

A1.9 – Resultados obtidos nas corridas experimentais para o hidrociclone Bradley $D_c = 20\text{mm}$ a 6 atm.

Hidrociclone Bradley $D_c = 20\text{mm}$ individual

Dados:

hidrociclone: Bradley individual, $D_c: 20\text{ mm}$

Temperatura: 28°C

Suspensão alimentada: levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) em água a 0,25% em massa.

Tabela A.89 - Distribuição granulométrica das correntes de alimentação e do *underflow* Bradley $D_c = 20\text{mm}$ individual $\Delta P: 6 \pm 0,20\text{ atm}$.

Corrente de alimentação		Corrente do <i>underflow</i>	
d (μm)	X (%)	d (μm)	X (%)
—	—	1,44	2,23
—	—	1,68	3,47
—	—	1,95	5,36
2,28	0,01	2,28	7,63
2,65	4,32	2,65	9,93
3,09	10,00	3,09	13,20
3,60	21,72	3,60	20,52
4,19	42,15	4,19	34,97
4,88	66,78	4,88	58,67
5,69	86,50	5,69	82,50
6,63	96,59	6,63	96,33
7,72	99,62	7,72	100,00
9,00	100,00	—	—

Tabela A.90 - Cálculo da vazão mássica para o hidrociclone Bradley $D_c = 20\text{mm}$ individual $\Delta P: 6 \pm 0,20\text{ atm}$.

Amostra	$M_p + M_b (\text{g})$	$M_{sp} (\text{g})$	W (g/s)	$W_{\text{média}} (\text{g/s})$
A ₁	1320	1205	120,50	119,10
A ₂	1285	1170	117,00	
A ₃	1315	1200	120,00	
A ₄	1300	1185	118,50	
A ₅	1310	1195	119,50	
U ₁	530	415	41,50	41,00
U ₂	530	415	41,50	
U ₃	510	395	39,50	
U ₄	530	415	41,50	
U ₅	525	410	41,00	

$M_b = 115\text{ g}$

$t = 10\text{ s}$

Tabela A.91 - Cálculo da concentração mássica para o hidrociclone Bradley $D_c = 20\text{mm}$ individual $\Delta P : 6 \pm 0,20 \text{ atm}$.

Amostra	$M_b(\text{g})$	$M_{sp}+M_b(\text{g})$	$M_p+M_b(\text{g})$	$M_{sp}(\text{g})$	$M_p(\text{g})$	c_w	$c_w \text{ média}$
A ₁	35,1603	46,5251	35,1858	11,3648	0,0255	0,0022	0,0029
A ₂	29,2030	32,6533	29,2135	3,4503	0,0105	0,0030	
A ₃	41,2367	46,3272	41,2527	5,0905	0,0160	0,0031	
A ₄	39,4108	43,3644	39,4231	3,9536	0,0123	0,0031	
A ₅	43,2598	49,8975	43,2790	6,6377	0,0192	0,0029	
U ₁	46,4266	54,0867	46,4562	7,6601	0,0296	0,0039	0,0038
U ₂	64,2042	71,1936	64,2322	6,9894	0,0280	0,0040	
U ₃	29,6560	38,8414	29,6890	9,1854	0,0330	0,0036	
U ₄	40,4788	48,1801	40,5068	7,7013	0,0280	0,0036	
U ₅	39,4879	48,2333	39,5210	8,7454	0,0330	0,0038	

Tabela A.92 - Resultados das correntes de alimentação e *underflow* para o hidrociclone Bradley $D_c = 20\text{mm}$ individual $\Delta P : 6 \pm 0,20 \text{ atm}$.

Corrente de alimentação							
W (g/s)	$c_w(\%)$	$\rho_{\text{alim}}(\text{g/cm}^3)$	Q(cm^3/s)	$c_v(\%)$	$R^2(\%)$	$d_{63,2}$	n
119,10	0,29	0,99727	119,43	0,26	99,81	4,82	4,73
Corrente do <i>underflow</i>							
W _u (g/s)	$c_{wu}(\%)$	$\rho_{\text{under}}(\text{g/cm}^3)$	Q _u (cm^3/s)	$c_{vu}(\%)$	$R^2(\%)$	$d_{63,2}$	n
41,00	0,38	0,99735	41,11	0,34	99,64	5,03	4,09

Tabela A.93 - Eficiência total e diâmetro de corte para o Bradley $D_c = 20\text{mm}$ individual $\Delta P : 6 \pm 0,20 \text{ atm}$.

$E_T(\%)$	$R_L(\%)$	$E'_T(\%)$	$d_{50}(\mu\text{m})$	$d'_{50}(\mu\text{m})$
45,10	34,20	16,50	5,68	6,13

Tabela A.94 – Eficiência granulométrica para o hidrociclone Bradley $D_c = 20\text{mm}$ individual $\Delta P : 6 \pm 0,20 \text{ atm}$.

d (μm)	G (d) [%]	G'(d) [%]
1,44	44,00	43,15
1,68	43,70	39,85
1,95	43,42	36,25
2,28	43,10	27,45
2,65	43,00	19,79
3,09	42,87	12,92
3,60	39,27	7,44
4,19	37,25	4,36
4,88	38,67	6,52
5,69	50,32	24,28
6,63	100,00	100,00

Hidrociclones Bradley $D_c = 20\text{mm}$ em série (2 estágios)

Dados:

Hidrociclones: Bradley, $D_c: 20\text{ mm}$

Temperatura: $28\text{ }^\circ\text{C}$

Suspensão alimentada: suspensão obtida da corrente do *overflow* do 1º hidrociclone (etapa 1).

Tabela A.95 - Distribuição granulométrica das correntes de alimentação e do *underflow*
Bradley $D_c = 20\text{mm}$ em série $\Delta P : 6 \pm 0,20\text{ atm}$.

Corrente de alimentação		Corrente do <i>underflow</i>	
d (μm)	X (%)	d (μm)	X (%)
1,44	2,35	1,44	2,19
1,68	3,74	1,68	3,56
1,95	5,83	1,95	5,61
2,28	8,34	2,28	8,08
2,65	10,98	2,65	10,63
3,09	14,82	3,09	14,24
3,60	22,90	3,60	21,91
4,19	38,17	4,19	36,59
4,88	61,83	4,88	60,13
5,69	84,57	5,69	83,47
6,63	97,11	6,63	96,79
7,72	100,00	7,72	100,00

Tabela A.96 - Cálculo da vazão mássica para hidrociclones Bradley $D_c = 20\text{mm}$ em série
 $\Delta P : 6 \pm 0,20\text{ atm}$.

