

Remoção de cor em efluentes de fábricas de celulose e papel que utilizam o processo "kraft"

MFN -0906

N CHAMADA:

TITULO: Remoção de cor em efluentes de fábricas de celulose e papel que utilizam o processo "kraft"

AUTOR(ES): GRIECO, V.M.LORENTI, V.A.CAMPOS, A.F.C.M.GOMES, J.A.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 12

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 26-30.11.1979

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1979, ABTCP

PAG/VOLUME: p.239-245,

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 12, 1979, São Paulo, p.239-245

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR:

RESUMO:



REMOÇÃO DE COR EM EFLUENTES DE FÁBRICAS DE CELULOSE E PAPEL QUE UTILIZAM O PROCESSO "KRAFT"

VITO MARCELLO GRIECO
VITTORIO ANTONIO LORENTI
ANTONIO FRANCISCO DE
CARVALHO MOURA CAMPOS
JOSÉ ARNALDO GOMES
Cetesb

RESUMO

Em face da complexidade dos despejos líquidos de fábricas de celulose e papel e dos efeitos deletérios que a coloração dos mesmos causa à fauna e flora aquática, são prementes as pesquisas que visam minimizar tal inconveniente.

O trabalho desenvolvido apresenta um pequeno apanhado bibliográfico dos principais métodos de remoção de cor, bem como a tecnologia adquirida pela CETESB, através de ensaios de laboratório e em escala piloto.

Este novo método de remoção de cor foi desenvolvido utilizando-se carbonato de cálcio e hidróxido de cálcio no processo de coagulação, obtendo-se resultados surpreendentes do ponto de vista técnico, tornando-o passível de ser implantado em fábricas de celulose e papel.

1. INTRODUÇÃO

A obtenção da celulose da madeira através de métodos alcalinos, como por exemplo o processo

Kraft, origina efluentes com alta concentração de cor. Admite-se que existam duas principais fontes de cores nesses efluentes: licor negro fraco e efluente da extração cáustica do setor de branqueamento. Geralmente, é aceito que a cor é oriunda quase que exclusivamente da lignina e seus derivados.

Os efluentes do processo Kraft contém derivados de mercaptanas, que possuem ação tóxica e letal sobre os peixes, causando paralisia dos órgãos sensíveis e guelras (1). A contribuição da cor desses despejos nos corpos receptores afeta as plantas aquáticas devido à redução da fotossíntese, causando efeitos prejudiciais no OD (Oxigênio Dissolvido) de água (2). Além disso, tal contribuição é também inconveniente em cursos d'água destinados a abastecimento municipal e fins recreativos.

Em vista dos diversos efeitos advindos da cor dos efluentes de celulose e papel é que se fundamentaram estudos visando a adap-

tação de processos para a minimização de tais efeitos.

Inicialmente, o estudo de tratamento de despejos pode ser feito em escala de laboratório. Em uma segunda fase, tem por base os resultados obtidos em laboratório e inter-relacionando-os com o processamento industrial, pode-se prosseguir os estudos em unidade piloto ou semi-industrial. Paralelamente aos ensaios em laboratório, é conveniente efetuar um estudo econômico de alternativa mais viável (3).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uma das maiores preocupações de todos aqueles que abordaram o estudo de despejos líquidos de fábrica de celulose e papel, particularmente nos processos químicos, é o problema da cor, que na maioria dos casos, permanece após o tratamento.

Sistemas convencionais de tratamento biológico são ineficientes para a remoção de cor. Remoções acima de 30% foram obtidas através de tratamento convencional de lodos ativados. Em lagoas aeradas a

eficiência foi inferior a 10% (4). Entretanto, alguns sistemas biológicos modificados alcançaram remoções superiores a 40% (5). Isto posto, torna-se necessário considerar processos físico-químicos neste tipo de tratamento, os quais se mostraram bem mais eficientes.

Estudos realizados utilizando-se 200-500 mg/l de sais de Fe³⁺, 400 mg/l de sais de Al³⁺ ou 1000-1500 mg/l de Ca⁺, demonstraram eficiências da ordem de 85-95% de remoção de cor, e ainda indicaram que o CaO e o Fe₂(SO₄)₃ são economicamente preferíveis ao sal de alumínio (6).

