

**TOXICOLOGIA DE EFLUENTES
DE BRANQUEAMENTO COM OZÔNIO**

**CELSO E.B. FOELKEL
Riocell S.A.**


TOXICOLOGIA DE EFLUENTES

SEQUÊNCIAS:

ECF

TCF

CONVENCIONAL COM CLORO ELEMENTAR



**CELSO FOELKEL
VERA REGINA B. GALLARDO
SUSANA GONÇALVES
RODRIGO ALMEIDA
SANDRA MAXIMO CARDOSO**

RIOCELL S.A.

DESLIGNIFICAÇÃO COM OXIGÊNIO

% NaOH = 1,5%
TEMPERATURA = 95°C
PRESSÃO = 7 kgf/cm²
CONSISTÊNCIA = 10%

RESULTADOS DA DESLIGNIFICAÇÃO

	CELULOSE NÃO BRANQUEADA	APÓS O₂
ALVURA (%ISO)	42,9	53,4
VISCOSIDADE INTRÍNSECA (cm³/g)	1020	860
NÚMERO KAPPA	15,4	10,5

BRANQUEAMENTOS Dc Eo D

Dc

% CLORO ATIVO = 0,15 x N° KAPPA

TEMPO = 30 minutos

TEMPERATURA = 65°C

CONSISTÊNCIA = 10%

RELAÇÕES CLORO / DIÓXIDO

100 : 0

50 : 50

25 : 75

0 : 100

BRANQUEAMENTOS Dc Eo D

Eo

% NaOH = 1,6%

TEMPO = 60 minutos

TEMPERATURA = 90°C

PRESSÃO O₂ = 3 kgf/cm²

BRANQUEAMENTOS Dc Eo D

D

% CLORO ATIVO = 3,45%

TEMPO = 180 minutos

TEMPERATURA = 75°C

CLORO ATIVO TOTAL: 4,25%

BRANQUEAMENTOS AZQP e AZX_qP

A

H₂SO₄ = 1%

TEMPO = 15 minutos

TEMPERATURA = 40°C

CONSISTÊNCIA = 10%

BRANQUEAMENTOS AZQP e AZX_qP

Z

% O₃ = 0,85%

TEMPERATURA = 35°C

CONSISTÊNCIA = 40%

BRANQUEAMENTOS AZQP e AZX_QP

Q ou X_Q

XILANASE = 0 e 4 u/g

DTPA = 0,15%

TEMPO = 90 minutos

TEMPERATURA = 60°C

pH = 8,0

CONSISTÊNCIA = 10%

BRANQUEAMENTOS AZQP e AZX_qP

P

% H₂O₂ = 1,25%

% NaOH = 1,5%

% SILICATO = 1,0 %

TEMPO = 120 minutos

TEMPERATURA = 75°C

CONSISTÊNCIA = 10%

pH INICIAL = 11,5%

BRANQUEAMENTO A Z E_{OP} D₁ D₂

A → **SIMILAR A** ↘ **AZQP**
AZXqP

Z → **% O₃ = 0,55%**

E_{OP} → **% H₂O₂ = 0,3%**

BRANQUEAMENTO A Z E_{OP} D₁ D₂

D₁ % CLORO ATIVO = 2,2%
TEMPO = 90 minutos
TEMPERATURA = 75°C
CONSISTÊNCIA = 10%

D₂ % CLORO ATIVO = 0,5%

RESULTADOS FINAIS DOS BRANQUEAMENTOS CARACTERÍSTICAS DAS CELULOSES BRANCAS

SEQUÊNCIA	% CLORO ATIVO	% 03	ALVURA % ISO	VISCOSIDADE cm ³ /g	Nº COR POSTERIOR
D ₁₀₀ Eo D	4,25	-	88,4	736	1,12
D ₇₅ Eo D	4,25	-	89,4	719	1,29
D ₅₀ Eo D	4,25	-	89,8	681	0,76
C Eo D	4,25	-	90,2	687	0,95
A Z Q P	-	0,85	86,4	519	0,81
A Z X _Q P	-	0,85	86,9	495	0,87
A Z E _{OP} D ₁ D ₂	2,70	0,55	91,4	600	0,77

