

PMI-500 - TRABALHO DE FORMATURA

CLASSIFICADOR ESPIRAL - desaguamento

Aluno: Lúcio Rodrigues da Rosa [1996]

Dni
TE 1996
R 71c
Systo 1579604

*Lucio Rodrigues da Rosa
Engenharia de Minas
Conclusão: 1º semestre de 1996
Data da Colação: 12.08.1996*

M1996 E

DEDALUS - Acervo - EP-EPMI



31700005931

INDICE

- 1 - Objetivo
- 2 - Classificação
 - 2.1 - Introdução
 - 2.2 - Eficiência
- 3 - Desaguamento
 - 3.1 - Definição
 - 3.2 - Classificador espiral
- 4 - Classificador espiral
 - 4.1 - Descrição
 - 4.1.1 - Principais variáveis
 - 4.2 - Mecanismos
 - 4.3 - Dimensionamento
- 5 - Equipamentos e materiais utilizados
- 6 - Resultados e análise dos resultados
- 7 - Conclusões
- 8 - Bibliografia

OBJETIVO

Este trabalho tem com objetivo o estudo do classificador espiral, seu dimensionamento e utilização em desaguamento. São abordados neste trabalho aspectos como utilização, elementos constituintes e o dimensionamento.

Finalizando o trabalho levantaram-se dados em laboratório sobre um desaguamento de uma polpa arenosa num classificador espiral para testes em laboratório.

2 - CLASSIFICAÇÃO

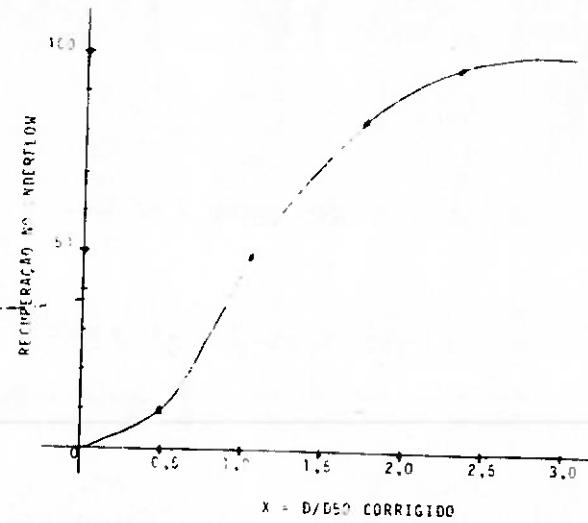
2.1 - INTRODUÇÃO

Classificação é uma operação que visa a separação de partículas grossas e finas.

Curva de partição - é a curva que se obtém plotando-se para cada fração granulométrica a porcentagem que vai aos grossos do classificador, em função o diâmetro médio da classe.

$$X_i = d_i / d_{50}$$

α = característica do material



d_{50} - Diâmetro da partícula que tem 50% de probabilidade ir para os grossos.

2.2 - EFICIENCIA

O classificador recebe o material e o separa em dois produtos:

Um material com granulometria mais grosseira("grossos") e um material de granulometria mais fina("finos").

Logicamente, um classificador espiral com eficiência de 100% teria 100% das partículas acima da malha de separação no produto grosso e 100% das partículas abaixo desta malha no produto fino. Como na classificação há sempre a mistura dessas partículas nos produtos, a classificação nunca apresenta eficiência de 100% .

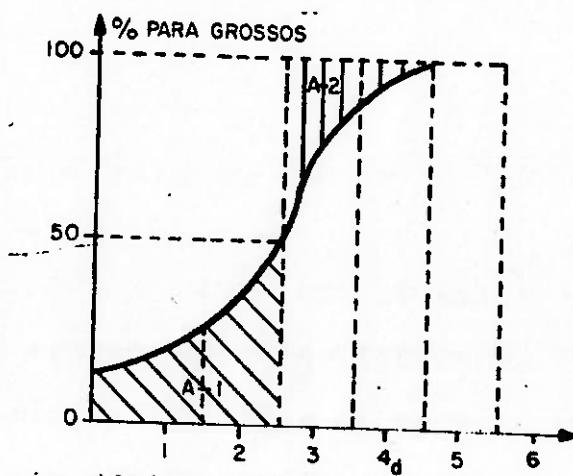
Anteriormente, era usual o uso das seguintes medidas:

Eficiência do underflow - porcentagem de material acima da malha de separação no produto fino.