A utilização conjunta do FeCl₃ e do AlCl₃ apresentou eficiência de remoção de cor da ordem de 85%, sendo que as dosagens químicas dependeram da intensidade de cor do efluente (7).

Tem-se conhecimento que uma fábrica, que emprega o processo Kraft, para obtenção de celulose não-branqueada, utiliza para a remoção de cor de seus efluentes dosagem de 120 mg/l de Al₂(SO₄)₃, resultando em 90% de remoção de cor e 65% de remoção de DBO₅ (8).

Ensaio para remoção de cor dos efluentes do setor de branqueamento, em escala piloto, utilizando 500 mg/l de Ca(OH)₂ e 60 mg/l de Mg²⁺ revelaram bons resultados, além do que aproximadamente 85% do magnésio pode ser recuperado através da recarbonatação mediante emprego de gás carbônico (9).

A NCA^{SI} patenteou um processo de tratamento especificamente destinado a efluentes da extração cáustica. Este método envolve o uso de grande quantidade de óxido de cálcio (20.000 ppm). Ao efluente tratado adiciona-se CO₂ para remover o óxido de cálcio solúvel, convertendo-o em carbonato de cálcio, que é então removido e misturado com a lama de hidróxido de cálcio. O lodo misturado e filtrado é então recuperado no processo de caustificação (10).

Este processo, denominado "The Massive Lime Process" (cal compacta), operado pela International Paper Company revelou as seguintes conclusões (11):

- Remoção de cor acima de 90%, para efluentes da extração cáustica e da lavagem final da celulose não-branqueada. Ressalte-se que esses dois despejos contêm 65 a 70% do total do carregamento de cor na manufatura de celulose branqueada pelo processo Kraft.

- Usando-se apenas o CaO normalmente disponível em fábricas típicas de celulose branqueada, pode-se tratar aproximadamente 14% do efluente total da fábrica.

- No tratamento de efluentes com alta concentração de cor, tal como são os efluentes da extração cáustica e da celulose não-branqueada, poderão remover 72% do carregamento da cor. No caso da International Paper Company a cor do efluente final foi reduzida de 2630 APHA para 740 APHA.

- Redução de 20 a 40% da DBO₅ no efluente tratado.

O processo de remoção de cor por meio do emprego de carvão ativado apresenta bons resultados, entretanto ainda permanece a cor residual após o tratamento. Este processo parece ser mais eficaz se precedido de tratamento com CaO, podendo o efluente ser reciclado, em alguns casos, ao processo de fabricação. A regeneração do carvão ativo se faz necessária para tornar este método economicamente viável (12).

3. ENSAIOS DE REMOÇÃO DE COR

Em sequência serão apresentados os estudos desenvolvidos na Superintendência de Pesquisa da CETESB, através da Gerência de Estudos Especiais - Pesquisa, com o propósito de verificar a remoção de cor em despejos líquidos de indústrias de celulose e papel, que utilizam o processo Kraft. Tais estudos foram realizados, em escalas de laboratório e piloto, visando a possibilidade da utilização de carbonato de cálcio (proveniente do processamento industrial), em conjunto com o óxido de cálcio (obtido pela recuperação do carbonato de cálcio em forno de cal).

3.1. ENSAIOS EM LABORATÓRIO

Procedeu-se as experiências utilizando despejos líquidos de uma indústria, de celulose e papel, que emprega o processo Kraft.

Os ensaios foram realizados em aparelho de "Jar-Test", constituído de 6 jarros com capacidade de 2 litros cada um, dos quais um era separado como prova em branco e os demais sofriam ajustes de pH e adição de quantidades diferentes de reagentes químicos. A mistura submetida a uma agitação intensa de,

aproximadamente, 100 rpm durante cinco minutos e logo a seguir a uma agitação lenta, de 30 rpm, durante quinze minutos. Após esse procedimento, deixava-se a mistura sedimentar durante uma hora e o sobrenadante era retirado e analisado.

Para a correção do pH inicial utilizou-se a princípio, uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) e, posteriormente, uma solução de hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂).

