

Estudo para Conhecimento da Redução de Bactérias em Corpos d'Água

ARISTIDES A. ROCHA (*)

WILMA A. R. C. BRANCO (**)

INTRODUÇÃO

O estudo da redução do número de bactérias em um corpo d'água constitui aspecto sanitário da maior importância na avaliação da sua capacidade auto depuradora e, portanto, do limite da carga poluidora que o mesmo pode receber.

Geralmente, utiliza-se o número mais provável de bactérias do grupo coliforme ou mais especificamente, coliformes fecais, como indicador potencial da concentração de seres patogênicos presentes em diferentes pontos do percurso do rio.

Através do decréscimo do NMP entre dois pontos tomados como representativos, determina-se o coeficiente de redução bacteriana. A fórmula empregada é a expressão da lei de Chick:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-K_b t}$$

em que:

N_0 = número de bactérias em um ponto inicial A.

N = número de bactérias em um ponto B, a jusante de A, após decorrido um tempo t .

e = base de logaritmos neperianos.

K_b = coeficiente de redução do número de bactérias, no trajeto A B (ou seja, no tempo t) válido para outros trechos (ou outros rios) que apresentam as mesmas características físicas, químicas e biológicas.

Essa fórmula foi idealizada por Chick para avaliação do poder bactericida de substâncias antissépticas. Ao ser aplicada em estudos de auto depuração de rios é necessário, pois, levar em conta certos fatores.

O coeficiente K_b da lei de Chick,

é um coeficiente de mortalidade das bactérias em questão. Na sua aplicação original, ele varia (para uma mesma espécie de bactérias) com o poder bactericida do antisséptico que é estudado. No caso de destruição natural de bactérias por auto-depuração, o valor de K_b depende das condições físicas, químicas e biológicas que concorrem para a destruição de bactérias, tais como: intensidade de luz (especialmente radiações ultra violeta, de grande ação bactericida); turbulência e oxigenação da água; salinidade e valor osmótico do meio (na água do mar o valor de K_b tende a ser maior); presença de substâncias tóxicas ou inibidores de bactérias; presença de predadores tais como: bacteriófagos, protozoários (especialmente ciliados), rotíferos, etc; organismos produtores de substâncias tóxicas ou bacteriostáticas, tais como fungos, algas e bactérias de vida livre, substâncias de poder aglutinante, etc.

Nos cursos d'água receptores, há efeitos adicionais, de importância significativa que, embora não possam ser consideradas propriamente fatores de destruição de bactérias, atuam no sentido de reduzir muito sua concentração no meio aquático. São eles: a diluição e a decantação. Tais elementos não poderiam ser incluídos, estritamente, na lei de Chick, que diz respeito à mortalidade das bactérias por ação nociva do meio. Mas como o objetivo dos estudos de auto depuração é conhecer a concentração de bactérias após um determinado tempo de percurso do rio, a sua exclusão levaria a resultados pouco práticos. Nos estudos ambientais, os interesses são mais voltados para as concentrações do que para os números.

Isso leva à obtenção de valores de K_b muito maiores e, sobretudo, muito variáveis para um mesmo tipo de ambiente físico-químico, o que seria contraditório à lei de Chick. Por outro lado, um coeficiente muito variável, perde sua função e utilidade como coeficiente. Torna-se assim, necessário deduzir do cálculo, a redução que foi devida à simples diluição,

uma vez que esta será constante para qualquer trecho de vazão idêntica. Isso poderá ser conseguido conhecendo-se exatamente as vazões existentes, para poder avaliar as bactérias em números absolutos, por unidade de tempo, em lugar de concentrações.

Quanto ao efeito da decantação, como redutor do número de bactérias, este é de muito difícil avaliação, mas pode ser admitido como constante para trechos de rios que possuam condições físicas idênticas, principalmente quanto à velocidade de escoamento.

MÉTODO

Para a realização de trabalhos dessa natureza é necessária a seleção prévia de um trecho de rio homogêneo, que obedeça a determinadas características hidráulicas e sanitárias. Essa tarefa pode ser concluída após várias coletas experimentais, procurando-se localizar um segmento tanto quanto possível uniforme de hidráulica conhecida e que não apresente acidentes físicos consideráveis e onde não ocorram contribuições significativas.

Seleciona-se assim um trecho de rio (A-B), determinando-se a velocidade média da água em determinado ponto estabelecendo-se o tempo de percurso entre A e B.

Efetuem-se coletas de água no trecho selecionado destinadas às análises bacteriológicas em horários diferentes de um mesmo dia. O método de análise é o dos tubos múltiplos de fermentação para a determinação do MMP coli/100 ml.

RESULTADOS

Uma experiência prática para verificação da redução do número de bactérias foi realizada pelos autores em um trecho de 4 km de extensão no rio Paraíba, a jusante do Município de Santa Branca no Estado de São Paulo.

Foram verificados os seguintes dados hidráulicos constantes da tabela n.º 1.

(*) Prof. Assist. Dr. Fac. Saúde Pública USP, Biólogo da CETESB.

(**) Bióloga Bolsista da Escola de Engenharia de São Carlos - USP (Centro de Ecologia Aplicada).

Tabela n.º 1 - Rio Paraíba, Município de Santa Branca: Dados Hidráulicos.

| Medição | Hora | | Velocidade média (m3/s) | Vazão m(m3/s) | Profundidade média (m) | Escala Provisória |
|---------|--------|---------|-------------------------|---------------|------------------------|-------------------|
| | Início | Término | | | | |
| 1 | 10:00 | 11:30 | 0,766 | 85,2 | 1,42 | 0,54 |
| 2 | 11:30 | 13:00 | 0,757 | 84,0 | 1,42 | 0,53 |
| 3 | 13:40 | 15:10 | 0,737 | 82,5 | 1,43 | 0,52 |
| 4 | 15:10 | 16:45 | 0,732 | 77,8 | 1,36 | 0,51 |
| Média | | | 0,748 | 82,3 | 1,40 | — |

Nas tabelas n.ºs 2 e 3 estão inseridos respectivamente os resultados das análises de coliformes totais e fecais.

