

RELATIVIDADE DO SIGNIFICADO DO ÍNDICE COLIFORME E PROPOSIÇÃO DE ÍNDICE CORRIGIDO °

DACIO DE ALMEIDA CHRISTOVÃO *

A compreensão integral do valor das bactérias coliformes como índice de contaminação de origem fecal é imprescindível ao sanitarista. Sòmente é alcançada pela noção exata da posição dessas bactérias no problema. Para êste fim, é indispensável o conhecimento das razões que, na prática do contrôle sanitário, tornaram obrigatória a aceitação de um índice de contaminação, apresentado quase sempre como de caráter apenas potencial, ao invés de provas capazes de afirmar positivamente a presença ou ausência de vírus, bactérias e outros organismos patogênicos no meio, água ou alimento, em consideração. É também necessário saber dos motivos que levaram à seleção das bactérias do grupo coliforme, como aquelas que — nas condições atuais da técnica bacteriológica e de acôrdo com a maioria dos bacteriologistas — podem oferecer maior número de vantagens como reveladoras da presença de matéria de origem fecal; e, finalmente, não se pode prescindir do conhecimento das desvantagens dêsse índice, através da noção da distribuição dos microrganismos coliformes na natureza, noção que deveria ser, pelo menos, suficientemente ampla para o reconhecimento da necessidade de determinações quantitativas dessas bactérias e para a interpretação mais acertada dos resultados. Êsses múltiplos aspectos do problema têm sido largamente discutidos na literatura especializada.

Existe, no entanto, outro ângulo da questão, de importância bem definida, que raras vêzes é referido e até mesmo costuma passar despercebido dos sanitaristas. Poderia ser denominado — a relatividade essencial do índice coliforme.

Provém esta relatividade de que, mesmo em condições ideais (como aquelas encontradas num curso d'água poluído por esgotos domésticos de uma comunidade), êsse índice nos diz simplesmente da maior ou menor poluição fecal do meio considerado, porém, nunca, de per si, da probabilidade de risco de saúde ligado à sua utilização. Êste risco dependerá, exclusivamente, do número de organismos patogênicos existentes nos esgotos poluidores, o que é função da incidência, na comunidade considerada, das infecções ocasionadas por êsses mesmos organismos.

Recebido para publicação em 25-7-1957.

° Trabalho realizado na Cadeira de Microbiologia e Imunologia Aplicadas (Prof. Lucas de Assumpção) da Faculdade de Higiene e Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Apresentado à sessão de 6-8-1956, do Departamento de Higiene e Medicina Tropical da Associação Paulista de Medicina.

* Assistente da Cadeira.

Em conseqüência, é claro que águas ou alimentos — verduras, por exemplo — de regiões diversas, embora poluídas igualmente por esgotos domiciliares e revelando igual freqüência de bactérias coliformes, podem oferecer riscos de saúde muito diferentes, ou, ainda, uma água com baixa densidade desses microrganismos pode, realmente, ser muito mais perigosa que outra com densidade muitas vezes maior.

Decorre daí que somente em áreas de incidência igual, ou não muito diversa, das infecções cujos agentes eliminam-se pelas fezes, pode o atual índice coliforme funcionar como base de comparação e julgamento. No caso contrário, índice igual adotado como padrão, somente virá oferecer um senso de segurança não verdadeiro à comunidade em pior situação sanitária.

É estranhável que tal aspecto do índice coliforme raramente seja mencionado, uma vez que está ligado de maneira íntima à sua razão máxima de ser, i.e., a relação entre o número de bactérias coliformes e o número de organismos patogênicos nos esgotos de comunidades. Esta relação, principalmente a razão *Salmonella typhosa* por milhão de coliformes, tem sido determinada através de várias investigações em diversas partes do mundo. E a evidência acumulada é toda a favor de que ambos os microrganismos, quando sob a influência dos mesmos fatores ambientes, sofrem reduções percentuais iguais, através do tempo. Projetando-se sobre o eixo das abscissas, as unidades do tempo, e sobre o das ordenadas, os logaritmos dos números de microrganismos, obtém-se para as salmonelas e para os coliformes duas retas descendentes e paralelas. Aliás, tal razão igual de diminuição deveria ser facilmente aceitável *a priori*, pois, não seria de esperar que muito, dos fatores naturais de purificação, pelo menos no caso das águas, fossem atuar diversamente sobre microrganismos que não diferem demasiadamente entre si, em relação a caracteres como condições ótimas de multiplicação, tamanho e motilidade, e outros.