A primeira série de ensaios, realizada com efluentes de amostragens compostas, de 24 horas com volumes proporcionais às vazões dos efluentes alcalinos, teve por objetivo verificar a viabilidade de se utilizar CaCO₃ com NaOH ou CaCO₃ com Ca(OH)₂. Optou-se somente por esses efluentes visto que os demais despejos da fábrica (efluentes ácidos) dispensam tratamento para remoção de cor.

Para cada ensaio de "Jar-Test" foram efetuadas as seguintes análises e medidas:

- quantidade de CaCO₃;
- quantidade de Ca(OH)₂ ou NaOH adicionada;
- pH inicial (antes da floculação);
- pH final (após a floculação);
- cor inicial e final;
- resíduo total (antes e após floculação); e
- sólidos em suspensão.

Durante a primeira série de ensaios, constatou-se que o carbonato de cálcio apresentou boas características como agente adsorvente de substâncias responsáveis pela coloração do efluente e ainda, como agente auxiliar de floculação.

Observou-se que, em geral, a redução de cor foi mais acentuada quando do emprego de hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) ao invés de hidróxido de sódio (NaOH), e que os melhores resultados foram obtidos utilizando-se dosagens de 5.000 mg/l de CaCO₃ e 200 mg/l de Ca(OH)₂.

Para estudar a eficiência do tratamento primário, através de ensaios de "Jar-Test", foram realizadas cinco séries de testes com efluente alcalino total da fábrica empregando-se 3.000 mg/l de CaCO₃ e 200 mg/l de Ca(OH)₂. Os resultados das análises efetuadas nesses testes são apresentados na tabela 1.

TABELA 1

EFLUENTE BRUTO				EFLUENTE TRATADO				EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO			
COR (mgPt/l)	SS (mg/l)	DQO (mgO ₂ /l)	DBO (mgO ₂ /l)	COR (mgPt/l)	SS (mg/l)	DQO (mgO ₂ /l)	DBO (mgO ₂ /l)	COR (%)	SS (%)	DQO (%)	DBO (%)
3750	180	1065	297	1500	176	935	250	60	2	12	16
3500	140	942	220	1000	173	804	167	71	-	15	24
3000	180	720	186	750	177	536	100	75	2	26	46
3000	160	781	220	750	177	744	240	75	-	5	-
3000	220	751	257	500	240	513	247	83	-	32	4

SS: SÓLIDOS EM SUSPENSÃO
 DQO: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO
 DBO: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

Do exposto na tabela 1, pode-se tecer os seguintes comentários:

- a média de redução da DQO foi de 18%;
- embora houvesse erro na determinação da DBO no ensaio 4, observou-se uma redução média da DBO de 23%;
- a eficiência de remoção de cor foi bastante satisfatória, variando entre 60 e 83%; e
- não houve remoção de sólidos em suspensão, verificando-se em alguns casos, um aumento nos mesmos; tal fato é devido à floculação das substâncias dissolvidas que originam a cor do efluente.

A partir dos resultados apresentados na tabela 1 construiu-se gráficos para uma melhor visualização das remoções (COR; DQO e DBO), os quais estão apresentados nas Figuras 1, 2, e 3.

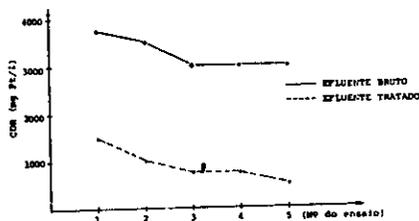


FIG. 1: Comparação da cor do efluente bruto e do efluente tratado

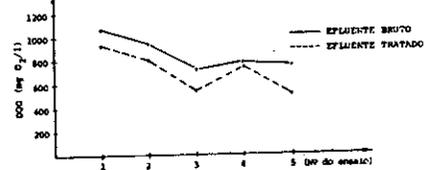


FIG. 2: Comparação da DQO do efluente bruto e do efluente tratado

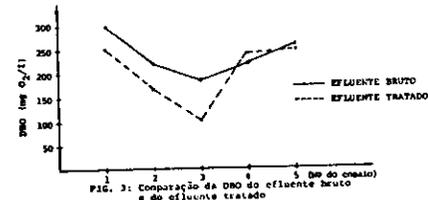


FIG. 3: Comparação da DBO do efluente bruto e do efluente tratado

Embora a redução de cor tenha sido razoavelmente satisfatória, a cor residual permaneceu relativamente alta, o que, possivelmente, justifica as baixas remoções na DQO e na DBO. Tal fato, provavelmente, deve-se à existência de substâncias inibidoras do processo de floculação, presentes nos efluentes em estudo.

