

Saneamiento ambiental y mortalidad en niños menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica en Brasil

Jaime Gregorio Bellido,¹ Christovam Barcellos,¹
Flavia dos Santos Barbosa² y Francisco Inacio Bastos¹

Forma de citar

Bellido JG, Barcellos C, Barbosa FS, Bastos FI. Saneamiento ambiental y mortalidad en niños menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica en Brasil. Rev Panam Salud Publica. 2010;28(2): 114-20.

RESUMEN

Objetivo. Determinar y evaluar las asociaciones entre las variables que reflejan las condiciones del agua y el saneamiento ambiental y la mortalidad en niños menores de 5 años por un grupo de enfermedades de transmisión hídrica.

Métodos. Se realizó un estudio ecológico y exploratorio a partir de datos obtenidos del Censo Demográfico Nacional de 2000 y del Sistema Único de Salud para las 558 micro-regiones de Brasil. El modelo aplicó la técnica de regresión lineal múltiple y consideró como variable de respuesta la mortalidad por enfermedades de transmisión hídrica en menores de 5 años y, como variables explicativas, las condiciones del agua y el saneamiento y el nivel de escolaridad.

Resultados. Se observó una relación directa entre saneamiento inadecuado en la vivienda —incluidos desagües por canaletas y fosas rudimentarias, y disposición de la basura en terrenos baldíos o áreas públicas— y mortalidad en menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica. También se encontró una relación inversa entre el nivel de escolaridad y la mortalidad de esos menores por dichas causas.

Conclusiones. Los mayores riesgos para la salud derivados del saneamiento inapropiado se registraron en las micro-regiones con gran concentración de poblaciones que, además de su condición económica humilde, tenían bajo nivel de escolaridad. Se destacan, como determinantes de la mortalidad, las condiciones generales de saneamiento y también otros factores asociados a la calidad y la infraestructura de las viviendas. La cobertura de abastecimiento de agua —que en Brasil alcanza a 90% de los hogares— no se mostró por sí sola como factor importante en la reducción de la mortalidad estudiada.

Palabras clave

Enfermedades transmitidas por el agua; enfermedades transmisibles; infecciones bacterianas; mortalidad en la infancia; salud infantil; salud ambiental; saneamiento; Brasil.

¹ Fundação Oswaldo Cruz, Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, Departamento de Informação em Saúde, Manguinhos, Brasil. La correspondencia debe dirigirse a Jaime Gregorio Bellido, jbellido@icict.fiocruz.br

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Medicina Social, Departamento de Epidemiologia. Rio de Janeiro, Brasil.

La contaminación de las aguas y la falta de acceso a los sistemas de saneamiento están asociadas a altas prevalencias de enfermedades que, solamente en la población de niños menores de 5 años, ocasionan 1 635 200 muertes por año en todo el mundo (1). En el caso de Brasil, se estima que el acceso a fuentes de agua

potable de calidad, saneamiento e higiene permitirían evitar cerca de 15 000 muertes al año (2).

Las medidas tradicionales, como ampliar el abastecimiento de agua y mejorar las redes de desagüe, ya no son suficientes para garantizar la buena salud de la población. El proceso de urbanización y

el aumento de la densidad poblacional generan necesidades no únicamente de ampliación, sino también de perfeccionamiento de redes de servicio, tratamiento de desagües industriales y domésticos, recolección y disposición adecuadas de la basura, así como mejoría de las condiciones de vivienda e higiene. En suma, la integridad y la eficiencia de los sistemas de saneamiento dependen de la estructura y del funcionamiento efectivo de cada uno de estos componentes.

Desde un punto de vista metodológico, los modelos de evaluación de riesgos que solo consideran el acceso a los servicios no responden a las actuales necesidades en el ámbito del saneamiento. La compleja realidad actual, tanto de áreas urbanas como rurales, demanda la introducción de otros indicadores que permitan realizar un estudio más completo y certero de los problemas que afectan al saneamiento. De hecho, el análisis combinado de estos indicadores revela contextos particulares donde se presentan los problemas sanitarios y proporciona elementos para el establecimiento de políticas específicas, orientadas para cada grupo y región (3).

Factores como la contaminación del agua, por ejemplo, deben ser considerados no solo como un riesgo para la salud, sino también como consecuencia de procesos sociales y ambientales, configurando una cadena de eventos relacionados al saneamiento que pueden ser monitoreados a través de indicadores específicos (4).

Las enfermedades asociadas a las deficiencias de saneamiento están generalmente agrupadas según los mecanismos de transmisión. El presente estudio está enfocado en el grupo denominado "enfermedades de transmisión hídrica", que corresponde a los códigos A00-A09 de la 10ª Revisión de la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10), cuyos agentes patógenos son transmitidos principalmente por el agua (5-7). El propósito de este artículo es determinar y analizar las relaciones entre el saneamiento ambiental y la educación escolarizada, y las enfermedades transmitidas por el agua en Brasil. A diferencia de otros estudios del mismo tipo, este trabajo abarca todo el país, examinado según sus áreas geográficas (microregiones), e introduce la variable "nivel de escolaridad" por considerarla predictora de malas condiciones de higiene (3, 8).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las variables para la construcción del modelo de análisis de las relaciones entre saneamiento y salud fueron seleccionadas a partir de estudios anteriores sobre el tema, así como también de recomendaciones publicadas por la Organización Panamericana de la Salud (9-13). El conjunto de variables elegidas puede agruparse en seis ejes básicos: población residente, abastecimiento de agua, instalaciones sanitarias, recolección de basura, nivel de escolaridad y enfermedades relacionadas con el saneamiento. La variable "educación sanitaria", considerada de gran importancia en la literatura (7, 14), no fue introducida en el modelo propuesto debido a la ausencia de datos consistentes en el contexto brasileño. En su lugar se utilizó "nivel de escolaridad", como variable aproximada.