TOXICIDADE E CARACTERÍSTICAS EFLUENTES

LICOR DA ETAPA 02

COR	28,18 kg/tad
DQO	19,68 kg/tad
CONDUTIVIDADE	5.390 μS/cm
pH	12,10
UNIDADES TÓXICAS <i>Ceriodaphnia dubia</i>	2,49
UNIDADES TÓXICAS MICROTOX	4,35

TOXICIDADE E CARACTERÍSTICAS EFLUENTES SEQUÊNCIAS COM CLORO E DIÓXIDO DE CLORO

ESTÁGIO	UNIDADES TÓXICAS		pH	COR	CLORETOS	CONDUTIVIDADE	DQO	AOX
	<i>C. dubia</i>	MICROTOX		kg/tad	kg/tad			
D₁₀₀	4,49	6,59	2,5	7,98	2,78	2.200	5,70	0,46
D₇₅	7,14	6,89	2,3	13,63	6,80	3.750	6,10	0,50
D₅₀	4,62	11,52	2,0	13,23	11,60	4.400	8,22	0,76
C	5,19	13,78	1,8	15,30	13,53	6.500	9,59	1,01

kg/tad celulose branca

TOXICIDADE E CARACTERÍSTICAS EFLUENTES SEQUÊNCIAS COM CLORO E DIÓXIDO DE CLORO

ESTÁGIO	UNIDADES TÓXICAS		pH	COR	CLORETOS	CONDUTIVIDADE	DQO	AOX
	<i>C. dubia</i>	MICROTOX		kg/tad	kg/tad			
D₁₀₀E₀	3,15	3,52	12,6	12,71	0,13	6.000	5,51	0,053
D₇₅E₀	3,35	6,65	12,5	14,54	0,34	5.700	4,73	0,074
D₅₀E₀	7,34	5,66	12,4	16,17	0,51	5.000	7,29	0,123
CE₀	7,54	5,90	12,3	22,50	1,00	4.700	6,70	0,194

kg/tad celulose branca

TOXICIDADE E CARACTERÍSTICAS EFLUENTES SEQUÊNCIAS COM CLORO E DIÓXIDO DE CLORO

ESTÁGIO	UNIDADES TÓXICAS		pH	COR	CLORETOS	CONDUTIVIDADE	DQO	AOX
	<i>C. dubia</i>	MICROTOX		kg/tad	kg/tad	μS/cm	kg/tad	kg/tad
D₁₀₀E₀D	33,16	29,44	3,5	1,21	4,64	2.500	2,75	0,150
D₇₅E₀D	27,79	33,19	3,8	0,80	3,65	2.300	2,49	0,160
D₅₀E₀D	495,05	43,97	3,5	6,89	3,51	2.100	2,01	0,058
CE₀D	1.785,70	95,21	3,9	7,30	2,95	1.800	1,01	0,052

kg/tad celulose branca

TOXICIDADE E CARACTERÍSTICAS EFLUENTES SEQUÊNCIAS TCF - AZXqP

ESTÁGIO	UNIDADES TÓXICAS		COR	DQO	CONDUTIVIDADE	pH
	<i>C. dubia</i>	MICROTOX	kg/tad	kg/tad	μS/cm	
A	5,90	5,63	0,96	-	1.900	1,75
Z	IT	1,34	6,54	6,82	1.000	2,21
Xq	2,95	NT	6,62	10,86	1.200	7,19
P	141,44	15,90	1,45	14,26	2.200	11,24
Σ	150,29	22,87	15,57	31,94	-	-

kg/tad celulose branca

TOXICIDADE E CARACTERÍSTICAS EFLUENTES SEQUÊNCIAS TCF - AZQP

ESTÁGIO	UNIDADES TÓXICAS		COR	DQO	CONDUTIVIDADE	pH
	<i>C. dubia</i>	MICROTOX	kg/tad	kg/tad	μS/cm	
A	5,90	5,63	0,96	-	1.900	1,75
Z	IT	1,34	6,54	6,82	1.000	2,21
Q	3,40	NT	8,39	8,96	1.000	7,55
P	214,13	27,78	0,61	15,38	1.800	11,98
Σ	223,43	34,75	16,50	31,16	-	-

