

# Aplicação de potencial Zeta para controle de coagulação na ETA Guaraú (\*)

Mario Juniti Omori (1)  
José Roberto Kachel dos Santos (2)

## 1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de chuvas torrenciais, especialmente no verão, causa grandes variações na qualidade da água bruta em períodos de tempo bastante curtos. A praxe operacional nessas situações é a execução do "Jar-Test" para determinar o acréscimo na dosagem de coagulantes necessários para manter a qualidade da água tratada. Como o ensaio leva cerca de meia hora para ser executado, assim muitas vezes ao concluir qual deve ser a dosagem ideal de coagulantes a qualidade da água bruta já mudou e a aplicação do resultado do "Jar-Test" à nova condição nem sempre possibilita a manutenção da qualidade da água tratada.

Observamos uma correlação na variação dos valores de Potencial Zeta da água coagulada, concomitante com a variação de qualidade da água bruta, de onde deduzimos a possibilidade de uso desse parâmetro para o controle de dosagem dos coagulantes, com a vantagem que sua determinação leva bem menos tempo que a execução de um "Jar-Test".

## 2. COLÓIDES

A maioria das partículas em suspensão existentes nas águas "in natura" são consideradas turbidez, tem seu diâmetro variando de 1 mm a 1  $\mu$  m. Partículas desse tamanho são consideradas coloidais (Figura 1). A matéria, quando finamente dividida, tem a propriedade de ter sua superfície extraordinariamente aumentada. Se por exemplo tomarmos um cubo de 1 cm de aresta ele terá uma área de 6 cm<sup>2</sup>. Se esse cubo for pulverizado a pequenos

