

Curso de Tratamento de Águas Residuárias

ÍNDICE GERAL DO CURSO

- 2.01 — Introdução ao Curso. Generalidades. Composição e concentração das águas residuárias. Variações de vazão.
- 2.02 — Consequência do lançamento das águas residuárias nas águas interiores e litorâneas.
- 2.03 — Métodos gerais de tratamento. Classificação.
- 2.04 — Grades, desintegradores e trituradores.
- 2.05 — Caixas de areia.
- 2.06 — Decantadores.
- 2.07 — Tanques Imhoff e Dortmund.
- 2.08 — Tratamentos biológicos. Generalidades.
- 2.09 — Tratamento sobre o terreno. Filtros intermitentes de areia.
- 2.10 — Métodos de oxidação. Lagóas e canais.
- 2.11 — Filtração biológica.
- 2.12 — Lodos ativados.
- 2.13 — Desinfecção.
- 2.14 — Lodos resultantes do tratamento. Concentradores.
- 2.15 — Digestão. Tanques de digestão.
- 2.16 — Gás e seu aproveitamento.
- 2.17 — Secagem de lodos. Disposição.
- 2.18 — Auto depuração das águas.
- 2.19 — Lançamentos marítimos.
- 2.20 — Águas residuárias das indústrias. Processos de tratamento.

BIBLIOGRAFIA

Referências gerais

- 1 — "Sewage Treatment", 2.^a edição, K. Imhoff e G. M. Fair. John Wiley & Sons, New York, 1956.
- 2 — "Water Supply and Waste Water Disposal". G. M. Fair e J. C. Geyer. John Wiley & Sons, New York, 1954.
- 3 — "Sewerage and Sewage Treatment", H. E. Babbitt e E. R. Baumann. 8.^a edição. John Wiley & Sons, New York, 1958. Nota: Traduzido para o espanhol sob o título "Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras, Edit. CELSA, México, 1961.

Normas e Especificações

- 4 — "Sewage Treatment Plant Design — Manual of Engineering Practice N.º 36", American Society of Civil Engineers e F.S.I.W.A., New York, 1959.
- 5 — "Normas para Projetos de Rêdes de Esgotos Sanitários e Estações de Tratamento de Esgotos" (Tradução de "Standards for Sewage Works of the Mississippi River Board of Public Health Engineers and Great Lakes Board of Health Engineers"). Revista do D.A.E, Ano 20, N.º 33, 1959.

- 6 — “Instruções para a elaboração de Projetos de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários”. Departamento de Obras Sanitárias do Estado de São Paulo, 1947 (Publicadas na Revista do D.A.E., N.º 23, 1951).

Operação

- 7 — “Manual for Sewage Treatment Plant Operators”. Texas State Department of Health, Austin, 1946.

Tratamentos Biológicos

- 8 — “Biological Treatment of Sewage and Industrial Wastes”, Vols. I e II, Brother J. Mc Cabe, W. W. Eckenfelder, Reinhold Publishing Corp., New York, 1956.
- 9 — “Biological Waste Treatment”, W. W. Eckenfelder e D. J. O’ Connor, Pergamon Press, London, 1961.

Poliuição de cursos d’água

- 10 — “Stream Sanitation”, E. B. Phelps, John Wiley & Sons, New York, 1944.
- 11 — “Aspects of River Pollution”, L. Klein, Butterworths Scientific Publications, London, 1957.

Resíduos industriais

- 12 — “Industrial Wastes Treatment Practice”, E. F. Eldridge, Mc Graw-Hill Book Co., New York, 1942.
- 13 — “Treatment and Disposal of Industrial Waste Waters”, B. A. Southgate, His Majesty’s Stationery Office, Londres, 1948.
- 14 — “Industrial Wastes Treatment”, E. B. Besselièvre, McGraw Hill Book Co., New York, 1952.
- 15 — “Industrial Wastes”, W. Rudolfs, Reinhold Publishing Corp., New York, 1953.
- 16 — “Principles of Industrial Waste Treatment”, C. F. Gurnham, John Wiley & Sons, New York, 1955.
- 17 — “Waste Treatment”, P.C.G. Isaac, Pergamon Press, London, 1960.