Eficiência do overflow - porcentagem de material abaixo da malha de separação no produto grosso.

Eficiência conjunta - média geométrica dos anteriores.

O meio mais empregado atualmente na determinação da eficiência da classificação é através da curva de participação.



Fatores de eficiência:

Pode-se considerar a área compreendida entre a curva de participação a reta vertical passando por D_{50} (A-1 e A-2).

$$\text{Imperfeição} - I = \frac{d_{75} - d_{25}}{2d_{50}}$$

Pode-se verificar que a imperfeição representa o coeficiente angular médio da curva entre os limites de 25 a 75%. Quanto maior esse coeficiente, evidentemente mais eficiente será a classificação.

Pode-se representar de maneira aproximada a curva de participação pelo d_{50} e pela imperfeição, mas para cada classificador existe uma maneira mais adequada para a determinação da precisão.

3-DESAGUAMENTO

3.1-Definição

O desaguamento tem como objetivo reduzir a umidade de produtos de outras operações(finais ou intermediários).

O desaguamento se distingue da secagem, pois no desaguamento só se utilizam métodos mecânicos, havendo sempre uma umidade residual, ao contrário da secagem, que se utiliza de troca térmica e o objetivo final é a umidade igual a zero ou próxima.

Os equipamentos utilizados são: peneiras vibratória horizontais, peneiras DSM, classificadores espiral, cones desaguadores, ciclones desaguadores, pilhas de drenagem, centrífugas, e especialmente, espessadores e filtros à vácuo.

3.2-Classificador espiral

Quando se arrasta o underflow ao longo do classificador espiral, ele começa a perder água quando começa a subir pela

calha, obtendo-se geralmente ao final uma concentração de sólidos entre 65 e 75% . Trata-se de um exelente desaguador.

Utiliza-se, preferencialmente, a menor inclinação da calha(menores perdas de material) e calhas mais compridas para aumentar a perda d'água.

4-CLASSIFICADOR ESPIRAL

4.1 - Descrição

Podemos ver na figura abaixo e na próxima página croquis de classificadores espirais da Denver.

