



17º
congresso
brasileiro
de engenharia
sanitária
e ambiental

Natal / RN
19 a 23/09/93

V.2
TRABALHOS TÉCNICOS
TOMO II



TEMA CENTRAL
Saneamento Ambiental
Ação de Saúde Pública

ANAIS DO 17º CONGRESSO
BRASILEIRO DE ENGENHARIA
SANITÁRIA E AMBIENTAL

NATAL - RN, 19 a 23 de setembro de 1993.

Vol.2 - Trabalhos Técnicos - Tomo II

CIP-Brasil. Catalogação-na-fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ.

C759# Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (17. : 1993 : Natal, RN)
Anais / do 17. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 2, tomo II ; promoção ABES-Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental ; realização ABES Seção Rio Grande do Norte. — Rio de Janeiro : ABES, 1993

Conteúdo: v.2 t.II. Trabalhos técnicos
ISBN 85-7022-110-X

1. Engenharia ambiental - Brasil - Congressos.
2. Engenharia sanitária - Brasil - Congressos. I. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. II. Título.

93-0805

CDD - 628.06081
CDU - 628:061.3(81)

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA USO DE POLÍMEROS
NATURAIS COMO AUXILIARES DE FLOCULAÇÃO

Luiz Di Bernardo (*)
Elizabeth Regina Halfeld da Costa (**)

CURRÍCULO

- (*) Professor Titular da Escola de Engenharia de São Carlos
(**) Engenheira Civil e Mestre em Hidráulica e Saneamento

RESUMO

Alguns polímeros naturais já vêm sendo usados com sucesso em diversas estações de tratamento de água como auxiliares de floculação, embora não haja notícias da existência de uma metodologia racional para determinação das dosagens convenientes do coagulante primário e do polímero.

O presente trabalho consiste na proposição de uma nova metodologia para o estudo do uso de diferentes tipos polímeros naturais como auxiliares de floculação de águas de abastecimento, empregando-se sulfato de alumínio como coagulante primário. Tal metodologia baseia-se no Diagrama de Coagulação, no qual são traçadas curvas de mesmos valores de turbidez ou de cor aparente remanescentes, e identificadas as regiões de coagulação por varredura e por neutralização de carga. Em cada região são escolhidos pontos dados pelos pares de valores, dosagem do coagulante-pH de coagulação, correspondentes à menor dosagem do coagulante para uma determinada curva de turbidez ou de cor aparente remanescentes. A metodologia proposta foi testada com dois tipos de água preparadas em laboratório utilizando-se caulinita e substâncias húmicas - Água Tipo I, com turbidez alta e cor verdadeira baixa; Água Tipo II, com turbidez baixa e cor verdadeira alta. Foram utilizados amidos de batata, de araruta e de mandioca, com dosagens variando de 0 a 5 mg/l. Os ensaios foram realizados em equipamento de floculação constituído de 6 frascos com dispositivo individual de agitação.

Com base no trabalho realizado concluiu-se que a metodologia proposta permite identificar as condições mais convenientes para promover a coagulação de modo a se reduzir, consideravelmente, a dosagem de coagulante primário, além de se aumentar a eficiência da remoção dos flocos por sedimentação.

0853419

SYSNO 0853419
PROD 002330

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA USO DE POLÍMEROS
NATURAIS COMO AUXILIARES DE FLOCULAÇÃO

RESUMO (continuação)

Os autores desejam expressar seus agradecimentos à FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela concessão de auxílio à pesquisa (Proc. 84/2815-7) e de bolsa de Mestrado à co-autora (Proc. 89/1771-0).

ENDEREÇO: Escola de Engenharia de São Carlos/USP
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465
13560-250 São Carlos-SP

1 - INTRODUÇÃO

A coagulação química e a floculação constituem-se nas principais etapas realizadas nas estações de tratamento de água, já que as etapas subsequentes são significativamente influenciadas por elas. Durante a coagulação com sais de alumínio ou de ferro ocorre a formação de compostos hidrolisados dos metais, os quais promovem a neutralização da carga das partículas coloidais e das moléculas de substâncias húmicas ou, então, tais impurezas são aprisionadas nos precipitados de ferro ou de alumínio que podem se formar. No primeiro caso tem-se a coagulação por adsorção-neutralização de carga enquanto que, no segundo, a coagulação por varredura.

Geralmente os polímeros sintéticos e os naturais são usados nas estações de tratamento de água quando se deseja melhorar a eficiência da floculação e da decantação ou aumentar a vazão a ser tratada sem que ocorra prejuízo à qualidade da água tratada. Os polímeros naturais foram estudados por Campos e Di Bernardo (2) na década de oitenta, através do uso de equipamentos de ensaios de floculação em laboratório e da aplicação dos produtos em algumas estações de tratamento. Em geral a metodologia empregada contemplava, inicialmente, a determinação do par de valores "dosagem de coagulante x pH de coagulação", para o qual obtinha-se a maior remoção de turbidez ou de cor, quando a coagulação era realizada no mecanismo da varredura. A diminuição da dosagem de coagulante primário e, eventualmente, de alcalinizante, era estudada mantendo-se praticamente constante o pH de coagulação. Embora resultassem melhorias na floculação e decantação, a economia conseguida com a pequena diminuição na dosagem do coagulante primário e, às vezes, na do alcalinizante, não era representativa.