kg/tad celulose branca

TOXICIDADE E CARACTERÍSTICAS EFLUENTES

ECF COM OZÔNIO - AZE_{OP}D₁D₂

ESTÁGIO	UNIDADES TÓXICAS		COR	CLORETOS	DQO	AOX	CONDUTIVIDADE	pH
	<i>C. dubia</i>	MICROTOX	kg/tad	kg/tad	kg/tad	kg/tad	μS/cm	
A	5,90	5,63	0,96	-	-	-	1.900	1,75
Z	NT	1,71	8,39	-	5,65	-	470	2,85
E _{OP}	32,10	3,17	9,96	-	10,60	-	1.300	11,56
D ₁	186,57	27,10	1,45	3,37	1,90	0,085	1.850	3,73
D ₂	85,54	4,44	1,12	0,65	0,47	0,013	1.500	4,03
Σ	310,11	42,05	21,88	4,02	18,62	0,098	-	-

kg/tad celulose branca

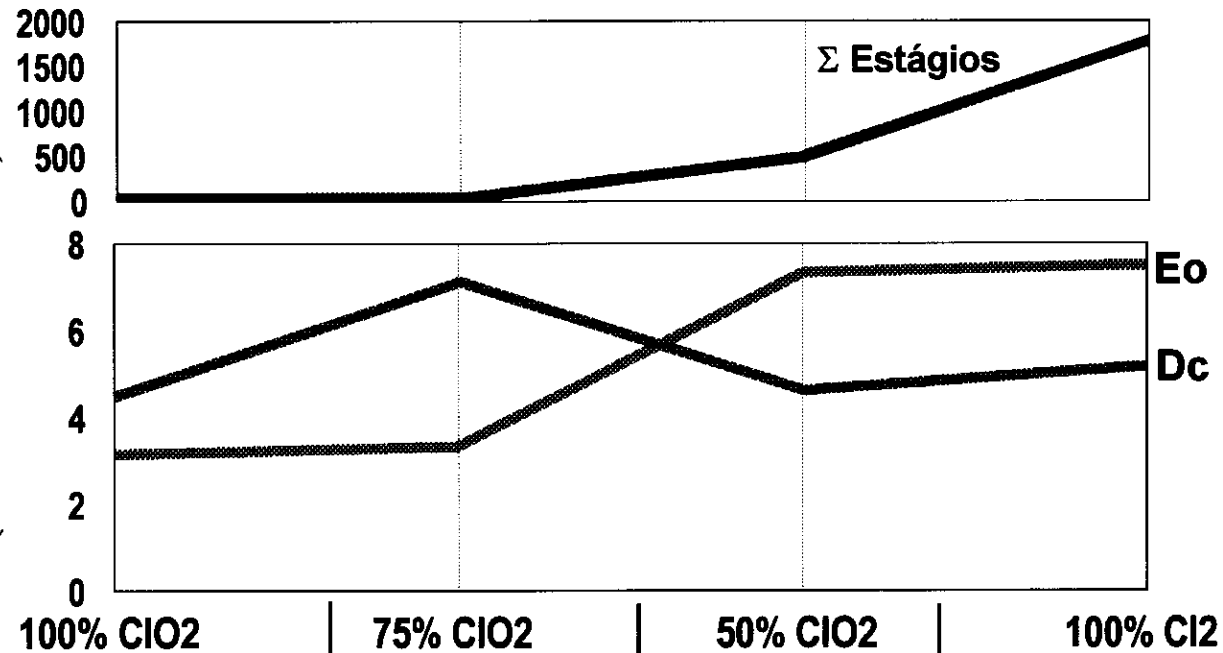
TOXICOLOGIA RESIDUAIS

MICROTOX

ppm de:	EC₅₀	EC₂₀	EC₁₀	EC₀₁
H₂O₂	19,3	9,1	5,9	1,6
NaClO₃	2465	1529	1156	506
ClO₂	1,60	0,97	0,72	0,30