Tabela n.º 2 - Análise bacteriológica - coliformes totais.

| Coleta | NMP colif./100 ml | |
|--------|-------------------|--------------------|
| | Ponto A | PONTO B |
| 1 | $7,9 \times 10^4$ | $4,9 \times 10^3$ |
| 2 | $3,3 \times 10^4$ | $1,09 \times 10^4$ |
| 3 | $1,7 \times 10^4$ | $7,9 \times 10^3$ |
| 4 | $7,0 \times 10^3$ | $7,9 \times 10^3$ |
| Média | $3,4 \times 10^4$ | $0,79 \times 10^4$ |

Tabela n.º 3 - Análise bacteriológica - coliformes fecais.

| Coleta | NMP colif./100 ml | |
|--------|-------------------|-------------------|
| | Ponto A | PONTO B |
| 1 | $4,3 \times 10^2$ | $1,3 \times 10^3$ |
| 2 | $4,6 \times 10^2$ | $2,2 \times 10^2$ |
| 3 | $3,3 \times 10^2$ | $4,9 \times 10^2$ |
| 4 | $3,1 \times 10^3$ | $3,3 \times 10^3$ |
| Média | $3,8 \times 10^2$ | $2,9 \times 10^2$ |

Baseado nesses dados podem ser deduzidos os seguintes valores de K_b :

a) Para coliformes totais:

Média para o ponto A: $3,4 \times 10^4$ coli/100 ml = $3,4 \times 10^8$ coli/m³. Considerando a vazão média de 82,3 m³/s teremos para o ponto A 28×10^9 coli/s. Para o ponto B: $0,79 \times 10^4$ coli/100 ml = $0,79 \times 10^8$ coli/m³ $0,79 \times 10^8 \times 82,5 = 6,5 \times 10^9$ coli/s.

Média para o ponto A: $3,8 \times 10^3$ coli/100 ml = $3,8 \times 10^7$ coli/m³ $3,8 \times 10^7$ coli/m³ \times 82,3 m³/s = $3,1 \times 10^9$ coli fec./s.

Para o ponto B: $2,9 \times 10^3$ coli/100 ml = $2,9 \times 10^7$ coli/m³ $2,9 \times 10^7$ coli/m³ \times 8,3 m³/s = $2,4 \times 10^9$ coli fec./s.

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-k_b t} \quad \text{onde: } N_t = 2,4 \times 10^9$$

$$N_0 = 3,1 \times 10^9$$

$$K_b = 4,56/\text{dia ou } 0,19/\text{h}$$

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-k_b t} \quad \text{onde: } N_t = 6,5 \cdot 10^9$$

$$N_0 = 28 \cdot 10^9$$

$$t = 88:8 \text{ minutos} = 0,062/\text{dia}$$

$K_b = 23,54/\text{dia ou } 0,98/\text{h}$

b) Para coliformes fecais:

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se que os valores de k_b obtidos são muito elevados (em relação aos valores clássicos), especialmente nos referentes a coliformes totais.

Vários podem ser os fatores responsáveis por esse fato. Em primeiro lugar, por ter sido escolhido trecho relativamente uniforme, a sedimentação pode constituir fator de grande importância na redução de bactérias, levando assim, à obtenção de altos índices de K_b .

Outro fator que deve ser levado em consideração, no presente estudo é o da penetração de luz. A luz constitui, sem dúvida, importante fator de eliminação de bactérias. No trecho estudado verificou-se excelente condição de luz, pois a velocidade sendo relativamente baixa, facilitou a decantação e, conseqüente aumento da transparência da água.

Os valores de k_b encontrados para bactérias fecais são muito inferiores aos referentes a coliformes totais. Tal fato parece sugerir a existência de algum agente seletivo de destruição bacteriana. Devem ser citados, a própria decantação (agindo seletivamente) e talvez a existência de vírus específicos (bacteriófagos), que agiriam sobre as bactérias não fecais, mas não sobre as fecais. Essa assertiva deve ser correta pois, a presença de tais bacteriófagos é relativamente comum. Em trabalho apresentado no X Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, realizado em San Salvador em 1966, o biólogo Evandro Rodrigues de Brito demonstra a grande eficiência de tais organismos no destruição de *Aerobacter aerogenes*. Os valores de k_b encontrados são aplicáveis a trechos que possuam características hidráulicas semelhantes principalmente no que se refere a velocidade.

Na falta de dados referentes a trechos mais acidentados e de maior velocidade, pode-se atribuir que a parcela do valor de k_b que é causada pela decantação, no caso estudado, seja compensada pela elevação da mortalidade causada pela maior aeração.

Entretanto, não é aconselhável adotar os valores de k_b aqui determinados, para os trechos de grande turbulência. Seria aconselhável proceder-se a determinações em locais que apresentem corredeiras, cachoeiras, etc, e que no mesmo rio são frequentes a jusante do local estudado, principalmente nos municípios de Cachoeira Paulista e Lavrinhas.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- BRANCO, S. M. - Vírus e sua Importância em Águas de Abastecimento. Revista DAE 22 (40): 70-73 - São Paulo, 1961.
- BRANCO, S. M. - Hidrobiologia Aplicada a Engenharia Sanitária. FESB/CETESB, S. Paulo, vol. 3, 1971.
- BRITO, E. R. - X Congr. Interamericano de Eng. Sanitária. San Salvador, 1966.