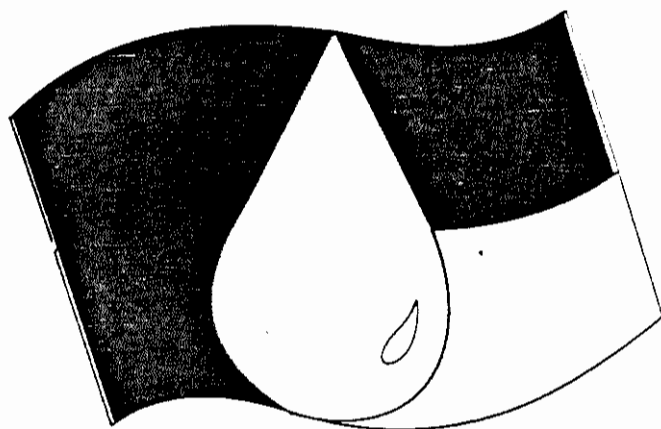


VISILUBESA

**SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**



APRH

ABES

Trabalhos Técnicos

Volume 1

Tomo I

TEMA CENTRAL
Recursos Hídricos:
Preservar para Garantir

19.12.

Florianópolis - SC - Brasil - 12 a 16 de Junho de 1994

mesma capa
do VI SILUBESA

V-09

COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA COAGULAÇÃO COM SULFATO DE
ALUMÍNIO E COM CLORETO FÉRRICO - ESTUDO DE CASO

D5100

LUIZ DI BERNARDO 5070 (*)

CURRICULO

(*) Professor Titular da Escola de Engenharia de São Carlos - (USP)

ENDEREÇO: (*)

Av. Dr. Carlos Botelho, 1465
Caixa Postal 359
Cep: 13560-250 - São Carlos - SP

3.03.08.10-4

RESUMO

A reforma de estações de tratamento de água visando a melhoria da qualidade da água produzida ou o aumento de vazão de água tratada requer a realização de estudos em laboratório para explorar as inúmeras possibilidades tecnológicas disponíveis na atualidade, principalmente a respeito da coagulação, antes de serem propostas alternativas que, por vezes podem não ser as mais indicadas do ponto de vista econômico além de, em certas circunstâncias, exigir paralisações prolongadas de unidades e comprometer o funcionamento da estação.

No presente trabalho é retratado um estudo efetuado em uma estação de tratamento de água, com vazão nominal de 200 l/s, porém, funcionando com 270 l/s e produzindo água decantada e tratada com qualidade insatisfatória. Tendo em vista a necessidade do aumento de vazão para 400 l/s, foi realizada uma investigação experimental em aparelho de floculação com reatores estáticos com o uso de sulfato de alumínio e cloreto férrico como coagulantes primários e polímeros naturais e sintéticos como auxiliares de floculação, designada Fase I. Com base nos resultados obtidos nessa fase, foi realizada a Fase II, que consistiu na aplicação de sulfato de alumínio e de cloreto férrico, fechando-se unidades da estação para simular o funcionamento com a vazão de 400 l/s.

Concluiu-se que o cloreto férrico é o coagulante mais apropriado pois a dosagem é menor (cerca de 50 % da dosagem de sulfato de alumínio) e a turbidez da água decantada diminuiu de 4 uT (com sulfato de alumínio) para cerca de 1,5 uT, representando economia de água para lavagem dos filtros. Como o pH de coagulação com cloreto férrico é mais elevado que aquele requerido na coagulação com sulfato de alumínio no mecanismo da varredura, resulta menor consumo de cal para correção final de pH. Finalmente, com base no trabalho realizado, não há necessidade da execução de obras adicionais para o aumento de vazão pretendido.

0869373

SYNSO 0869373
PROD 002321

1 - INTRODUÇÃO

A reforma e ampliação de estações de tratamento de água deve ser precedida de estudos em laboratório e nas unidades da própria estação para que sejam propostas alternativas economicamente viáveis e cujas obras sejam executadas sem causar a interrupção do funcionamento da estação por períodos relativamente longos. Para tanto, o conhecimento dos registros operacionais sobre a qualidade da água bruta nos últimos anos, das características das unidades existentes e das vazões atual e futura são de fundamental importância para que sejam programados os estudos pertinentes.

Dentre os parâmetros de qualidade, turbidez, cor aparente, pH, alcalinidade, oxigênio consumido, coliformes totais e fecais e temperatura são os comumente medidos e registrados nas estações de tratamento, embora fosse desejável, em alguns casos, o conhecimento de outros parâmetros tais como cor verdadeira, concentração algal, tamanho e distribuição de tamanhos das partículas, teor de ferro e de manganês (e de outros metais) e de compostos orgânicos em geral.

O arranjo geral das unidades e suas dimensões permitem que, de posse das vazões atual e futura se possa programar os ensaios a serem realizados em instalações de laboratório ou em instalações pilotos com escoamento contínuo. Evidentemente, tal procedimento depende do tipo de tecnologia de tratamento. Em se tratando, por exemplo, de uma estação completa, os ensaios de coagulação, floculação e decantação em aparelho com reatores estáticos podem ser planejados levando-se em conta, principalmente, o tipo de mistura rápida, de floculação e de decantação, para que sejam definidos os valores de gradiente de velocidade, do tempo de agitação e da velocidade de sedimentação.

O presente trabalho foi elaborado com o objetivo de apresentar e discutir a metodologia empregada para a realização de estudos em aparelho de ensaio de floculação com reatores estáticos e para a transferência dos resultados obtidos aos ensaios realizados na própria estação visando aumento de capacidade e melhoria da qualidade da água produzida. São mostrados os resultados referentes a estudos realizados com sulfato de alumínio, polímeros sintéticos e naturais como auxiliares de floculação e com cloreto

2 - INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL

2.1 - CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA E DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

A análise dos registros operacionais da estação nos três últimos anos revelou que a água bruta possuía pH e alcalinidade relativamente altos e que a coagulação com sulfato de alumínio no mecanismo da varredura era eficientemente realizada com dosagens compreendidas entre 10 e 60 mg/l e pH de coagulação entre 6,3 e 7,0, sem o uso de alcalinizante ou de acidulante.

A cor verdadeira não era elevada, a turbidez em épocas chuvosas atingia, esporadicamente, valores da ordem de 500 uT (comumente menor ou igual a 100 uT) e na estiagem, valores da ordem de 5 uT. A captação é realizada em dois mananciais de superfície, um deles bem protegido e o outro, sujeito a receber grande contribuição do escoamento superficial por ocasião de chuvas, o que acarreta aumento significativo da turbidez. O índice de coliformes totais e fecais é relativamente baixo e não afeta a eficiência das unidades de tratamento.