Métodos de análises

- 18 — “Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water”, American Public Health Association. A. W. W. A., etc., 11.^a edição, New York, 1960.
Nota: Traduzido para o espanhol e publicado pela A.I.D.I.S., México.

Lançamento submarino

- 19 — “An Investigation of the Efficacy of Submarine Outfall Disposal of Sewage and Sludge”, California State Water Pollution Control Board, Sacramento, California, Publication N.º 14, 1956.

Revista

- 20 — “Journal of the Water Pollution Control Federation”.

TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

GENERALIDADES. COMPOSIÇÃO E CONCENTRAÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS VARIACÕES DE VAZÃO

“A stream is something more than a geographic feature, a line on a map, a part of the fixed permanent terrain. It cannot be adequately portrayed in terms of topography and geology. A stream is a living thing, a thing of energy, of movement, of change”.

Earle B. Phelps

1.01 — *Generalidades*

Em 1778 o inglês Joseph Bramah patenteou a primeira bacia sanitária com o emprêgo da água.

Em 1815 foi autorizado, em Londres, o lançamento de efluentes domésticos nas galerias de águas pluviais da cidade. Em 1847 tornou-se compulsório o lançamento de todas as águas residuárias das habitações nas galerias públicas de Londres.

Em 1879 foi inventado o sistema separador absoluto, aplicado pela primeira vez à cidade de Memphis, pelo Cel. George Waring.

Na técnica atual de esgotamento das cidades a água é utilizada como agente transportador para o afastamento de resíduos, os mais diversos.

Assim é que das atividades higiênicas ou de limpeza propriamente dita, resultam as denominadas águas “servidas”; dos compartimentos sanitários provêm as águas “imundas” e nas atividades fabris se constituem os resíduos líquidos industriais.

Essas três parcelas águas servidas, imundas e resíduos industriais, muitas vezes designadas simplesmente por “águas servidas” são encaminhadas aos sistemas de esgotos das cidades.

Por outro lado é a água elemento indispensável à vida e, como tal deve ser suprida em condições satisfatórias para essa finalidade sob os aspectos qualitativo e quantitativo.

Dessa dualidade de usos da água — Água para consumo das populações e Água para transporte de resíduos — têm resultado os mais sérios inconvenientes para a Saúde Pública.

As águas servidas podem ser conduzidas pelos coletores sanitários durante horas, passando a seguir aos interceptadores e finalmente acabam indo ter aos emissários que as conduzem até um local relativamente afastado das áreas mais desenvolvidas, junto ao ponto de lançamento.

Na maioria das vezes essas águas são encaminhadas ao curso d'água existente sem qualquer tratamento depurador. Constituem neste caso uma carga de poluição que o rio recebe e da qual procura livrar-se com o tempo, através de ações naturais de grande complexidade.

A um dos mais notáveis engenheiros sanitários, Phelps, deve-se uma definição mais completa do que é um rio: “Um rio é algo mais do que um acidente geográfico, uma linha em um mapa, um elemento do terreno. Um rio não pode ser adequadamente descrito simplesmente em termos de topografia e de geologia. Um rio é uma coisa viva, um elemento de energia, de movimento, de transformação”.

Em condições normais um rio é capaz de receber uma carga apreciável, eliminando-a gradativamente mediante ações naturais que se processam ao longo de vários quilômetros do seu percurso.

Impurezas comuns aos cursos d'água, tais como, excrementos e restos de animais, detritos vegetais etc., assim como volumes consideráveis de águas de esgoto podem ser estabilizados graças à essa capacidade natural de elaboração.

São êsses processos bio-químicos, proporcionados pela própria natureza, os responsáveis pelo conhecido fenômeno da "Auto-depuração".