Fue necesario, asimismo, adoptar algunas opciones de agregación que facilitaron la construcción de la base de datos para elaborar el modelo conceptual y contribuyeron a su funcionalidad. A pesar de los avances en el sistema de salud de Brasil, todavía existen muchas desigualdades en el acceso a los servicios de salud y en la formación y distribución de los profesionales de la salud (15). En cuanto a la disponibilidad de datos, ya otros autores se han referido a la precariedad de los registros de morbilidad y mortalidad en los municipios que no poseen una adecuada cobertura de atención primaria de salud ni servicios hospitalarios suficientes. De hecho, los mejores registros sobre morbilidad se concentran en las ciudades que cuentan con servicios sanitarios suficientes para atender a sus poblaciones (16). Otra dificultad que se presenta en los municipios pequeños tiene que ver con el probable subregistro de defunciones por enfermedades de transmisión hídrica, del mismo modo que ocurre con otros tipos de enfermedades (17).

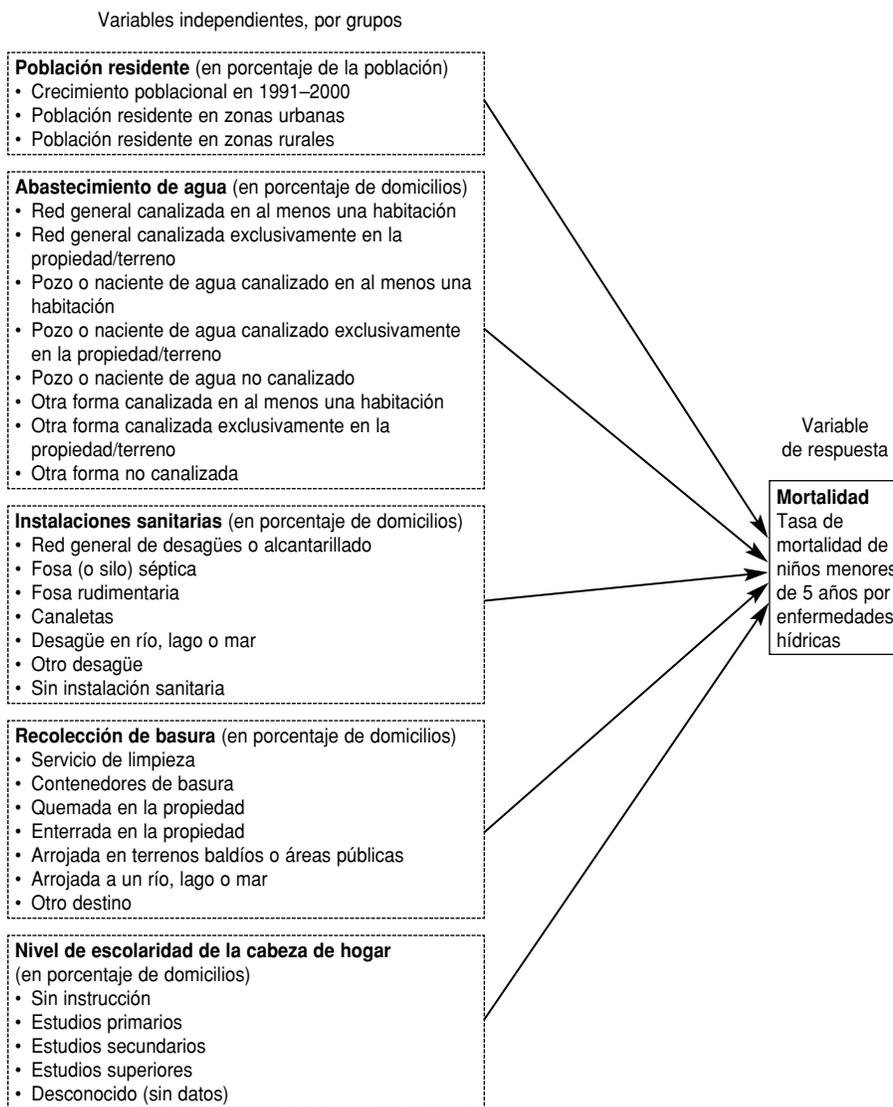
Entre las posibles explicaciones del problema de registros deficientes están la dificultad para diagnosticar la enfermedad de transmisión hídrica, su notificación errónea dentro de otro grupo de causas y su baja incidencia en algunos municipios, particularmente en razón de su reducida población (18). Brasil posee 5 507 municipios, y cerca de la mitad tienen menos de 10 000 habitantes. Y precisamente en estos municipios de población pequeña es donde todavía hay

graves problemas de acceso a los servicios de atención a la salud. Por otro lado, los indicadores producidos para unidades espaciales pequeñas poseen una gran inestabilidad, como consecuencia de los bajos valores esperados de eventos —de salud, en este caso.