Amostra	M _p +M _b (g)	M _{sp} (g)	W (g/s)	W _{média} (g/s)
A ₁	1320	1205	120,50	119,40
A ₂	1310	1195	119,50	
A ₃	1305	1190	119,00	
A ₄	1300	1185	118,50	
A ₅	1310	1195	119,50	
U ₁	535	420	42,00	41,70
U ₂	530	415	41,50	
U ₃	530	415	41,50	
U ₄	530	415	41,50	
U ₅	535	420	42,00	
M _b = 115 g				
t = 10 s				

Tabela A.97 - Cálculo da concentração mássica para hidrociclones Bradley $D_c = 20\text{mm}$ em série $\Delta P : 6 \pm 0,20 \text{ atm}$

Amostra	$M_b(\text{g})$	$M_{sp}+M_b(\text{g})$	$M_p+M_b(\text{g})$	$M_{sp}(\text{g})$	$M_p(\text{g})$	c_w	c_w média
A ₁	41,2132	45,5612	41,2232	4,3480	0,0100	0,0023	0,0023
A ₂	29,0534	34,3917	29,0662	5,3383	0,0128	0,0024	
A ₃	38,9693	44,0087	38,9814	5,0394	0,0121	0,0024	
A ₄	32,8034	37,3334	32,8124	4,5300	0,0090	0,0020	
A ₅	43,8972	51,2987	43,9140	7,4015	0,0168	0,0023	
U ₁	34,6454	39,1494	34,6590	4,5040	0,0136	0,0030	0,0030
U ₂	39,5798	43,2564	39,5906	3,6766	0,0108	0,0029	
U ₃	32,4434	37,1572	32,4570	4,7138	0,0136	0,0029	
U ₄	43,3183	47,3950	43,3313	4,0767	0,0130	0,0032	
U ₅	39,8753	50,8950	39,9091	11,0197	0,0338	0,0031	

Tabela A.98 - Resultados das correntes de alimentação e *underflow* para hidrociclones Bradley $D_c = 20\text{mm}$ em série $\Delta P : 6 \pm 0,20 \text{ atm}$

Corrente de alimentação				
W (g/s)	$c_w(\%)$	$\rho_{\text{alim}}(\text{g/cm}^3)$	Q(cm ³ /s)	$c_v(\%)$
119,40	0,23	0,99721	119,73	0,21
Corrente do <i>underflow</i>				
W _u (g/s)	$c_{wu}(\%)$	$\rho_{\text{under}}(\text{g/cm}^3)$	Q _u (cm ³ /s)	$c_{vu}(\%)$
41,70	0,30	0,99728	41,81	0,27

Tabela A.99 - Eficiência total para hidrociclones Bradley $D_c = 20\text{mm}$ em série $\Delta P : 6 \pm 0,20 \text{ atm}$.

$E_T(\%)$	$R_L(\%)$	$E'_T(\%)$	$E_T(\%)$ (conjunto)
45,10	34,20	16,50	70,60

A1.10 – Resultados obtidos nas corridas experimentais para o hidrociclone Bradley $D_c = 30\text{mm}$ a 2 atm.

Hidrociclone Bradley $D_c = 30\text{mm}$ individual

Dados:

Hidrociclone: Bradley individual, $D_c: 30\text{ mm}$

Temperatura: 28°C

Suspensão alimentada: levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) em água a 0,25% em massa.

Tabela A.100 - Distribuição granulométrica das correntes de alimentação e *underflow*, Bradley $D_c = 30\text{mm}$ individual $\Delta P : 2 \pm 0,10\text{ atm}$.

Corrente de alimentação		Corrente do <i>underflow</i>	
d (μm)	X (%)	d (μm)	X (%)
1,44	2,41	1,44	2,44
1,68	3,74	1,68	3,76
1,95	5,71	1,95	5,70
2,28	8,03	2,28	8,01
2,65	10,36	2,65	10,35
3,09	13,68	3,09	13,62
3,60	21,00	3,60	20,75
4,19	35,32	4,19	34,80
4,88	58,41	4,88	57,69
5,69	81,20	5,69	80,66
6,63	94,42	6,63	94,18
7,72	98,70	7,72	98,62
9,00	100,00	9,00	100,00

Tabela A.101 - Cálculo da vazão mássica para o hidrociclone Bradley $D_c = 30\text{mm}$ individual $\Delta P : 2 \pm 0,10\text{ atm}$.

Amostra	$M_p + M_b (\text{g})$	$M_{sp} (\text{g})$	W (g/s)	$W_{\text{média}} (\text{g/s})$
A ₁	990	875	175,00	174,40
A ₂	975	860	172,00	
A ₃	1000	885	177,00	
A ₄	970	855	171,00	
A ₅	1000	885	177,00	
U ₁	350	235	47,00	47,00
U ₂	360	245	49,00	
U ₃	350	235	47,00	
U ₄	340	225	45,00	
U ₅	350	235	47,00	

$M_b = 115\text{ g}$

$t = 5\text{ s}$

Tabela A.102 - Cálculo da concentração mássica para o hidrociclone Bradley $D_c = 30\text{mm}$ individual $\Delta P : 2 \pm 0,10\text{ atm}$.

Amostra	$M_b(\text{g})$	$M_{sp}+M_b(\text{g})$	$M_p+M_b(\text{g})$	$M_{sp}(\text{g})$	$M_p(\text{g})$	c_w	c_w média
A ₁	32,4430	36,7687	32,4557	4,3257	0,0127	0,0029	0,0029
A ₂	34,6497	40,5146	34,6650	5,8649	0,0153	0,0026	
A ₃	64,2051	69,3193	64,2205	5,1142	0,0154	0,0030	
A ₄	40,4781	44,3804	40,4895	3,9023	0,0114	0,0029	
A ₅	39,4583	43,8976	39,4711	4,4393	0,0127	0,0029	
U ₁	43,3166	46,5246	43,3273	3,2080	0,0107	0,0033	0,0033
U ₂	32,8035	36,6338	32,8169	3,8303	0,0134	0,0035	
U ₃	39,5764	42,5804	39,5865	3,0040	0,0101	0,0034	
U ₄	29,6563	36,6743	29,6772	7,0180	0,0209	0,0030	
U ₅	29,8793	35,8967	29,8992	6,0174	0,0199	0,0033	

Tabela A.103 - Resultados das correntes de alimentação e *underflow* para o hidrociclone Bradley $D_c = 30\text{mm}$ individual $\Delta P : 2 \pm 0,10\text{ atm}$.

Corrente de alimentação							
W (g/s)	$c_w(\%)$	$\rho_{\text{alim}}(\text{g/cm}^3)$	Q(cm^3/s)	$c_v(\%)$	$R^2(\%)$	$d_{63,2}$	n
174,40	0,29	0,99727	174,88	0,26	99,70	5,06	3,89
Corrente do <i>underflow</i>							
W _u (g/s)	$c_{wu}(\%)$	$\rho_{\text{under}}(\text{g/cm}^3)$	Q _u (cm^3/s)	$c_{vu}(\%)$	$R^2(\%)$	$d_{63,2}$	n
47,00	0,33	0,99731	47,13	0,30	99,69	5,08	3,88

Tabela A.104 - Eficiência total e diâmetro de corte para o hidrociclone Bradley $D_c = 30\text{mm}$ individual $\Delta P : 2 \pm 0,10\text{ atm}$.

$E_T(\%)$	$R_L(\%)$	$E'_T(\%)$	$d_{50}(\mu\text{m})$	$d'_{50}(\mu\text{m})$
34,60	30,20	6,40	11,10	12,16

Tabela A.105 – Eficiência granulométrica para o hidrociclone Bradley $D_c = 30\text{mm}$ individual
 $\Delta P : 2 \pm 0,10 \text{ atm}$.

d(μm)	G (d) [%]	G'(d) [%]
1,44	30,73	5,19
1,68	30,69	5,13
1,95	30,64	5,07
2,28	30,61	5,02
2,65	30,57	4,98
3,09	30,56	4,95
3,60	30,57	4,97
4,19	30,63	5,06
4,88	30,80	5,29
5,69	31,18	5,81
6,63	31,98	6,90
7,72	33,62	9,14
9,00	37,09	13,89
10,48	44,78	24,42
12,21	64,34	51,19
14,22	100,00	100,00

Hidrociclones Bradley $D_c = 30\text{mm}$ em série (2 estágios)

Dados:

Hidrociclones: Bradley em série, $D_c: 30\text{ mm}$

Temperatura: $28\text{ }^\circ\text{C}$.

Suspensão alimentada: suspensão obtida da corrente do *overflow* do 1º hidrociclone (etapa 1).