A estação de tratamento é constituída de casa de química, com tanques de preparação de solução de sulfato de alumínio e dosadores por gravidade, vertedor Parshall que combina as funções de medição de vazão e execução da mistura rápida, dois conjuntos de floculação, cada um com duas câmaras mecanizadas em paralelo, dois decantadores convencionais de escoamento horizontal, cada um deles situado defronte defronte um conjunto de floculação e quatro filtros rápidos por gravidade. Na Figura 1 é mostrado em planta, um esquema da estação de tratamento.

2.2 - PROGRAMAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL

O trabalho experimental foi programado para ser realizado em duas fases:

Fase I : estudos em laboratório, empregando-se equipamento modificado de coagulação, floculação e sedimentação;

Fase II : aplicação dos resultados obtidos na Fase I na estação de tratamento para observar o desempenho das unidades de mistura rápida, floculação, decantação e filtração, simulando-se a vazão futura de 400 l/s, com paralisação de algumas unidades da estação.

2.3 - EXECUÇÃO DA FASE I E RESULTADOS OBTIDOS

Para a execução dos ensaios da Fase I foi coletado um volume de 1 000 litros de água bruta em época de chuva e armazenado em caixa de cimento amianto revestida com epoxi, cujas principais características eram: a) turbidez = 35 uT; b) cor aparente = 200 uC; c) pH = 7,3; d) alcalinidade total = 46 mg/l CaCO_3 ; temperatura = 25 °C.

Os ensaios da Fase I foram agrupados em séries, de modo a facilitar o emprego de resultados nos ensaios subsequentes. A seguir são apresentadas as séries de ensaios e resultados obtidos.

a) Série 1

- coagulante primário : sulfato de alumínio comercial
- acidulante : ácido sulfúrico PA, 0,5 N
- água de estudo : coletada em época chuvosa
- parâmetros da mistura rápida : $T_{mr} = 3 \text{ min}$; $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$

- parâmetros da floculação : $T_r = 20$ min; $G = 30 \text{ s}^{-1}$
- velocidade de sedimentação : 2,35 cm/min
- medidas efetuadas : pH e turbidez remanescente
- resultado : Figura 2, que representa o diagrama de coagulação na qual se nota que a dosagem de sulfato de alumínio adequada varia entre 30 e 45 mg/l para valores do pH de coagulação compreendidos entre 6,5 e 7,0.

b) Série 2

- coagulante primário : sulfato de alumínio comercial
- acidulante : ácido sulfúrico PA, 0,5 N
- água de estudo : coletada em época chuvosa
- parâmetros da mistura rápida : $T_{mr} = 3$ min; $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$
- parâmetros da floculação : $T_r = 14$ min; $G = 30 \text{ s}^{-1}$
- velocidade de sedimentação : 2,35 cm/min
- medidas efetuadas : pH e turbidez remanescente
- Obs. : o tempo médio de detenção nas unidades de floculação para a vazão futura de 400 l/s resulta da ordem de 18 min. e, considerando-se o efeito de curto-circuitos, foi adotado o tempo de 14 min. nos reatores estáticos.
- resultado : embora não sejam apresentados os resultados obtidos, observou-se que o uso de ácido propiciava pequena redução na dosagem de sulfato de alumínio (de 35 para 30 mg/l) o que não justifica o emprego de tal produto químico; com o tempo de floculação de 14 min. os resultados obtidos foram semelhantes aos da Série 1, indicando que a vazão de 400 l/s poderia, em princípio, ser tratada na estação.

c) Série 3

- coagulante primário : sulfato de alumínio comercial e cloreto férrico PA
- água de estudo : coletada na entrada da estação em época de estiagem. a qual apresentava as seguintes características principais: a) turbidez = 4,6 uT; b) cor aparente = 50 uC; c) pH = 7,3; d) alcalinidade = 43 mg/l CaCO_3 ; e) temperatura = 25 °C.
- parâmetros da mistura rápida : $T_{mr} = 3$ min; $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$
- parâmetros da floculação : $T_r = 14$ min; $G = 35 \text{ s}^{-1}$
- velocidade de sedimentação : 7,0 e 3,5 cm/min
- medidas efetuadas : pH e turbidez remanescente
- resultado : observou-se que para água com turbidez e cor relativamente baixas, as dosagens de sulfato de alumínio e de cloreto férrico eram da mesma ordem de grandeza, compreendidas entre 10 e 20 mg/l.

d) Série 4

- coagulante primário : sulfato de alumínio comercial e cloreto férrico PA
- água de estudo : coletada em época chuvosa
- parâmetros da mistura rápida : $T_{mr} = 3$ min; $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$
- parâmetros da floculação : $T_r = 14$ min; $G = 30, 30, 50, 60$ e 70 s^{-1}

- velocidade de sedimentação : 1 , 2 e 7 cm/min
- medidas efetuadas : pH e turbidez remanescente
- resultado : nas Figuras 3, 4, 5 é mostrada a turbidez remanescente expressa em porcentagem da turbidez inicial, em função do gradiente de velocidade, para dosagens de sulfato de alumínio comercial de 30, 35 e 40 mg/l, respectivamente. Nas Figuras 6, 7 e 8 é mostrada a turbidez remanescente em função do gradiente de velocidade para as dosagens de cloreto férrico PA de 15, 20 e 25 mg/l. Tanto para o sulfato de alumínio como para o cloreto férrico e para as três velocidades de sedimentação, observa-se que os melhores resultados foram obtidos com gradientes de velocidade compreendidos entre 40 a 70 s^{-1} . A dosagem de cloreto férrico resultou de cerca da metade da do sulfato de alumínio para mesma ordem de grandeza de remoção de turbidez; a velocidade de sedimentação poderia ser de aproximadamente 3 a 4 cm/min, sem comprometimento da qualidade da água decantada.

e) Série 5

- coagulante primário : sulfato de alumínio comercial,
- auxiliares de floculação : amido de batata, polímeros sintéticos catiónico e não iônico
- água de estudo : coletada em época chuvosa
- parâmetros da mistura rápida : $T_{mr} = 3$ min; $G_{mr} = 100 s^{-1}$
- parâmetros da floculação : $T_f = 14$ min; $G = 50 s^{-1}$
- velocidade de sedimentação : 1 , 2 e 7 cm/min.
- medidas efetuadas : pH e turbidez remanescente
- resultado : nas Figuras 9, 10 e 11 é mostrada a turbidez remanescente expressa em porcentagem da turbidez inicial, em função da dosagem de amido de batata para as dosagens de 20, 25 e 30 mg/l, respectivamente. As Figuras 12, 13 e 14 correspondem ao polímero sintético catiónico e as Figuras 15, 16 e 17, referem-se ao polímero sintético não iônico. Em nenhum caso foi obtido resultado semelhante ao do cloreto férrico, o que pode ser conferido à alcalinidade relativamente alta, requerendo a diminuição do pH de coagulação com um acidulante ou o uso de maior dosagem de sulfato de alumínio. Para se decidir pelo uso de cloreto férrico ou pela continuidade do sulfato de alumínio, foram adquiridos 600 kg de cloreto férrico líquido (concentração de 40 % e densidade média = 1,43) para desenvolvimento da Fase II.