TOXICIDADE AGUDA

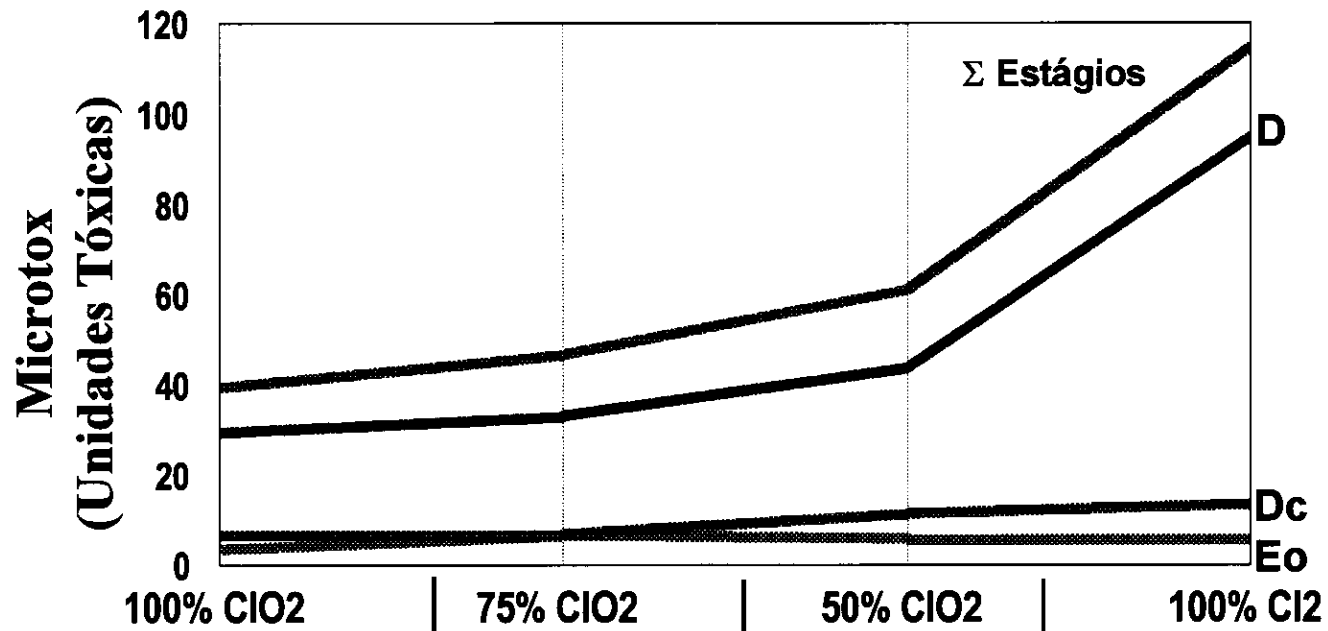
Ceriodaphnia dubia
(Unidades Tóxicas)



TAXA SUBSTITUIÇÃO EM Dc

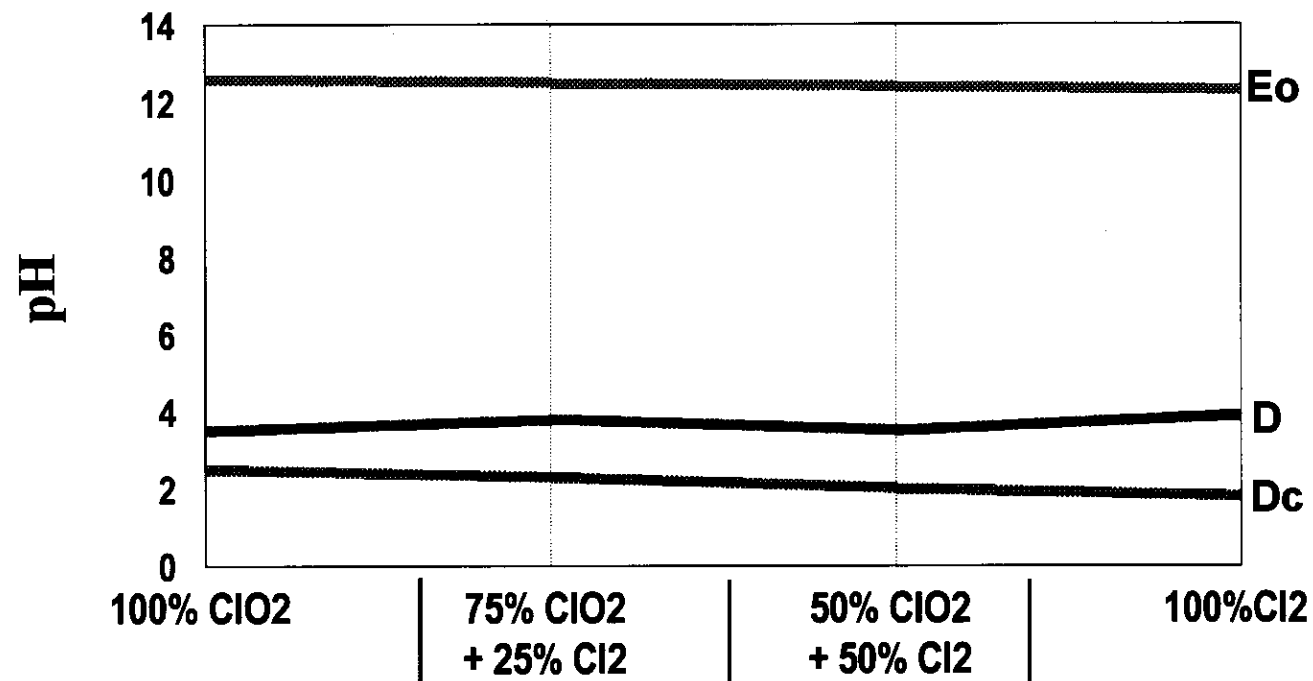
Dc	4,49	7,14	4,62	5,19
Eo	3,15	3,35	7,34	7,54
D	33,16	27,79	495,05	1.785,70
Σ Estágios	40,80	38,28	507,01	1.798,43