Assim sendo, fez-se uma adequada segregação dos efluentes na tentativa de obter melhores remoções. Portanto, numa segunda etapa,

estes ensaios foram realizados com os efluentes alcalinos, eliminando-se os efluentes da extração.

Esta série de ensaios de "Jar-Test" foi realizada com amostras compostas, utilizando-se volumes proporcionais às vazões dos respectivos efluentes selecionados. Foram testadas três concentrações de carbonato de cálcio variando-se as concentrações de hidróxido de cálcio e os resultados obtidos encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE FLOCULAÇÃO COM EFLUENTES ALCALINOS SEM O EFLUENTE DA EXTRAÇÃO: COR INICIAL DE 7500 mgPt/l.

AMOSTRA Nº	LAMA DE CAL (CaCO ₃): mg/l	HIDRÓXIDO DE CÁLCIO [Ca(OH) ₂] (mg/l) 2	COR APÓS NEUTRALIZAÇÃO* (mgPt/l)	REDUÇÃO DE COR (%)	pH FINAL
branco(1-1)	3000	----	1000	87,0	11,2
1-2	3000	100	1000	87,0	11,3
1-3	3000	200	500	93,0	11,5
1-4	3000	250	500	93,0	11,5
1-5	3000	300	400	95,0	11,6
1-6	3000	400	200	97,0	11,7
branco(2-1)	4000	----	1000	87,0	11,3
2-2	4000	200*	500	93,0	11,5
2-3	4000	300	500	93,0	11,6
2-4	4000	400	300	96,0	11,7
2-5	4000	500	300	96,0	11,7
2-6	4000	1000	250	97,0	11,8
branco(3-1)	5000	----	750	90,0	11,4
3-2	5000	300	250	97,0	11,7
3-3	5000	500	200	97,0	11,8
3-4	5000	1000	200	97,0	12,0
3-5	5000	1500	150	98,0	12,1
3-6	5000	2000	100	99,0	12,3

* Medição da cor após neutralização para pH 7 com ácido sulfúrico (H₂SO₄).

TABELA 3

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE FLOCULAÇÃO UTILIZANDO EFLUENTE ALCALINO TOTAL: COR INICIAL DE 4000 mg Pt/l

AMOSTRA Nº	LAMA DE CAL (CaCO ₃) mg/l	HIDRÓXIDO DE CÁLCIO [Ca(OH) ₂] mg/l	COR APÓS NEUTRALIZAÇÃO* mg/l	REDUÇÃO DE COR	pH FINAL
branco (4-1)	3000	—	2000	50,0	11,3
4-2	3000	100	2000	50,0	11,4
4-3	3000	200	1500	63,0	11,6
4-4	3000	250	1500	63,0	11,7
4-5	3000	300	1000	75,0	11,7
4-6	3000	400	1000	75,0	11,8
branco (5-1)	4000	—	2000	50,0	11,4
5-2	4000	200	1500	63,0	11,7
5-3	4000	300	1500	63,0	11,7
5-4	4000	400	1000	75,0	11,8
5-5	4000	500	1000	75,0	11,8
5-6	4000	1000	750	81,0	11,9
branco (6-1)	5000	—	2000	50,0	11,6
6-2	5000	300	1500	63,0	11,8
6-3	5000	500	1000	75,0	11,9
6-4	5000	1000	1000	75,0	12,0
6-5	5000	1500	1000	75,0	12,1
6-6	5000	2000	750	81,0	12,3

* Medição de cor após neutralização para pH 7 com ácido sulfúrico (H₂SO₄)

A ilustração da figura 4, obtida a partir das tabelas 2 e 3, permite observar claramente as diferenças na eficiência de remoção de cor quando se utiliza efluente alcalino e quando se utiliza efluente alcalino total.

3.2. ENSAIOS EM ESCALA PILOTO

O sistema piloto de tratamento físico-químico projetado, era constituído de tanque de espera, medidor de vazão, reservatório de reagentes, tanques de mistura rápida, tanque de mistura lenta e decantador tubular (alta taxa).