Tabela A.106 - Distribuição granulométrica das correntes de alimentação e do *underflow*
Bradley $D_c = 30\text{mm}$ em série $\Delta P : 2 \pm 0,10\text{ atm}$.

Corrente de alimentação		Corrente do <i>underflow</i>	
d (μm)	X (%)	d (μm)	X (%)
1,44	2,40	1,44	2,31
1,68	3,77	1,68	3,61
1,95	5,76	1,95	5,58
2,28	8,11	2,28	7,95
2,65	10,53	2,65	10,40
3,09	14,06	3,09	13,86
3,60	21,68	3,60	21,28
4,19	36,28	4,19	35,64
4,88	59,47	4,88	58,69
5,69	82,22	5,69	81,72
6,63	95,24	6,63	95,13
7,72	98,96	7,72	99,01
9,00	99,35	9,00	99,40
10,48	99,70	10,48	99,71
12,21	100,00	12,21	100,00

Tabela A.107 - Cálculo da vazão mássica para o hidrociclones Bradley $D_c = 30\text{mm}$ em série $\Delta P : 2 \pm 0,10\text{ atm}$.

Amostra	$M_p + M_b (\text{g})$	$M_{sp} (\text{g})$	W (g/s)	$W_{\text{média}} (\text{g/s})$
A ₁	980	865	173,00	172,20
A ₂	990	875	175,00	
A ₃	980	865	173,00	
A ₄	950	835	167,00	
A ₅	980	865	173,00	
U ₁	355	240	48,00	48,60
U ₂	360	245	49,00	
U ₃	360	245	49,00	
U ₄	360	245	49,00	
U ₅	355	240	48,00	

$M_b = 115\text{ g}$

$t = 5\text{ s}$

Tabela A.108 - Cálculo da concentração mássica para o Bradley $D_c = 30\text{mm}$ em série $\Delta P : 2 \pm 0,10 \text{ atm}$.

Amostra	$M_b(\text{g})$	$M_{sp}+M_b(\text{g})$	$M_p+M_b(\text{g})$	$M_{sp}(\text{g})$	$M_p(\text{g})$	c_w	c_w média
A ₁	41,2103	46,2176	41,2229	5,0073	0,0126	0,0025	0,0026
A ₂	41,2353	44,9608	41,2448	3,7255	0,0095	0,0025	
A ₃	29,2030	32,4332	29,2119	3,2302	0,0089	0,0028	
A ₄	39,4099	46,2570	39,4264	6,8471	0,0165	0,0024	
A ₅	64,7895	69,8792	64,8025	5,0897	0,0130	0,0026	
U ₁	46,4322	58,3852	46,4641	11,9530	0,0319	0,0027	0,0028
U ₂	35,1604	43,3080	35,1831	8,1476	0,0227	0,0028	
U ₃	38,9713	47,6125	38,9977	8,6412	0,0264	0,0031	
U ₄	29,0853	35,5727	29,1028	6,4874	0,0175	0,0027	
U ₅	46,8793	49,8972	46,8880	3,0179	0,0087	0,0029	

Tabela A.109 - Resultados das correntes de alimentação e *underflow* para o hidrociclone Bradley $D_c = 30\text{mm}$ em série $\Delta P : 2 \pm 0,10 \text{ atm}$.

Corrente de alimentação				
W (g/s)	$c_w(\%)$	$\rho_{alim}(\text{g/cm}^3)$	Q(cm ³ /s)	$c_v(\%)$
172,20	0,26	0,99724	172,68	0,23
Corrente do <i>underflow</i>				
W _u (g/s)	$c_{wu}(\%)$	$\rho_{under}(\text{g/cm}^3)$	Q _u (cm ³ /s)	$c_{vu}(\%)$
48,60	0,28	0,99726	48,73	0,25

Tabela A.110 – Eficiência total para hidrociclones Bradley $D_c = 30\text{mm}$ em série $\Delta P : 2 \pm 0,10 \text{ atm}$.

$E_T(\%)$	$R_L(\%)$	$E'_T(\%)$	$E_T(\%)$ (conjunto)
34,60	30,20	6,40	56,80

A1.11 – Resultados obtidos nas corridas experimentais para o hidrociclone Krebs a 2 atm.

Hidrociclone Krebs individual

Dados:

Hidrociclone: Krebs® individual, D_c:1/2 in

Temperatura: 28 °C

Suspensão alimentada: levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) em água a 0,25% em massa.

Tabela A.111 - Distribuição granulométrica das correntes de alimentação e *underflow*, Krebs individual $\Delta P: 2 \pm 0,20$ atm.

Corrente de alimentação		Corrente do <i>underflow</i>	
d (µm)	X (%)	d (µm)	X (%)
1,44	0,44	1,44	0,53
1,68	1,03	1,68	1,20
1,95	2,20	1,95	2,46
2,28	4,27	2,28	4,62
2,65	7,62	2,65	8,01
3,09	12,79	3,09	13,13
3,60	20,23	3,60	20,34
4,19	30,15	4,19	29,80
4,88	42,07	4,88	41,03
5,69	54,85	5,69	53,04
6,63	67,46	6,63	64,89
7,72	77,67	7,72	74,62
9,00	85,40	9,00	82,19
10,48	90,85	10,48	87,81
12,21	94,47	12,21	91,85
14,22	96,76	14,22	94,71
16,57	98,17	16,57	96,72
19,31	99,04	19,31	98,14
22,49	99,58	22,49	99,11
26,20	99,90	26,20	99,73
30,53	100,00	30,53	100,00

Tabela A.112 - Cálculo da vazão mássica para o hidrociclone Krebs individual a $\Delta P : 2 \pm 0,20$ atm

Amostra	M _p +M _b (g)	M _{sp} (g)	W (g/s)	W _{média} (g/s)
A ₁	945	830	83,00	83,70
A ₂	945	830	83,00	
A ₃	960	845	84,50	
A ₄	955	840	84,00	
A ₅	955	840	84,00	
U ₁	325	210	21,00	21,30
U ₂	330	215	21,50	
U ₃	330	215	21,50	
U ₄	325	210	21,00	
U ₅	330	215	21,50	
M _b = 115 g				
t = 10 s				

Tabela A.113 - Cálculo da concentração mássica para o hidrociclone Krebs individual a $\Delta P : 2 \pm 0,20$ atm.

Amostra	M_b (g)	$M_{sp} + M_b$ (g)	$M_p + M_b$ (g)	M_{sp} (g)	M_p (g)	c_w	c_w média
A ₁	35,2368	49,2974	35,2729	14,0606	0,0361	0,0026	0,0026
A ₂	64,2788	80,9813	64,3242	16,7025	0,0454	0,0027	
A ₃	46,4858	58,3195	46,5186	11,8337	0,0328	0,0028	
A ₄	64,4828	79,6359	64,5215	15,1531	0,0387	0,0026	
A ₅	29,4263	41,6938	29,4583	12,2675	0,0320	0,0026	
U ₁	39,6518	48,5869	39,6829	8,9351	0,0311	0,0035	0,0031
U ₂	39,4993	50,5568	39,5384	11,0575	0,0391	0,0035	
U ₃	29,7305	42,3431	29,7626	12,6126	0,0321	0,0025	
U ₄	29,4263	40,6983	29,4563	11,2720	0,0300	0,0027	
U ₅	64,9689	75,3621	65,0008	10,3932	0,0319	0,0031	

Tabela A.114 - Resultados das correntes de alimentação e *underflow* para o hidrociclone Krebs individual a $\Delta P : 2 \pm 0,20$ atm.