Dada esta realidad, para el presente trabajo se decidió utilizar como unidad de estudio la micro-región, y no el municipio. Se entiende por micro-región el conjunto de municipios limítrofes formado por 10 municipios aproximadamente y, para su configuración, fue necesario considerar las relaciones sociales de los grupos locales y la cobertura de atención a su población por parte de los sectores sociales básicos y del comercio (19). En Brasil hay 558 micro-regiones, y cada una de ellas posee por lo menos una ciudad de mediano tamaño, es decir, de entre 100 000 y 500 000 habitantes (20). El diseño del estudio es ecológico y utiliza como unidades de análisis datos poblacionales agregados; siendo así, se utilizan como referencia áreas geográficas mayores a los municipios a fin de obtener datos más precisos de la atención en los servicios de salud, minimizando de este modo el impacto del registro impreciso resultante de la movilidad de la población a otros municipios vecinos en busca de atención.

Para el presente estudio se utilizaron datos obtenidos en el último censo nacional, realizado en 2000 (19), por ser los más completos y detallados, a pesar de no estar actualizados debido a la periodicidad del censo que se realiza aproximadamente cada 10 años. Esta falta de datos actualizados, principalmente los relacionados con las condiciones de saneamiento y el nivel de escolaridad, se constituyó en una limitación importante del análisis que hubo que afrontar. Además de los datos del censo nacional, se consultaron también informaciones provenientes de otras fuentes, como el Sistema Único de Salud Brasileño (SUS) y el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) (19, 21).

En la figura 1 se pueden observar las 30 variables (31 con la variable de respuesta) agrupadas en los cinco grupos siguientes: Población residente, Abastecimiento de agua, Instalaciones sanitarias, Recolección de basura y Nivel de escolaridad de la cabeza de hogar. Las variables pertenecientes a un mismo eje temático contienen datos complementarios y obedecen a una clasificación ba-

FIGURA 1. Variables utilizadas en el estudio sobre saneamiento y mortalidad en menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica, Brasil, 2009

Fuente: elaborado a partir de las referencias 9 a 14.

sada en diferentes puntos de corte. Por ejemplo, en el caso del grupo Instalaciones sanitarias, el porcentaje de domicilios que utilizan fosas sépticas disminuye a medida que aumenta el porcentaje de domicilios conectados a la red general de desagües. Por su parte, la tasa de mortalidad en menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica (variable de respuesta), fue calculada a partir del cociente entre el número de muertes de menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica en 2000 y la población menor de 5 años residente en la micro-región en el año 2000 por 10 000. Los datos sobre mortalidad fueron obtenidos del Sistema de Infor-

mación de Mortalidad Brasileño (SIM, DATASUS), donde las enfermedades de transmisión hídrica están codificadas según el CIE-10 como A00–A09 (enfermedades infecciosas). Este grupo comprende las siguientes categorías: (A00) Cólera; (A01) Fiebre tifoidea y paratifoidea; (A02) Otras infecciones debidas a Salmonella; (A03) Shigelosis; (A04) Otras infecciones intestinales bacterianas; (A05) Otras intoxicaciones bacterianas alimenticias; (A06) Amebiasis; (A07) Otras enfermedades intestinales debidas a protozoarios; (A08) Infecciones intestinales debidas a virus y otros organismos especificados; (A09) Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso (5).

Análisis estadístico

Con el fin de contrarrestar algunas limitaciones que podrían estar relacionadas a la calidad de los datos de la variable de respuesta (22), se realizó una depuración por unidades espaciales, adoptándose la clasificación propuesta para los países de América Latina (23), donde la información por causa de muerte definida es considerada satisfactoria si la proporción de muertes mal definidas es menor al 25% del total notificado. Con base en este criterio, se consideraron satisfactorios los datos de 446 micro-regiones.

Como se puede observar en la figura 1, la variable "Tasa de mortalidad de menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica" se constituyó en la variable de respuesta del análisis, en tanto que las demás funcionaron como covariables potencialmente explicativas. La medición de las asociaciones entre la mortalidad por enfermedades de transmisión hídrica y las demás variables se hizo utilizando el modelo de regresión lineal múltiple (RLM), que analiza el efecto conjunto de dos o más variables explicativas sobre la variable de respuesta (24). Dado que la variable de respuesta mostró una distribución asimétrica, se procedió a normalizarla mediante transformación logarítmica.

Una vez elaborada la base de datos, se calculó la matriz de correlación lineal de Pearson® entre los pares de variables independientes, con el objetivo de excluir las variables colineales con correlaciones iguales o mayores que 0,80, es decir, consideradas fuertes (25, 26) (cuadro 1). Se descartaron seis variables independientes cuya correlación sugería colinealidad: Población residente en zonas urbanas; Población residente en zonas rurales; Abastecimiento de agua de pozo o naciente de agua no canalizado; Instalaciones sanitarias/sin instalación; Recolección de basura por un servicio de limpieza y Nivel de escolaridad de la cabeza de hogar/sin instrucción. Por su parte, las otras 24 variables fueron introducidas en el modelo de RLM para identificar aquellas asociadas a la variable de respuesta, utilizando el método Backward. El propósito fue excluir variables con asociaciones no significativas ($P \geq 0,05$), en busca de un modelo más parsimonioso. La evaluación de colinealidad fue realizada haciendo uso del factor de inflación de la varianza (FIV),

CUADRO 1. Matriz de correlación de las 30 variables independientes utilizadas en el estudio sobre saneamiento y mortalidad en menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica, Brasil, 2009