A partir dos estudos de Amirtharajah e colaboradores (1,5) tornou-se evidente a importância dos diagramas de coagulação do ferro e do alumínio, obtidos a partir do diagrama de solubilidade desses metais. Tais diagramas são construídos com dados de turbidez ou de cor remanescentes, comumente obtidos em ensaios de coagulação-floculação-sedimentação em equipamentos de laboratório para uma certa velocidade de sedimentação. Na Figura 1 é mostrado o diagrama de coagulação construído para água preparada com caulinita e substâncias húmicas, contendo as curvas de mesma turbidez remanescente. Nota-se que, no mecanismo da varredura, a dosagem de sulfato de alumínio e o valor do pH de coagulação para os quais se obtém a maior eficiência, são iguais a, respectivamente, 40 mg/l e 6,2. Se a dosagem de sulfato de alumínio fosse reduzida para cerca de 27 mg/l e se fosse mantido constante o pH de coagulação, a turbidez remanescente resultaria de, aproximadamente, 50 uT. Entretanto, se o pH de coagulação fosse aumentado para 6,8, a turbidez remanescente seria de 5 uT para aquela dosagem de 27 mg/l.

O mesmo procedimento poderia ser feito em outras curvas de mesma

turbidez remanescente, o que permitiria selecionarem-se pontos para os quais fosse mínima a dosagem de coagulante, como mostrado na Figura 1, na qual são destacados os pontos A, B, C, D, E no mecanismo de coagulação por varredura e, os pontos F e G, no mecanismo de adsorção-neutralização. Para tais pontos, identificados pelos pares de valores "dosagem de coagulante x pH de coagulação", poderia ser estudado o uso de polímeros naturais como auxiliares de floculação, o que eventualmente representaria economia substancial no consumo do coagulante primário. O desenvolvimento racional da metodologia para uso combinado de coagulante primário e de polímeros naturais como auxiliares de floculação é o objetivo do presente trabalho.

2 - INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL

2.1 - CARACTERÍSTICAS DA INSTALAÇÃO

A instalação utilizada para a realização dos ensaios, cujo esquema geral é apresentado na Figura 2, consistia, basicamente, de 6 conjuntos de motor-reductor-agitador, 6 reatores de 2 litros e dispositivo para coleta simultânea de amostras durante a fase de sedimentação. A instalação encontra-se detalhada na referência 7.

Para desenvolvimento do trabalho experimental foram utilizados os seguintes equipamentos: turbidímetro, potenciômetro, espectrocolorímetro, tacômetro, cronômetro, termômetro, balança eletrônica, etc.

2.2 - CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS ESTUDADAS

A investigação experimental foi feita com dois tipos de água, preparadas em laboratório com caulinita, substâncias húmicas e água destilada. As características principais das águas de estudo são apresentadas na Tabela 1.

2.3 - PARÂMETROS FÍSICOS DOS ENSAIOS

Os parâmetros físicos para execução dos ensaios, tais como o gradiente de velocidade médio e o tempo de agitação na mistura rápida e na floculação e a velocidade de sedimentação para a construção dos diagramas de coagulação foram otimizados por Di Bernardo e colaboradores (4) e são apresentados na Tabela 2.

2.3 - PRODUTOS QUÍMICOS USADOS

Foram usados os seguintes produtos químicos: sulfato de alumínio $\text{PA} - \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times 18 \text{ H}_2\text{O}$, ácido clorídrico e hidróxido de sódio. A concentração da solução de sulfato de alumínio foi fixada em 1 %.

A solução de amido foi preparada a quente, conforme metodologia descrita na referência 6. A concentração da solução de amido foi fixada em 0,2 %.

2.4 - PROCEDIMENTO DOS ENSAIOS E CONSTRUÇÃO DOS DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO

Cada ponto marcado no diagrama é caracterizado por três parâmetros distintos, a saber: dosagem de coagulante; pH de coagulação; turbidez ou cor aparente remanescente, expressas em porcentagem do valor inicial. Em ordenadas tem-se, no lado esquerdo, a concentração molar de alumínio e, no lado direito, a dosagem de sulfato de alumínio, em mg/l e, em abscissas, o pH de coagulação. Assim, para cada condição "dosagem de coagulante x pH de coagulação", obtinha-se, para a velocidade de sedimentação de 2 cm/min, a turbidez ou cor aparente da amostra coletada, o que permitia determinar a correspondente fração do valor inicial.

Após o enchimento dos reatores com a água de estudo, a temperatura era medida e corrigida para 25 °C quando necessário. A rotação dos agitadores era ajustada por meio de tacômetro de modo a resultar aqueles valores dos gradientes de velocidades médios constantes da Tabela 2.

Após o ajuste da rotação do agitador de cada reator, adicionava-se ácido ou alcalinizante e, após homogeneização, era introduzida solução de sulfato de alumínio com volume correspondente à dosagem desejada, mantendo-se a agitação por 5 segundos. Em seguida, era reduzida a rotação dos agitadores a fim de resultar um gradiente de 10 s^{-1} para promover a floculação durante 30 ou 40 minutos, dependendo do tipo de água.