Corrente de alimentação							
W (g/s)	c_w (%)	ρ_{alim} (g/cm ³)	Q (cm ³ /s)	c_v (%)	R^2 (%)	$d_{63,2}$	n
83,70	0,26	0,99725	83,93	0,24	99,56	6,50	2,43
Corrente do <i>underflow</i>							
W_u (g/s)	c_{wu} (%)	ρ_{under} (g/cm ³)	Q_u (cm ³ /s)	c_{vu} (%)	R^2 (%)	$d_{63,2}$	n
21,30	0,31	0,99729	21,36	0,28	99,36	6,78	2,24

Tabela A.115 - Eficiência total e diâmetro de corte para o hidrociclone Krebs individual a $\Delta P : 2 \pm 0,20 \text{ atm}$.

$E_T (\%)$	$R_L (\%)$	$E'_T (\%)$	$d_{50} (\mu\text{m})$	$d'_{50} (\mu\text{m})$
29,40	25,40	5,40	11,92	12,92

Tabela A.116 – Eficiência granulométrica para o hidrociclone Krebs individual a $\Delta P : 2 \pm 0,20 \text{ atm}$.

$d(\mu\text{m})$	$G(d) [\%]$	$G'(d) [\%]$
1,44	32,64	9,67
1,68	31,68	8,37
1,95	30,78	7,16
2,28	29,86	5,94
2,65	29,03	4,81
3,09	28,23	3,75
3,60	27,54	2,82
4,19	26,98	2,07
4,88	26,63	1,60
5,69	26,62	1,59
6,63	27,18	2,34
7,72	28,68	4,35
9,00	31,93	8,71
10,48	38,61	17,66
12,21	53,20	37,23
14,22	89,54	85,97
16,57	100,00	100,00

Hidrociclones Krebs em série (2 estágios)

Dados:

hidrociclones: Krebs[®] em série, D_c:1/2 in

Temperatura: 28 °C.

Suspensão alimentada: suspensão obtida da corrente do *overflow* do 1º hidrociclone (etapa 1).

Tabela A.117 - Distribuição granulométrica das correntes de alimentação e do *underflow* Krebs em série $\Delta P : 2 \pm 0,10$ atm .

Corrente de alimentação		Corrente do <i>underflow</i>	
d (µm)	X (%)	d (µm)	X (%)
1,44	0,15	1,44	0,24
1,68	0,49	1,68	0,59
1,95	1,21	1,95	1,33
2,28	2,54	2,28	2,71
2,65	4,87	2,65	5,09
3,09	9,12	3,09	9,38
3,60	16,63	3,60	16,92
4,19	29,21	4,19	29,46
4,88	47,16	4,88	47,28
5,69	67,69	5,69	67,75
6,63	82,88	6,63	82,89
7,72	93,03	7,72	93,02
9,00	98,53	9,00	98,51
10,48	100,00	10,48	100,00

Tabela A.118 - Cálculo da vazão mássica para o hidrociclone Krebs em série $\Delta P : 2 \pm 0,10$ atm .

Amostra	M _p +M _b (g)	M _{sp} (g)	W (g/s)	W _{média} (g/s)
A ₁	945	830	83,00	83,50
A ₂	950	835	83,50	
A ₃	945	830	83,00	
A ₄	950	835	83,50	
A ₅	960	845	84,50	
U ₁	330	215	21,50	21,30
U ₂	325	210	21,00	
U ₃	330	215	21,50	
U ₄	325	210	21,00	
U ₅	330	215	21,50	

M_b = 115 g

t = 10 s

Tabela A.119 - Cálculo da concentração mássica para o hidrociclone Krebs em série
 $\Delta P : 2 \pm 0,10 \text{ atm.}$

Amostra	M _b (g)	M _{sp} +M _b (g)	M _p +M _b (g)	M _{sp} (g)	M _p (g)	c _w	c _w média
A ₁	32,8132	40,1239	32,8289	7,3107	0,0157	0,0021	0,0023
A ₂	41,3612	47,5614	41,3741	6,2002	0,0129	0,0021	
A ₃	34,7095	42,2940	34,7278	7,5845	0,0183	0,0024	
A ₄	29,1582	41,5639	29,1897	12,4057	0,0315	0,0025	
A ₅	64,8796	75,1591	64,9058	10,2795	0,0262	0,0025	
U ₁	40,5664	50,5852	40,5937	10,0188	0,0273	0,0027	0,0028
U ₂	39,0671	47,1954	39,0903	8,1283	0,0232	0,0029	
U ₃	29,2622	37,5828	29,2848	8,3206	0,0226	0,0027	
U ₄	29,1536	39,8963	29,1832	10,7427	0,0296	0,0028	
U ₅	64,5986	76,0030	64,6315	11,4044	0,0329	0,0029	

Tabela A.120 - Resultados das correntes de alimentação e *underflow* para o hidrociclone Krebs em série $\Delta P : 2 \pm 0,10 \text{ atm.}$

Corrente de alimentação				
W (g/s)	c _w (%)	ρ_{alim} (g/cm ³)	Q(cm ³ /s)	c _v (%)
83,50	0,23	0,99722	83,73	0,21
Corrente do <i>underflow</i>				
W _u (g/s)	c _{wu} (%)	ρ_{under} (g/cm ³)	Q _u (cm ³ /s)	c _{vu} (%)
21,30	0,28	0,99726	21,36	0,25

Tabela A.121 – Eficiência total para hidrociclones Krebs em série $\Delta P : 2 \pm 0,10 \text{ atm.}$

E _T (%)	R _L (%)	E' _T (%)	E _T (%) (conjunto)
29,40	25,40	5,40	50,80

A1.12 – Resultados obtidos nas corridas experimentais para o hidrociclone Krebs a 4 atm.

Hidrociclone Krebs individual

Dados:

Hidrociclone: Krebs[®] individual, D_c:1/2 in

Temperatura: 28 °C

Suspensão alimentada: levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) em água a 0,25% em massa.

Tabela A.122 - Distribuição granulométrica das correntes de alimentação e do *underflow*, Krebs individual $\Delta P: 4 \pm 0,10$ atm .

Corrente de alimentação		Corrente do <i>underflow</i>	
d (µm)	X (%)	d (µm)	X (%)
1,44	0,18	1,44	0,18
1,68	0,48	1,68	0,48
1,95	1,17	1,95	1,20
2,28	2,52	2,28	2,64
2,65	4,95	2,65	5,23
3,09	9,26	3,09	9,71
3,60	16,46	3,60	16,90
4,19	27,69	4,19	27,65
4,88	43,12	4,88	42,08
5,69	61,25	5,69	59,04
6,63	76,33	6,63	73,70
7,72	87,00	7,72	84,61
9,00	93,81	9,00	91,96
10,48	97,61	10,48	96,35
12,21	99,38	12,21	98,62
14,22	100,00	14,22	99,60
—	—	16,57	99,93
—	—	19,31	100,00

Tabela A.123 - Cálculo da vazão mássica para o hidrociclone Krebs individual
 $\Delta P : 4 \pm 0,10 \text{ atm}$.

.Amostra	M _p +M _b (g)	M _{sp} (g)	W (g/s)	W _{média} (g/s)
A ₁	1210	1095	109,50	108,70
A ₂	1180	1065	106,50	
A ₃	1210	1095	109,50	
A ₄	1200	1085	108,50	
A ₅	1210	1095	109,50	
U ₁	405	290	29,00	28,20
U ₂	395	280	28,00	
U ₃	395	280	28,00	
U ₄	395	280	28,00	
U ₅	395	280	28,00	
M _b = 115 g				
t = 10 s				

Tabela A.124 - Cálculo da concentração mássica para o hidrociclone Krebs individual a
 $\Delta P : 4 \pm 0,10 \text{ atm}$.