		Variables																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1,0	0,3	-0,3	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	-0,1	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,2	0,0	-0,2	-0,1	-0,1	0,1	-0,1	-0,2	-0,4	0,4	0,2	0,2
2	0,3	1,0	-1,0	0,7	-0,3	-0,2	-0,4	-0,6	-0,1	-0,3	-0,5	0,6	0,1	-0,4	-0,2	0,0	-0,3	-0,6	0,9	-0,2	-0,7	-0,4	-0,6	-0,1	-0,4	-0,6	-0,4	0,8	0,7	-0,1
3	-0,3	-1,0	1,0	-0,7	0,3	0,2	0,4	0,6	0,1	0,3	0,5	-0,6	-0,1	0,4	0,2	0,0	0,3	0,6	-0,9	0,2	0,7	0,4	0,6	0,1	0,4	0,6	0,4	-0,8	-0,7	0,1
4	0,0	0,7	-0,7	1,0	-0,5	-0,2	-0,6	-0,8	-0,1	-0,4	-0,6	0,7	0,0	-0,4	-0,1	0,0	-0,3	-0,7	0,9	-0,3	-0,7	-0,3	-0,6	-0,3	-0,3	-0,7	-0,1	0,6	0,7	-0,1
5	0,0	-0,3	0,3	-0,5	1,0	-0,4	0,2	0,4	-0,2	0,4	0,4	-0,5	0,0	0,2	-0,2	-0,1	0,1	0,6	-0,5	0,1	0,4	0,1	0,4	0,3	0,3	0,6	-0,3	-0,4	-0,5	-0,1
6	-0,1	-0,2	0,2	-0,2	-0,4	1,0	0,4	-0,1	0,3	-0,2	-0,5	-0,1	0,2	0,2	0,4	0,3	0,1	-0,4	0,0	-0,1	0,3	0,3	-0,4	-0,1	-0,2	-0,4	0,5	0,1	-0,1	0,1
7	0,0	-0,4	0,4	-0,6	0,2	0,4	1,0	0,5	0,0	0,3	-0,1	-0,4	-0,1	0,4	0,1	0,1	0,2	0,2	-0,4	0,0	0,7	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	-0,2	-0,4	0,1
8	0,1	-0,6	0,6	-0,8	0,4	-0,1	0,5	1,0	-0,1	0,2	0,4	-0,6	0,0	0,3	-0,1	-0,2	0,2	0,7	-0,7	0,2	0,6	0,2	0,6	0,1	0,3	0,6	-0,1	-0,5	-0,6	0,2
9	-0,1	-0,1	0,1	-0,1	-0,2	0,3	0,0	-0,1	1,0	0,2	-0,1	-0,1	0,2	0,0	0,3	0,2	0,1	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	-0,1	0,0	0,0	-0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
10	0,0	-0,3	0,3	-0,4	0,4	-0,2	0,3	0,2	0,2	1,0	0,4	-0,3	-0,1	0,2	-0,1	-0,1	0,1	0,4	-0,4	0,2	0,3	0,1	0,4	0,1	0,2	0,4	-0,1	-0,3	-0,3	0,0
11	0,0	-0,5	0,5	-0,6	0,4	-0,5	-0,1	0,4	-0,1	0,4	1,0	-0,4	-0,1	0,1	-0,1	-0,1	0,2	0,7	-0,7	0,4	0,2	0,0	0,7	0,4	0,5	0,8	-0,3	-0,7	-0,5	0,0
12	0,0	0,6	-0,6	0,7	-0,5	-0,1	-0,4	-0,6	-0,1	-0,3	-0,4	1,0	-0,3	-0,7	-0,1	0,2	-0,3	-0,5	0,7	-0,2	-0,6	-0,4	-0,5	-0,1	-0,3	-0,5	0,0	0,4	0,6	-0,2
13	0,2	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,2	-0,1	0,0	0,2	-0,1	-0,1	-0,3	1,0	-0,2	0,2	-0,1	0,0	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	-0,1	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,3	0,1	0,2
14	-0,1	-0,4	0,4	-0,4	0,2	0,2	0,4	0,3	0,0	0,2	0,1	-0,7	-0,2	1,0	-0,2	-0,3	0,2	0,1	-0,3	-0,1	0,4	0,5	0,2	0,0	0,3	0,0	-0,2	-0,4	0,2	
15	-0,1	-0,2	0,2	-0,1	-0,2	0,4	0,1	-0,1	0,3	-0,1	0,1	-0,1	0,2	-0,2	1,0	0,4	0,3	-0,2	-0,1	0,2	0,2	0,0	-0,1	0,1	-0,1	-0,2	0,2	0,1	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,3	0,1	-0,2	0,2	-0,1	-0,1	0,2	-0,1	-0,3	0,4	1,0	0,3	-0,2	0,0	0,2	0,1	-0,1	-0,1	0,4	-0,1	-0,1	0,2	0,0	0,0	-0,1
17	-0,1	-0,3	0,3	-0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	-0,3	0,0	0,2	0,3	0,3	1,0	0,1	-0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	-0,1	-0,3	0,0
18	-0,1	-0,6	0,6	-0,7	0,6	-0,4	0,2	0,7	-0,1	0,4	0,7	-0,5	-0,1	0,1	-0,2	-0,2	0,1	1,0	-0,8	0,3	0,4	0,0	0,9	0,1	0,6	0,9	-0,2	-0,7	-0,6	0,0
19	0,2	0,9	-0,9	0,9	-0,5	0,0	-0,4	-0,7	0,0	-0,4	-0,7	0,7	0,1	-0,3	-0,1	0,0	-0,3	-0,8	1,0	-0,5	-0,7	-0,3	-0,7	-0,3	-0,5	-0,7	-0,1	0,8	0,7	-0,1
20	0,0	-0,2	0,2	-0,3	0,1	-0,1	0,0	0,2	0,1	0,2	0,4	-0,2	0,0	-0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	-0,5	1,0	0,0	-0,2	0,4	0,2	0,2	0,4	-0,1	-0,3	-0,2	0,0
21	-0,2	-0,7	0,7	-0,7	0,4	0,3	0,7	0,6	0,1	0,3	0,2	-0,6	0,0	0,4	0,2	0,1	0,3	0,4	-0,7	0,0	1,0	0,5	0,2	0,1	0,2	0,4	0,4	-0,5	-0,7	0,1
22	-0,1	-0,4	0,4	-0,3	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	-0,4	0,1	0,5	0,0	-0,1	0,1	0,0	-0,3	-0,2	0,5	1,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	-0,1	-0,2	0,2
23	-0,1	-0,6	0,6	-0,6	0,4	-0,4	0,1	0,6	-0,1	0,4	0,7	-0,5	-0,1	0,2	-0,1	-0,1	0,1	0,9	-0,7	0,4	0,2	-0,1	1,0	0,1	0,3	0,9	-0,2	-0,7	-0,6	0,0
24	0,1	-0,1	0,1	-0,3	0,3	-0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,4	-0,1	0,0	0,0	0,1	0,4	0,5	0,1	-0,3	0,2	0,1	0,0	0,1	1,0	0,1	0,2	-0,1	-0,1	-0,2	0,0
25	-0,1	-0,4	0,4	-0,3	0,3	-0,2	0,0	0,3	0,0	0,2	0,5	-0,3	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,1	0,6	-0,5	0,2	0,2	0,0	0,3	0,1	1,0	0,4	0,0	-0,4	-0,3	0,0
26	-0,2	-0,6	0,6	-0,7	0,6	-0,4	0,2	0,6	-0,2	0,4	0,8	-0,5	-0,2	0,3	-0,2	-0,1	0,1	0,9	-0,7	0,4	0,4	0,0	0,9	0,2	0,4	1,0	-0,2	-0,8	-0,7	0,0
27	-0,4	-0,4	0,4	-0,1	-0,3	0,5	0,2	-0,1	0,2	-0,1	-0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	-0,2	-0,1	0,1	0,4	0,4	-0,2	1,0	0,0	-0,2	1,0	-0,3	-0,3	0,1
28	0,4	0,8	-0,8	0,6	-0,4	0,1	-0,2	-0,5	0,0	-0,3	-0,7	0,4	0,3	-0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,7	0,8	-0,3	-0,5	-0,1	-0,7	-0,1	-0,4	-0,8	-0,3	1,0	0,7	0,0
29	0,2	0,7	-0,7	0,7	-0,5	-0,1	-0,4	-0,6	0,0	-0,3	-0,5	0,6	0,1	-0,4	0,0	0,0	-0,3	-0,6	0,7	-0,2	-0,7	-0,2	-0,6	-0,2	-0,3	-0,7	-0,3	0,7	1,0	-0,1
30	0,2	-0,1	0,1	-0,1	-0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	-0,2	0,2	0,2	0,0	-0,1	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	-0,1	1,0