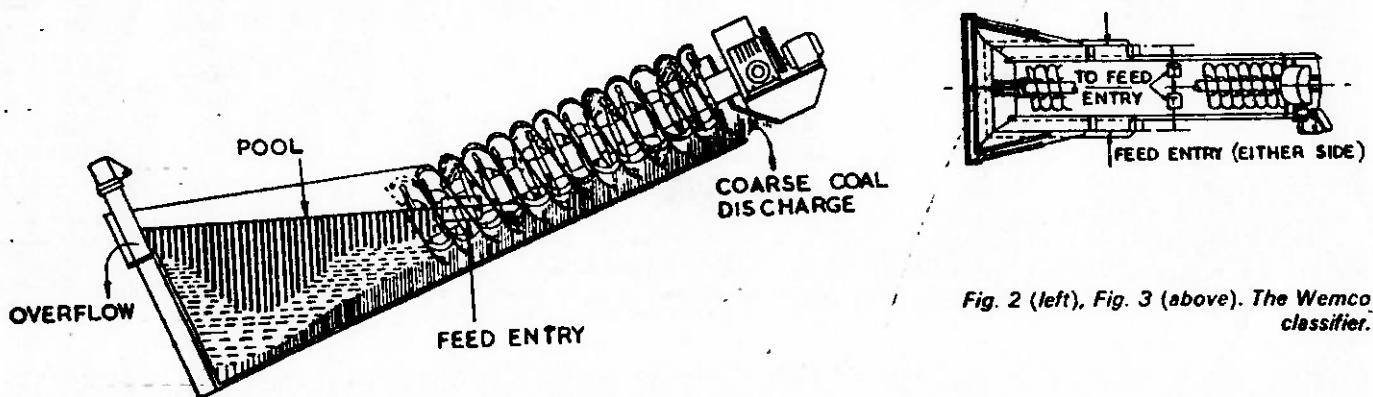
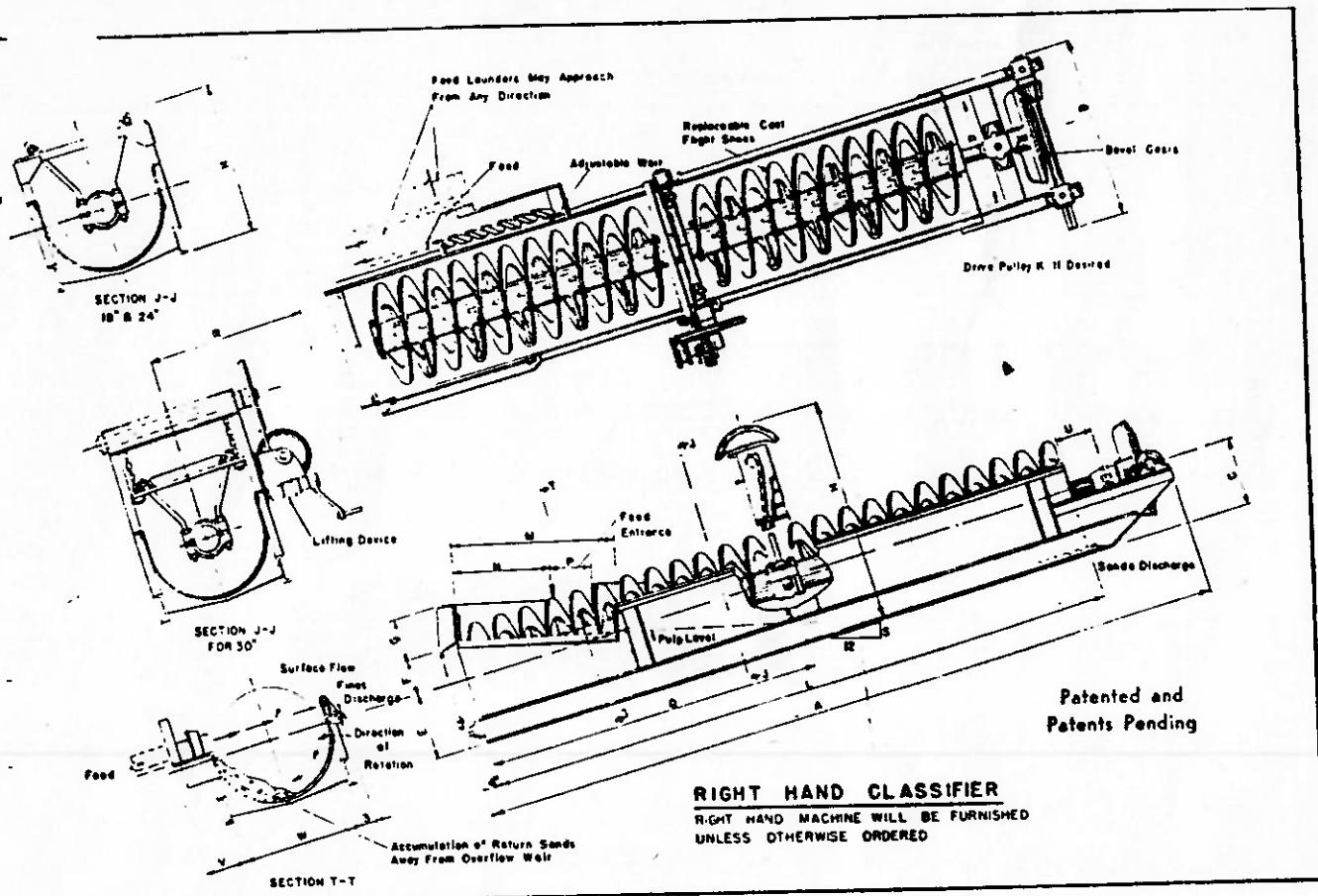