Amostra	$M_b \text{ (g)}$	$M_{sp} + M_b \text{ (g)}$	$M_p + M_b \text{ (g)}$	$M_{sp} \text{ (g)}$	$M_p \text{ (g)}$	c_w	$c_w \text{ média}$
A ₁	31,9990	41,8261	32,0224	9,8271	0,0234	0,0024	0,0025
A ₂	32,0250	37,9679	32,0392	5,9429	0,0142	0,0024	
A ₃	31,7311	38,4925	31,7487	6,7614	0,0176	0,0026	
A ₄	30,4828	41,4687	30,5094	10,9859	0,0266	0,0024	
A ₅	29,7824	42,9992	29,8161	13,2168	0,0337	0,0025	
U ₁	40,7032	46,2902	40,7252	5,5870	0,0220	0,0039	0,0032
U ₂	32,4416	42,6905	32,4708	10,2489	0,0292	0,0028	
U ₃	30,1245	40,5763	30,1586	10,4518	0,0341	0,0033	
U ₄	40,2814	51,2188	40,3154	10,9374	0,0340	0,0031	
U ₅	35,4572	47,2581	35,4915	11,8009	0,0343	0,0029	

Tabela A.125 - Resultados das correntes de alimentação e *underflow* para o hidrociclone Krebs individual a $\Delta P : 4 \pm 0,10 \text{ atm}$.

Corrente de alimentação							
$W \text{ (g/s)}$	$c_w \text{ (}\%)$	$\rho_{\text{alim}} \text{ (g/cm}^3\text{)}$	$Q \text{ (cm}^3\text{/s)}$	$c_v \text{ (}\%)$	$R^2 \text{ (}\%)$	$d_{63,2}$	n
108,70	0,25	0,99723	109,00	0,22	99,75	5,94	3,25
Corrente do <i>underflow</i>							
$W_u \text{ (g/s)}$	$c_{wu} \text{ (}\%)$	$\rho_{\text{under}} \text{ (g/cm}^3\text{)}$	$Q_u \text{ (cm}^3\text{/s)}$	$c_{vu} \text{ (}\%)$	$R^2 \text{ (}\%)$	$d_{63,2}$	n
28,20	0,32	0,99730	28,28	0,29	99,74	6,08	3,06

Tabela A.126 - Eficiência total e diâmetro de corte para o hidrociclone Krebs individual a $\Delta P : 4 \pm 0,10 \text{ atm}$.

$E_T (\%)$	$R_L (\%)$	$E'_T (\%)$	$d_{50} (\mu\text{m})$	$d'_{50} (\mu\text{m})$
33,80	25,90	10,60	9,23	9,98

Tabela A.127 – Eficiência granulométrica corte para o hidrociclone Krebs individual a $\Delta P : 4 \pm 0,10 \text{ atm}$.

$d (\mu\text{m})$	$G(d) [\%]$	$G'(d) [\%]$
1,44	38,56	17,06
1,68	37,41	15,51
1,95	36,33	14,05
2,28	35,23	12,56
2,65	34,21	11,19
3,09	33,22	9,85
3,60	32,33	8,65
4,19	31,62	7,69
4,88	31,23	7,17
5,69	31,46	7,47
6,63	32,91	9,43
7,72	36,91	14,83
9,00	47,18	28,69
10,48	75,98	67,58
12,21	100,00	100,00

Hidrociclones Krebs em série (2 estágios)

Dados:

hidrociclones: Krebs® em série, $D_c: 1/2$ in

Temperatura: 28 °C

Suspensão alimentada: suspensão obtida da corrente do *overflow* do 1º hidrociclone (etapa 1).

Tabela A.128 - Distribuição granulométrica das correntes de alimentação e do *underflow* Krebs em série $\Delta P : 4 \pm 0,10$ atm .

Corrente de alimentação		Corrente do <i>underflow</i>	
d (µm)	X (%)	d (µm)	X (%)
1,44	0,04	1,44	0,12
1,68	0,17	1,68	0,43
1,95	0,53	1,95	1,13
2,28	1,35	2,28	2,48
2,65	3,06	2,65	4,93
3,09	6,69	3,09	9,47
3,60	14,00	3,60	17,59
4,19	27,56	4,19	31,21
4,88	48,22	4,88	50,52
5,69	72,22	5,69	72,14
6,63	88,20	6,63	87,19
7,72	96,06	7,72	95,27
9,00	99,15	9,00	98,85
10,48	100,00	10,48	100,00

Tabela A.129 - Cálculo da vazão mássica para hidrociclones Krebs em série a $\Delta P : 4 \pm 0,10$ atm .

Amostra	$M_p + M_b$ (g)	M_{sp} (g)	W (g/s)	$W_{média}$ (g/s)
A ₁	1205	1090	109,00	109,10
A ₂	1200	1085	108,50	
A ₃	1210	1095	109,50	
A ₄	1205	1090	109,00	
A ₅	1210	1095	109,50	
U ₁	405	290	29,00	29,10
U ₂	410	295	29,50	
U ₃	405	290	29,00	
U ₄	405	290	29,00	
U ₅	405	290	29,00	

$M_b = 115$ g

t = 10 s

Tabela A.130 - Cálculo da concentração mássica para hidrociclones Krebs em série a $\Delta P : 4 \pm 0,10 \text{ atm}$.

Amostra	M _b (g)	M _{sp} +M _b (g)	M _p +M _b (g)	M _{sp} (g)	M _p (g)	c _w	c _w média
A ₁	30,6871	46,7130	30,7174	16,0259	0,0303	0,0019	0,0019
A ₂	32,9944	42,3242	33,0131	9,3298	0,0187	0,0020	
A ₃	41,3405	51,8488	41,3601	10,5083	0,0196	0,0019	
A ₄	39,2566	49,6389	39,2768	10,3823	0,0202	0,0019	
A ₅	64,6931	66,3259	64,6963	1,6328	0,0032	0,0020	
U ₁	29,2892	35,2667	29,3046	5,9775	0,0154	0,0026	0,0025
U ₂	37,9865	49,0131	38,0152	11,0266	0,0287	0,0026	
U ₃	32,8043	40,4002	32,8226	7,5959	0,0183	0,0024	
U ₄	64,8233	65,8312	64,8258	1,0079	0,0025	0,0025	
U ₅	29,8365	41,5321	29,8645	11,6956	0,0280	0,0024	

Tabela A.131 - Resultados das correntes de alimentação e *underflow* para hidrociclones Krebs em série a $\Delta P : 4 \pm 0,10 \text{ atm}$.

Corrente de alimentação				
W (g/s)	c _w (%)	ρ_{alim} (g/cm ³)	Q(cm ³ /s)	c _v (%)
109,10	0,19	0,99718	109,41	0,17
Corrente do <i>underflow</i>				
W _u (g/s)	c _{wu} (%)	ρ_{under} (g/cm ³)	Q _u (cm ³ /s)	c _{vu} (%)
29,10	0,25	0,99723	29,18	0,23

Tabela A.132 - Eficiência total para hidrociclones Krebs em série a $\Delta P : 4 \pm 0,10 \text{ atm}$.

E _T (%)	R _L (%)	E' _T (%)	E _T (%) (conjunto)
33,80	25,90	10,60	56,60

A1.13 – Resultados obtidos nas corridas experimentais para o hidrociclone Krebs a 6 atm.

Hidrociclone Krebs individual

Dados:

Hidrociclone: Krebs[®] individual, D_c:1/2 in

Temperatura: 30 °C

Suspensão alimentada: levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) em água a 0,25% em massa.

Tabela A.133 - Distribuição granulométrica das correntes de alimentação e do *underflow* Krebs individual $\Delta P : 6 \pm 0,05$ atm .