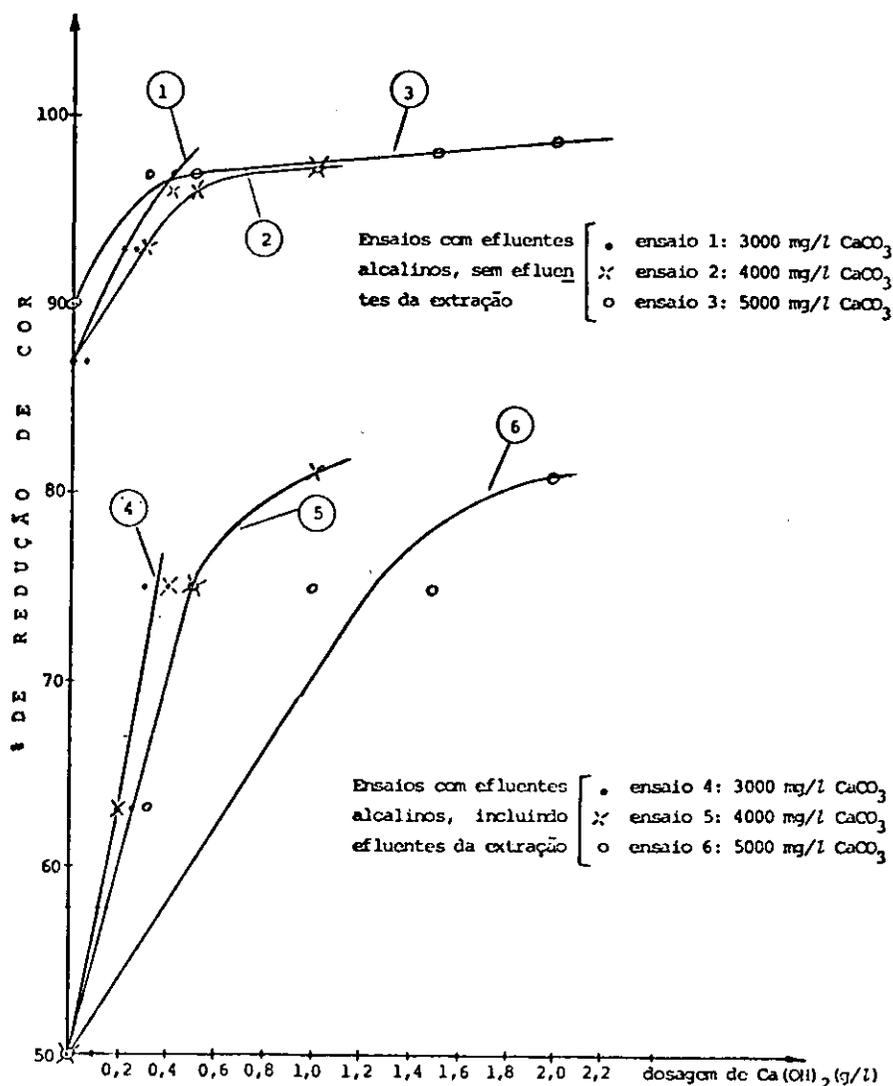
Esta unidade foi operada em regime contínuo, utilizando-se os efluentes alcalinos sem a extração, tendo como finalidades principais a determinação das dosagens ótimas dos reagentes e a verificação da eficiência do processo de sedimentação.

Para o tratamento primário dos efluentes foram empregados, como auxiliar de floculação e agente floculante, a lama de cal e o hidróxido de cálcio, respectivamente.

Paralelamente a estes ensaios foram realizados ensaios complementares, com efluente alcalino total (incluindo o efluente da extração cáustica), sob as mesmas condições dos ensaios anteriores. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 3.

O exposto nas tabelas 2 e 3 permite extrair as seguintes conclusões:

- para uma dosagem de 3.000 mg/l de CaCO₃ a redução da cor está compreendida entre 87,0 e 97,0%, quando se utiliza efluentes alcalinos sem a extração e, entre 50 e 75% quando se utiliza efluente alcalino total (com a extração);
- para uma dosagem de 4.000 mg/l de CaCO₃ a redução de cor está compreendida entre 93,0 e 97,0%, quando se utiliza efluente alcalino sem a extração e, entre 63,0 e 81% quando se utiliza efluente alcalino total (com a extração);
- para uma dosagem de 5.000 mg/l de CaCO₃ a redução de cor está compreendida entre 97,0 e 99,0%, quando utiliza efluente alcalino sem a extração e, entre 63,0 e 81,0% quando se utiliza efluente alcalino total (com a extração).