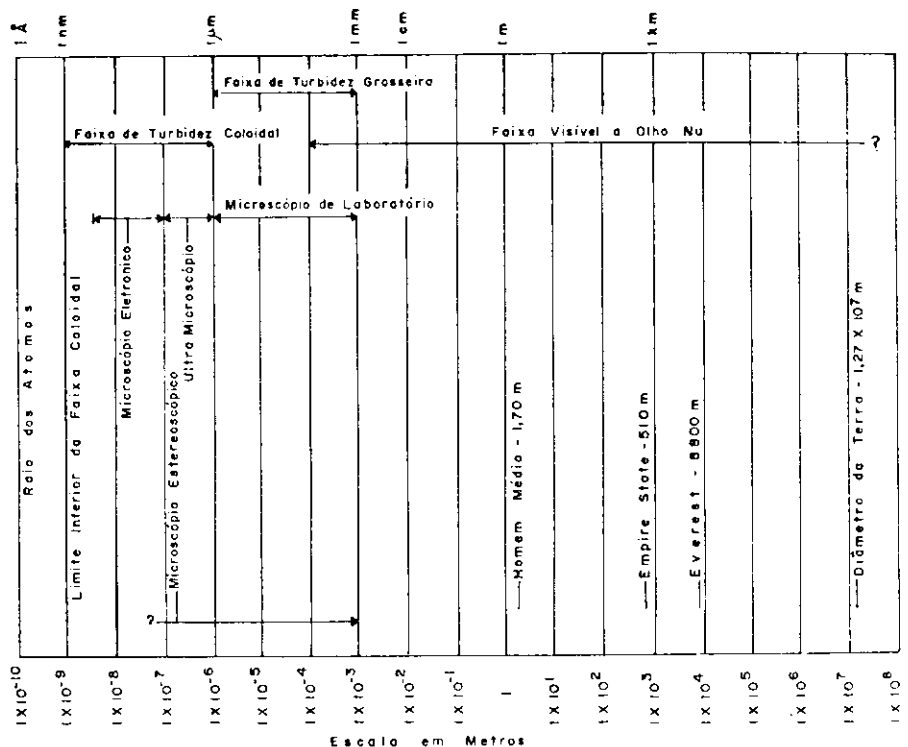


Figura 1 — Tamanhos relativos

cubos de 0,1  $\mu$ m ( $10^{-5}$  cm), sua área será aumentada para  $6 \times 10^5$  cm<sup>2</sup> (10.000 vezes). Logo, nas partículas que compõem a turbidez das águas naturais predominarão os efeitos de superfície sobre os efeitos de massa, e elas terão grande dificuldade para sedimentar. Como exemplo na Figura 2 temos que uma partícula com diâmetro de 0,1  $\mu$ m ( $10^{-5}$  cm) levaria trinta dias para decantar 2,5 cm e outra partícula de diâmetro 0,01  $\mu$ m levaria 10 anos para decantar os mesmos 2,5 cm. Se as partículas de sílica acima citadas pudessem ser aglomeradas de maneira a voltar a formar o cubo original de 1,0 cm de aresta é evidente que sedimentaria rapidamente, mas ocorre que além da dificuldade em sedimentar, o efeito de superfície nas partículas co-

loidais também ocasiona um efeito eletrostático de absorção de cargas elétricas na superfície do colóide, essa concentração de cargas elétricas na superfície das partículas coloidais cria um campo elétrico que faz com que os colóides não se aglomerem devido às forças eletrostáticas de repulsão.

Nessa situação, se diz que a suspensão coloidal está estável.

## 3. POTENCIAL ZETA E COAGULAÇÃO

A grande maioria dos colóides (turbidez) presentes nas águas naturais absorvem cargas negativas em sua superfície, que por sua vez atraem contra íons positivos formando uma camada compacta que por sua vez atrai outros contra íons formando então uma

(\*) Trabalho apresentado no 12.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Camboriú, SC, Novembro de 1983

(1) Chefe da Divisão do Sistema Cantareira de Água Tratada, Diretoria de Operação da Região Metropolitana, Sabesp

(2) Engenheiro da Divisão do Sistema Cantareira de Água Tratada, Diretoria de Operação da Região Metropolitana, Sabesp