A capacidade de auto-depuração dos cursos d'água tem seus limites:

As águas de esgoto contendo matéria orgânica e elevado número de bactérias se caracterizam por uma certa "avidês" de oxigênio ou seja demanda bio-química de oxigênio (BOD). Por isso, se as cargas recebidas pelo curso d'água forem excessivas em relação às disponibilidades de oxigênio poderão resultar condições precárias em certos trechos.

1.02 — Composição e concentração das águas residuárias

A composição e o caráter das águas de esgotos dependem de inúmeros fatores entre os quais a técnica empregada na construção dos sistemas, o consumo e a qualidade da água, hábitos das populações, clima, natureza dos estabelecimentos industriais etc. e portanto variam de região para região.

O projeto de uma estação de tratamento deve se basear no conhecimento da natureza das águas residuárias a serem depuradas. Uma instalação destinada a uma cidade brasileira não deve ser dimensionada com bases relativas a uma localidade da Califórnia ou, mesmo com dados médios norte-americanos.

A eficiência e a economia de uma instalação depuradora dependem muito do acerto com que forem admitidos os dados para projeto.

Entre os principais fatores que podem influir na composição e no caráter das águas de esgotos incluem-se:

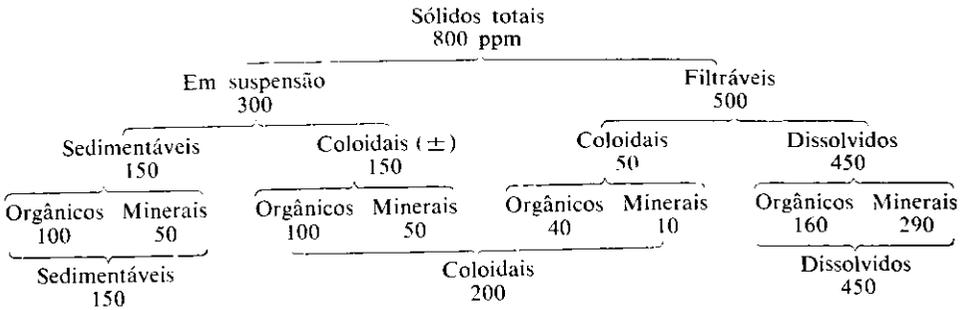
- (1) Característicos da população: Hábitos, materiais consumidos etc.
- (2) Clima: Precipitação pluvial, temperatura, umidade etc.
- (3) Sistema de esgotamento: Unitário, Separador.
- (4) Condições do sistema de abastecimento de água: Qualidade da água e consumo.
- (5) Resíduos industriais: Natureza, volume, pré-tratamento etc.
- (6) Técnica de construção dos coletores e condições do subsolo: Infiltrações.
- (7) "Idade" das águas de esgotos: Tempo dispendido no seu afastamento.

Dados médios comparados

Análises	USA: Rudolfs			São Paulo (Ipiranga) 1948-1950
	Fracos	Médios	Concentr.	
Sólidos totais	430	720	1230	672
Matéria volátil, total	240	420	810	434
Resíduo fixo, total	190	300	420	238
Sólidos em suspensão	98	200	372	295
Sólidos em suspensão, voláteis	72	133	220	180
Sólidos sedimentáveis, cm ³ litro	2.1	3,8	6.4	3.6
B. O. D.	96	212	413	308
Oxigênio consumido	74	162	267	67
Nitrogênio total	13	28	40	22
Nitrogênio amoniacal	4	12	22	11
Cloretos	18	38	79	67
Sulfatos	42	22	34	26
Sabões e gorduras	6	13	23	45
Alcalinidade total	31	40	18	120

Composição média das águas residuárias:

(1) Dados Norte-Americanos (segundo Fair)



(2) Dados de São Paulo:

(a) Estação de Tratamento de Esgotos do Ipiranga (1948-1950)