O emprego destes reagentes, além de ter proporcionado resultados satisfatórios nos ensaios de laboratório, deveu-se ao fato de que a maioria das fábricas tipo "Kraft" dispõe de lama de cal como resíduo do processamento industrial, proveniente da queima do licor negro na caldeira.

Além disso, convém salientar a possibilidade de implantação de uma unidade de recuperação do lodo proveniente do tratamento primário, que enviado a um forno de cal, resulta em recuperação do carbonato de cálcio na forma de óxido de cálcio.

TABELA 4

LEVANTAMENTO DE DADOS DA UNIDADE PILOTO DE TRATAMENTO PRIMÁRIO: EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE COR

COR INICIAL (mg Pt/l)	REDUÇÃO MÉDIA DIA (%)	DOSAGEM MÉDIA DE CaCO ₃ (g/l)	DOSAGEM MÉDIA DE CaO (mg/l)	FREQUÊNCIA (Nº DE AMOSTRAS)
1250	90,0	5,21	230	2
1500	83,3	4,34	191	5
2500	86,2	5,64	247	5
3500	76,9	4,98	141	11
3750	80,4	5,26	231	16
5000	86,4	5,18	205	107
7500	85,3	5,45	224	173
10000	81,1	5,53	230	121
12500	87,4	6,22	271	24
15000	88,3	6,18	270	9
17500	87,6	6,13	270	3
MÉDIAS PONDERADAS				TOTAL
7670	84,3	5,44	222	476

TABELA 5

EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO NA UNIDADE PILOTO DE TRATAMENTO PRIMÁRIO

AMOSTRA Nº	SÓLIDOS EM SUSPENSÃO		EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO (%)
	AFLUENTE (mg/l)	EFLUENTE (mg/l)	
1	*	----	----
2	*	----	----
3	1880	339,0	82,0
4	77	46,0	40,3
5	63	27,0	57,1
6	75	50,0	33,3
7	529	16,0	97,0
8	78	87,0	65,4
9	96	11,0	88,5
10	29	6,0	79,3
11	54	23,0	57,4
12	47	10,0	78,7
13	261	18,0	93,1
14	18	*	----
			MÉDIA 71,5

Além da redução da cor, estes ensaios tiveram como consequência direta as reduções da DQO e da DBO, que são parâmetros fundamentais para a avaliação da qualidade dos efluentes tratados. Na tabela 4 é apresentada a eficiência do tratamento, em termos de redução de cor, e as dosagens dos flocculantes adicionados. Nas tabelas de 5 a 7 são apresentadas as respectivas eficiências de tratamento em termos de redução de sólidos em suspensão, DQO e DBO.

* ANÁLISES PERDIDAS

TABELA 6

EFICIÊNCIA DE REDUÇÃO DA DQO NA UNIDADE PILOTO DE TRATAMENTO PRIMÁRIO

AMOSTRA Nº	DQO		REDUÇÃO DA DQO (%)
	AFLUENTE (mg/l)	EFLUENTE (mg/l)	
1	2162,0	608,0	71,9
2	822,0	459,0	44,2
3	1650,0	537,0	67,5
4	784,0	*	----
5	665,0	396,0	40,5
6	1360,0	515,0	62,1
7	580,0	410,0	29,3
8	1040,0	506,0	51,3
9	1530,0	547,0	64,2
10	708,0	623,0	12,0
11	1160,0	605,0	47,8
12	818,0	549,0	32,9
13	1050,0	650,0	38,1
14	768,0	*	----
* ANÁLISE PERDIDA			MÉDIA 46,8

Os resultados analíticos dos afluentes e efluentes nos ensaios, em

unidade piloto, permitem fazer os seguintes comentários:

TABELA 7

EFICIÊNCIA DE REDUÇÃO DA DBO NA UNIDADE PILOTO DE TRATAMENTO PRIMÁRIO

AMOSTRA Nº	DBO		REDUÇÃO DA DBO (%)
	AFLUENTE (mg/l)	EFLUENTE (mg/l)	
1	449,0	298,0	33,6
2	444,0	380,0	14,4
3	1320,0	270,0	79,5
4	448,0	*	----
5	358,0	298,0	16,8
6	504,0	330,0	34,5
7	524,0	438,0	16,4
8	384,0	280,0	27,1
9	1010,0	366,0	63,8
10	408,0	*	----
11	556,0	*	----
12	492,0	408,0	17,1
13	1050,0	536,0	49,0
14	576,0	408,0	29,2
* ANÁLISE PERDIDA			MÉDIA 34,7

a) Cor

Pela tabela 4 verifica-se que o tratamento primário, reduz 80 a 90% a cor do efluente, sendo que a cor média do afluente variou ao redor de 7500 mg Pt/l.

b) Sólidos em suspensão

Na tabela 5 observa-se que a redução de sólidos em suspensão é em média 71%, obtendo-se por vezes reduções superiores a 90%.

c) Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Pela tabela 6 pode-se observar que a eficiência do tratamento primário, em termos de DQO, foi em média 47%.

d) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Pela tabela 7 pode-se observar que a redução média da DBO é de aproximadamente 35%, podendo atingir valores superiores a 60%.

A eficiência de remoção da DBO no tratamento biológico, em escala piloto, utilizando os efluentes tratados (tratamento primário-remoção de cor) acrescidos dos efluentes da extração e efluentes ácidos (ambos sem tratamento) foi da ordem de 80% (13).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GODOY, M.P. *Poluição do Rio Mogi Guassu* (estudos sobre licor negro, água residuária da indústria de celulose sulfato), São Paulo, 1967.

2. DUGAL, H.S. et alli, *Color Characterization Before and After Lime Treatment - Office Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Washington, D.C. 20460 Ref. EPA 660/2-74-029.*

3. ----. *Fractionation of Organic Constituents of Black Liquors. Chim. Blachim. Lignine Cellulose Hemicelulose Actes Symp, Inter Grenoble, France, 1964.*

4. TIMPE, W.G. et alli "Kraft Pulping Effluent Treatment and Reuse - State - of - the - Art", *Environmental Technology Series, EPA - R2 - 73 - 164 Feb. 1973.*

5. SCHMIDT, H. and WEIGHT, G., "The Problem of Biological Treatment of Sulfate „Effluent”", *Zellstoff Papier, German, 17, 337, 1968.*

6. TEJERA, N.E. and DAVIS Jr., M.W. "Removal of Color and Organic Matter from Kraft Mill Causitic Extraction Waste by Coagulation", *Tappi, Vol. 53, nº 10, pág. 1931-1934, Oct., 1970.*

7. WILLARD, H.K. and SCOTT, R.H., "Coagulation of Pulp and Paper Aerated Lagoon Effluents for Color and Solids Removal", *AI-CHÉ Symposium Series - Water*, Vol. 69 nº 129, p. 173-183, 1972.

8. RUSH, R.J. and SHANNON, E.E. "Review of Color Removal Technology in the Pulp and Paper Industry", *Water Pollution Control Directorate*, Report EPS-3 - WP - 76 - 5, April, 1976.

9. OLDHAM, W.K. and RUSH,

R.J. "Color Removal in Kraft Mill Wastewaters with Magnesium" *Journal WCPF*, p. 40-45, Jan., 1978.

10. SPRUILL Jr., E.L. "Color Removal and Sludge Disposal Process for Kraft Mill Effluents, *Environmental Protection Agency Office of Water Resources Research*, Ref. EPA nº 660/2-74-008, Feb., 1974.

11. OSWALT, J.T. and LAND Jr., J.G. "Color Removal from Kraft Pulp Mill Effluents by Massive Lime

Treatment", *Environmental Protection Technology Series*, EPA-R2-73 086, Feb., 1973.

12. NCASI, "Decolorization of Pulps Bleaching Effluents Using Activated Carbon, *NCASI Technical Bulletin* nº 181, May, 1965.

13. GRIECO, V.M. et alii, Tratamento dos Despejos Líquidos de Indústrias de Celulose e Papel, *10º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Manaus (AM), Janeiro, 1979.