Essa relação quantitativa, entre as bactérias coliformes e as patogênicas intestinais, foi estudada por Kehr e Butterfield⁵, em extensa discussão sobre os dados bacteriológicos obtidos através de várias investigações, entre as quais, a longa e excelente série de trabalhos dos London Metropolitan Water Board Laboratories, realizados anualmente, de 1931 a 1938. Tal discussão deixou bastante clara a estabilidade da razão *Salmonella typhosa*/coliformes em esgotos e em águas poluídas por esgotos, apresentando evidência de que se pode esperar a constância de tal razão, mesmo através de reduções bacterianas devidas a processos de purificação natural, aproximando-se de 99,9 por cento. Reafirmaram ainda, os autores mencionados, a relação existente entre o coeficiente de morbidade da febre tifóide e a concentração de *Salmonella typhosa* encontrada nos esgotos de uma comunidade — o que já havia sido observado por outros investigadores e que, naturalmente deveria ser esperado.

A conseqüência de tais fatos é de alcance bastante longo. Torna-se evidente que o valor do índice coliforme, sempre que a poluição puder ser atribuída, pelo menos em parte, a esgotos onde existam microrganismos patogê-

nicos, não pode de maneira alguma ser apresentada como de caráter unicamente potencial, como parece ocorrer comumente. As bactérias coliformes passam, nesses casos, a constituir verdadeira medida de contaminação e indicam, mesmo em densidades apenas moderadamente elevadas, a existência atual de um verdadeiro risco de saúde; pelo menos, a proporção delas proveniente de esgotos terá tal valor. É evidente que, para efeitos práticos, o mesmo se deverá dizer da poluição proveniente de esgotos domiciliares, dos quais não se conheça a frequência de organismos patogênicos, mas onde, dados o número dos seus contribuintes e a taxa de portadores de patogênicos intestinais da região, se deva admitir grande probabilidade da existência de organismos infecciosos. O índice coliforme teria valor apenas potencial somente nos outros casos.

Dois fatos de igual importância, suficientemente bem evidenciados, encontram-se, portanto, relacionados no problema: (a) a densidade de organismos coliformes — em circunstâncias determinadas, pelo menos — não mede unicamente a poluição fecal; é também medida atual da contaminação da mesma origem; (b) a intensidade da contaminação, entretanto, varia com a incidência das moléstias intestinais entre os indivíduos contribuintes da poluição. Daí a relatividade inerente, mencionada anteriormente, do valor das bactérias coliformes na estimativa da contaminação e a conseqüente não comparabilidade, em termos de risco de saúde, de índices determinados em regiões de diferente incidência de doenças cujos agentes etiológicos se eliminam pelas fezes.

Porém, este defeito do índice pode ser corrigido, em grande parte, se nele se puder introduzir, de maneira apropriada, a medida da incidência das infecções de importância no caso. Para não complicar desnecessariamente tal correção, em busca de uma perfeição impossível de ser obtida, seria necessário, no entanto, levar em consideração apenas a incidência de uma doença bem representativa do grupo epidemiológico, a qual, sem dúvida, parece ser a febre tifóide.

Adotados estes princípios, o problema torna-se fácil.

Para se corrigir, de maneira direta e precisa, o índice coliforme tendo em vista do risco de febre tifóide, necessita-se conhecer a razão *Salmonella typhosa*/coliformes nos esgotos da região onde o índice vai ser considerado — para adoção legal ou, simplesmente, para efeito de comparação de riscos em jogo — e a razão correspondente nos esgotos da região padrão — que poderia ser aquela onde o índice foi proposto. Evidentemente, se, para densidades iguais de bactérias coliformes, houver nos esgotos da região padrão, em média, metade do número de *Salmonella typhosa* existente nos esgotos de outra região qualquer, é óbvio que, para igualdade de grau de contaminação por bacilos da febre tifóide, ter-se-á de exigir, na última região, índice duas vezes menor que na primeira. A densidade limite de microrganismos coliformes deverá, portanto, variar na razão inversa da frequência relativa de bacilos da febre tifóide.