Sólidos totais 672 ppm		
Em suspensão 295		Filtráveis 377
Sedimentáveis 148	Coloidais 185	Dissolvidos 339
B.O.D		308 p.p.m.
Sólidos em suspensão		295 p.p.m.
Temperatura dos esgotos		21,4°C
pH		6,8
Turbidês		400
Oxigênio dissolvido		0
Temperatura do curso d'água (rio Tamanduatei):		
Média		22°C
Mínima		13
Máxima		26

(b) Emissário de Pinheiros

B.O.D	290 p.p.m.
Sólidos em suspensão	228

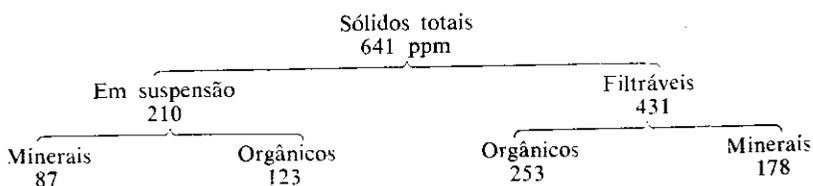
(c) Emissário de Vila Leopoldina

B.O.D	361
Sólidos em suspensão	298

(d) Dados admitidos para projeto (Greeley & Hansen):

B.O.D	370
ou 68 gramas/capita	
Sólidos em suspensão	336
ou 64 gramas/capita	

(3) Santos e São Vicente (1954):



B.O.D	317 p.p.m.
Sólidos decantáveis	2,0 cm ³ /litros
Sólidos em suspensão	210 p.p.m.
pH	66,8
Oxigênio consumido	42
Turbidês	41

(4) *Rio de Janeiro* (E.T.E. da Penha, 1954):

B.O.D	330 p.p.m.
Sólidos em suspensão	250 p.p.m.

(5) *Hospitais e instituições* (1948):

	Asilo e hospital de Jaçanã	Educandário D. Duarte
pH	6,5	6,6
Sólidos totais	588	772
Matéria volátil	394	535
B.O.D.	310	330
Sólidos em suspensão	279	355

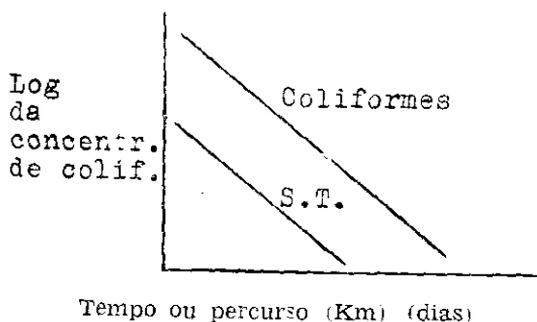
1.03 — Bactérias e coliformes

De todos os aspectos da poluição o de maior significado e interesse para a Saúde Pública é o que se relaciona com a presença de bactérias e organismos patogênicos nas guas residuárias.

As contagens totais de bactérias nos efluentes de esgotos domésticos levam a números elevados, geralmente acima de 1.000.000 e às vezes até 30.000.000 por mililitro. Como as bactérias podem multiplicar-se rapidamente ou até mesmo reduzir-se em condições adversas, os resultados encontrados são extremamente variáveis.

A contagem *total* de bactérias em águas de esgotos pouco significa, pois a maioria das bactérias não é nociva e muitos organismos poderão trazer benefícios para o tratamento ou para a auto depuração das águas.

A determinação de coliformes é de grande importância devido à correlação que existe entre a concentração de bactérias desse grupo e a frequência de organismos patogênicos, como por exemplo a *S. Typhosa*.



$$y = 3 x^{0.46}$$

$y =$ n.º de *S. Typhosa* por 10⁶ coliformes.

$x =$ n.º de casos de febre tifóide por 100 000 pessoas.

Não obstante a importância dessa correlação para a Saúde Pública os dados disponíveis ainda são muito escassos. Uma relação empírica baseia-se nas investigações clássicas de Kehr e Butterfield (U.S. Public Health Report, 58, 589, 1943):

Dados mais recentes sobre a "produção" diária de coliformes por pessoas apresentam valores bem mais elevados do que as estimativas anteriores:

10^{13} E. coli/pessoa, por dia.