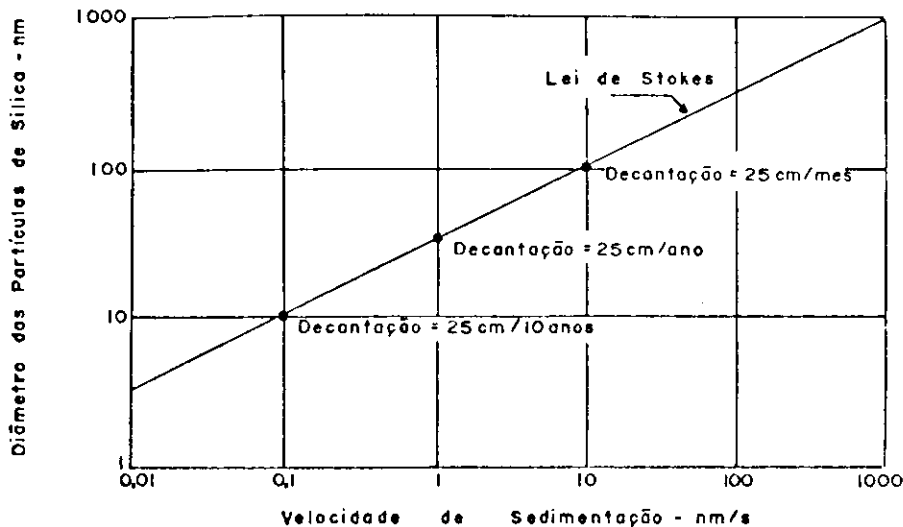


Figura 2 — Lei de "Stokes" aplicada a partículas de sílica em suspensão

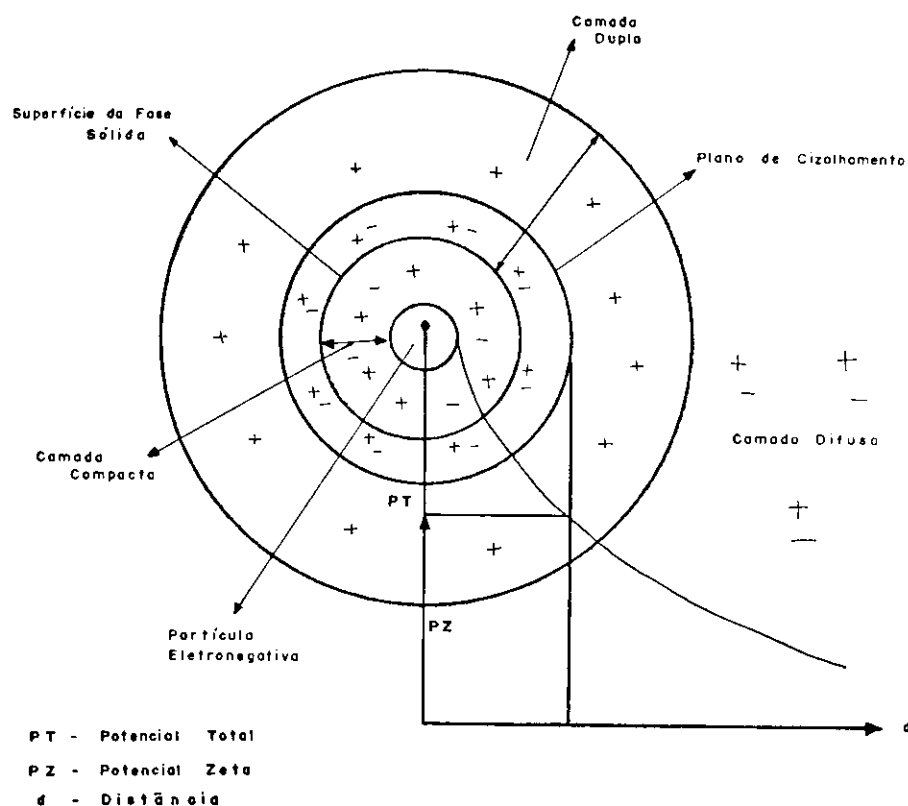


Figura 3 — Camada dupla

camada dupla. Essa concentração de cargas forma um campo elétrico cujo potencial diminui à medida que se afasta do centro da partícula. O potencial Zeta é medido entre o plano de cisalhamento (Figura 3) e o meio envolvente.

Quando se adiciona uma substância que libere íons no meio líquido estes irão neutralizar as cargas elétricas no sistema coloidal, reduzindo o potencial Zeta e a repulsão mútua entre as partículas, possibilitando assim sua aglomeração, formando blocos que terão peso suficiente para sedimentar, ou consistência para serem retidos em filtrantes.

As águas naturais tem um potencial Zeta que varia na faixa de - 15,0 a 30,0 mV.

A Figura 4 mostra uma suspensão de sílica natural que teve seu potencial Zeta reduzido de 30,0 mV para zero e sofreu agitação suave para flocular.

O Quadro 1 mostra para os diversos valores P.Z. a estabilidade das suspensões coloidais.

#### 4. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO EMPREGADO PARA MEDIÇÃO DE POTENCIAL ZETA

A Figura 5 mostra o equipamento utilizado para determinação do P.Z. que consiste de:

- Um microscópio estereoscópico com uma ocular micrométrica, uma ocular com aumento de 15 x; objetivas com aumentos de 4x, 6x e 8x; e

Quadro 1 — Relação entre estabilidade de suspensões coloidais e potencial Zeta

Características de Estabilidade	P.Z. Médio em mV
Máxima Aglomeração e Precipitação	+ 3 a Zero
Excelente Aglomeração e Precipitação	- 1 a - 4
Aglomeração e Precipitação Casuais	- 5 a - 10
Fronteira de Aglomeração (Aglomerados de 2 a 10 Colóides)	- 11 a - 20
Parâmetro de Pouca Estabilidade (Poucos Aglomerados)	- 21 a - 30
Estabilidade Moderada	- 31 a - 40
Bom Estabilidade	- 41 a - 50
Estabilidade Muito Boa	- 51 a - 60
Excelente Estabilidade	- 61 a - 80
Estabilidade Máxima	- 81 a - 100

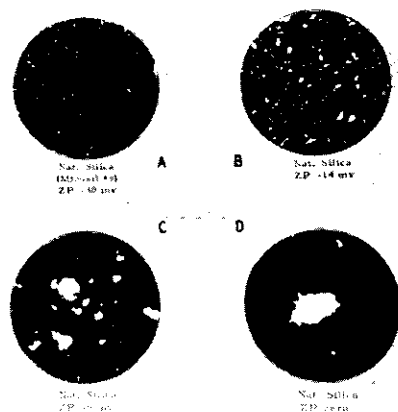


Figura 4 — Aglomeração de Partículas x P. Z.