Após a realização dos ensaios, foram construídos os diagramas de coagulação para as duas águas estudadas. Nesses diagramas foram identificados os pontos para os quais foi estudado o uso dos diferentes tipos de amidos, para velocidades de sedimentação iguais a, aproximadamente, 10, 5, 2,5 e 1 cm/min. A adição da solução dos amidos era feita após a mistura rápida, reduzindo-se o gradiente de velocidade para 300 s^{-1} , por um tempo de 1 minuto e, em seguida, diminuída a rotação para obter-se o gradiente de velocidade na floculação, de 10 s^{-1} .

3 - RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As Figuras 3 e 4 representam os diagramas de coagulação das duas águas de estudo. É evidente nessas figuras duas regiões distintas de coagulação conforme mencionado anteriormente. Na região correspondente aos menores valores do pH de coagulação há predominância de espécies hidrolisadas de alumínio, que encontram-se especificadas nos diagramas, promovendo a coagulação por adsorção-neutralização de carga. Para os dois tipos de água nota-se que a eficiência de remoção de turbidez ou de cor aparente resultou por volta de 80 %. Na outra região, caracterizada por maiores dosagens de sulfato de alumínio e valores mais elevados de pH, a eficiência de remoção de turbidez ou de cor aparente resultou bem mais elevada que na anterior, tendo sido da ordem de 85 - 93 % para a água Tipo I e de 90 - 95 % para a água Tipo II. Note que tais diagramas foram

construídos para a velocidade de sedimentação de 2 cm/min. As maiores eficiências de remoção, ou seja, os menores valores de turbidez ou de cor aparente remanescentes, são:

* Água Tipo I

- Mecanismo de coagulação por adsorção-neutralização de carga
 - dosagem de sulfato de alumínio = 20 mg/l
 - pH de coagulação = 4,1
 - turbidez remanescente = 18 % (da inicial)
- Mecanismo de coagulação por varredura
 - dosagem de sulfato de alumínio = 100 mg/l
 - pH de coagulação = 6,7
 - turbidez remanescente = 1 % (da inicial)

* Água Tipo II

- Mecanismo de coagulação por adsorção-neutralização de carga
 - dosagem de sulfato de alumínio = 25 mg/l
 - pH de coagulação = 5,1
 - cor aparente remanescente = 27 % (da inicial)
- Mecanismo de coagulação por varredura
 - dosagem de sulfato de alumínio = 155 mg/l
 - pH de coagulação = 6,4
 - cor aparente remanescente = 7 % (da inicial)

Em ambos diagramas encontram-se identificados os pontos numerados de 1 a 5, para os quais foi estudado o uso dos amidos como auxiliares de floculação, cujas dosagens de coagulante e respectivos valores do pH de coagulação e da turbidez ou cor aparente remanescentes são apresentados na Tabela 3. Como dito anteriormente, os três amidos estudados, de batata, de araruta e de mandioca, foram usados como auxiliares de floculação para cada ponto apresentado na Tabela 3, mantendo-se as mesmas condições físicas dos ensaios para construção dos diagramas, a menos da velocidade de sedimentação, que variou entre cerca de 1 e 10 cm/min.

Com os dados obtidos foram construídas figuras, para cada tipo de polímero e para cada ponto, cujas características constam da Tabela 3, como mostrado nas Figuras 5, 6 e 7, correspondentes ao ponto 2, para a água Tipo II. É evidente nessas figuras que resulta melhoria considerável da qualidade da água decantada com uso dos amidos, especialmente para as maiores velocidades de sedimentação. Para comparar a eficiência dos diferentes tipos de amidos, foram construídas as Figuras 8, 9, 10, 11 e 12, correspondentes a cada ponto para a água Tipo I e, as figuras 13, 14, 15, 16 e 17 para a água Tipo II. Tais figuras contêm os valores de turbidez ou cor aparente remanescentes referentes à maior remoção para cada velocidade de sedimentação.

Nota-se que, em geral, quanto maior a velocidade de sedimentação, maior foi a turbidez ou cor aparente remanescente porém, é possível

reduzir-se substancialmente a dosagem do coagulante primário mesmo para elevadas velocidades de sedimentação. Dentre os três amidos estudados, verificou-se que:

* Água Tipo I

- ponto 1 : o amido de batata resultou mais eficiente que os de araruta e de mandioca
- pontos 2, 3 e 4 : o uso dos amidos não proporcionou melhoria significativa na eficiência de remoção de turbidez ou cor aparente
- ponto 5 : os resultados foram ligeiramente melhores com o uso dos amidos, porém, com comportamentos semelhantes

* Água Tipo II

- pontos 1, 3 e 4 : todos os amidos proporcionaram melhoria significativa na eficiência de remoção de cor aparente, porém o amido mandioca de sobressaiu-se dentre os três amidos estudados, principalmente para as maiores velocidades de sedimentação
- ponto 2 : os três amidos proporcionaram melhoria considerável na eficiência de remoção, porém, o amido de araruta de destacou
- ponto 5 : os três amidos proporcionaram resultados semelhantes

Um problema observado no estudo da água Tipo I foi a deposição excessiva de flocos durante os ensaios, principalmente naqueles em os amidos foram adicionados, o que, de certa forma, dificultou a análise dos dados, já que a remoção de flocos era elevada, independentemente da dosagem de amido. Tal fato não ocorreu com a água Tipo II, o que pode ser verificado nas Figuras 5, 6 e 7. Portanto, o gradiente de velocidade na floculação, que havia sido otimizado por Di Bernardo e colaboradores (4) sem o uso de amido, deveria ter sido investigado no presente trabalho.