Corrente de alimentação		Corrente do <i>underflow</i>	
d (µm)	X (%)	d (µm)	X (%)
1,44	0,12	1,44	0,22
1,68	0,42	1,68	0,55
1,95	1,14	1,95	1,26
2,28	2,58	2,28	2,57
2,65	5,22	2,65	4,87
3,09	9,99	3,09	9,01
3,60	18,14	3,60	16,30
4,19	30,93	4,19	28,47
4,88	48,28	4,88	45,86
5,69	68,05	5,69	65,98
6,63	83,46	6,63	81,15
7,72	93,26	7,72	91,63
9,00	98,58	9,00	97,75
10,48	100,00	10,48	100,00

Tabela A.134 - Cálculo da vazão mássica para o hidrociclone Krebs individual a $\Delta P : 6 \pm 0,05$ atm .

Amostra	M _p +M _b (g)	M _{sp} (g)	W (g/s)	W _{média} (g/s)
A ₁	1400	1285	128,50	128,50
A ₂	1400	1285	128,50	
A ₃	1405	1290	129,00	
A ₄	1385	1270	127,00	
A ₅	1410	1295	129,50	
U ₁	455	340	34,00	34,10
U ₂	455	340	34,00	
U ₃	460	345	34,50	
U ₄	450	335	33,50	
U ₅	460	345	34,50	

M_b = 115 g

t = 10 s

Tabela A.135 - Cálculo da concentração mássica para o hidrociclone Krebs individual a $\Delta P : 6 \pm 0,05 \text{ atm}$.

Amostra	M _b (g)	M _{sp} +M _b (g)	M _p +M _b (g)	M _{sp} (g)	M _p (g)	c _w	c _w média
A ₁	34,7353	45,9525	34,7616	11,2172	0,0263	0,0023	0,0025
A ₂	46,5114	55,0747	46,5366	8,5633	0,0252	0,0029	
A ₃	39,5392	47,0997	39,5583	7,5605	0,0191	0,0025	
A ₄	40,2815	48,8250	40,3045	8,5435	0,0230	0,0027	
A ₅	39,4587	49,8923	39,4799	10,4336	0,0212	0,0020	
U ₁	29,7324	39,8750	29,7612	10,1426	0,0288	0,0028	0,0034
U ₂	40,5828	48,7347	40,6098	8,1519	0,0270	0,0033	
U ₃	39,0683	46,7730	39,0969	7,7047	0,0286	0,0037	
U ₄	29,7887	41,9632	29,8315	12,1745	0,0428	0,0035	
U ₅	40,4892	52,8932	40,5331	12,4040	0,0439	0,0035	

Tabela A.136 - Resultados das correntes de alimentação e *underflow* para o hidrociclone Krebs individual a $\Delta P : 6 \pm 0,05 \text{ atm}$.

Corrente de alimentação							
W (g/s)	c _w (%)	ρ _{alim} (g/cm ³)	Q(cm ³ /s)	c _v (%)	R ² (%)	d _{63,2}	n
128,50	0,25	0,99723	128,86	0,23	99,87	5,55	3,61
Corrente do <i>underflow</i>							
W _u (g/s)	c _{wu} (%)	ρ _{under} (g/cm ³)	Q _u (cm ³ /s)	c _{vu} (%)	R ² (%)	d _{63,2}	n
34,10	0,34	0,99732	34,19	0,31	99,83	5,68	3,59

Tabela A.137 - Eficiência total e diâmetro de corte para o hidrociclone Krebs individual a $\Delta P : 6 \pm 0,05 \text{ atm}$.

E _T (%)	R _L (%)	E' _T (%)	d ₅₀ (μm)	d' ₅₀ (μm)
35,80	26,40	12,80	8,72	9,81

Tabela A.138 – Eficiência granulométrica para o hidrociclone Krebs individual a
 $\Delta P : 6 \pm 0,05 \text{ atm}$.

d (μm)	G (d) [%]	G'(d) [%]
1,44	33,60	9,65
1,68	33,54	9,56
1,95	33,48	9,48
2,28	33,44	9,43
2,65	33,43	9,42
3,09	3,35	9,48
3,60	33,62	9,68
4,19	33,94	10,10
4,88	34,57	10,96
5,69	35,80	12,63
6,63	38,16	15,85
7,72	42,80	22,16
9,00	52,68	35,61
10,48	76,15	67,54
12,21	100,00	100,00

Hidrociclones Krebs em série (2 estágios)

Dados:

Hidrociclone: Krebs[®] em série, D_c:1/2 in

Temperatura: 30 °C

Suspensão alimentada: suspensão obtida da corrente do *overflow* do 1º hidrociclone (etapa 1).

Tabela A.139 - Distribuição granulométrica das correntes de alimentação e do *underflow* Krebs em série a $\Delta P : 6 \pm 0,10$ atm .

Corrente de alimentação		Corrente do <i>underflow</i>	
d (µm)	X (%)	d (µm)	X (%)
1,44	0,04	1,44	0,05
1,68	0,19	1,68	0,20
1,95	0,61	1,95	0,62
2,28	1,61	2,28	1,57
2,65	3,71	2,65	3,57
3,09	8,12	3,09	7,79
3,60	16,78	3,60	16,14
4,19	32,06	4,19	31,13
4,88	54,22	4,88	53,12
5,69	77,58	5,69	77,04
6,63	92,28	6,63	92,15
7,72	98,97	7,72	98,99
9,00	100,00	9,00	100,00

Tabela A.140 - Cálculo da vazão mássica para hidrociclones Krebs em série $\Delta P : 6 \pm 0,10$ atm .

Amostra	M _p +M _b (g)	M _{sp} (g)	W (g/s)	W _{média} (g/s)
A ₁	1405	1290	129,00	129,00
A ₂	1400	1285	128,50	
A ₃	1410	1295	129,50	
A ₄	1405	1290	129,00	
A ₅	1405	1290	129,00	
U ₁	465	350	35,00	35,50
U ₂	475	360	36,00	
U ₃	470	355	35,50	
U ₄	465	350	35,00	
U ₅	475	360	36,00	

M_b = 115 g

t = 10 s

Tabela A.141 - Cálculo da concentração mássica para hidrociclones Krebs em série
 $\Delta P : 6 \pm 0,10 \text{ atm}$.

Amostra	M _b (g)	M _{sp} +M _b (g)	M _p +M _b (g)	M _{sp} (g)	M _p (g)	c _w	c _w média
A ₁	35,2632	44,6266	35,2853	9,3634	0,0221	0,0024	0,0023
A ₂	39,6733	47,0530	39,6903	7,3797	0,0170	0,0023	
A ₃	29,1554	38,3590	29,1736	9,2036	0,0182	0,0020	
A ₄	64,1484	75,2596	64,1749	11,1112	0,0265	0,0024	
A ₅	64,8215	73,6593	64,8435	8,8378	0,0220	0,0025	
U ₁	41,3868	52,8282	41,4213	11,4414	0,0345	0,0030	0,0030
U ₂	64,3306	78,6892	64,3725	14,3586	0,0419	0,0029	
U ₃	43,4602	52,1914	43,4871	8,7312	0,0269	0,0031	
U ₄	29,4689	39,6325	29,4993	10,1636	0,0304	0,0030	
U ₅	39,3534	47,6635	39,3789	8,3101	0,0255	0,0031	

Tabela A.142 - Resultados das correntes de alimentação e *underflow* para hidrociclones Krebs em série $\Delta P : 6 \pm 0,10 \text{ atm}$.