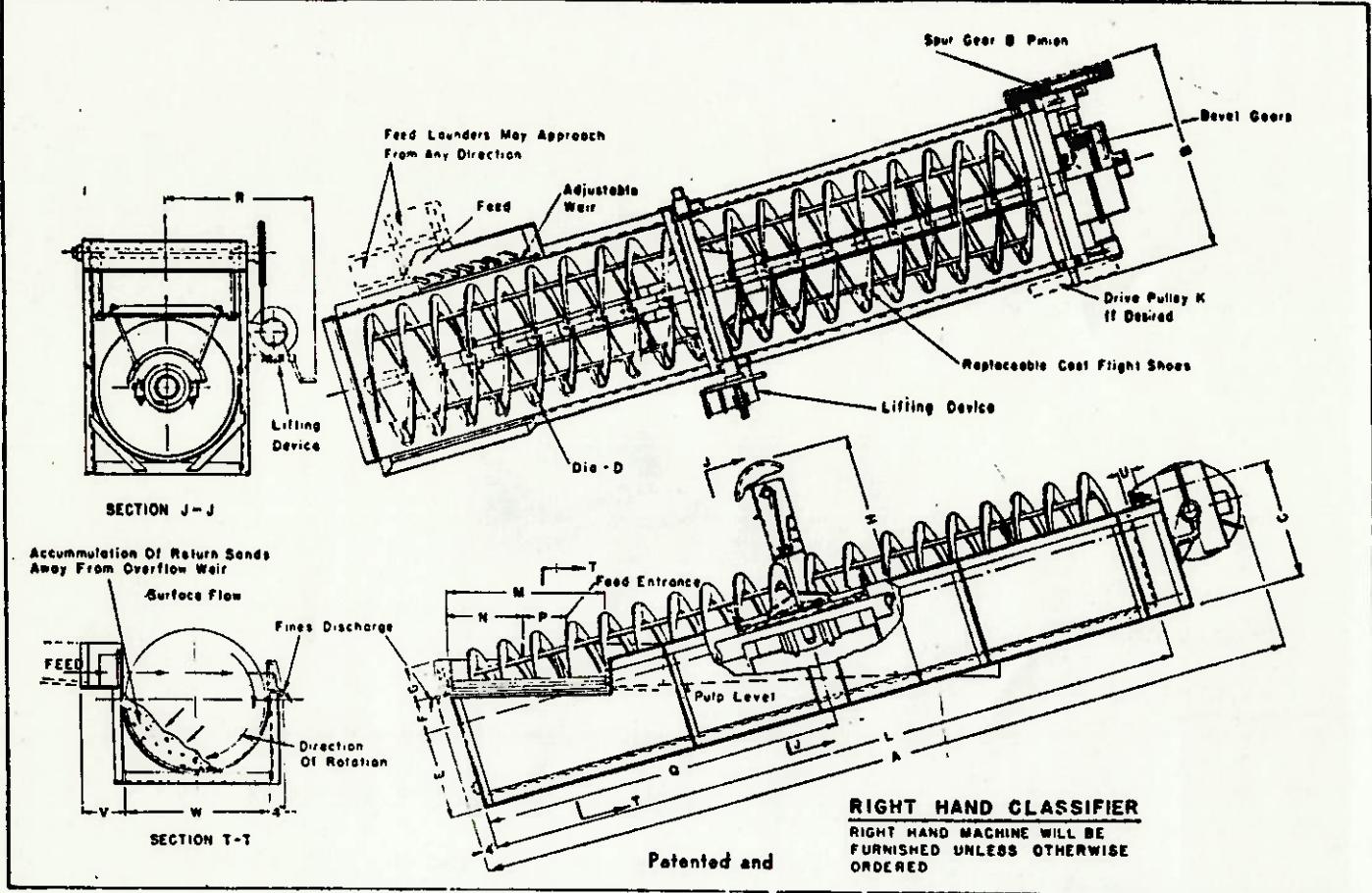