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

* Com Relação ao Diagrama de Coagulação

- a) o diagrama de coagulação proposto por Amirtharajah e Mills foi mais uma vez comprovado. Para os dois tipos de água estudados foi observada a existência de duas regiões distintas onde a coagulação é efetiva, quais sejam: região de adsorção-neutralização de carga e região da varredura;
- b) Para a água Tipo I, a região de coagulação por adsorção-neutralização de carga ocorreu para valores de pH e de dosagem de sulfato de alumínio na faixa de 3,8 a 4,8 e 8 a 40 mg/l, respectivamente e, na faixa de pH de 4,6 a 5,8 e dosagem de sulfato de alumínio de 15 a 80 mg/l, respectivamente, para a água Tipo II. A região da varredura, para a água Tipo I, ocorreu em dosagens superiores a 20 mg/l com valores do pH de coagulação compreendidos entre 5,8 e 6,3 enquanto que, para a água Tipo II, essa região ocorreu para dosagens de sulfato de alumínio superiores a 30 mg/l e valores do pH de coagulação compreendidos entre 6,0 e 7,4;
- c) Para os dois tipos de água estudados a coagulação na região da varredura proporcionou remoção, de turbidez ou cor aparente muito superior à região de

adsorção-neutralização, através da sedimentação dos flocos formados;

* Com Relação à Metodologia Proposta

a) A metodologia proposta resultou viável, podendo ser adequada para outros tipos de água com aproveitamento de diversos pontos do diagrama de coagulação a ser construído antes da aplicação do amido;

b) Com a metodologia proposta tem-se uma visão mais ampla a respeito do que ocorre com diferentes polímeros usados como auxiliares de floculação;

c) Com a metodologia proposta, é possível reduzir-se, substancialmente, a dosagem do coagulante primário, além de se obterem flocos com maiores velocidades de sedimentação e até melhorar a qualidade da água decantada;

d) Para os dois tipos de água estudados, a vantagem do uso de polímeros naturais, como auxiliares de floculação revelou-se vantajosa na região de coagulação por varredura talvez pelo fato de ser relativamente baixo o valor de pH de coagulação na região de adsorção-neutralização de carga;

* Com Relação aos Polímeros Naturais

a) O uso dos três tipos de polímeros resultou mais vantajoso para a água Tipo II; o seu desempenho, deve ser influenciado pela qualidade da água em estudo e da sua dosagem;

b) Dentre os três tipos de amidos estudados, o de mandioca proporcionou a obtenção de melhores resultados que os demais;

Em função do trabalho realizado, recomenda-se que:

- para se ter um estudo aprimorado da aplicabilidade de polímeros naturais, como auxiliares de floculação, é desejável a escolha de um número maior de pontos no diagrama de coagulação;

- para a construção do diagrama de coagulação, especificamente para os casos em que a água bruta apresenta turbidez relativamente alta se comparada à cor verdadeira, a velocidade de sedimentação deveria ser maior que 2 cm/min para permitir diferenciação mais clara na escolha dos pontos para estudo de polímeros como auxiliares de floculação.

3 - BIBLIOGRAFIA

1 - ARITHARAJAH, A. Z. & MALLS, K. M. Rapid-Mix Design for Mechanisms of Alum Coagulation. JAWWA, vol. 74, n. 4, p: 210-216, Apr. 1 982, USA

2 - CAMPOS, J. R. & DI BERNARDO, L. Uso de Polímeros Naturales en el Tratamiento de Aguas para Abastecimiento. UNIVERSIDAD DEL VALLE. Cali - Colombia, 1 991

3 - COSTA, E. R. H. Estudo do Uso de Polímeros Naturais como Auxiliares de Floculação com Base no Diagrama de Coagulação do Sulfato de Alumínio - Dissertação de Mestrado BIBLIOTECA DA EESC-USP, Set. 1 992, São Carlos, Brasil

4 - DI BERNARDO, L. GUIMARÃES, A. F. & MENDES, C. G. M. Coagulação, Floculação de Água com Turbidez ou Cor Elevada. REVISTA DAE, Vol. 47, n. 150, p: 227 - 239, Dez. 1 987, Brasil

- 5 - EDWARDS, G. A. & AMERTHARAJAH, A. Removing Color Caused by Humic Acids JAWWA, Vol. 77, n. 3, p: 50 - 57, March 1 985, USA
- 6 - GOMARÃES, A. F. Estudo da Coagulação-Floculação de Água com Turbidez ou Cor Elevada - Dissertação de Mestrado BIBLIOTECA DA EESC-USP São Carlos, 1 987, Brasil
- 7 - MENDES, C. G. N. Estudo da Coagulação e Floculação de Águas Sintéticas e Naturais com Turbidez e Cor Variáveis - Tese de Doutorado BIBLIOTECA DA EESC-USP, São Carlos, Dez. 1 989, Brasil.
- 8 - TOLEDO, A. P. P. Contribuição ao Estudo Físico-Químico de Ácido Húmico Extraído de Sedimento - Dissertação de Mestrado UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 1 973, São Paulo, Brasil.

