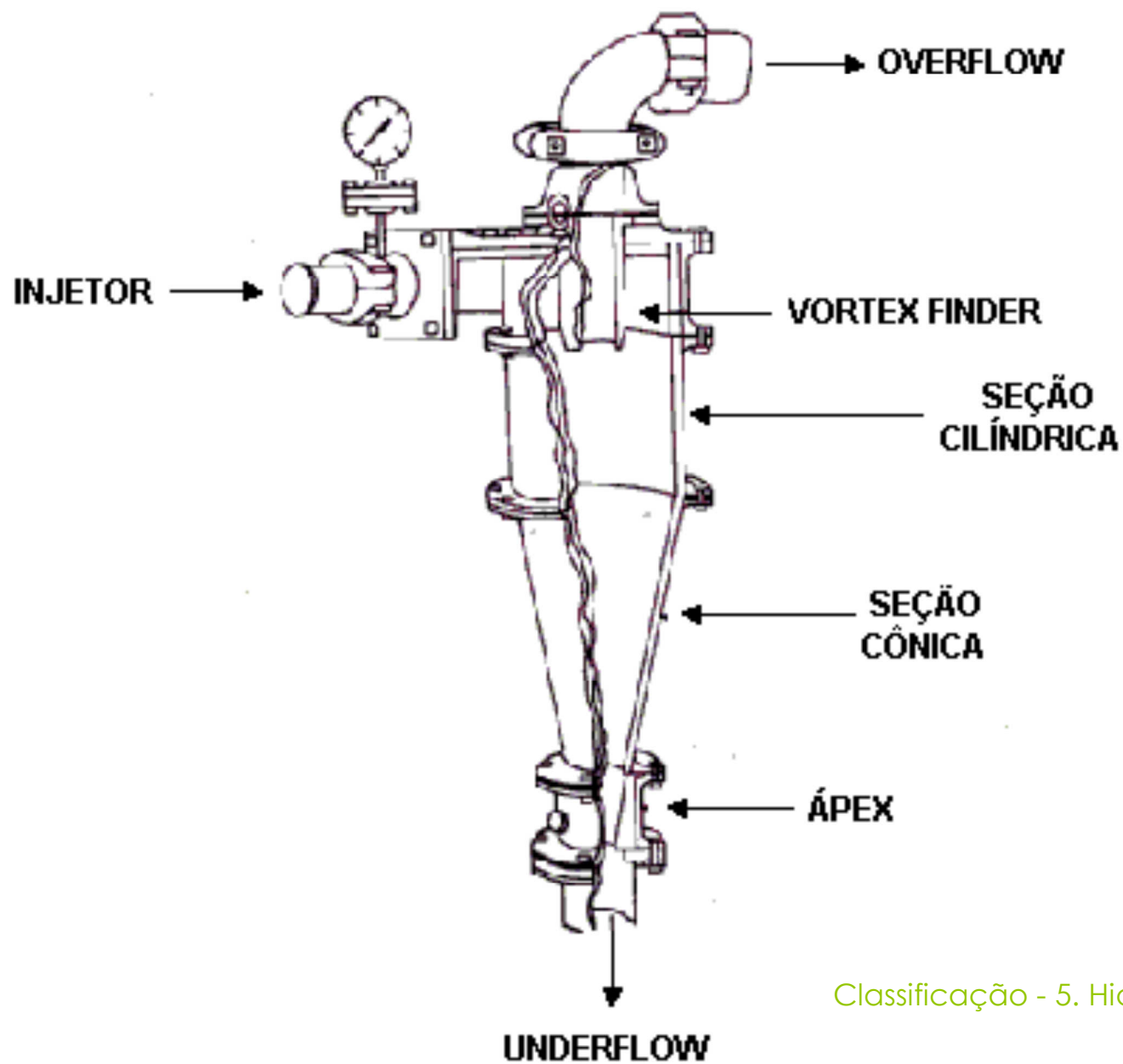
Prof. Dr. André Carlos Silva

Hidrociclones

- Composto por uma câmara cilíndrico-cônica, com uma entrada tangencial e duas saídas.
- A polpa é injetada sob pressão no aparelho, através de um duto situado na parte superior da câmara cilíndrica e, como resultado de sua entrada tangencial, é criado no seu interior um **vórtex** (redemoinho).