Fig. 2 (left), Fig. 3 (above). The Wemco classifier.



4.1.1 - Principais elementos

Diâmetro da espiral - importante para estabelecer um correto equilíbrio entre overflow e capacidade de arraste. Ligado diretamente a precisão da separação e controle da agitação.



Número de espirais - O número de espirais está diretamente ligado a capacidade de arraste do classificador.



Comprimento da espiral - Influencia diretamente a porcentagem de sólidos do underflow(quanto maior o comprimento, maior a porcentagem).



Velocidade da espiral - velocidades são recomendadas, devido ao grau de agitação que se confere à polpa. Influem nessa velocidade fatores como:

Tipo de minério, tamanho, formato, densidade, ângulo de repouso do material arrastado no underflow e separação desejada.

Tipo do tanque(piscina) - Reto - separação grosseira e polpas com lamas que tendem a se acomodar nas laterais. Modificado - 65 mesh e material mais fino, para aumentar o tamanho da piscina em relação ao reto, sem aumentar o tamanho da espiral. Completo - 100 mesh e separações mais finas, dependendo das características do mineral, usualmente utilizada quando são requeridas áreas muito grande de piscina.



Profundidade da piscina - A escolha da profundidade da piscina está ligada à efetividade da área da piscina. Série 90 - utilizada para material grosseiro (65 mesh). Série

125 - material entre 48 e 150 mesh. Série 150 - 100 mesh e mais finos.



Mecanismo de levantamento - o mecanismo de levantamento evita que seja necessária uma drenagem do tanque quando houver uma parada na operação. O classificador pode ser facilmente colocado para funcionar após a parada. O processo consiste em suspender a espiral, liga-la e baixa-la lentamente (os limites de separação se tornam mais grosseiros pela operação mais alta da espiral).



4.2 - Mecanismos

A classificação é feita por sedimentação em regime que se aplica a lei de Stokes.

No classificador espiral a sedimentação ocorre em regime de queda impedida. Para esse regime, utiliza-se a lei de Stokes com três fatores de correção.

f_1 - porcentagem de sólidos

$$f_1 = (1 - x_{2/3})(1 - x)(1 - 2,5x)$$

f2- forma

$f_2 = 4,5(g/u)$ g-aceleração da gravidade

u-viscosidade do fluido

Usa-se $f_2 = 0,65$ na média

A velocidade de sedimentação é dada pela seguinte equação(Gaudin) :

$$V = f_1 f_2 f_3 (d_s - d_l)r_2$$

V - velocidade de queda da partícula

d_s e d_l - densidade do sólido e do fluido

r - raio da partícula

Dentro da bacia do classificador agem forças que arrastam a partícula para o over e underflow. Dependendo do diâmetro da partícula ela pode(grossas) ter tempo suficiente de sedimentar a um nível inferior ao de extravasamento, indo para o underflow, ou não(finas), indo para o overflow.

O diâmetro de corte é definido igualando-se a velocidade de sedimentação da partícula ao quociente da vazão pela área da bacia do espessador, ou seja:

$$V_{dc} = \frac{Q}{W \cdot E}$$

V_{dc} - velocidade de sedimentação da partícula com o diâmetro de corte

Q - vazão de overflow

W - largura da bacia

E - distância entre o vertedor e o ponto de entrada da polpa

Para se calcular a área de sedimentação necessária, deve-se considerar a partícula mais fina que se deseja no underflow.

4.3 - Dimensionamento

Área do tanque - considera-se o diâmetro de corte desejado e definindo-se como diâmetro de corte a malha da peneira em que passam 95% de sólidos.

Na figura 1 temos a área requerida para a classificação, e a porcentagem de sólidos geralmente utilizada.

Nesta figura 1 considera-se a capacidade específica para material com densidade de 2,7. Para materiais com outra densidade utiliza-se uma correção (figura 2), que é a simples proporção entre densidade e capacidade.

Calcula-se a quantidade de massa que teoricamente será retirada pelo overflow. Divide-se esse número pela área unitária corrigida pela densidade real do material e pela concentração de sólidos, obtendo-se assim a área da piscina. Consulta-se a tabela 3 e seleciona-se o diâmetro da espiral, o tipo de tanque e a imersão da espiral.

Escolhida a malha de separação desejada, calcula-se a quantidade teórica de material retirado pelo underflow. Com a capacidade unitária e rotação, calcula-se a quantidade de material que a rosca pode retirar. Desta forma, escolhe-se o passo(número de espirais) a ser utilizado.

17-08

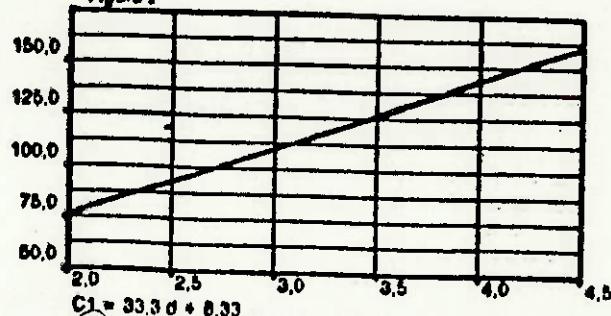
DIMENSIONAMENTO DE CLASSIFICADOR ESPIRAL

Figura 1

Corte (Tyler)	mm	Unid.	Média (w/w)
20	833	0,406	45
28	660	0,358	40
35	417	0,327	35
48	295	0,279	32
65	208	0,237	30
100	147	0,176	20
150	105	0,116	18
200	74	0,075	15

Wp

Figura 2



Capacidade de "overflow"