Fuente: elaboración de los autores a partir de la base de datos diseñada.
Nota: los valores en **negrita** corresponden a correlaciones mayores o iguales a 0,8. Las variables están presentadas de acuerdo a su respectiva numeración en la matriz: 1) crecimiento poblacional en 1991-2000; 2) población residente en zonas urbanas; 3) población residente en zonas rurales; 4) red general canalizada en al menos una habitación; 5) red general canalizada exclusivamente en la propiedad/terreno; 6) pozo o naciente de agua canalizado en al menos una habitación; 7) pozo o naciente de agua canalizado exclusivamente en la propiedad/terreno; 8) pozo o naciente de agua no canalizado; 9) otra forma canalizada en al menos una habitación; 10) otra forma canalizada exclusivamente en la propiedad/terreno; 11) otra forma no canalizada; 12) red general de desagües o alcantarillado; 13) fosa (o silo) séptica; 14) fosa rudimentaria; 15) canaletas; 16) desagüe en río, lago o mar; 17) otro desagüe; 18) sin instalación sanitaria; 19) basura recolectada por servicio de limpieza; 20) basura recolectada en contenedores; 21) basura quemada en la propiedad; 22) basura enterrada en la propiedad; 23) basura arrojada en terrenos baldíos o áreas públicas; 24) basura arrojada al río, lago o mar; 25) basura con otro destino; 26) cabeza de hogar sin instrucción escolar; 27) cabeza de hogar con estudios primarios; 28) cabeza de hogar con estudios secundarios; 29) cabeza de hogar con estudios superiores; 30) cabeza de hogar con escolaridad desconocida.

donde valores inferiores a 10 indican que no hay problemas de colinealidad (27). El análisis de los datos se llevó a cabo con el software estadístico SPSS 14.0 (28).

RESULTADOS

El modelo mostró una correlación de media a buena entre la variable de respuesta y las demás variables (R = 0,61) y un R² de 0,37, lo que significa que 37% de la variabilidad de la variable dependiente puede ser explicada por el conjunto de las cinco variables finales del modelo. Como se puede ver en el cuadro 2, los valores de colinealidad (usando el FIV) de las variables resultantes no indican problemas de correlación.