Corrente de alimentação				
W (g/s)	c _w (%)	ρ _{alim} (g/cm ³)	Q(cm ³ /s)	c _v (%)
129,00	0,23	0,99721	129,36	0,21
Corrente do <i>underflow</i>				
W _u (g/s)	c _{wu} (%)	ρ _{under} (g/cm ³)	Q _u (cm ³ /s)	c _{vu} (%)
35,50	0,30	0,99728	35,60	0,27

Tabela A.143 - Eficiência total para hidrociclones Krebs em série $\Delta P : 6 \pm 0,10 \text{ atm}$.

E _T (%)	R _L (%)	E' _T (%)	E _T (%) (conjunto)
35,80	26,40	12,80	58,90

ANEXO 2

No anexo A2.1 está apresentado o programa (Maple[®] 8) para o cálculo do d_{50} e d'_{50} para o hidrociclones AKW a 2 atm;

No anexo A2.2 está apresentado o programa (Maple[®] 8) para o cálculo do $G(d)$ e $G'(d)$ para o hidrociclones AKW a 2 atm.

A2.1 – CÁLCULO DA EFICIÊNCIA TOTAL E DO DIÂMETRO DE CORTE PARA O HIDROCICLONE AKW

Hidrociclone: AKW

Dc: 10 mm

Queda de pressão: 2 atm

Temperatura: 28 °C

restart;

Variáveis medidas das correntes de alimentação e do underflow

rho:=0.997;W:=49.2;cw:=0.001257;rhos:=1.10;Wu:=23.134;cwu:=0.001467;

$\rho := 0.997$
 $W := 49.2$
 $cw := 0.001257$
 $rhos := 1.10$
 $Wu := 23.134$
 $cwu := 0.001467$

Cálculo das concentrações volumétricas e densidades das correntes de alimentação e do underflow

cv:=cw/rhos*((1-cw)/rho+cw/rhos);cvu:=cwu/rhos*((1-cwu)/rho+cwu/rhos);
rhoal:=rho/(1-cw*(1-rho/rhos));rhoander:=rho/(1-cwu*(1-rho/rhos));

$cv := 0.001146030866$
 $cvu := 0.001337465566$
 $\rho_{al} := 0.9971173616$
 $\rho_{ander} := 0.9971369712$

Cálculo das vazões volumétricas das correntes de alimentação e do underflow e razão de líquido

Q:=W/rhoal;Qu:=Wu/rhoander;Rl:=(Qu*(1-Cvu))/(Q*(1-Cv));

$Q := 49.34223582$
 $Qu := 23.20042348$
 $Rl := 0.4701038903$

Cálculo da eficiência total e eficiência total reduzida

Et:=(Cwu*Wu)/(Cw*W);Etred:=(Et-Rl)/(1-Rl);

$$Et := 0.5487574947$$

$$Etred := 0.1484321228$$

Parâmetros da equação do modelo RRB para a alimentação e o underflow

$$d63 := 6.489; n := 2.423; d63u := 6.829; nu := 2.248;$$

$$d63 := 6.489$$

$$n := 2.423$$

$$d63u := 6.829$$

$$v := 2.248$$

Equação do modelo RRB para a alimentação e o underflow

$$Xa := 1 - \exp(- (d/d63)^n); Xu := 1 - \exp(- (d/d63u)^{nu});$$

$$Xa := 1 - e^{(-0.01076696380d^{2.423})}$$

$$Xu := 1 - e^{(-0.01331573705d^{2.248})}$$

Derivadas das equações da distribuição granulométrica da corrente de alimentação e underflow

$$dX := \text{diff}(Xa, d); dXu := \text{diff}(Xu, d);$$

$$dX := 0.02608835329 d^{1.423} e^{(-0.01076696380d^{2.423})}$$

$$dXu := 0.02993377689 d^{1.248} e^{(-0.01331573705d^{2.248})}$$

$$d50a := \text{fsolve}(Et * (dXu/dX) = 0.5, d, 1..10);$$

$$d50a := 6.131701236$$

$$d50red := \text{fsolve}((Et * dXu/dX - R1) / (1 - R1) = 0.5, d, 1..11);$$

$$d50red := 10.41879788$$

A2.2 – CÁLCULO DA EFICIÊNCIA GRANULOMÉTRICA E GRANULOMÉTRICA REDUZIDA PARA O HIDROCICLONE AKW.

Hidrociclone: AKW
 Dc: 10 mm
 Queda de pressão: 2 atm
 Temperatura: 28 °C

restart;

Parâmetros da equação do modelo RRB para a alimentação e o underflow

d63:=6.490;n:=2.426;d63u:=6.829;nu:=2.248;Rl:=0.47010;Et:=0.548757;

$d63 := 6.490$
 $n := 2.426$
 $d63u := 6.829$
 $\nu := 2.248$
 $Rl := 0.47010$
 $Et := 0.548757$

Equação do modelo RRB para a alimentação e o underflow

Xa:=1-exp(-(d/d63)^n);Xu:=1-exp(-(d/d63u)^nu);

$Xa := 1 - e^{(-0.01070272497 d^{2.426})}$
 $Xu := 1 - e^{(-0.01331573705 d^{2.248})}$

Derivadas das equações da distribuição granulométrica da corrente de alimentação e underflow

dX:=diff(Xa,d);dXu:=diff(Xu,d);

$dX := 0.02596481078 d^{1.426} e^{(-0.01070272497 d^{2.426})}$
 $dXu := 0.02993377689 d^{1.248} e^{(-0.01331573705 d^{2.248})}$

d:=1.24;

$d := 1.24$

dX;

0.03465545757

dXu;

0.03831533913

G:=(Et*dXu/dX);

$G := 0.6067099390$

$G_{red} := (G - R1) / (1 - R1) ;$

$G_{red} := 0.2578032440$

$d := 1.44 ;$

$d := 1.44$

$dX ;$

0.04255513282

$dXu ;$

0.04577953991

$G := (Et * dXu / dX) ;$

$G := 0.5903363781$

$G_{red} := (G - R1) / (1 - R1) ;$

$G_{red} := 0.2269039028$

$d := 1.68 ;$

$d := 1.68$

$dX ;$

0.05239774446

$dXu ;$

0.05480051567

$G := (Et * dXu / dX) ;$

$G := 0.5739210130$

$G_{red} := (G - R1) / (1 - R1) ;$

$G_{red} := 0.1959256709$

$d := 1.95 ;$

$d := 1.95$

$dX ;$

0.06375047959

$dXu ;$

0.06488945355

$G := (Et * dXu / dX) ;$

$G := 0.5585611605$

$G_{red} := (G - R1) / (1 - R1) ;$

$G_{red} := 0.1669393480$

$d := 2.28 ;$

$d := 2.28$

$dX ;$

0.07770944828

$dXu ;$

0.07691030502

$G := (Et * dXu / dX) ;$

$G := 0.5431137292$
 $Gred := (G - R1) / (1 - R1) ;$
 $Gred := 0.1377877509$

$d := 2.65 ;$
 $d := 2.65$
 $dX ;$
 0.09300244818
 $dXu ;$
 0.08967235854
 $G := (Et * dXu / dX) ;$
 $G := 0.5291079474$
 $Gred := (G - R1) / (1 - R1) ;$
 $Gred := 0.1113567605$

$d := 3.09 ;$
 $d := 3.09$
 $dX ;$
 0.1099765483
 $dXu ;$
 0.1034158501
 $G := (Et * dXu / dX) ;$
 $G := 0.5160206656$
 $Gred := (G - R1) / (1 - R1) ;$
 $Gred := 0.08665911606$

$d := 3.60 ;$
 $d := 3.60$
 $dX ;$
 0.1269731764
 $dXu ;$
 0.1168033822
 $G := (Et * dXu / dX) ;$
 $G := 0.5048048370$
 $Gred := (G - R1) / (1 - R1) ;$
 $Gred := 0.06549318173$