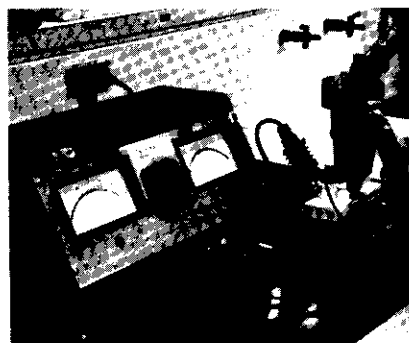


Figura 5 — Conjunto para Determinação do Potencial Zeta

um suporte especial (um microscópio normal de laboratório não pode ser utilizado para a determinação de P.Z.).

- Um dispositivo especial de iluminação capaz de produzir um intenso fecho de luz branco-azulado, dispõe de um filtro para absorver calor.
- Uma fonte de corrente contínua variável de 0 a 500 V.
- Uma célula de eletroforese feita de plástico transparente dotada de eletrodos de Platina-Iridiada.
- Um suporte para a célula que consiste de um espelho fino e altamente refletivo que reflete a luz em um ângulo de 45.º para cima através do tubo da célula de eletroforese.
- Um cronômetro elétrico que possibilita leituras em segundos e décimos de segundos.

## 5. DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL ZETA

A Figura 6 mostra o aspecto de uma visada para medição de P.Z., mede-se o tempo que o colóide leva para atravessar uma divisão micrométrica, (deve-se fazer essa medida para pelo menos dez colóides diferentes), calcula-se a média dos tempos e determina-se através de um ábaco baseado na fórmula de Helmholtz — Smoluchowski o Potencial Zeta. O sinal é dado pelo sentido do movimento do colóide se para a esquerda (catodo), negativo; se para a direita (anodo), positivo.

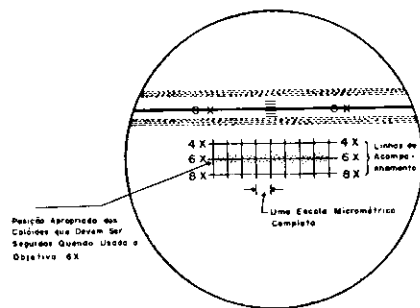


Figura 6 — Aspecto de uma visada para determinação de P. Z.

## 6. A APLICAÇÃO PRÁTICA NA ETA GUARÁ

A determinação do Potencial Zeta é feita de hora em hora juntamente com as outras análises de rotina, em situações críticas quando se está fazendo ajustes na dosagem de Sulfato de Alumínio às determinações de P.Z. feitas a cada 15 minutos.

Analisando-se o Quadro 2 observa-se uma variação brusca da turbidez da água bruta que em menos de 24 horas passou de um valor bastante baixo de 7,3 para 210,0 NTU, das 9 horas do dia 28/5 as 8 horas do dia 29.5.83. Observa-se um aumento de 20,0 para 120,0 NTU entre as 21 horas de 28/5 até 1 hora de 29.5.83. A dosagem de sulfato foi sendo aumentada gradativamente até as 4 horas de 29/5, quando a turbidez atingiu 180 NTU, estando nessa hora o P.Z. positivo. As 6 horas a turbidez atingiu 200 NTU e o operador hesitou em aumentar a dosagem de sulfato apesar do P.Z. estar positivo. Como consequência disso as 8 horas com a turbidez da bruta em 210,0 houve uma piora na qualidade da água tratada, a dosagem de Sulfato foi aumentada e as 15 horas a água tratada voltava a apresentar boa qualidade, pois o P.Z. veio sendo mantido positivo desde as 8 horas.

A partir do dia 30/5 as chuvas amainaram e a turbidez da água bruta começou a diminuir. Pode-se observar as 16 horas do dia 31/5 o valor alto de + 4,0, indicando dosagem excessiva de sulfato que veio sendo diminuída de 19,5 ppm a 1 hora até 14 ppm as 24 horas.

Quadro 2 — Controle de dosagem de sulfato de alumínio em função do P. Z.