Classificação - 5. Hidrociclones



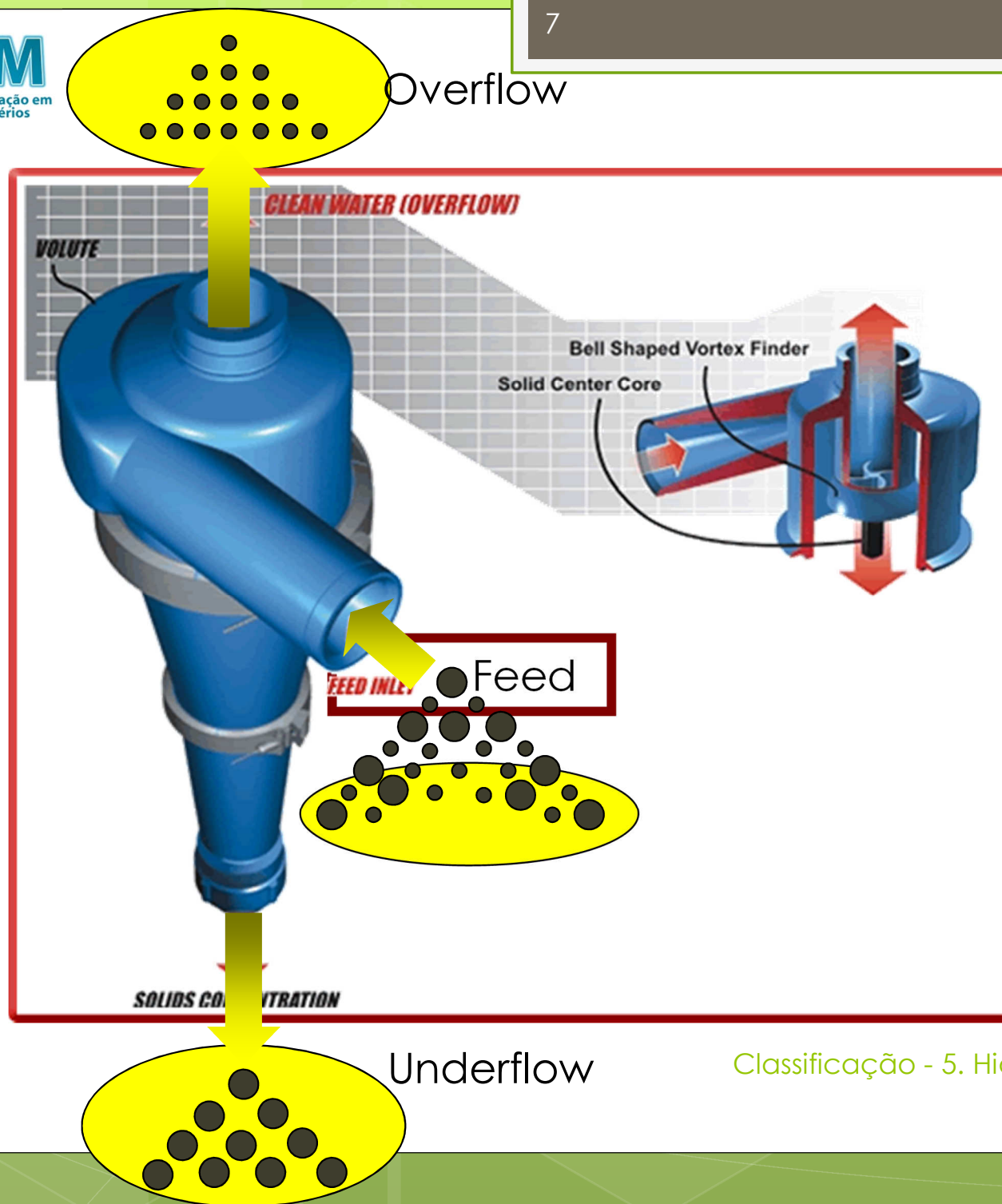
Classificação - 5. Hidrociclones

Hidrociclones

- As partículas mais grossas e mais densas (na verdade as que possuem mais massa!) são arremessadas contra as paredes e descarregadas na abertura inferior, denominada de **ápex**, consistindo o *underflow* do hidrociclone.