2.4 - EXECUÇÃO DA FASE II E RESULTADOS

2.4.1 - METODOLOGIA EMPREGADA

Para a execução da Fase II foi obedecida a seguinte metodologia:

a) coleta de amostra de água bruta, decantada e tratada para as condições de funcionamento da estação no dia de início da Fase II, cuja vazão de água bruta era de 270 l/s, 35 % superior à vazão nominal;

- b) coleta de amostra de água bruta e realização de ensaio de coagulação, floculação e decantação em aparelho de laboratório com reatores estáticos para obtenção da dosagem de sulfato de alumínio e respectivo pH de coagulação;
- c) ajuste da vazão afluente à estação de tratamento para 200 l/s e da vazão da solução de sulfato de alumínio para resultar a dosagem obtida no item b;
- d) fechamento de um conjunto de floculação/decantação e de dois filtros da estação;
- e) coleta de amostra de água coagulada após o vertedor Parshall para verificação do pH de coagulação e para a execução de ensaio de floculação simultaneamente com água coagulada no reator estático;
- f) ajuste da rotação dos equipamentos de floculação para resultar $G \approx 50 \text{ s}^{-1}$
- g) coleta de amostras de água bruta, decantada e tratada (após a adição de cal para correção final de pH) com o sulfato de alumínio como coagulante;
- h) execução de ensaios de coagulação, floculação e decantação em aparelho com reatores estáticos e empregando-se cloreto férrico comercial como coagulante;
- i) preparação da solução de cloreto férrico com concentração de 10 %;
- j) ajuste da vazão da solução de cloreto férrico para obter-se a dosagem determinada no item h;
- k) coleta de amostras de água bruta, decantada e tratada para avaliação do desempenho das unidades de floculação, decantação e filtração para a vazão de 200 l/s (simulação da vazão total de 400 l/s);

As características hidráulicas das unidades da estação de tratamento para as duas vazões são as seguintes:

* Vazão : 270 l/s

- tempo médio de floculação (2 conjuntos) $\approx 26 \text{ min}$
- taxa de escoamento superficial nos decantadores $\approx 29 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$
- tempo de detenção médio nos decantadores $\approx 3 \text{ h}$
- vazão coletada por metro linear de vertedor das calhas dos dois decantadores $\approx 5,8 \text{ l/s m}$
- número de filtros em funcionamento = 3
- taxa média de filtração $\approx 210 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$

* Vazão = 200 l/s

- tempo médio de floculação $\approx 17,7 \text{ min.}$
- taxa de escoamento superficial em um decantador $\approx 42 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$
- tempo de detenção médio no decantador $\approx 2,2 \text{ h}$
- vazão coletada por metro linear de vertedor das calhas de um decantador $\approx 8,5 \text{ l/s m}$
- taxa média de filtração em dois filtros $\approx 237 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$

2.4.2 - RESULTADOS OBTIDOS EM LABORATÓRIO

- a) Características da Água Bruta : turbidez = 8,2 uT; cor aparente = 20 uC;

- pH 7,3; alcalinidade 38 mg/l CaCO_3 ; temperatura = 17°C; ferro total=0,2 mg/l
- b) Parâmetros Físicos dos Ensaios : mistura rápida ($G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$; $T_{mr} = 3 \text{ min}$); Floculação ($G = 50 \text{ s}^{-1}$; $T_f = 14 \text{ min}$); sedimentação ($V_s = 3,5 \text{ cm/min}$)
- c) dosagem ótima de sulfato de alumínio = 12,5 mg/l
- d) turbidez remanescente com o uso de sulfato de alumínio $\approx 4,5 \text{ UT}$
- e) dosagem ótima de cloreto férrico comercial = 8 mg/l
- f) turbidez remanescente com o uso de cloreto férrico comercial $\approx 1,3 \text{ UT}$
- g) ferro total na água decantada : 0,6 mg/l

2.4.3 - RESULTADOS OBTIDOS NA ESTAÇÃO

Foram coletadas amostras da água bruta, água coagulada (para execução de ensaio de floculação e decantação no aparelho com reator estático), água decantada (em três locais distintos no interior da calha transversal de coleta de água decantada e homogeneizadas) e água tratada.

Na Tabela 1 são mostrados os resultados obtidos na estação.

TABELA 1 - RESULTADOS OBTIDOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

HORA	ÁGUA BRUTA				ÁGUA DECANTADA		ÁGUA TRATADA		pH	DOS. COAG. (mg/l)
	TURB. (uT)	COR AP. (uC)	pH	TEMP. (°C)	TURB. (uT)	COR AP. (uC)	TURB. (uT)	COR AP. (uC)		
08:45 *	8,2	20	7,6	17	4,5	5	1,0	< 5	7,3	10,0 #
09:00**	8,2	20	7,6	217	4,5	5	1,0	< 5	7,3	10,0 #
10:00	8,2	20	7,6	17	6,5	10	1,0	< 5	7,3	10,0 #
11:00	7,2	20	7,5	18	5,8	10	1,6	5	6,6	10,0 #
12:00	7,0	20	7,6	18	5,1	5	0,7	< 5	6,6	12,5 #
13:00	7,1	20	7,6	19	3,8	5	1,2	< 5	6,6	12,5 #
14:00	7,6	20	7,6	19	4,2	5	0,8	< 5	6,6	12,5 #
14:00	7,6	20	7,6	19					7,2	8,0 @
15:00	8,5	20	7,6	19	3,8 &	5	1,4 +	< 5	7,2	8,0 @
16:00	8,5	25	7,6	20	2,7 &&	5	1,6 +	< 5	7,2	8,0 @
17:00	8,5	30	7,6	20	2,5 &&	5	1,7	< 5	7,3	8,0 @
18:00	8,2	25	7,7	20	2,0	< 5	1,3	< 5	7,3	8,0 @
19:00	8,0	20	8,1	20	1,5	< 5	0,9	< 5	7,7	8,0 @
20:00	8,0	20	8,1	19	1,4	< 5	0,8	< 5	7,7	8,0 @
21:00	7,8	20	8,2	17	1,5	< 5	0,7	< 5	7,8	8,0 @
22:00	7,7	20	8,2	19	1,5	< 5	0,6	< 5	7,8	8,0 @
23:00	7,5	20	8,2	19	1,5	< 5	0,6	< 5	7,8	8,0 @
24:00	7,5	20	8,0	19	1,4	< 5	0,5	< 5	7,8	8,0 @