TOXICIDADE AGUDA

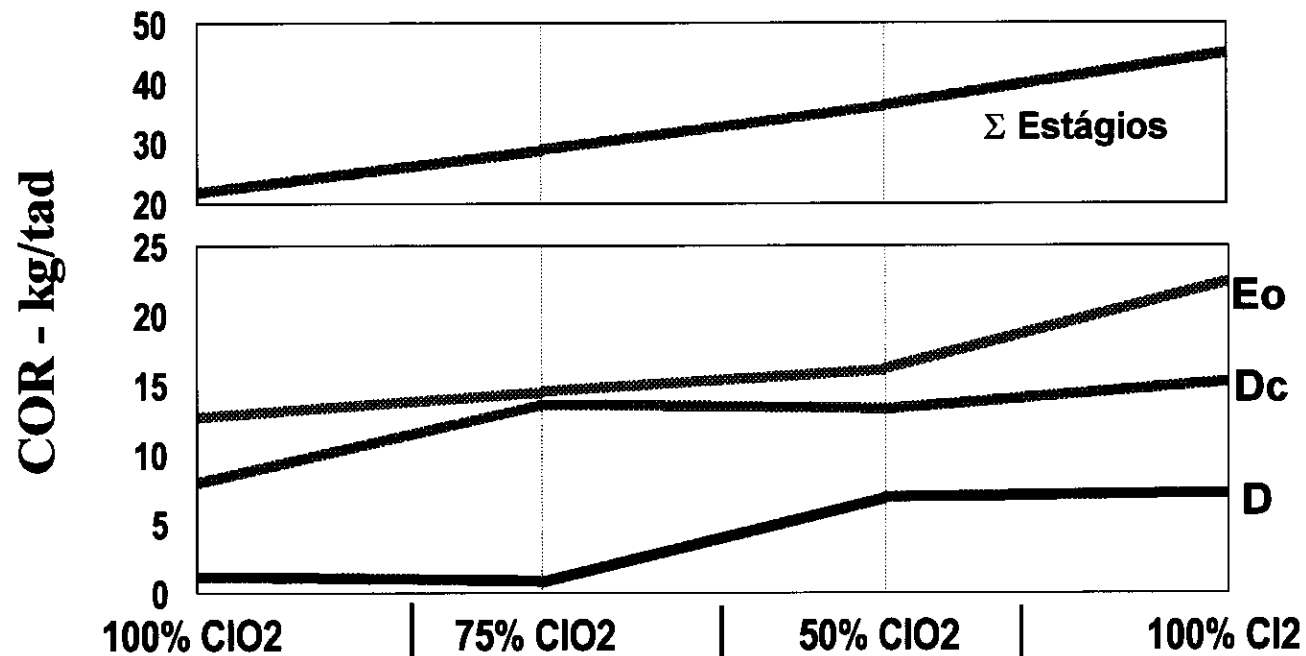


TAXA DE SUBSTITUIÇÃO EM Dc

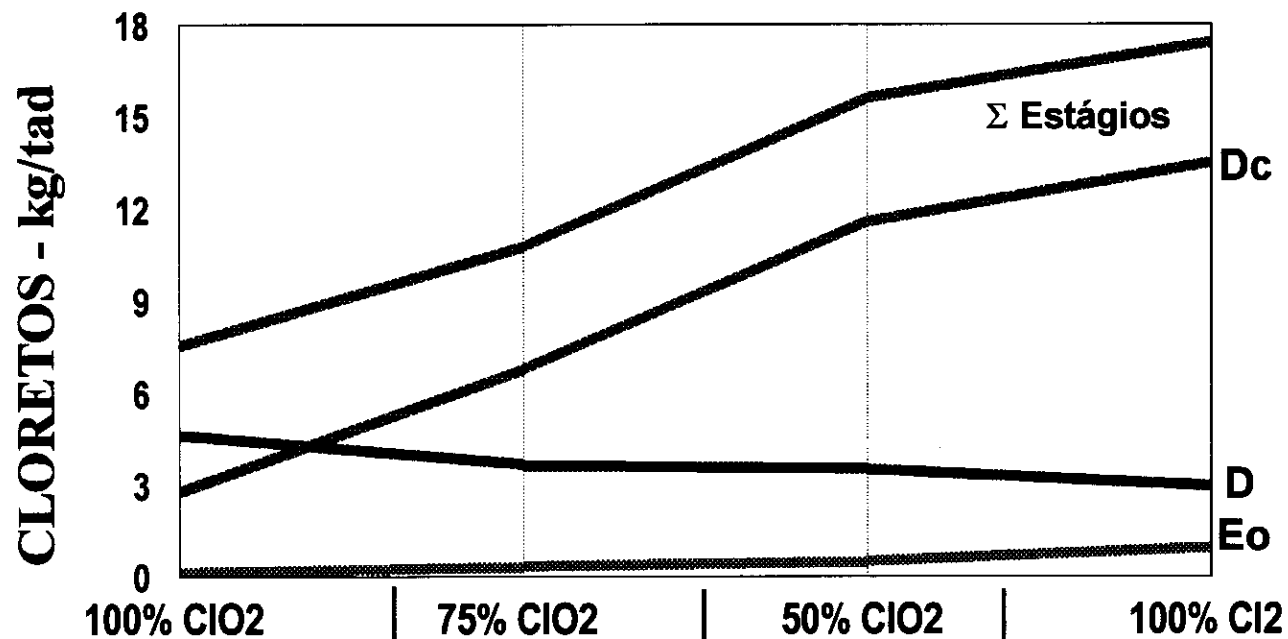
Dc	6,59	6,89	11,52	3,78
Eo	3,52	6,65	5,66	5,90
D	29,44	33,19	43,97	95,21