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS DE ESTUDO

TIPO	QUALIDADE	TURBIDEZ (uT)	COR (CN)		ALCALINIDADE (mg/l CaCO ₃)	pH
			Verdadeira	Aparente		
I	Turbidez alta e Cor Verdadeira Baixa	200	5	----	30	7,3
II	Turbidez Baixa e Cor Verdadeira Alta	5	100	150	30	7,2

TABELA 2 - PARÂMETROS FÍSICOS PARA EXECUÇÃO DOS ENSAIOS (4)

TIPO DE ÁGUA	GRADIENTE DE VELOCIDADE (s ⁻¹)		TEMPO DE AGITAÇÃO (s)		VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO (cm/min)
	Mist. Rap.	Flocul.	Mist. Rap.	Flocul.	
I	700	10	5	1 800	2
II	700	10	5	2 400	2

TABELA 3 - PONTOS SELECIONADOS PARA ESTUDO DO USO DE POLÍMEROS

PONTO	ÁGUA TIPO I			ÁGUA TIPO II			TURBIDEZ OU COR APARENTE REMANESC. (%)	MECANISMO DE COAGUL.
	Sulf. (mg/l)	Alum. (mg/l)	pH Coag.	Sulf. (mg/l)	Alum. (mg/l)	pH Coag.		
1	20		7,3	100		7,3	5 / 9	Varredura
2	40		7,2	60		7,1	2 / 11	"
3	100		6,7	155		6,4	1 / 7	"
4	30		6,5	90		6,3	2 / 10	"
5	20		4,1	25		5,1	18 / 27	Adsorção

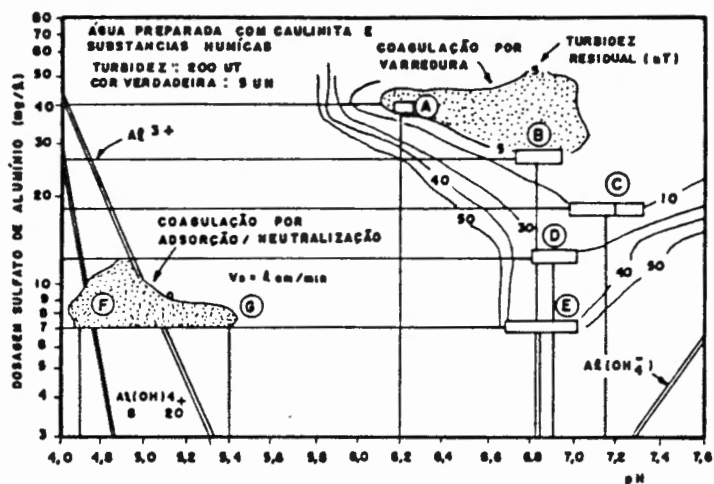
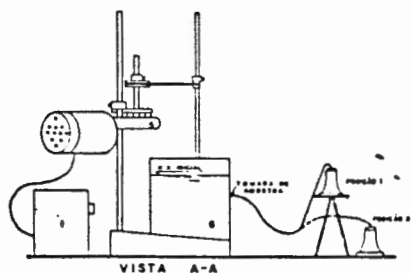
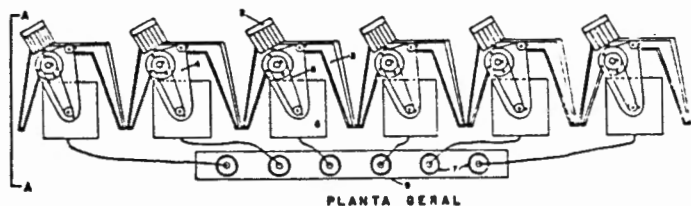


FIGURA 1 - DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO - CURVAS DE MESMA TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA DOSAGEM DO COAGULANTE PRIMÁRIO E pH DE COAGULAÇÃO



- Esquema geral da instalação para realização dos ensaios de floculação.

- 1) variador de corrente
- 2) motor
- 3) suporte
- 4) placa de fixação
- 5) redutor
- 6) reator de acrílico
- 7) frasco de coletas
- 8) ampliação por polias
- 9) suporte de acrílico

FIGURA 2 - ESQUEMA GERAL DA INSTALAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