* : vazão afluente = 270 l/s (dois conjuntos de floculação/decantação)

** : início com vazão afluente = 200 l/s (um conjunto de floculação/decant.)

& : ferro total remanescente = 0,3 mg/l

&& : ferro total remanescente = 0,5 mg/l

+ : ferro total remanescente = 0,05 mg/l

: sulfato de alumínio comercial; @ : cloreto férrico comercial

Após as 24:00 foi encerrada a aplicação de cloreto férrico e reiniciada a coagulação com sulfato de alumínio (12,5 mg/l) e tratamento da vazão afluente de 270 l/s com todas as unidades em funcionamento. Nessas condições, no período da manhã desse dia, a turbidez da água decantada voltou a subir novamente, atingindo valores da ordem de 7 uT.

3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização de estudos em laboratório como os da Fase I e o posterior emprego dos resultados obtidos na estação de tratamento, como efetuado na Fase II, podem fornecer resultados excelentes quando se têm estações funcionando com sobrecarga ou quando se deseja aumentar a vazão afluente, sem a necessidade da execução de obras significativas e exigir a paralisação, mesmo que temporária de algumas unidades de tratamento.

O uso do cloreto férrico em lugar do sulfato de alumínio para o caso da Estação de Tratamento de Água estudada revelou-se mais apropriado, pois além da dosagem ter sido menor, obteve-se água decantada com menor turbidez, configurando uma situação em que não é necessária a execução de unidades adicionais para atender o aumento de vazão de 200 para 400 l/s. Isso ocorreu para a água em questão, cujos valores de alcalinidade e pH são relativamente altos, favorecendo a coagulação com cloreto férrico no mecanismo da varredura em pH mais elevado (entre 7,2 e 7,8), em contraposição ao sulfato de alumínio, cujo valor do pH de coagulação está compreendido entre 6,5 e 7,0. Ademais, a produção de água decantada com menor turbidez irá concorrer para que resultem carreiras de fil tração mais longas, com economia de água para lavagem.

Do ponto de vista econômico, há que se levar em conta o custo mais elevado do cloreto férrico líquido (densidade média de 1,43 e solução com concentração de 40 %), igual a US\$ 300 por tonelada, enquanto o custo do sulfato de alumínio líquido (densidade média de 1,32 e solução com concentração de 47 %) era de US\$ 130 por tonelada. Considerando que, em média, a dosagem de cloreto férrico será geralmente da ordem de 40 a 65 % da dosagem de sulfato de alumínio, que irá diminuir a dosagem de cal para correção de pH final, que haverá economia de água para lavagem dos filtros, que a água tratada será de melhor qualidade e que o aumento de vazão de 200 para 400 l/s não irá requerer obras adicionais significativas, não resta a menor dúvida que o cloreto férrico é o coagulante mais apropriado para o caso da estação estudada.

4 - BIBLIOGRAFIA

- 1 - HIDROSAN ENGENHARIA S/C LTDA Estudos de Tratabilidade da Água Afluente à Estação de Tratamento de Jahu - SP - Relatório Técnico Hidrosan Engenharia S/C Ltda Junho, 1 993 São Carlos, SP, Brasil.
- 2 - DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental 1 993, Rio de Janeiro, Brasil

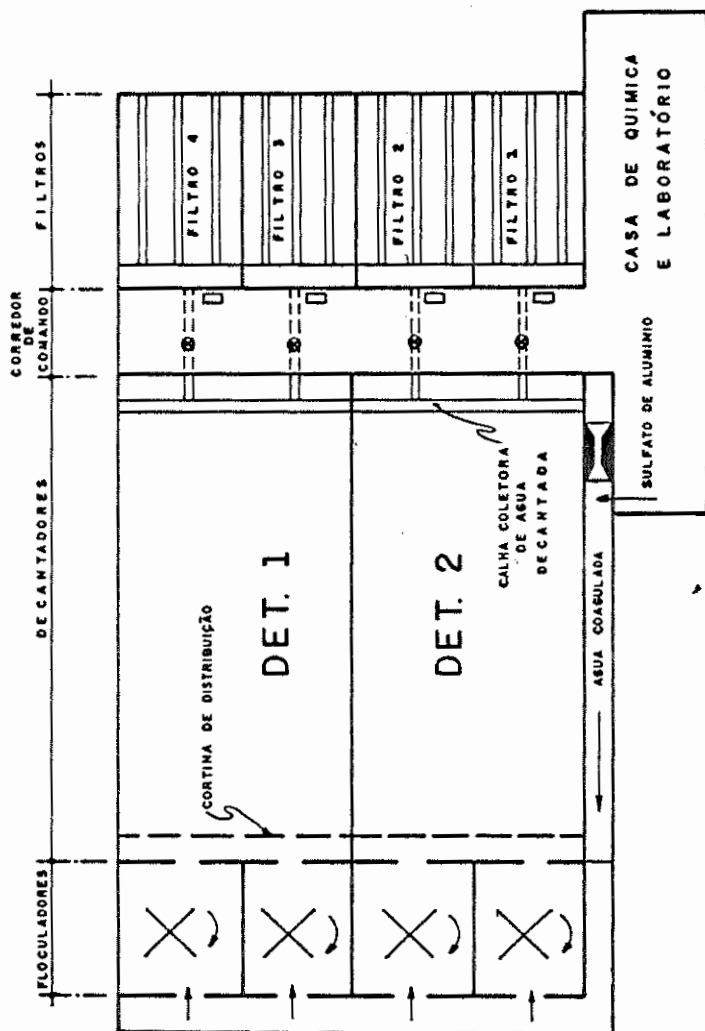
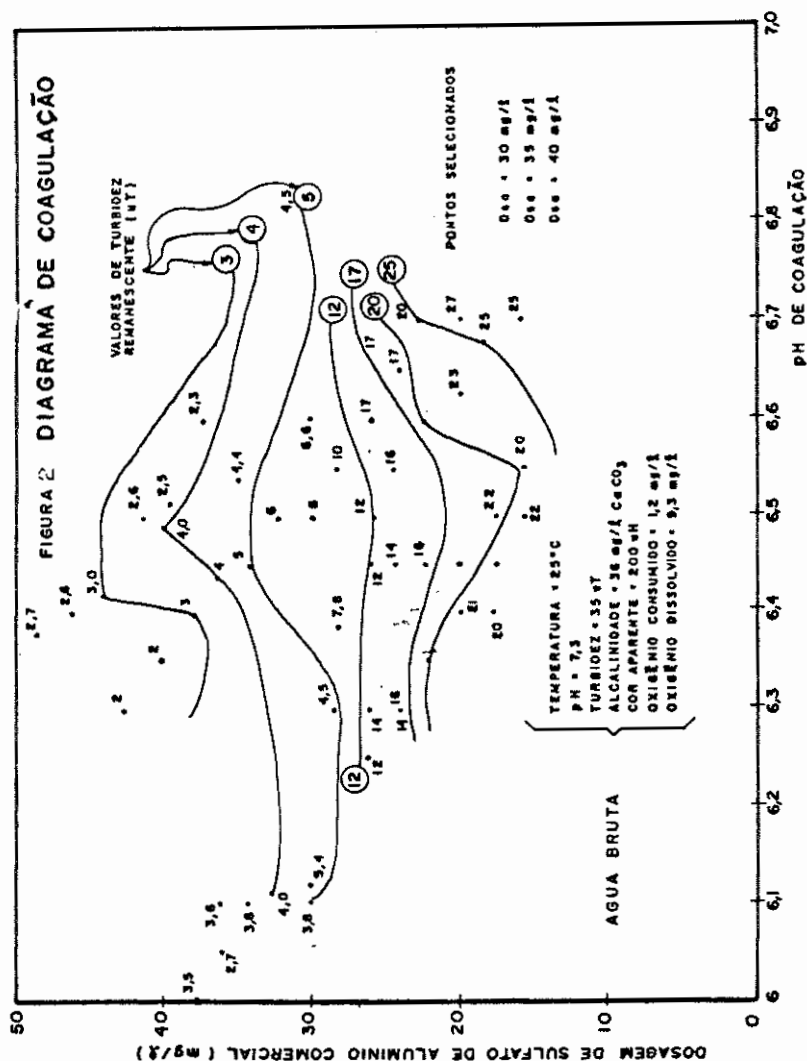