Nem sempre, porém, será fácil a determinação da relação média *Salmonella typhosa*/coliformes nos esgotos de regiões inteiras. E na própria região padrão poderá ser desconhecida tal relação. O estudo, já referido, realizado por Kehr e Butterfield⁵, fornece-nos, entretanto, o modo de contornar tal dificuldade, tornando desnecessárias tais determinações e permitindo-nos, embora de maneira simplesmente aproximada, correção indireta do índice coliforme pela medida da incidência de febre tifóide, como sugerido acima.

Aquêles autôres apresentam um gráfico relacionando a razão *Salmonella typhosa*/coliformes com os coeficientes de morbidade de febre tifóide em várias comunidades. Ambas as séries de valores são expressas em logaritmos e a relação entre as mesmas é representada por uma linha reta. Se essa relação fôsse tal que a um aumento de n vezes do coeficiente de morbidade correspondesse um aumento de também n vezes da razão *Salmonella typhosa*/coliformes, a correção do índice coliforme seria feita pela fórmula:

$$I_{cc} = I_{cp} \left(\frac{C_{mp}}{C_{mo}} \right)$$

onde: I_{cc} = índice coliforme corrigido;

I_{cp} = índice coliforme padrão;

C_{mp} = coeficiente de morbidade padrão, ou seja, coeficiente de morbidade de febre tifóide na área onde o índice padrão foi estabelecido;

C_{mo} = coeficiente de morbidade observado, i.e., coeficiente de morbidade de febre tifóide na região onde se vai considerar o padrão.

Entretanto, a medida da inclinação da reta no gráfico de Kehr e Butterfield, que exprime a diferença de logaritmos da razão *Salmonella typhosa*/coliformes que corresponderia a uma diferença de uma unidade entre os logaritmos dos coeficientes de morbidade, foi verificada ser aproximadamente 0,465. Esse valor, portanto, é o expoente que deve afetar a relação entre os coeficientes de morbidade na fórmula acima, de maneira que o índice coliforme corrigido, tomando-se em conta a relação empiricamente observada nas investigações referidas, poderá ser tomado como:

$$I_{cc} = I_{cp} \left(\frac{C_{mp}}{C_{mo}} \right)^{0,465}$$

Deve-se observar que tal correção não é, de maneira alguma, precisa, nem mesmo para o caso específico do risco de febre tifóide. Como referido pelos próprios autores do gráfico, a posição verdadeira da linha é desconhecida. Grande soma de investigações bacteriológicas seria ainda necessária, antes de

se poder medir precisamente a relação e é de se esperar que haja variações locais que deveriam ser determinadas. A proposição dêste índice corrigido tem os seguintes objetivos: (a) lembrar a relatividade essencial da densidade das bactérias coliformes na estimativa da contaminação — característica do índice freqüentemente esquecida, quando não ignorada; (b) permitir, dentro dos limites do conhecimento atual, a correção aproximada de tal defeito. Seria altamente compensador se a proposição de tal índice pudesse, secundariamente, vir a despertar novamente a atenção sôbre a necessidade de investigações numerosas para o estabelecimento, em bases mais sólidas, da linha representativa da relação desejada.

Como exemplo da aplicação dêste índice corrigido, pode-se tomar em consideração um dos últimos índices coliformes adotados como padrão legal no Estado de São Paulo — o de balneabilidade das águas de locais naturais de recreação. Foi estabelecida, em 1955³, a densidade média mensal de 1.000 coliformes por 100 ml como limite máximo tolerado em tais águas. É êste o padrão mais comum nos Estados Unidos da América do Norte. Embora haja estados norte-americanos que requeiram níveis mais baixos, há também casos de tolerância maior, como o da cidade de Nova Iorque, a qual, sob certas condições, aprova águas com médias não muito afastadas de 2.400⁴. O índice limite adotado no Estado de São Paulo chegou a ser criticado por demasiadamente exigente, argumentando-se com o atraso das condições de saneamento do meio em que vive grande parte de sua população e com o exemplo de padrões mais tolerantes de comunidades sanitariamente mais adiantadas, como Nova Iorque, por exemplo.