Hidrociclones

- Já as partículas mais finas, menos densas (com menor massa), são dirigidas para o centro do hidrociclone e juntamente com a maior parte da fase líquida saem por um cilindro na parte superior do aparelho, denominado **vórtex finder**, consistindo o *overflow*.



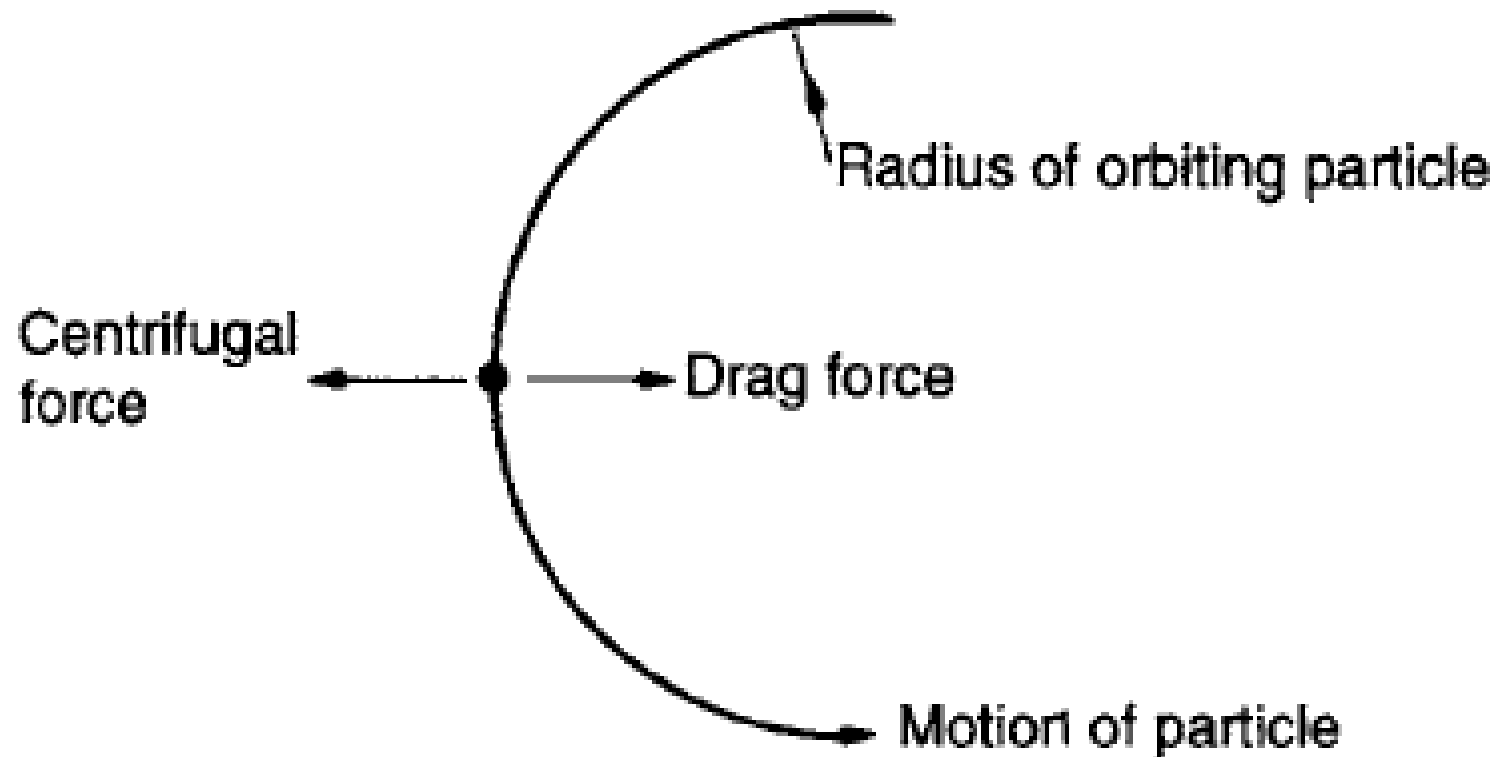
Classificação - 5. Hidrociclones

Hidrociclones

- Seu princípio básico de separação é a ***sedimentação centrífuga***.
- Seu desempenho é influenciado por suas variáveis geométricas, operacionais e pelas propriedades físicas dos sólidos e da polpa alimentada.