El cuadro 2 muestra los valores de los coeficientes estandarizados de regresión (Beta) asociados a las variables resultantes del modelo de RLM. Se puede

observar que las variables que influyen positivamente en el valor de “Tasa de mortalidad de menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica” son: “Recolección de basura/arrojada en terrenos baldíos o áreas públicas” la que, con el mayor coeficiente positivo (0,405), es la que más influye sobre la variable de respuesta; “Instalaciones sanitarias/fosa rudimentaria”, con un coeficiente de 0,231; “Instalaciones sanitarias/canaletas”, con uno de 0,106, y “Población residente/crecimiento poblacional en 1991-2000”, con un coeficiente de 0,101.

Este cuadro también revela que la variable “Nivel de escolaridad de la cabeza de hogar/estudios secundarios” se relaciona de modo negativo con la variable de respuesta, con un coeficiente estandarizado de regresión de -0,167. En Brasil, este “Nivel de escolaridad/estudios secundarios”, referido a la cabeza de

hogar, está presente en 30% de los domicilios, superando ampliamente al “Nivel de escolaridad/estudios superiores”, presente en apenas 4,5% de los hogares, no incluido por consiguiente en las variables resultantes en este caso (19).

DISCUSIÓN

El modelo de RLM permitió explorar la magnitud y la dirección de las asociaciones de las variables analizadas con relación a la mortalidad por las enfermedades de transmisión hídrica. Los resultados muestran una relación lineal entre la variable de respuesta y las covariables que integran los siguientes ejes: población residente, abastecimiento de agua, instalación sanitaria, recolección de basura y nivel de escolaridad —considerando que, como se dijo, este último grupo de variables fue utilizado como proxy de educa-

CUADRO 2. Modelo de regresión lineal múltiple para tasa de mortalidad en menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica, ajustada según condiciones de saneamiento e indicadores socioeconómicos, Brasil, 2009

Variable	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			IC95% ^a para β		Estadísticas de colinealidad	
	β	Error estándar	β	T	P			Tolerancia	FIV ^b
(Constante)	0,390	0,233		1,676	0,095	-0,068	0,848		
Población residente. Crecimiento poblacional, 1991–2000	0,008	0,004	0,101	2,107	0,036	0,001	0,016	0,762	1,312
Instalaciones sanitarias. Fosa rudimentaria	0,008	0,001	0,231	5,254	0,000	0,005	0,010	0,901	1,110
Instalaciones sanitarias. Canaletas	0,034	0,014	0,106	2,459	0,014	0,007	0,061	0,944	1,059
Recolección de basura. Arrojada en terrenos baldíos o áreas públicas	0,027	0,005	0,405	5,929	0,000	0,018	0,036	0,372	2,685
Nivel de escolaridad de la cabeza de hogar. Estudios secundarios	-0,013	0,006	-0,167	-2,211	0,028	-0,025	-0,001	0,307	3,259

Fuente: Elaborado a partir de la base de datos construida, utilizando el SPSS 14.

Nota: mediante ANOVA, la prueba de Fisher arrojó una significación $P = 0,0001$ para el modelo.

^a IC95% = intervalo de confianza de 95%.

^b FIV = factor de inflación de la varianza.

ción sanitaria. Los hallazgos obtenidos sobre la relación entre las condiciones ambientales de saneamiento y las enfermedades de transmisión hídrica en las micro-regiones del país coinciden con los de otros estudios (4, 7, 14, 29).

Los factores que más contribuyeron a elevar la tasa de mortalidad estudiada fueron “Instalaciones sanitarias/canaletas” y “Recolección de basura/arrojada en terrenos baldíos o áreas públicas”, mientras que “Nivel de escolaridad/estudios secundarios” se asoció a una reducción de dicha tasa. Las canaletas y fosas rudimentarias son instalaciones sanitarias inadecuadas, como también lo son las prácticas de arrojar la basura en terrenos baldíos o áreas públicas, ambas asociadas a diferentes epidemias y a falta de educación sanitaria (30–32). En el caso de las micro-regiones brasileñas, el uso de esas prácticas está estrechamente relacionado con la mortalidad de menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica.

Para el modelo de RLM se eligió una variable de cada grupo de variables, las mismas que se presentan en la figura 1 —con excepción de las del grupo “Abastecimiento de agua”, normalmente indicadas como variables relevantes en estudios relacionados al saneamiento. Esta situación se explica por el estado del saneamiento en Brasil en 2000. Según datos del IBGE (19), la cobertura de viviendas conectadas a la red de agua, con o sin instalación interna, era cercana a 90%, en tanto que solamente 40,4% de los hogares contaban con instalaciones sanitarias adecuadas. Asimismo, en 61,9% de los hogares la basura era recolectada por un servicio de limpieza. Estas cifras indican

que el abastecimiento de agua ya no constituye más una variable que permita discriminar regiones, además de tener una cobertura superior a la de las instalaciones sanitarias y la recolección de basura por servicios de limpieza, que presentan un considerable desfase.

Investigaciones recientes en Brasil llegaron a resultados similares a los encontrados en el presente trabajo. Una de ellas, que analizó la relación entre saneamiento y mortalidad por enfermedades diarreicas en menores de 5 años, también observó asociaciones relevantes entre dicha mortalidad y la falta de instalaciones sanitarias y la pobreza (33). Otros estudios de tipo caso-control y transversal, realizados en ciudades brasileñas, hallaron relaciones importantes entre los casos de diarrea en menores de 5 años y las instalaciones sanitarias, la recolección de basura, la educación sanitaria y el nivel de escolaridad de los responsables del hogar (34, 35). Los efectos nocivos provocados por desechos sólidos como la basura pueden extenderse a la población por medio de la contaminación de aguas, tanto superficiales como subterráneas (36).