Entretanto, a suposta exigência exagerada do padrão de balneabilidade do Estado de São Paulo, existe unicamente na aparência. Realmente, o limite de 1.000 coliformes por 100 ml foi recomendado pela Associação Americana de Saúde Pública¹, em 1942, com o máximo tolerável, adotando, assim, os padrões sugeridos por Scott⁶, para Connecticut, um dos Estados da Nova Inglaterra. Esta região norte-americana apresentou, durante os anos de 1944 a 1950 inclusive, o total de 868 casos de febre tifóide*, ou seja, a média anual de 124. Com base nos dados dos censos de 1940 e 1950, calculando-se pelo método aritmético a população da Nova Inglaterra no ano médio de 1947, obtém-se 9.051.300**, donde se pode estabelecer o coeficiente de morbidade da febre tifóide desta região, no período considerado, como sendo de 1,37. Nos mesmos anos foram notificados 1892 casos de febres tifóide e paratífóides no município de São Paulo e 7830 casos da mesma natureza no interior do Estado***. Embora haja especificação do diagnóstico — clínico sômente, na quase totalidade — o número de casos de febres paratífóides é, proporcionalmente, demasiada-

* Publ. Hlth Rep. (Wash.) 60:330-341, 1945; 61:418-426, 1946; 62:400-408, 1947; 63:379-392, 1948; 64:802-806, 1949; 65:632-641, 1950; 66:673-684, 1951.

** United States population (Official census), 1880-1950, in *The World Almanack*, 1952, p. 397.

*** Dados fornecidos pela Secção de Epidemiologia e Profilaxia Gerais, do Departamento de Saúde do Estado de São Paulo.

mente elevado e não pode ser tomado como real, principalmente conhecendo-se a tendência existente de rotular-se como paratifóide todo caso benigno de febre tifóide e o fato epidemiológico comprovado da raridade das paratifóides nas zonas de baixo nível sanitário. Melhor será considerarem-se apenas 2 por cento do total como possíveis casos de febres paratifóides, baseando-se no que foi encontrado no Laboratório de Saúde Pública do Estado de São Paulo, de 1934 a 1943, onde para 3085 hemoculturas positivas para *S. typhosa*, verificaram-se apenas 57 para *S. schottmuelleri* e 12 para a *S. paratyphi*². Ter-se-á, desse modo, o total de 9527 casos de febre tifóide para todo o Estado, o que dá o número médio anual de 1361 casos durante o período mencionado. Relativamente a 8.365.300 habitantes, população do Estado no ano médio de 1947 *, esse número de casos corresponde ao coeficiente de morbidade de 16,27, valor talvez mínimo, em vista da notificação grandemente deficiente. Ainda assim, aplicando-se a fórmula proposta, ter-se-ia :

$$I_{cc} = 1000 \left(\frac{1,36}{16,27} \right)^{0,465} = 315$$

Portanto, para se ter, no Estado de São Paulo, proporção de riscos de saúde mais aproximada à da Nova Inglaterra — zona onde foi proposto pela primeira vez o padrão de balneabilidade de 1000 coliformes por 100 ml — isto é, para se ter, na realidade, padrão mais comparável àquele, dever-se-ia, dentro dos conhecimentos atuais, ter exigido o limite de apenas 300 coliformes por 100 ml. Através da mesma fórmula do índice coliforme corrigido, pode-se ver, também, que o padrão legal de 1.000 coliformes por 100 ml, adotado em São Paulo, equivaleria à densidade de 3.150 na Nova Inglaterra.

RESUMO

Estudos diversos evidenciaram a estabilidade da razão *Salmonella typhosa*/coliformes em esgotos ou águas poluídas por esgotos. Conseqüentemente, a densidade de bactérias coliformes, em muitos casos, constitui medida atual de contaminação e não apenas índice de poluição indicando contaminação potencial.