Diâm. da Espiral (")	Tipo do Tanque	Área da Piscina (pés quadrados -sqft)		
		Mod. 100	Mod. 125	Mod. 150
Extrato (ST)	Mod. 100	14,1	19,3	25,0
Médio (MF)	Mod. 125	20,65 #	35-150 #	65-325 #
Largo (FF)	Mod. 150	3 3/4 - pé (17:21)	3 1/2 - pé (15:30)	3 1/4 - pé (15:09)
24	ST	14,1	19,3	25,0
	MF	15,7	22,4	30,0
	FF	17,4	25,9	35,9
30	ST	21,4	29,1	38,0
	MF	23,9	34,5	45,4
	FF	26,8	40,0	55,4
36	ST	30,4	41,6	54,4
	MF	34,0	48,8	66,2
	FF	38,1	57,1	79,7
42	ST	41,6	56,5	73,7
	MF	46,6	66,4	89,8
	FF	52,3	78,0	108,4
48	ST	53,5	72,9	95,0
	MF	60,1	86,0	116,2
	FF	67,6	101,2	140,8
54	ST	67,0	91,2	116,7
	MF	75,4	107,9	146,7
	FF	85,1	126,9	177,9
60	ST	83,4	113,3	147,7
	MF	93,6	133,8	180,8
	FF	105,6	157,8	218,8
66	ST	100,3	136,5	177,7
	MF	112,9	161,5	218,4
	FF	127,4	190,4	265,6
72	ST	118,4	161,5	209,8
	MF	133,4	191,4	257,9
	FF	151,0	225,2	313,2
78	ST	138,5	188,4	245,2
	MF	156,3	224,3	302,2
	FF	176,9	264,6	367,8
84	ST	160,3	217,6	283,4
	MF	181,4	259,0	350,1
	FF	205,5	306,7	426,6

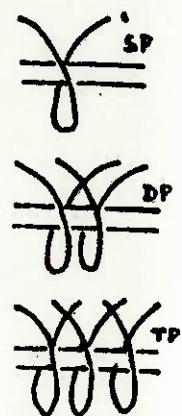
Capacidade do "overflow":

Escolhida a malha de separação desejada, calcular a quantidade (t/h) da massa que teoricamente será retirada pelo overflow. Dividir este pela área unitária corrigida pela densidade real do sólidos (figura 2) e pela curva de concentração de sólidos (% de sólidos em massa - figura 3).

Coordenada

Capacidade de "underflow"

Diâm. da Espiral (")	N.º Esp.	Capacid. (V/rpm)	Faixa de rotação do eixo (rpm)	Potência média (HP)
	1 - SP 2 - DP 3 - TP			
24	SP	1,0	6,0	2,0
	DP	2,0	a	2,0
	TP	3,0	16,0	3,0
30	SP	1,7	5,0	2,0
	DP	3,4	a	2,0
	TP	5,1	13,0	3,0
36	SP	3,5	4,0	3,0
	DP	7,0	a	3,0
	TP	10,5	11,0	5,0
42	SP	4,8	3,5	3,0
	DP	9,6	a	3,0
	TP	14,4	9,0	5,0
48	SP	8,7	3,2	5,0
	DP	17,4	a	5,0
	TP	26,1	8,0	7,5
54	SP	10,5	2,9	5,0
	DP	21,0	a	5,0
	TP	31,5	7,0	7,5
60	SP	17,3	2,6	7,5
	DP	34,6	a	7,5
	TP	51,9	6,5	10,0
66	SP	20,3	2,3	7,5
	DP	40,6	a	7,5
	TP	60,9	6,0	10,0
72	SP	27,8	2,1	10,0
	DP	55,6	a	10,0
	TP	83,4	5,3	15,0
78	SP	31,5	2,0	10,0
	DP	63,0	a	10,0
	TP	94,5	5,0	15,0
84	SP	37,5	1,8	10,0
	DP	75,0	a	15,0
	TP	112,5	4,5	15,0



Capacidade do "underflow":

Escolhida a malha de separação desejada, calcular a quantidade (t/h) da massa que teoricamente será retirada pelo underflow. Com a capacidade unitária e pela rotação, dentro da faixa de operação, permitirá o conhecimento da quantidade que a rosca pode retirar. Desta forma, escolhe-se o passo (SP, DP ou TP) para atingir a capacidade desejada.