También arribaron a resultados similares varios estudios sobre el tema realizados en otros países de América Latina y del mundo. Uno, en Bolivia, asoció el acceso al abastecimiento de agua y a instalaciones sanitarias con la reducción de las tasas de mortalidad en menores de 5 años por enfermedades diarreicas (37). En Ecuador, un estudio comparativo con Perú confirmó que la falta de agua potable entraña un alto riesgo de contraer enfermedades infecciosas y parasitarias, en tanto que la inexistencia de instalaciones

sanitarias constituye un caldo de cultivo para epidemias que, junto con la disposición inadecuada de la basura, completan un marco de dificultades con serias consecuencias para la salud, principalmente patologías gastrointestinales (38). Una reciente revisión sistemática de estudios sobre el tema corroboró que la mejora del abastecimiento de agua, el saneamiento y la higiene disminuye la prevalencia de enfermedades diarreicas, aunque en diferentes grados, según el contexto y las técnicas empleadas en cada estudio (39).

Los resultados basados en agregados territoriales de datos disminuyen su potencial explicativo en contextos espaciales de elevada heterogeneidad, particularmente en áreas y poblaciones grandes. Las estadísticas de salud y población suelen estar clasificadas según territorios administrativos, como los estados en Brasil y México, las provincias en Argentina o los departamentos en Colombia. Tal fragmentación del territorio latinoamericano se ha desarrollado sobre las huellas de una compleja historia de ocupación humana y un substrato de elevada diversidad ambiental y sociocultural (40).

La metodología utilizada en el presente estudio, especialmente el agrupamiento en micro-regiones, permite sobrepasar los problemas de falta de cobertura en salud de algunos municipios, con consecuencias tales como la calidad de sus datos. La utilización de unidades espaciales más grandes que los municipios, donde puedan distinguirse las diferentes situaciones socio-ambientales del país, es todavía un reto para los estudios espaciales de salud (41). El creciente uso de los sistemas de informa-

ción geográfica, en virtud de los cuales los mapas digitales son asociados a tablas de atributos, posibilita el cálculo de indicadores para agregados territoriales no coincidentes con las unidades administrativas, por medio de agregación o superposición de capas de diferentes unidades espaciales. En tal sentido tanto las micro-regiones en Brasil, como las subregiones en México y Venezuela, son unidades subnacionales que permiten el análisis de situaciones de salud por poseer relativa homogeneidad interna y una población mínima que optimiza su uso en análisis estadísticos de indicadores epidemiológicos.

Una cuestión de relevancia subyacente al presente estudio es dónde establecer el punto de corte en el cálculo de los indicadores socioeconómicos. El nivel de escolaridad de una población en general se mide utilizando percentiles de la población con escolaridad mayor que un determinado nivel, considerado como aceptable. En el caso del saneamiento, sin embargo, no existen niveles consensualmente aceptados para que la población pueda considerarse protegida.

Adicionalmente, en muchos municipios de Brasil las bases de datos sobre mortalidad registran coberturas insatisfactorias, limitación que en el presente estudio fue encarada usando las micro-regiones como unidades de agregación. También se observaron imprecisiones relacionadas con las causas de muerte descritas en las partidas de defunción, las cuales llevaron a utilizar un criterio de

clasificación de estos datos que minimiza —aunque no elimina— las probables imprecisiones. Finalmente, como se dijo, otra limitación para este estudio radicó en el desfase resultante de la falta de datos más actualizados.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos muestran que los mayores riesgos para la salud derivados del saneamiento inapropiado se registraron en aquellas micro-regiones con gran concentración de poblaciones que, además de su condición económica humilde, tenían bajos niveles de escolaridad. En razón de que el presente es un estudio ecológico, es decir que basa su análisis en datos agregados, tal hallazgo no significa necesariamente que los individuos que integran estos grupos poblacionales corran mayor riesgo de enfermarse, sino más bien que las micro-regiones que poseen mayor proporción de población pobre y poca educación están expuestas a mayores riesgos.

Entre las variables directamente vinculadas al saneamiento, la utilización de fosas rudimentarias y canaletas y la falta de recolección de basura, habitualmente asociadas al rápido crecimiento poblacional, indican que la calidad y la infraestructura de la vivienda, además de la oferta de servicios, pueden constituir importantes determinantes de la mortalidad por enfermedades de transmisión hídrica. Tales prácticas antihigiénicas pueden poner en riesgo no solo a estos hogares

sino también a la comunidad, toda vez que contribuyen a diseminar agentes infecciosos a los hogares vecinos. Este patrón colectivo de riesgos justifica el uso de modelos ecológicos de análisis de datos de saneamiento y salud (7), cuyos resultados ayudan a identificar las áreas más críticas (micro-regiones) y los factores que deben ser objeto prioritario de intervenciones de saneamiento o educación (7).

El nivel de escolaridad parece constituir una aproximación aceptable de medida de la educación sanitaria, por lo que su utilización, en caso necesario, resulta consistente en el contexto de las diversas localidades brasileñas para las cuales no hay registros disponibles.

Por último, vale mencionar que el modelo elaborado para el presente estudio, idóneo para explorar el saneamiento y la mortalidad en Brasil a nivel de sus micro-regiones, también podría servir de base para análisis de mayor complejidad. Con datos más actualizados, por ejemplo, se podrían obtener resultados más precisos para simular los valores de la variable “mortalidad por enfermedades de transmisión hídrica”, en función de los cambios en las condiciones ambientales y sociales representadas por los valores de las variables explicativas, y así facilitar la elaboración de escenarios asociados a diferentes posibles intervenciones. De esta forma se podría contribuir a diseñar una herramienta para el establecimiento de políticas de cuidados de salud más apropiadas y efectivas relacionadas al saneamiento ambiental.