Σ Estágios	39,55	46,73	61,15	114,89



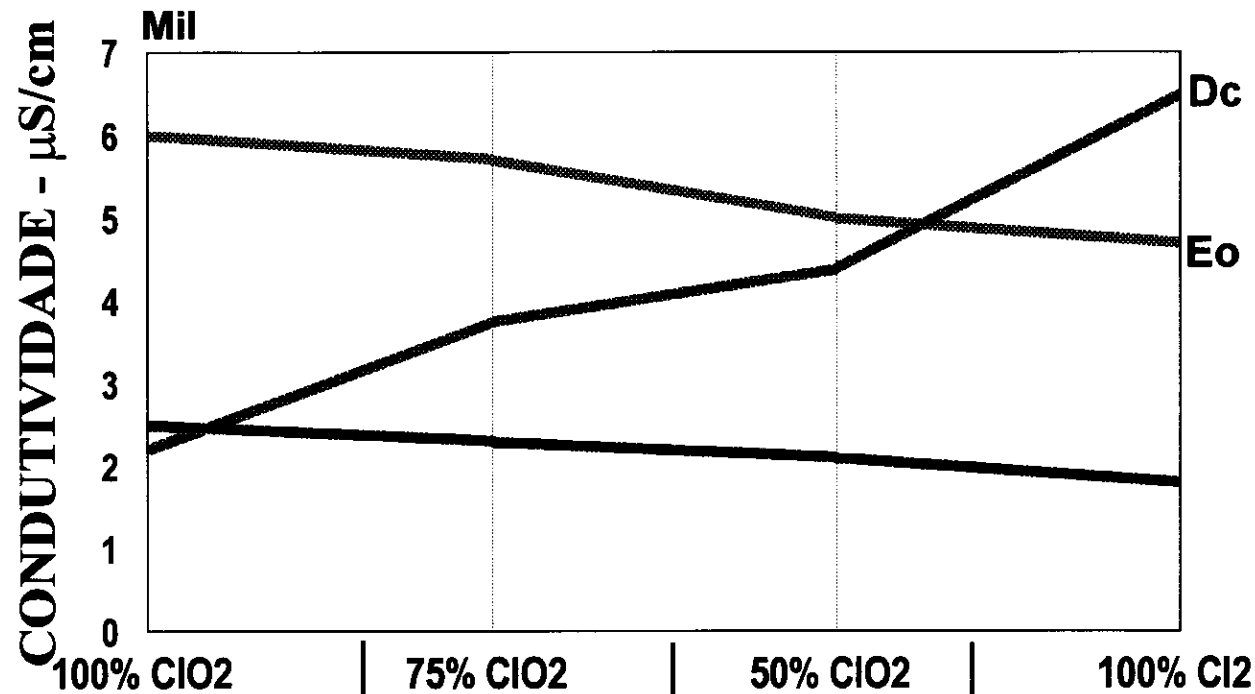
	100% ClO2	75% ClO2 + 25% Cl2	50% ClO2 + 50% Cl2	100% Cl2
TAXA DE SUBSTITUIÇÃO EM Dc				
Dc	2,5	2,3	2,0	1,8
Eo	12,6	12,5	12,4	12,3
D	3,5	3,8	3,5	3,9