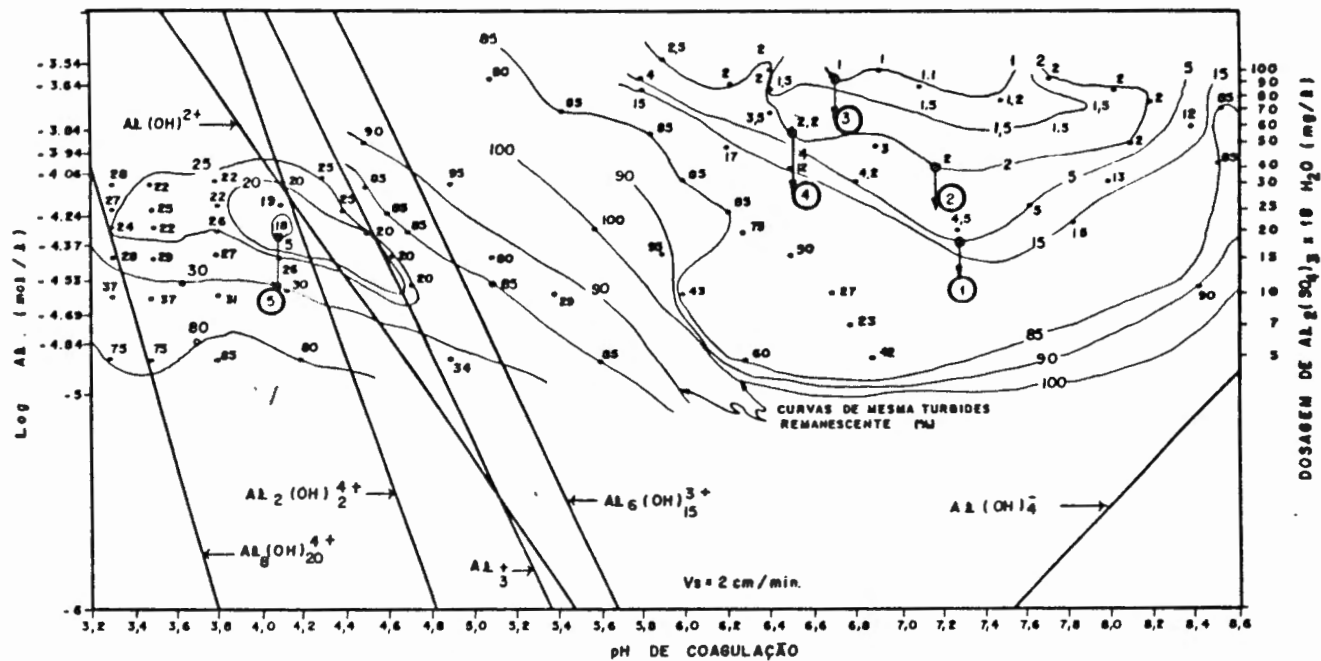


FIGURA 3 - DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO - ÁGUA TIPO I

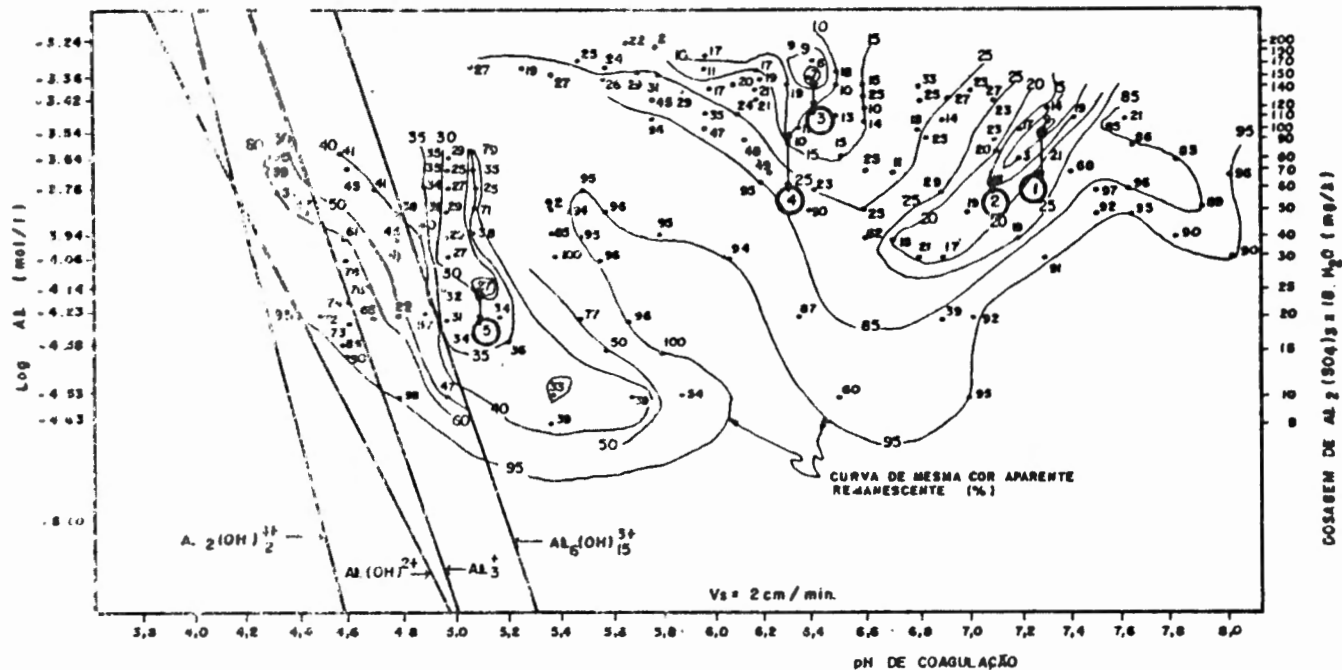


FIGURA 4 - DIAGRAMA DE COAGULAÇÃO - AGUA TIPO II

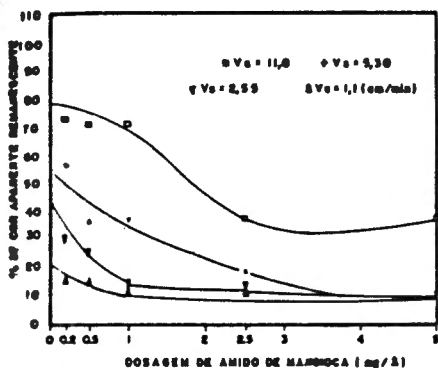


FIGURA 5 - REMOÇÃO DE COR APARENTE EM FUNÇÃO DA DOSAGEM DE AMIDO DE MANDIOCA - ÁGUA TIPO II

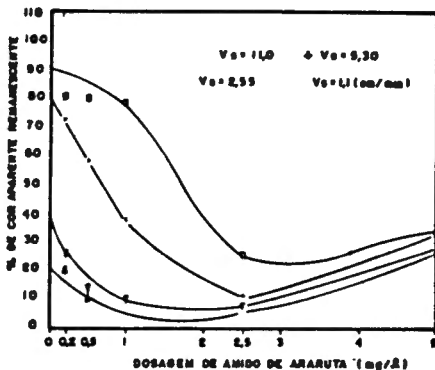


FIGURA 6 - REMOÇÃO DE COR APARENTE EM FUNÇÃO DA DOSAGEM DE AMIDO DE ARARUTA - ÁGUA TIPO II

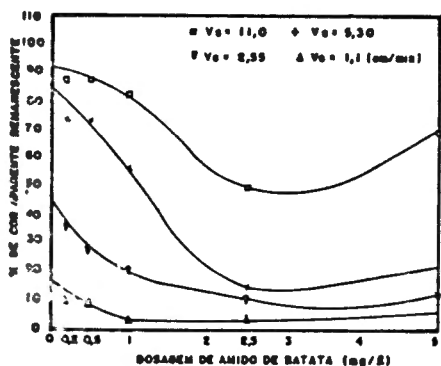


FIGURA 7 - REMOÇÃO DE COR APARENTE EM FUNÇÃO DA DOSAGEM DE AMIDO DE BATATA - ÁGUA TIPO II