Hidrociclones

Forces acting on an orbiting particle in the hydrocyclone



Hidrociclones

- Sua maior aplicação é em circuitos fechados de moagem, devido à sua grande capacidade, baixo custo de aquisição e operação.





Figura - 5. Hidrociclones

Aplicações

- **Classificação**

- Frequentemente utilizado no fechamento do circuito de moagem onde o underflow do hidrociclone retorna ao moinho;

- **Espessamento**

- Elimina a maior parte da água de uma polpa;

Aplicações

- **Deslamagem**

- Elimina as partículas mais finas;

- **Classificação seletiva**

- Por meio de uma configuração em série é possível obter-se um conjunto de produtos com granulometria definida;

Aplicações

- **Pré-concentração**

- Utilizando hidrociclones de fundo chato, pode-se realizar concentração por gravidade onde os minerais mais densos são descartados pelo underflow.

Vantagens

- Capacidade elevada em relação ao seu volume e à área ocupada;
- Controle operacional relativamente simples;
- Custo de investimento pequeno. Devido ao seu baixo preço e pequeno espaço ocupado, é possível manter unidades de reserva.

Desvantagens

- Não possibilitam realizar ajustes para minimizar os efeitos causados pelas oscilações na alimentação;
- Controle de processo necessita de instalações sofisticadas;
- Caso o minério seja abrasivo, o custo de manutenção das bombas e dos hidrociclones poderá ser relativamente elevado.

Características geométricas

- ***Diâmetro do hidrociclone***
 - Define a capacidade e o diâmetro de corte dos hidrociclones.
 - Aumentando o diâmetro, aumentam a capacidade do hidrociclone e o diâmetro de corte.

Características geométricas

- **Diâmetro do vórtex finder**

- A variação de seu diâmetro possibilita regular a capacidade e o diâmetro de corte.
- O diâmetro máximo é limitado pela possibilidade do material ir diretamente para o overflow e a altura deve ser suficiente para ultrapassar o ponto inferior da abertura de entrada de alimentação.

Características geométricas

- ◉ **Área da abertura de entrada**

- ◉ Aumentando a área da abertura de entrada, aumentam a capacidade do hidrociclone e o diâmetro de corte.

- ◉ **Altura da seção cilíndrica**

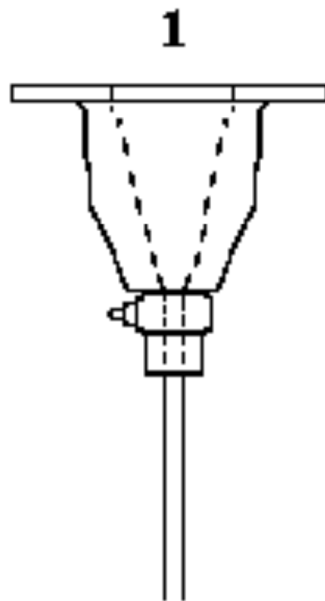
- ◉ Aumentando a altura, diminui o diâmetro de corte.