	100% ClO2	75% ClO2 + 25% Cl2	50% ClO2 + 50% Cl2	100% Cl2
	TAXA SUBSTITUIÇÃO EM Dc			
Dc	7,98	13,63	13,23	15,30
Eo	12,71	14,54	16,17	22,50
D	1,21	0,80	6,89	7,30
Σ Estágios	21,90	28,97	36,29	45,10

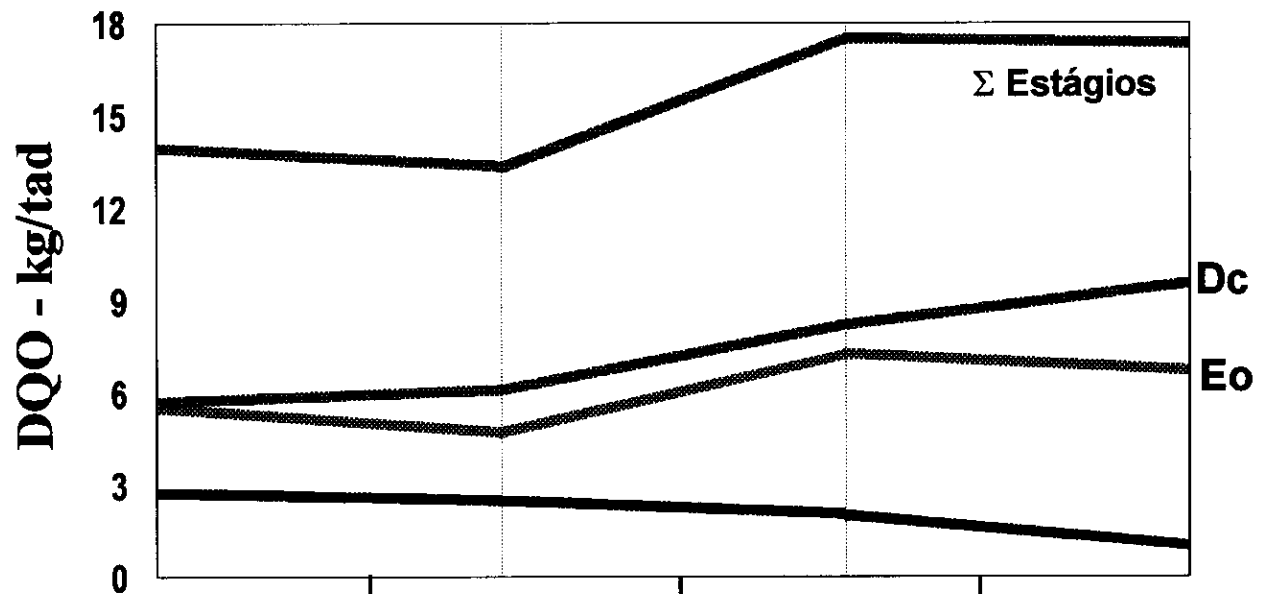


	TAXA SUBSTITUIÇÃO EM Dc			
	100% ClO2	75% ClO2 + 25% Cl2	50% ClO2 + 50% Cl2	100% Cl2
Dc	2,78	6,80	11,60	13,53
Eo	0,13	0,34	0,51	1,00
D	4,64	3,65	3,51	2,95
Σ Estágios	7,55	10,79	15,62	17,48