Data	Hora	Turbidez (NTU)		Potencial Zeta (mV)	Dosagem de Sulfato (ppm)
		Bruta	Final		
28.05.83	9,0	7,3	0,13	- 5,0	9,0
	15,0	13,0	0,12	- 2,5	10,0
	21,0	20,0		- 1,5	11,0
	22,0	36,0	0,13	- 1,5	11,5
	23,0	65,0	0,15	+ 2,5	12,0
	24,0	85,0	0,16	+ 2,5	14,0
29.05.83	1,0	120,0	0,30	+ 3,0	16,5
	4,0	180,0	0,18	+ 2,0	17,5
	6,0	200,0	0,22	- 2,1	17,5
	7,0	200,0	0,36	+ 2,5	18,5
	8,0	210,0	0,50	+ 1,5	21,0
	15,0	150,0	0,20	+ 2,5	23,0
30.05.83	1,0	87,0	0,16	+ 2,5	18,0
	24,0	95,0	0,13	+ 2,0	19,0
31.05.83	1,0	92,0	0,12	+ 2,0	19,5
	16,0	70,0	0,12	+ 4,0	18,5
	18,0	55,0	0,12	+ 4,5	18,0
	20,0	45,0	0,12	+ 4,0	16,5
	21,0	41,0	0,13	+ 3,5	15,0
	22,0	40,0	0,13	+ 3,5	14,5
	24,0	40,0	0,13	+ 3,5	14,0
	01.06.83	4,0	24,0	0,15	+ 1,5
11,0		27,0	0,12	+ 2,0	12,0
02.06.83	20,0	20,0	0,13	+ 2,0	12,0
06.06.83	1,0	54,0	0,18	+ 1,5	14,0
	9,0	55,0	0,23	+ 1,5	15,0
	10,0	58,0	0,20	- 2,2	15,0
	11,0	60,0	0,23	- 3,1	15,5
	12,0	68,0	0,20	- 3,7	15,5
	13,0	71,0	0,18	- 4,2	15,5
	14,0	74,0	0,17	+ 3,5	17,0
	16,0	85,0	0,15	+ 3,3	18,5
	24,0	110,0	0,15	+ 3,5	20,0
11.06.83	14,0	51,0	0,15	+ 2,0	15,5
13.06.83	14,0	46,0	0,12	+ 5,0	15,5
	16,0	46,0	0,12	+ 3,0	14,0

No dia 6.6.83 houve outro surto de turbidez, podendo-se observar a variação da dosagem em função da turbidez da água bruta.

## 7. CONCLUSÕES

- Da análise desses dados pode-se afirmar que a determinação de Potencial Zeta pode servir como um excelente auxiliar na operação de Estações de Tratamento de Água, pois possibilita o controle acurado da dosagem de coagulantes evitando a degradação da qualidade da água tratada, quando da piora da qualidade da água bruta e desperdício de coagulantes, quando a água bruta volta a apresentar boa qualidade.
- A determinação de Potencial Zeta pode não substituir totalmente a execução de "Jar-Tests". Costumamos executar "Jar-Tests" quando a qualidade da água bruta estabiliza

para confirmar a dosagem obtida por meio de P.Z. (Figura 7).

- A determinação do P.Z., apesar de rápida, exige que os analistas estejam muito bem treinados para executá-la; caso contrário, os resultados não terão significado, pois cada analista determinará um valor diferente.

## 8. RECOMENDAÇÕES

- Recomendamos o uso desse equipamento para controle de coagulação de águas que apresentem grande variação de qualidade em curtos períodos de tempo.
- O uso de um medidor de P.Z. poderá ser bastante válido em laboratórios centrais ou setores envolvidos em pesquisas.
- É válido o uso do equipamento em ETAs para promover redução ou trabalhar na dosagem ideal, fato que não se pode obter com segurança usando-se apenas o "Jar-Test".