Características geométricas

- ◉ ***Diâmetro do ápex***

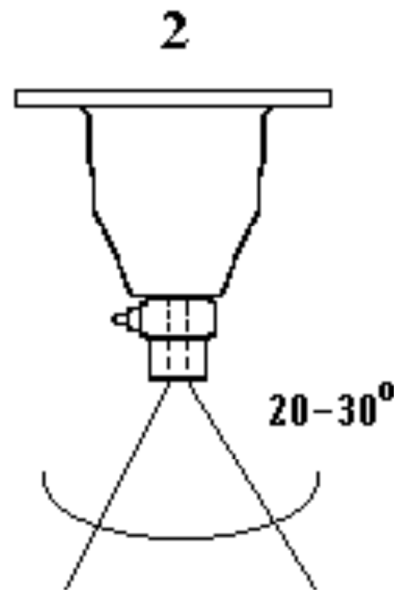
- ◉ Dependendo do tipo de descarga do ápex, pode-se avaliar as condições de operação do hidrociclone.
- ◉ Os três tipos de descarga são:
 - ◉ Cordão;
 - ◉ Cone;
 - ◉ Spray.

Características geométricas



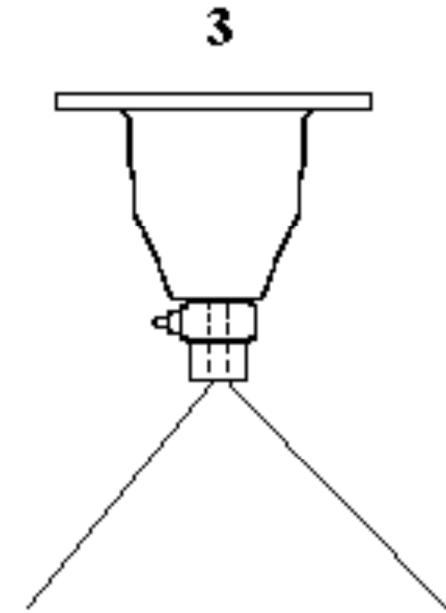
DESCARGA EM CORDÃO

1. Orifício do Apex
insuficiente



DESCARGA EM CONE

2. Orifício do Apex corretamente
dimensionado



DESCARGA EM "SPRAY"

3. Orifício do Apex muito
grande

Características geométricas

- **Ângulo da parte cônica**
 - Aumentando o ângulo do cone, aumenta o diâmetro de corte.
- Há um tipo de hidrociclone (**fundo chato**) cujas paredes apresentam inclinações entre 120° e 150° .

Características geométricas

- **Ângulo da parte cônica**

- Devido a esta característica é formado um leito com diferentes velocidades angulares que diminuem no sentido do topo à base.
- Estas diferenças de velocidades criam fortes correntes de convecção que nas paredes têm o sentido de cima para baixo e no centro, o sentido inverso.

Características geométricas

- **Ângulo da parte cônica**

- Isso faz com que seja possível efetuar cortes em granulometrias grossas sem a necessidade de utilização de porcentagem de sólidos elevadas e com maior eficiência do que nos hidrociclones convencionais.