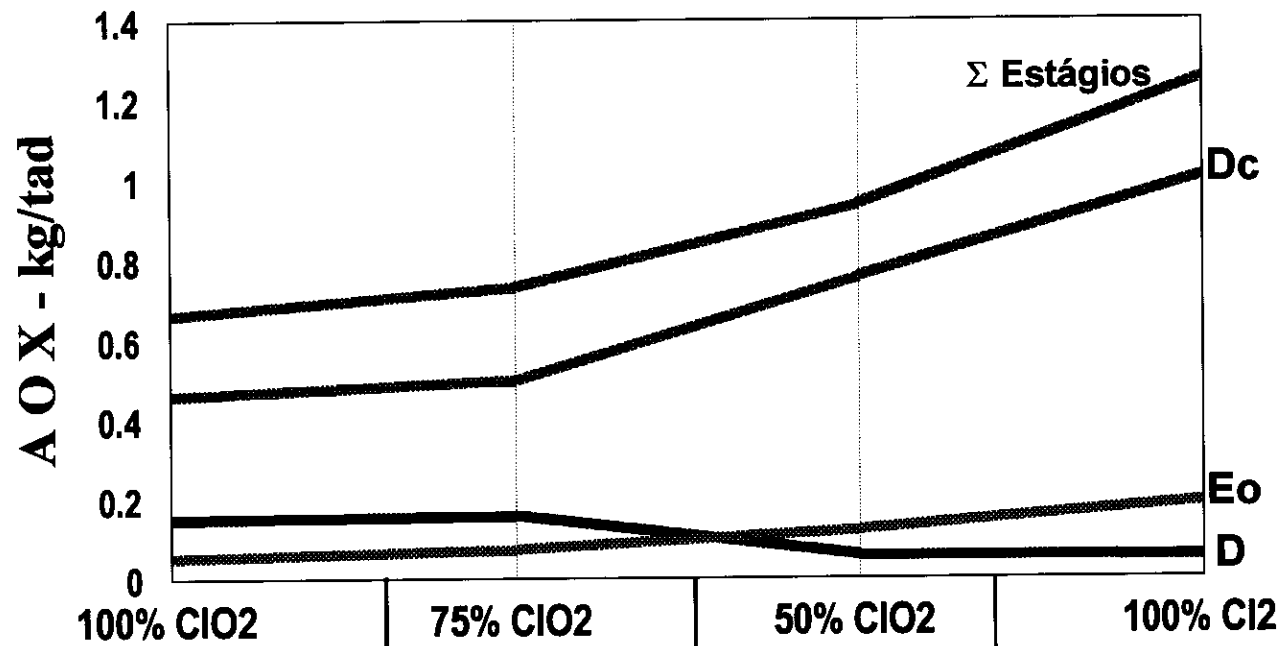
TAXA SUBSTITUIÇÃO EM Dc

Dc	2.200	3.750	4.400	6.500
Eo	6.000	5.700	5.000	4.700
D	2.500	2.300	2.100	1.800



	100% ClO2	75% ClO2 + 25% Cl2	50% ClO2 + 50% Cl2	100% Cl2
Dc	5,70	6,10	8,22	9,59
Eo	5,51	4,73	7,29	6,70
D	2,75	2,49	2,01	1,01
Σ Estágios	13,96	13,32	17,52	17,30

TAXA SUBSTITUIÇÃO EM Dc



	100% ClO2	75% ClO2 + 25% Cl2	50% ClO2 + 50% Cl2	100% Cl2
		TAXA SUBSTITUIÇÃO EM Dc		
Dc	0,460	0,500	0,760	1,010
Eo	0,053	0,074	0,123	0,194
D	0,150	0,160	0,058	0,052
Σ Estágios	0,663	0,734	0,941	1,256