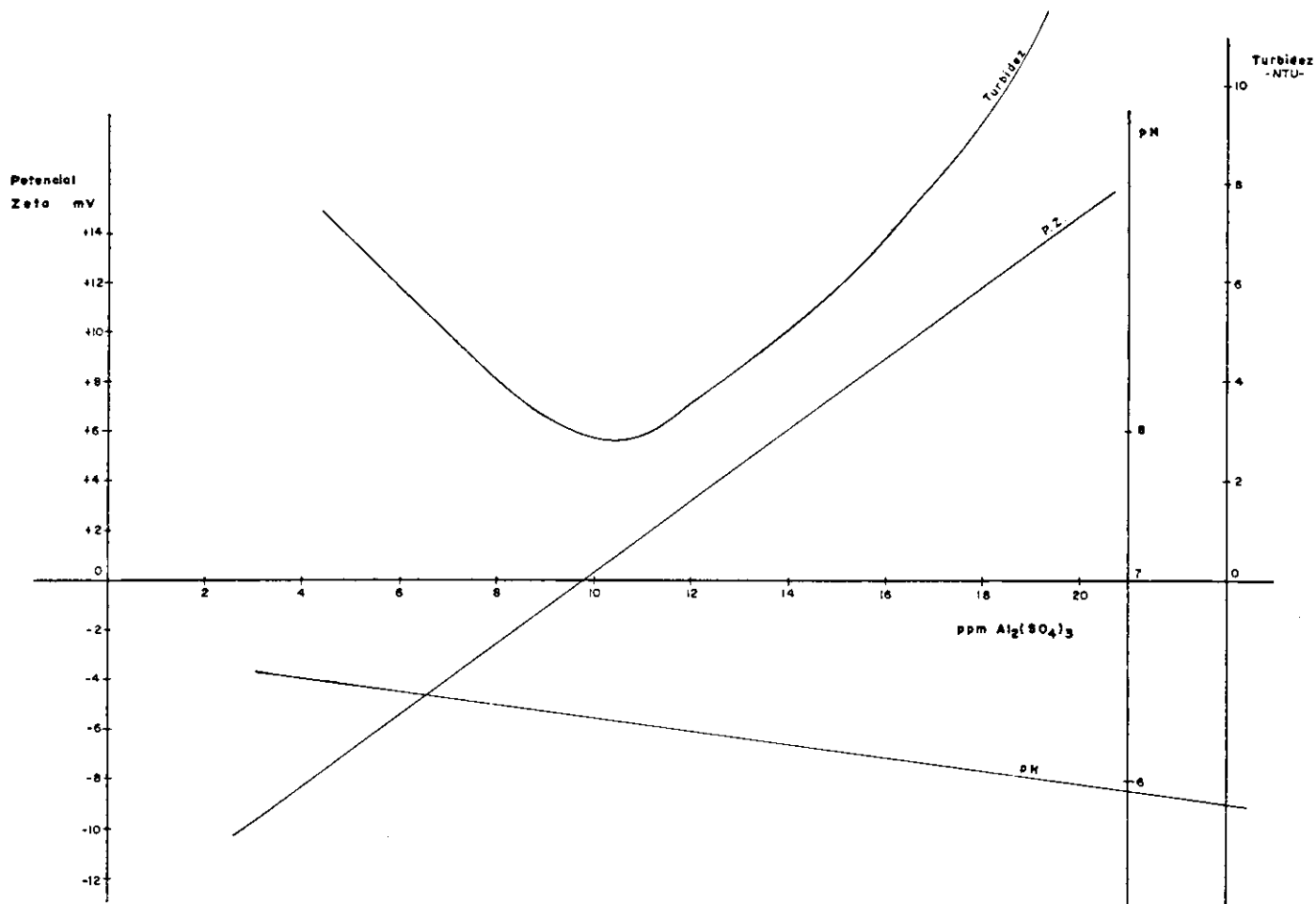


Figura 7 — Determinação de dosagem ótima de coagulante

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

THE ZETA-METER INC. Zeta-Meter Manual.  
New York, 1968  
SIENKO, Michell J. & PLANE, Robert A.

Química. São Paulo, Cia. Editora Nacional, 1970  
SABESP. Potencial Zeta no Controle da Coagulação. São Paulo, 1982  
AZEVEDO NETTO, José M. et alii. Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água,

Vol. II. São Paulo, Faculdade de Saúde Pública da USP, 1974  
RIDDICK, Thomas M. Zeta Potential and its application to difficult waters. Journal of the American Water Works Association, 1007-1030, August 1961.