Entretanto, várias investigações demonstraram, como era de se esperar, a relação entre o coeficiente de morbidade de febre tifóide e a concentração de *S. typhosa* encontrada nos esgotos de uma comunidade. Decorre daí não serem comparáveis, como medida de contaminação, índices coliformes determinados em regiões com diferente incidência de doenças transmitidas pelas fezes.

A fim de corrigir este defeito do índice, pelo menos quanto à contaminação por bacilos da febre tifóide, doença que poderia ser tomada como representativa do grupo epidemiológico em questão, o A. propõe o emprêgo de um índice coliforme corrigido.

* Anuário estatístico do Brasil, 1948. Rio de Janeiro, Inst. Brasil. Geogr. Estatíst., 1949. p. 43.

Este índice pode ser representado pela fórmula:

$$I_{cc} = I_{cp} \left(\frac{C_{mp}}{C_{mo}} \right)^{0,465}$$

na qual: I_{cc} = índice coliforme corrigido; I_{cp} = índice coliforme padrão; C_{mp} = coeficiente de morbidade de febre tifóide na área onde o índice padrão foi estabelecido; C_{mo} = coeficiente de morbidade de febre tifóide observado na região para a qual se determina o índice. O expoente 0,465 é a medida da inclinação de uma reta estabelecida, em escala logarítmica, por Kehr e Butterfield⁵, a qual relaciona, para diferentes comunidades, a razão *Salmonella typhosa*/coliformes nos esgotos com o coeficiente de morbidade da febre tifóide.

SUMMARY

The stability of the rate *Salmonella typhosa*/coliforms in sewage polluted waters has been established by several studies. Consequently, the density of coliform bacteria is often an actual measure of contamination and not only an index of pollution indicating potential contamination.

However, as it would be expected, many investigations have shown a relation between the typhoid morbidity rate and the concentration of *S. typhosa* found in the sewage of a community. It follows that coliform densities determined in areas with a different incidence of diseases transmitted through feces are not comparable as measures of contamination.

In order to correct this shortcoming of the crude coliform density, the A. proposes the use of a corrected coliform index, which takes on account the morbidity rate of typhoid fever in the community. This disease might be taken as representative of the epidemiological group concerned. The corrected coliform index may be represented by the formula:

$$I_{cc} = I_{sc} \left(\frac{R_{sm}}{R_{om}} \right)^{0.465}$$

where: I_{cc} = corrected coliform index; I_{sc} = standard coliform index; R_{sm} = standard morbidity rate, i.e., the typhoid morbidity rate in the area where the standard index was established; R_{om} = typhoid morbidity rate observed in the area where the coliform index is being determined; 0.465 = slope of the regression line plotted by Kehr and Butterfield⁵ to relate, for different communities, the logarithms of the rate *Salmonella typhosa*/coliforms in the sewage and of the typhoid morbidity rate.

The proposed correction is considered as only a preliminary approximation, since the equation in which it should be based is not known with precision. Extensive bacteriological investigations would still be necessary to establish a more accurate relation.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Public Health Association: Recommended practice for design, equipment and operation of swimming pools and other bathing places. Official report, 1942.
2. Bier, O.: Bacteriologia e imunologia em suas aplicações à medicina e à higiene. 8.^a ed. São Paulo, Edições Melhoramentos, 1957. p. 458.
3. Decreto n. 24.806, de 25-7-1955: Regulamenta as leis ns. 2.182, de 23-7-1953 e 3.068, de 14-7-1955. (*in* Coleção de Leis e Decretos do Estado de S. Paulo, **65**:184-191, 3.^o trim. 1955).
4. Hopkins, E. S. & Elder, F. B.: The practice of sanitation. 2nd ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1951. p. 312.
5. Kehr, R. W. & Butterfield, C. T.: Notes on the relation between coliforms and enteric pathogens. Publ. Hlth Rep., **58**:589-607, 1943.
6. Scott, W. J.: Survey of Connecticut's shore bathing waters. Conn. Hlth Bull. **45**, n. 12 (*in* Prescott, S. C.; Winslow, C. E. A. & McCrady, M. H.: Water bacteriology. 6th ed. New York, John Wiley, 1947. p. 255).