10^{11} a 10^{13} S. Typhosa/ pessoa enferma ou portadora, por dia.

Uma causa provável de êrro nas contagens mais antigas se deve ao fato constatado de que êsses organismos começam a desaparecer durante o percurso nos próprios coletores de esgotos.

Admitindo-se, por exemplo, que 90% dos coliformes desapareçam na rêde de esgotos, e que o volume de águas residuárias per capita seja apenas 100 litros, encontrar-se-ia no afluente de uma estação de tratamento de esgotos:

$$10\% (10^{13})/100 (10^3) = 10^7 \text{ coliformes/ml}$$

1.04 — Variações de vazão

A vazão nos esgotos varia com as horas do dia, com os dias, meses e estações do ano e com muitos outros fatores entre os quais a temperatura e a precipitação atmosférica.

O conhecimento dos valores máximos, médios e mínimos é indispensável na elaboração de estudos e projetos.

Engenheiros norte-americanos estabeleceram a seguinte relação empírica:

$$Q_{\text{max}} = \frac{a \cdot Q_{\text{med}}}{P^n}$$

Na qual P a população contribuinte em milhares de habitantes, a é aproximadamente igual a 5,0 e n geralmente está compreendido entre 0,167 e 0,200.

No E. S. Paulo têm sido adotadas relações estabelecidas pelo Departamento de Águas e Esgotos:

Vazão máxima	1,5 x vazão média
Vazão mínima	0,5 x vazão média
Vazão diurna (12 horas do dia)	1,25 x vazão média

Outros dados nacionais sugeridos para projetos e aplicáveis na ausência de melhores informações ou na falta de observações locais são os seguintes:

	Contribuição por pessoa litros/dia *	$\frac{Q_{\text{max}}}{Q_{\text{med}}}$	$\frac{Q_{\text{min}}}{Q_{\text{med}}}$
Cidades grandes	140-350	1,30 a 1,40	0,60 a 0,70
Cidades pequenas	150-240	1,40 a 1,50	0,40 a 0,60
Hospitais e sanatórios	200-400	1,75 a 2,75	0,30 a 0,40
Quartéis	150-250	1,75 a 2,75	0,30 a 0,40

(*) Dependendo da quantidade de água abastecida.

1.05 — Correlação de dados

As cidades de uma região freqüentemente se desenvolvem com semelhança de estrutura, possibilitando ao projetista correlacionar dados valiosos para estudos e projetos.

Os sistemas de esgotos sanitários são projetados com base na população a ser servida e na maneira pela qual essa população se distribui nas localidades.

A distribuição ou concentração demográfica pode ser expressa em habitantes por prédio (valor médio), habitantes por quilômetro de vias públicas (ocupação linear média) ou ainda habitantes por hectare ou por quilômetro quadrado (densidade demográfica média).

A contribuição de águas residuárias ou a vazão dos esgotos poderá, em decorrência, ser expressa em relação a essas mesmas bases.