5 - Equipamentos e materiais utilizados

Foi utilizado um classificador espiral com 8 polegadas de diâmetro, um alimentador vibratório e uma mangueira(simulando a alimentação de uma polpa. O material alimentado foi uma areia quartzosa(granulometria nos resultados), com uma pequena quantidade de micas.

Resultados obtidos

onde: s- sólidos

b- bacia

a- agua

massa em gramas, tempo em segundos, volume em ml

Underflow					Overflow		
Amostra	Massa s+b+a	M s	M s+b	t coleta	Volume	massa s	t coleta
1	1093.3	792.3	886.3	60	1820	3.4	30
2	1149.3	829.5	9318	60	1860	3.5	30
3	861.8	604.5	707.3	60	1860	2.2	30
4	781.5	539.8	640.7	60	1920	2.2	30
5	2776.4	2130.6	2242.4	60	1690	10.5	30

Picnômetro

A - Massa picnômetro = 39,10 g

B - Massa picnômetro + sólidos = 52.37

C - Massa picnômetro + sólidos + agua = 92.67

D - Massa picnômetro + agua = 87.66

Granulometria

Peneira Massa (g)

+20#	561.6
+28# -20	116.7
+35# -28	519.6
+48# -35	152.3
+65# -48	171.3
+100# -65	113
+150# 100	25.8
-150#	14.3

Cálculo da densidade específica do material e granulometria

Picnômetro

A - Massa picnômetro = 39,10 g

B - Massa picnômetro + sólidos = 52.37

C - Massa picnômetro + sólidos + agua = 92.67

D - Massa picnômetro + agua = 87.66

$$d = (B-A) / ((D-A)-(C-B))$$

$$d = 2.65 \text{ t/m}^3$$

Granulometria

Peneira	Massa (g)	% massa	acumulado
+20#	561.6	33.54	66.46
+28# -20	116.7	6.97	59.49
+35# -28	519.6	31.03	28.46
+48# -35	152.3	9.09	19.37
+65#- 48	171.3	10.23	9.14
+100#-6	113	6.75	2.39
+150#10	25.8	1.54	0.85
-150#	14.3	0.85	

Calculos e resultados

Underflow

Amostra	Massa s+b+	M s+b	M s	t coleta	Ma	% sol
1	1093.3	886.3	792.3	60	207	79.2855
2	1149.3	931.8	829.5	60	217.5	79.2264
3	861.8	707.3	604.5	60	154.5	79.6443
4	781.5	640.7	539.8	60	140.8	79.3124
5	2776.4	2242.4	2130.6	60	534	79.9595

Overflow

t coleta	Volume	massa s	t coleta	% sol
30	1820	3.4	30	0.18646
30	1860	3.5	30	0.18782
30	1860	2.2	30	0.11814
30	1920	2.2	30	0.11445
30	1690	10.5	30	0.61747

Alimentacao

amostra	% solidos
1	20.77
2	21.24
3	15.72
4	16.21
5	54.72

7 - Conclusões

Pudemos observar a eficiência do classificador espiral no desaguamento. Os resultados esperados eram um underflow com 65 a 75% de sólidos, mas acabou-se obtendo uma concentração de 79% em média, pode-se creditar parte desse resultado à granulometria da areia(grosseira).

A faixa de variação da % de sólidos não alterou a % de sólidos final de underflow(15,72 - 54,72%).

Foi notada ainda, a possibilidade de colocação de uma mangueira na parte superior do canal, retirando assim, mais uma parte dos finos(caso fossem indesejados).

8 - BIBLIOGRAFIA

- [1] - The Denver Equipment Index
- [2] - Roberts, J.; Palmer, E.; Smith, J. - The application of a spiral classifier as an aid to water clarification - Mining and Minerals Engineering, May 1971
- [3] - Taggart, A. F. - Handbook of mineral dressing
- [4] - Levine, S. - Liquid/solids separation via wet classification - Rock Products, September 1972.
- [5] - Beraldo, J. L. - Moagem de minérios em moinhos tubulares
- [6] - Weiss, N. L. - SME Mineral Processing Handbook
- [7] - Kelly, E. G.; Spottiswood, D. J. - Introduction to Mineral Processing

وَالْمُؤْمِنُونَ الْمُؤْمِنَاتُ الْمُؤْمِنَاتُ الْمُؤْمِنَاتُ الْمُؤْمِنَاتُ

JOHN HENRY STAFFORD RICHARDSON