FIGURA 1 : ESQUEMA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA



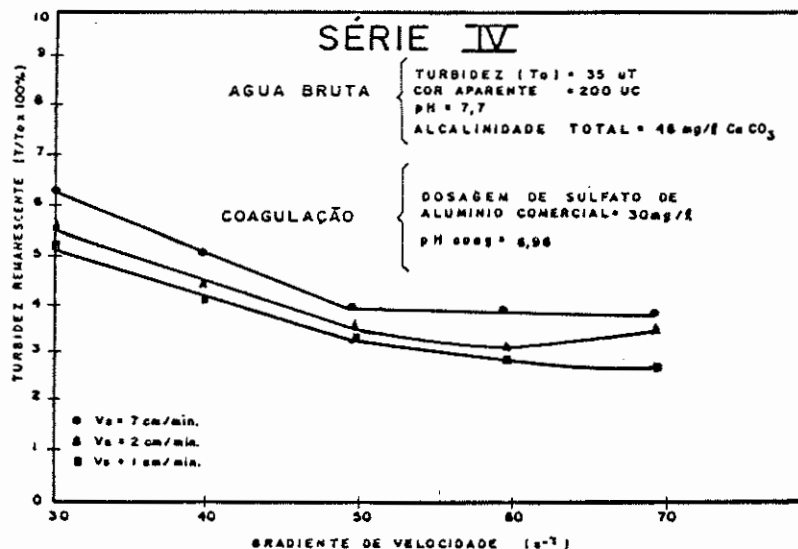


FIGURA 3 - TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DO GRADIENTE DE VELOCIDADE PARA DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO -

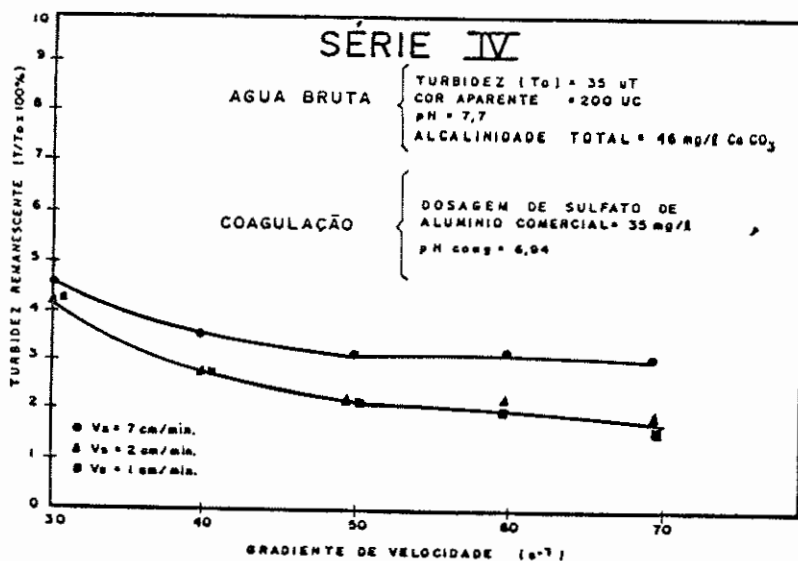


FIGURA 4 - TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DO GRADIENTE DE VELOCIDADE PARA DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO -

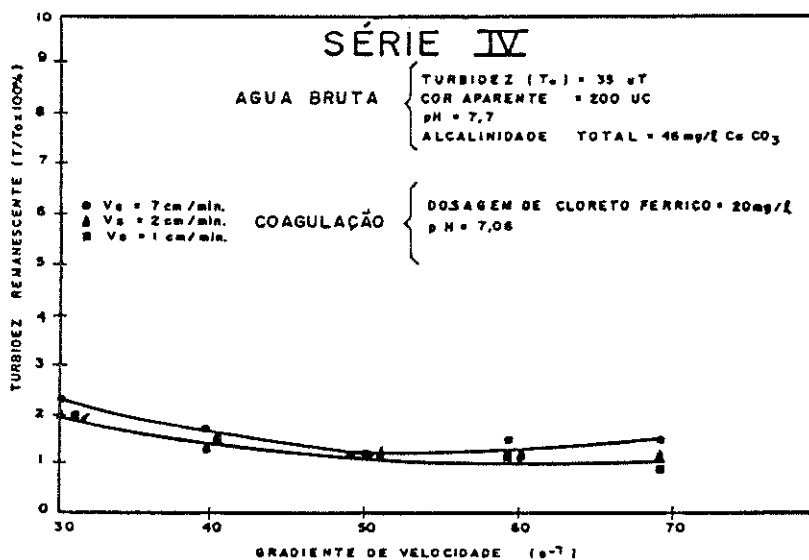


FIGURA 7 - TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DO GRADIENTE DE VELOCIDADE PARA DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO

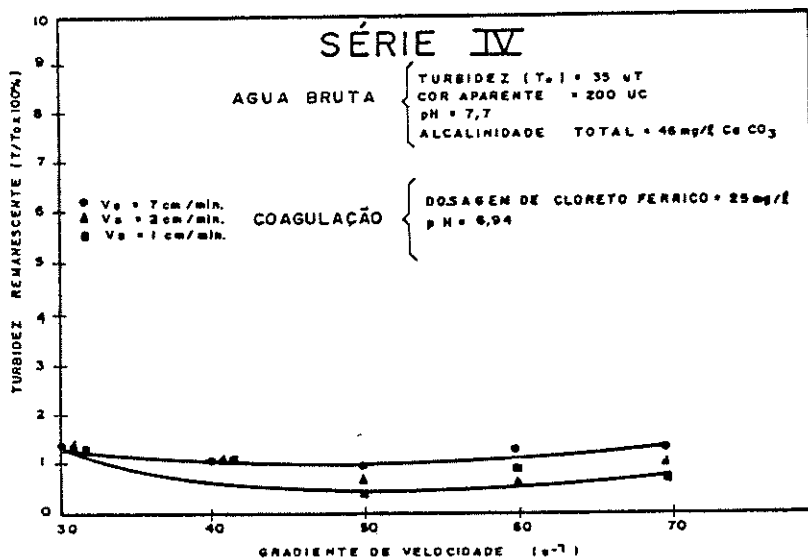


FIGURA 8 - TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DO GRADIENTE DE VELOCIDADE PARA DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO

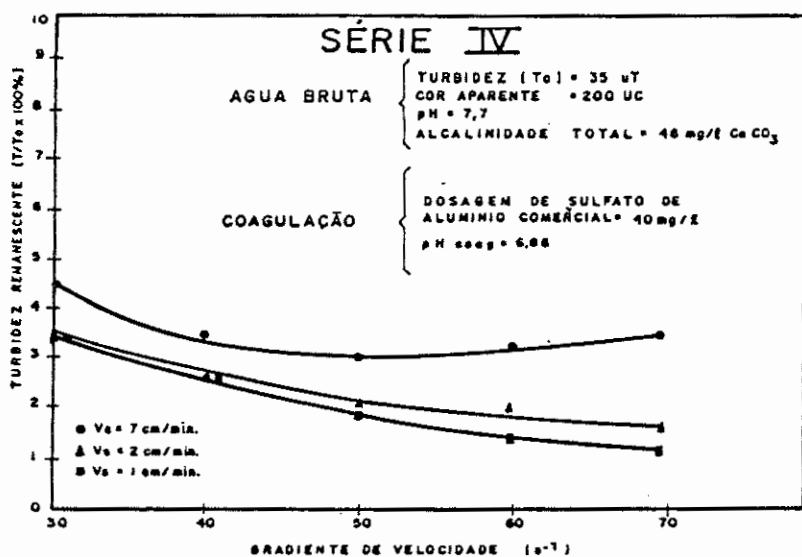


FIGURA 5 - TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DO GRADIENTE DE VELOCIDADE PARA DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO -

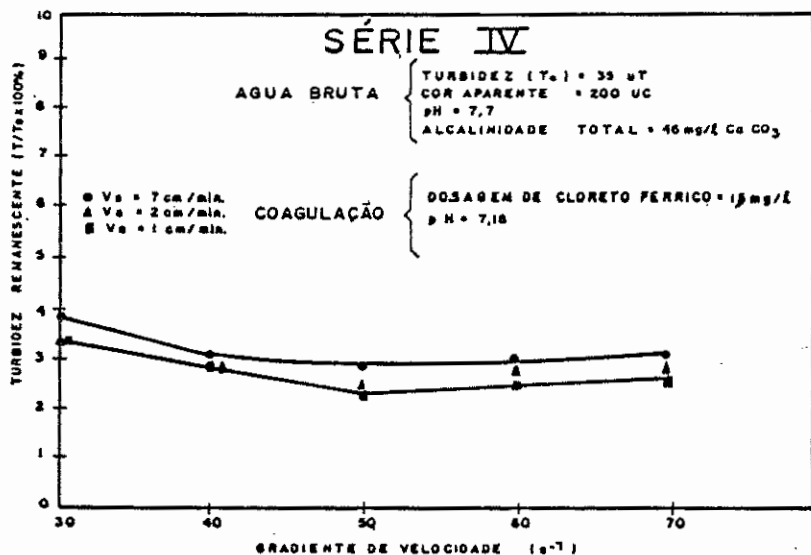


FIGURA 6 - TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DO GRADIENTE DE VELOCIDADE PARA DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO

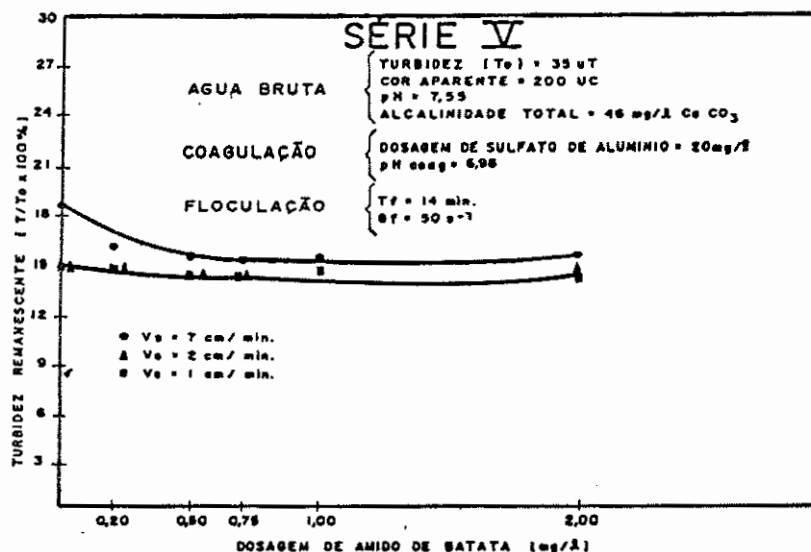


FIGURA 9 — TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA DOSAGEM DE AMIDO DE BATATA PARA DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO

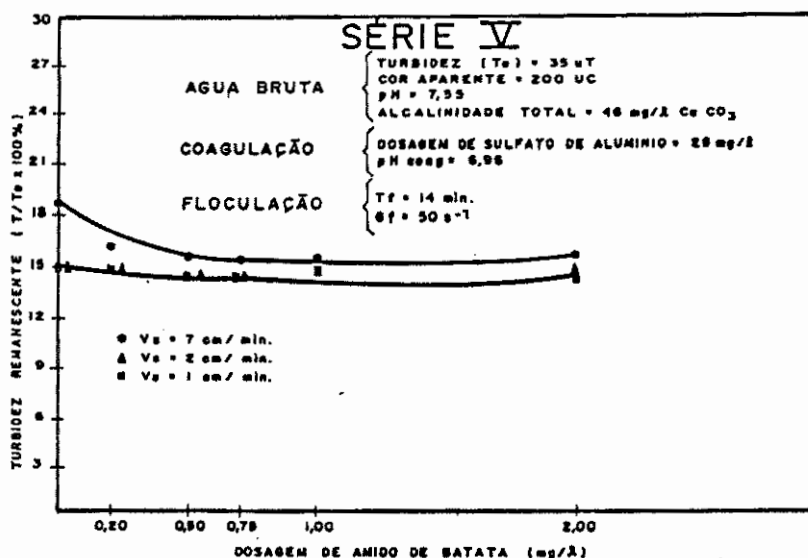


FIGURA 10 — TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA DOSAGEM DE AMIDO DE BATATA PARA DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO

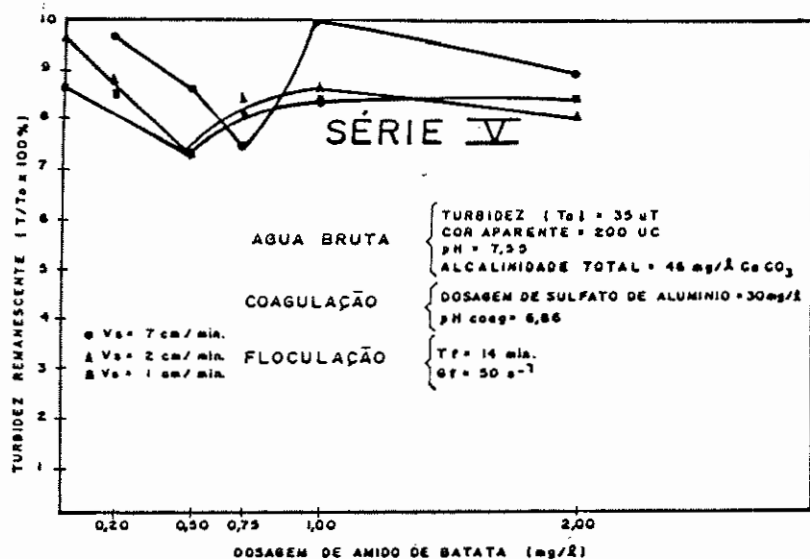


FIGURA 11 — TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA DOSAGEM DE AMIDO DE BATATA PARA DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO

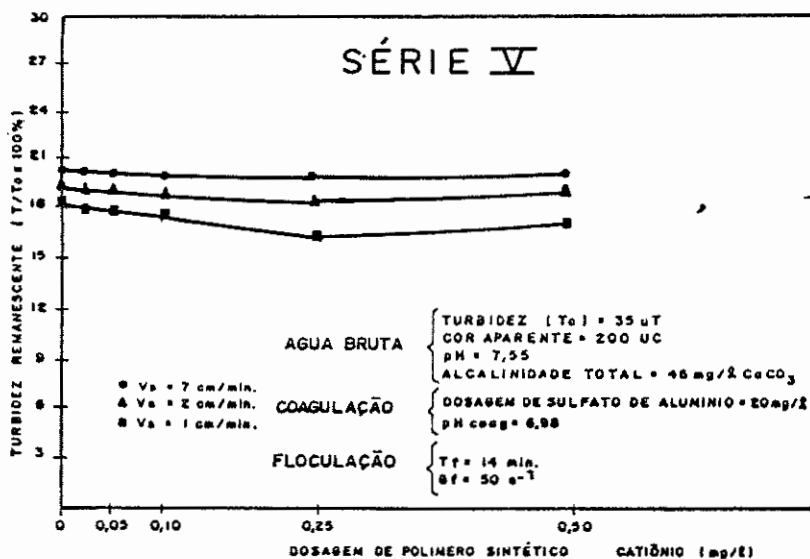


FIGURA 12 — TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA DOSAGEM DE POLÍMERO SINTÉTICO CATIÔNICO P/ DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO

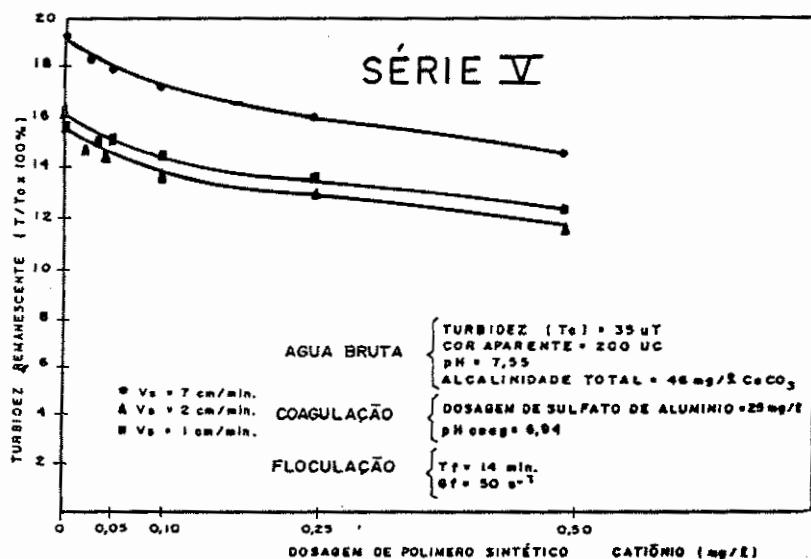


FIGURA 13 — TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA DOSAGEM DE POLÍMERO SINTÉTICO CATIONICO P/ DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO

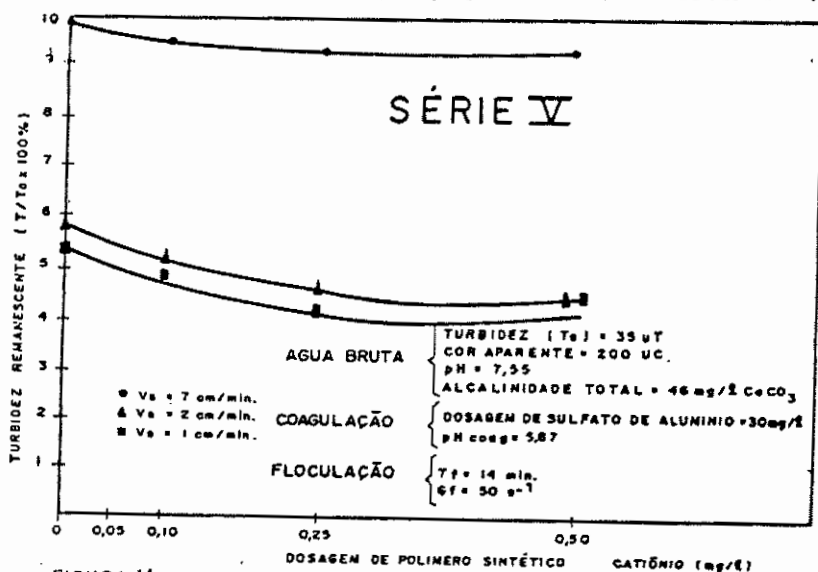


FIGURA 14 — TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA DOSAGEM DE POLÍMERO SINTÉTICO CATIONICO P/ DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO

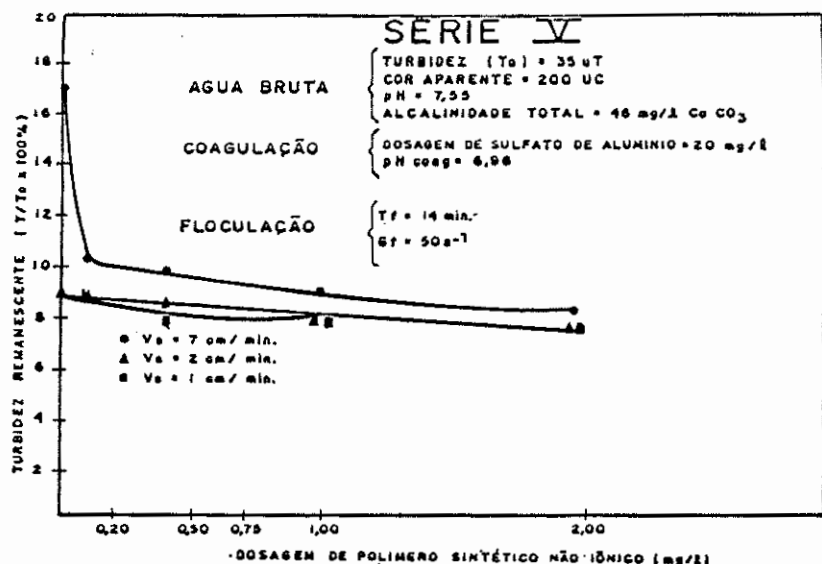


FIGURA 15 — TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA DOSAGEM DE POLIMERO SINTÉTICO NÃO IÔNICO P/ DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO

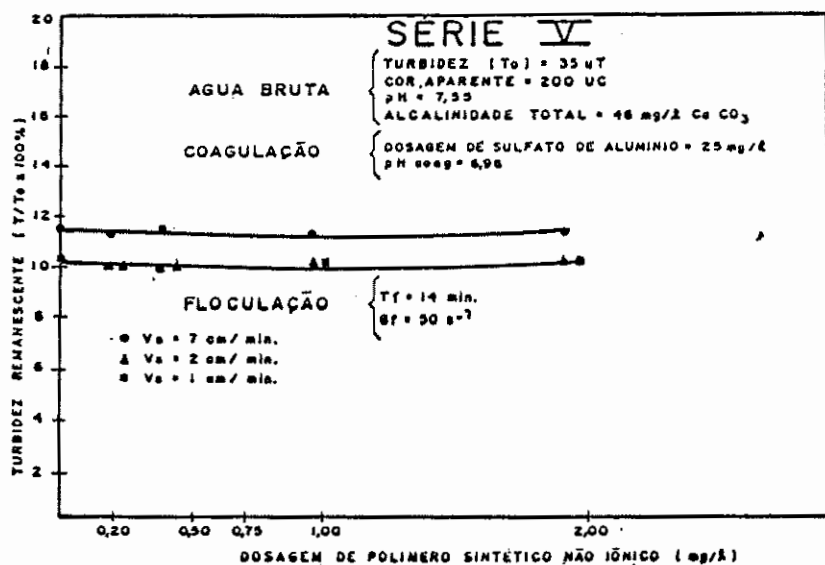


FIGURA 16 — TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA DOSAGEM DE POLIMERO SINTÉTICO NÃO IÔNICO P/ DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO

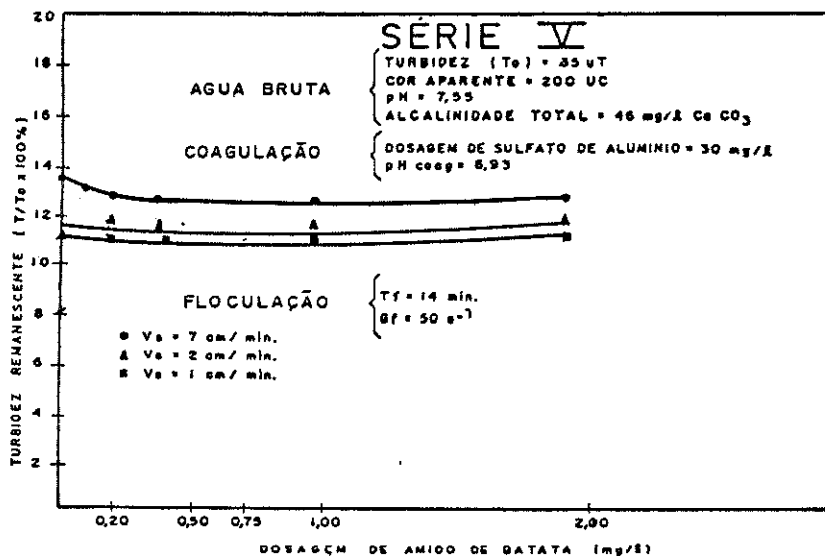


FIGURA 17 — TURBIDEZ REMANESCENTE EM FUNÇÃO DA DOSAGEM DE POLÍMERO SINTÉTICO NÃO IÔNICO P/ DIFERENTES VELOCIDADES DE SEDIMENTAÇÃO

O autor agradece ao Serviço de Água e Esgoto do Município de Jahu por permitir a utilização dos dados e, em especial, à Sra Cleri Lopes Garcia pelo auxílio prestado durante a execução dos ensaios.