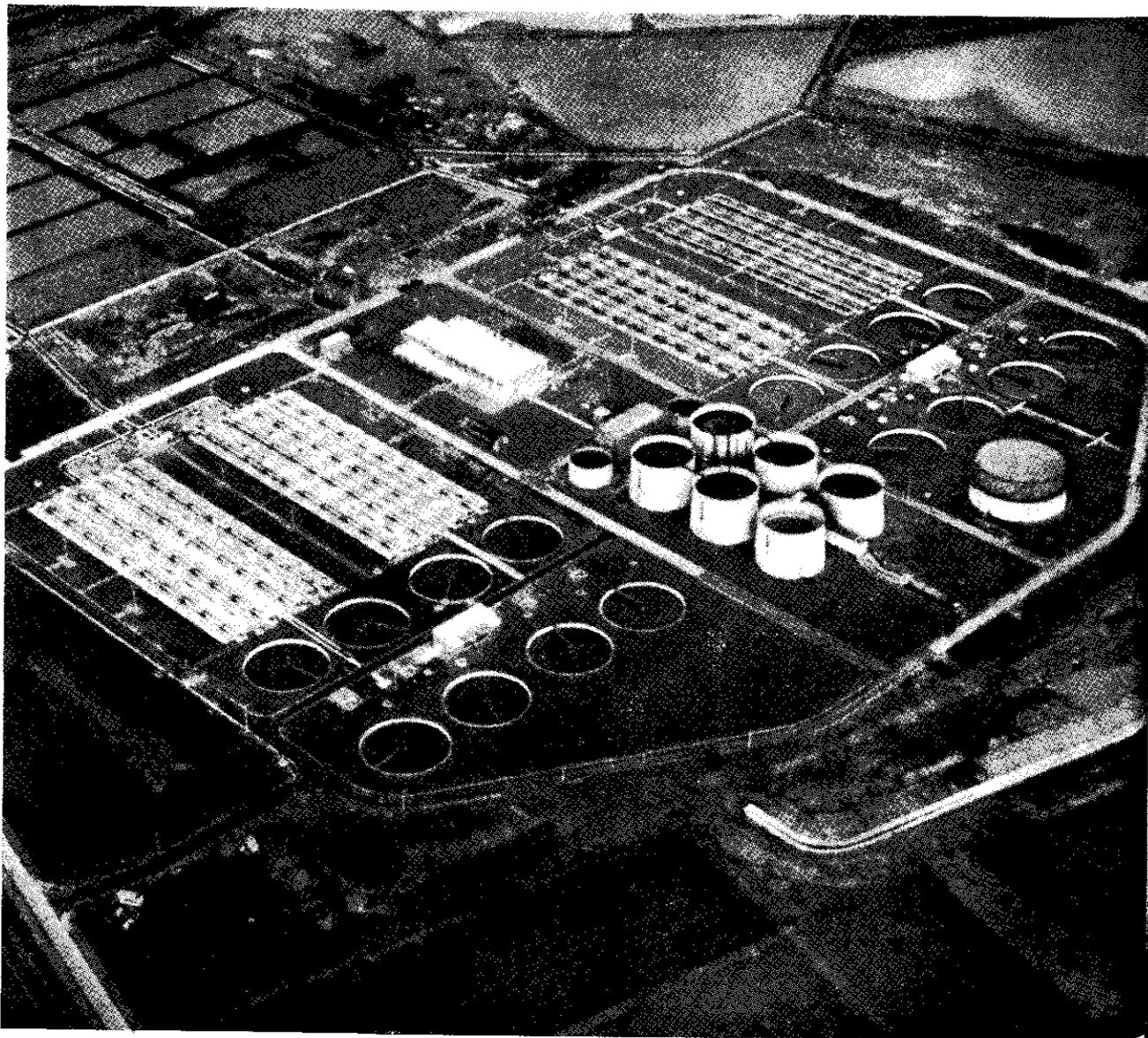
Para estruturas urbanas semelhantes êsses dados de projeto guardam entre si relações de reciprocidade.

Na cidade de São Paulo, por exemplo, encontram-se em vários bairros os seguintes dados relativos médios:

Dados médios (São Paulo):

Número de prédios por Km ²	1750
Número de prédio por Km de rua	110
Extensão das ruas por Km ²	16 km
Habitantes por prédio	8
Habitantes por Km ²	14000
Vazão máxima esg. por Km ² , incl. infiltr., zona resid.	75 l s
Vazão média esg. por Km ² , incl. infiltr., zona resid.	50 l s
Vazão mínima esg. por Km ² , incl. infiltr., zona resid.	25
Volume médio esgoto per capita, incl. infiltr.	300 l
Contribuição máxima por metro linear, incl. infiltr.	0.0045 l s
Infiltração média por metro linear de coletor	0.0005

(continúa no próximo número)



Estação de Tratamento de Nottingham, Inglaterra (Lodos Ativados)