Características geométricas

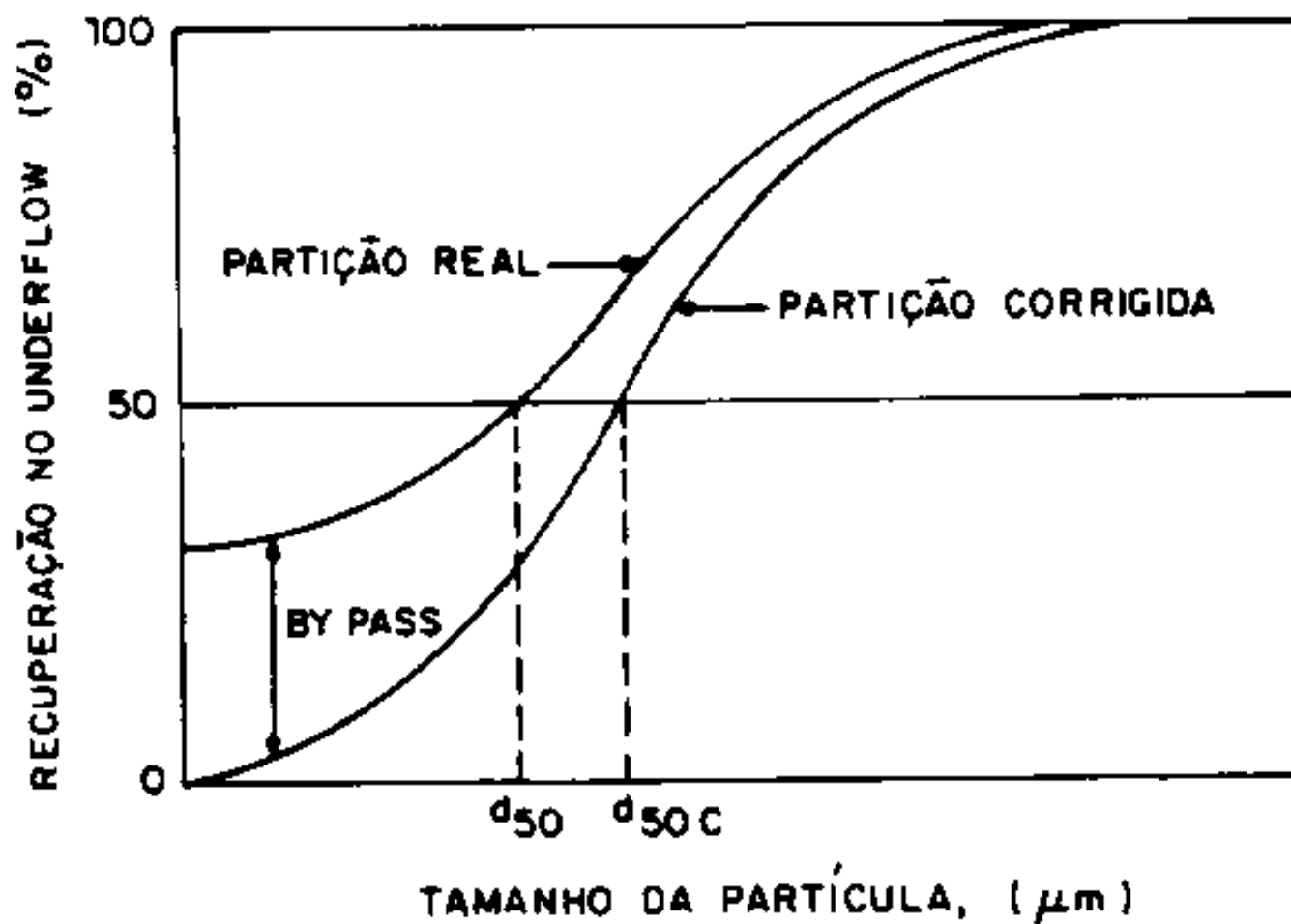
- **Pressão**

- Aumentando a pressão, diminui o diâmetro de corte.

- **Porcentagem de sólidos**

- Aumentando a porcentagem de sólidos na polpa, o diâmetro de corte aumenta até um determinado limite e depois, diminui.

Curva de classificação



ciclones

Determinação do d_{50c}

- O parâmetro d_{50} , denominado por alguns autores como sendo o tamanho de separação (ou de corte), é aquele no qual 50% das partículas saem pelo underflow e os outros 50% pelo overflow.
- Já o parâmetro d_{50c} indica que o d_{50} já foi corrigido levando em conta a imperfeição da curva de partição.

$$d_{50c} = \frac{39,7 D_c^{0,46} D_i^{0,6} D_o^{1,21} \eta^{0,5} \exp(0,063\phi)}{D_u^{0,71} h^{0,38} Q^{0,45} \left(\frac{\rho_s - \rho_l}{1,6} \right)^k}$$

- Onde:
 - D_c é o diâmetro do hidrociclone (m);
 - D_i é o diâmetro do duto de alimentação (m);
 - D_o é o diâmetro do *vórtex finder* (m);
 - D_u é o diâmetro do ápex (m);

Determinação do d_{50c}

- ϕ é a porcentagem de sólidos (em volume) na alimentação;
- h é a altura livre (distância interna entre o *vortex finder* e o *apex*) (m);
- Q é a vazão volumétrica da polpa na alimentação (l/seg);
- ρ_s e ρ_l é a massa específica dos sólidos e da água (kg/m^3);
- η é a viscosidade do fluido (kg/m.s);
- $k = 0,5$ para condições de regime laminar e $1,0$ para condições de regime turbulento.