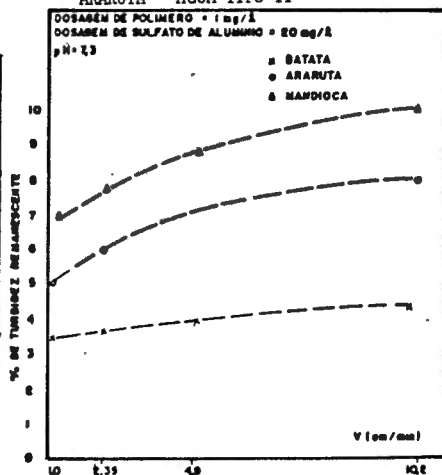


FIGURA 8 - TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO ÁGUA TIPO I - PONTO 1

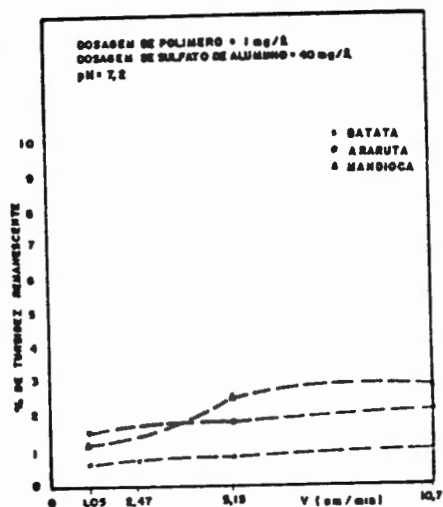


FIGURA 9 - TURBID. REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO
ÁGUA TIPO I - PONTO 2

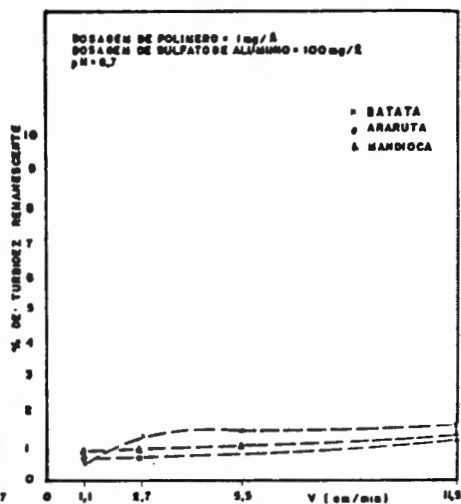


FIGURA 10 - TURBID. REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO
ÁGUA TIPO I - PONTO 3

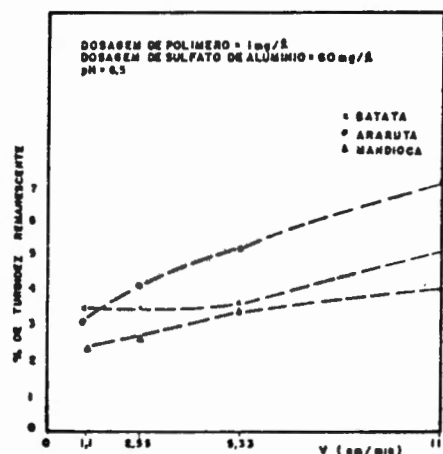


FIGURA 11 - TURBID. REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO
ÁGUA TIPO I - PONTO 4