$d := 4.19 ;$
 $d := 4.19$
 $dX ;$
 0.1417189032
 $dXu ;$
 0.1281873714

$G := (Et * dXu / dX) ;$

$G := 0.4963608649$

$Gred := (G - R1) / (1 - R1) ;$

$Gred := 0.04955815229$

$d := 4.88 ;$

$d := 4.88$

$dX ;$

0.1508720993

$dXu ;$

0.1352908830

$G := (Et * dXu / dX) ;$

$G := 0.4920844836$

$Gred := (G - R1) / (1 - R1) ;$

$Gred := 0.04148798566$

$d := 5.69 ;$

$d := 5.69$

$dX ;$

0.1498108432

$dXu ;$

0.1350131855

$G := (Et * dXu / dX) ;$

$G := 0.4945531916$

$Gred := (G - R1) / (1 - R1) ;$

$Gred := 0.04614680430$

$d := 6.63 ;$

$d := 6.63$

$dX ;$

0.1344282304

$dXu ;$

0.1244656415

$G := (Et * dXu / dX) ;$

$G := 0.5080881585$

$Gred := (G - R1) / (1 - R1) ;$

$Gred := 0.07168929704$

$d := 7.72 ;$

$d := 7.72$

$dX ;$

0.1043427559

```

dXu;
                                0.1027433085
G:=(Et*dXu/dX);
                                G:=0.5403452233
Gred:=(G-R1)/(1-R1);
                                Gred:=0.1325631691

```

```

d:=9;
                                d:=9
dX;
                                0.06533343393
dXu;
                                0.07232494260
G:=(Et*dXu/dX);
                                G:=0.6074809809
Gred:=(G-R1)/(1-R1);
                                Gred:=0.2592583146

```

```

d:=10.48;
                                d:=10.48
dX;
                                0.03023479399
dXu;
                                0.04094022628
G:=(Et*dXu/dX);
                                G:=0.7430589988
Gred:=(G-R1)/(1-R1);
                                Gred:=0.5151141702

```

```

d:=12.21;
                                d:=12.21
dX;
                                0.008952320044
dXu;
                                0.01693629974
G:=(Et*dXu/dX);
                                G:=1.038156924
Gred:=(G-R1)/(1-R1);
                                Gred:=1.072007783

```

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIETTA, S. R., ANDRIETTA, M. G. S. **Microbiologia básica**. Material para o treinamento básico de analista em microbiologia realizado no Laboratório de Processos e Biotecnologia – CPQBA – Unicamp, 2000.
- BRETNEI, E. **US Patent No. 453**, 105, 1891.
- CASTILHO, L. R., MEDRONHO, R. A. **A simple procedure for design and performance prediction of Bradley and Rietema hydrocyclones**. Minerals Engineering, Elsevier Science Ltda, v. 13, No 2, 2000, p. 183-191.
- CILLIERS, J. J., HARRISON, S. T. L. **The application of mini-hydrocyclones in the concentration of yeast suspensions**. The Chemical Engineering Journal, Elsevier Science Ltda, v. 65, 1997 (b), p. 21-26.
- CILLIERS, J. J., HARRISON, S. T. L. **The use of mini-hydrocyclones for differential separation within mineral slurries to bioleaching**. Minerals Engineering, Elsevier Science Ltda, v. 10, No. 5, 1997 (a), p. 529-535.
- CRINER, H. E. **The vortex thickener, International Conference on Coal Preparations**. Paris, 1950.
- DRIESSEN, M. G. **Review of industrial mining**, Special Issue, St. Etienne, 1951, p. 449-461.
- FAHLSTROM, P. H. In **Proc. Int. Min. Processing Congress**. 1960, p. 632-643.
- FINCH, J. A. **Modelling a fish-hook in hydrocyclone selectivity curves**. Powder Technology, v.36, 1983, p. 127-129.
- GOMES, R. H. P. **Separação de emulsões óleo-água em hidrociclones**. Dissertação de Mestrado UFU/FEQ/ PPG, 2002.
- KLIMA, M. S., KIM, B. H. **Dense-medium separation of heavy-metal particles from soil using a wide-angle hydrocyclones**. J. Environ. Science and health, 1998, p. 1325-1340.
- KRAIPECH, W., CHEN, W., PARMA, F. J., DYAKOWSKI, T. **Modelling the fish-hook effect of the flow within hydrocyclones**. Int. J. Mineral Processing, Elsevier Science Ltda, v. 66, 2002, p. 49-65.
- LUBBERSTEDT, M., SCHUTZE, J., ANSPACH, B., DECKWER, W.-D., MEDRONHO, R. A. **The use of hydrocyclones in the retention of animal cells: a comparison between numeric simulation and experimental results**. Kluwer Academic Publishers: Bioseparation, v. 12, 2003, p. 25-32.

- MARTI, S. **Analices of gas carry-under in gas liquid cylindrical hydrocyclones**. Mechanical Engineering Publications, 1996.
- MASSARANI, G. **Fluidodinâmica em sistemas Particulados**, Editora da UFRJ, Rio de Janeiro, 1997
- MATTA, V. M.; MEDRONHO, R. A. **A New method for yeast recovery in batch ethanol fermentations: Filter aid filtration followed by separation of yeast from filter aid using hydrocyclones**. Kluwer Academic Publishers: Bioseparation, v. 9, 2000, p. 43-53.
- MEDRONHO, R. A., PINTO, R. C. V., CASTILHO, L. R. **Emprego de diferentes técnicas para avaliar os efeitos de hidrociclones sobre a viabilidade de células CHO**. XV Simpósio Nacional de Bioprocessos (SINAFERN), Anais CD-ROM, Recife (PE), 2005.
- MEDRONHO, R. A., SCHUETZE, J., DECKWER, W.-D. **Numerical simulation of hydrocyclones for cell separation**. Latin American Applied Research, v.35, 2005, p. 1-8.
- NAGESWARARAO, K. **A critical analysis of the fish-hook effect in hydrocyclones classifiers**. Chemical Engineering Journal, Elsevier Science Ltda, v. 80, 2000, p.251-256.
- ORTEGA-RIVAS, E. **Hydrocyclone applications in biological separations**. Memoirs of IX International Congress of the Confederation Asia-Pacific of Chemical engineering, New Zealand, 2002.
- RIETEMA, K. **Performance and design of hydrocyclones, Parts I to IV**. Chemical Engineering Science, v. 15, 1961, p. 298-325.
- SMYTH, I. C., THEW, M. T. **A study of the effect of dissolved gas on the operation of liquid-liquid hydrocyclones**. In: D. Claxton, L. Svarovsky and M. Thew, Editors, Hydrocyclones 96, Mechanical Engineering Publications, London & Bury Saint Edmunds, p. 357-368. 1996
- SVAROVSKY, L. **Solid- liquid separation**, Butterworths, 2nd ed., London, 1981.
- SVAROVSKY, L. **Hydrocyclones**. Technomic Publishing Co., Inc. 1984.
- URGEL, A. L., BORZANE, W., AQUARONE, E. **Bioteconologia**, 3^a ed., Edgard Blücher, 1976
- YOSHIOKA, N.; HOTTA, Y. **Liquid cyclone as a hydraulic classifier**. Chemical Engineering Japan, v. 19 Japan, 1955, p. 632-640.
- YUAN, H., RICKWOOD, D., SMYTH, I. C., THEW, M. T. **An investigation into the possible use of hydrocyclones for the removal of yeast from beer**. Kluwer Academic Publishers: Bioseparation, v. 6, 1996, p. 159-163.