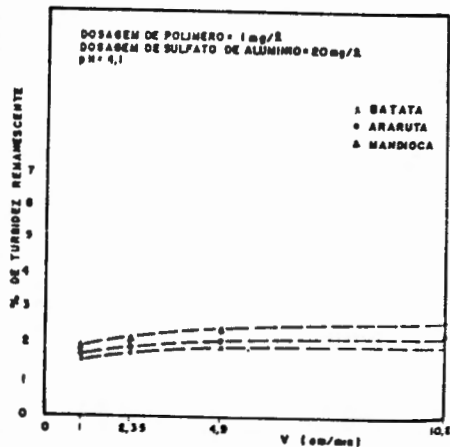


FIGURA 12 - TURBID. REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO
ÁGUA TIPO I - PONTO 5

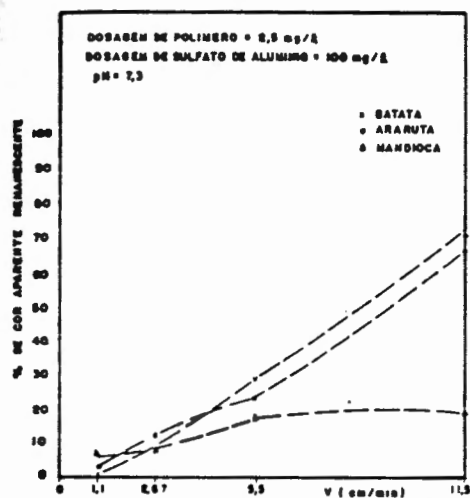


FIGURA 13 - COR APARENTE REMANESCENTE
EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE
SEDIMENTAÇÃO - ÁGUA TIPO II - PONTO 1

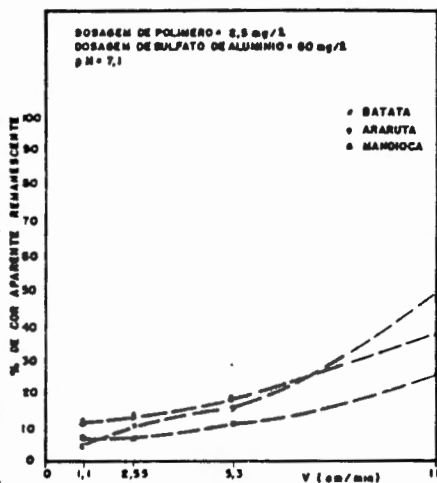


FIGURA 14 - COR APARENTE REMANESCENTE
EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE
SEDIMENTAÇÃO - ÁGUA TIPO II - PONTO 2

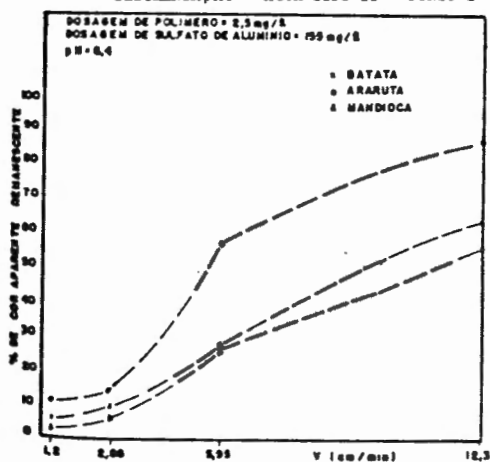


FIGURA 15 - COR APARENTE REMANESCENTE
EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE
SEDIMENTAÇÃO - ÁGUA TIPO II - PONTO 3

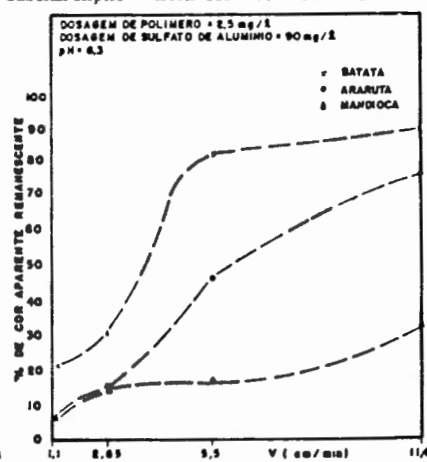


FIGURA 16 - COR APARENTE REMANESCENTE
EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE
SEDIMENTAÇÃO - ÁGUA TIPO II - PONTO 4

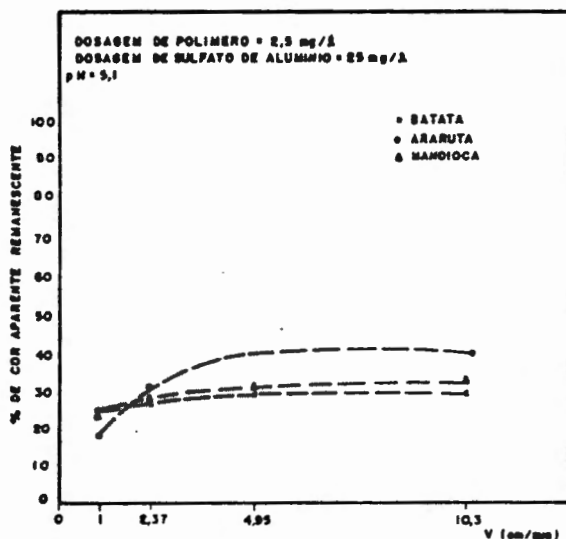


FIGURA 17 - COR APARENTE REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO - ÁGUA TIPO II - PONTO 5