REFERENCIAS

1. Prüss-Üstün A, Bonjour S, Corvalán C. The impact of the environment on health by country: a meta-synthesis. *Environmental Health*. 2008;7:7.
2. World Health Organization (WHO). Environmental burden of disease: Country profiles. Hallado en: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/countryprofiles/en/index.html. Acceso el 18 de julio de 2010.
3. Andreazzi M, Barcellos C, Hacon S. Old indicators for new problems: the relationship between sanitation and health. *Rev Panam Salud Publica*. 2007;22(3):211–7.
4. Ezziati M, Utzinger J, Cairncross S, Cohen AJ, Singer BH. Environmental risks in the developing world: exposure indicators for evaluating interventions, programmes, and policies. *J Epidemiol Community Health*. 2005;59:15–22.
5. Departamento de Informática do SUS (DATASUS), Brasil. CID-10—Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde. Hallado en: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/sih/mxcd10lm.htm>. Acceso el 20 de agosto de 2010.
6. Barcellos C, Magalhães MMAF, Gracie RSG, Magalhães MM, Santos PD, Pereira S, et al. Desenvolvimento de Indicadores para um sistema de gerenciamento de informações sobre saneamento, água e agravos à saúde relacionados. Laboratório de Geoprocessamento (LabGeo), Laboratório de Informação em Saúde (DIS), Instituto de Comunicação Informação Científica e Tecnológica (ICICT). Hallado en: http://www.tratabrasil.org.br/novo_site/cms/templates/trata_brasil/utl/pdf/Agua.pdf. Acceso el 20 de agosto de 2010.
7. Heller L. Saneamento e Saúde. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde; 1997.
8. Hatt LE, Waters HR. Determinants of child morbidity in Latin America: A pooled analysis of interactions between parental education and economic status. *Soc Sci Med*. 2006;62(2):375–86.
9. Torres JF, Rodríguez CFM, Curbelo GT, Bacallao JL, Rodríguez BS. Água e saneamento: relação com a mortalidade por enfermidades diarreicas agudas. *Revista BIO: revista brasileira de saneamento e medio-ambiente*. 1989;3(1):46–51.
10. Borja PC, Moraes LRS. Sistema de indicadores de saúde ambiental — saneamento em políticas públicas. *Bahia Análise & Dados*. 2001;10:229–44.
11. Lee EJ, Schwab KJ. Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. *J Water Health*. 2005;3(2):109–27.
12. Rosemarin A. Sustainable sanitation and water in small urban centres. *Water Sci Technol*. 2005;51(8):109–18.
13. Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). Água e Saúde. Relatório 2001. Hallado en: <http://www.opas.org.br/sistema/fotos/agua.pdf>. Acceso el 18 de julio de 2010.
14. Soares SR, Bernardes RS, Cordeiro Netto O. Relações entre Saneamento, Saúde Pública e Meio Ambiente: Elemento para Formulação

- de um Modelo de Planejamento em Saneamento. Cad Saude Publica. 2002;18:1713-24.
15. Penna G, Pinto LF, Soranz D, Glatt R. High incidence of diseases endemic to the Amazon region of Brazil, 2001-2006. *Emerg Infect Dis.* 2009;15(4):626-32.
 16. Carvajal SR, Brachowicz MH, Bellido JG, Neves C. A Multivariate Analysis of Fecal-Oral Diseases in Rio de Janeiro. En: Oliveira MJF of Eurogroup on Operational Research Applied to Health Services. Accessibility and Quality of Health Services. Frankfurt: Springer Verlag; 2004. Pp. 111-21.
 17. Bertoni N, Hacker MA, Gracie R, Bastos FI. Mortalidade geral e por causas selecionadas em municípios costeiros do nordeste e sudeste brasileiro. En: Christovam Barcellos, ed. A geografia e o contexto dos problemas de saúde. Rio de Janeiro: Abrasco; 2008. Pp. 343-61.
 18. Costa SS, Heller L, Brandao CCS, Colosimo EA. Indicadores epidemiológicos aplicáveis a estudos sobre a associação entre saneamento e saúde de base municipal. *Eng Sanit Ambient.* 2005;10(2):118-27.
 19. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censos Demográficos, Agregados por setores censitários dos resultados de universo, ano 2000. Hallado en: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2000.shtm. Acceso el 18 de julio de 2010.
 20. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Demográfico 2000: Características da População e dos Domicílios: Resultados do universo. Hallado en: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default.shtm>. Acceso el 18 de julio de 2010.
 21. Departamento de Informática do SUS (DATASUS), Brasil. Informações em Saúde. Hallado en: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>. Acceso el 20 de agosto de 2010.
 22. Rede Interagencial de Informação para a Saúde (RIPSA). Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações/Ripsa. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde; 2002.
 23. Chackiel J. La investigación sobre causas de muerte en América Latina. *Notas de Población.* 1987;44:9-30.
 24. Kutner MH, Neter J, Nachtsheim CJ, Li W. *Applied linear statistical models.* 5.ª ed. Boston: McGraw-Hill/Irwin; 2004.
 25. Essex-Sorlie D. *Medical Biostatistics & Epidemiology: Examination & Board Review.* International edition: McGraw-Hill/Appleton & Lange; 1995.
 26. Lehman A, O'Rourke N, Hatcher L, Stepanski E. *JMP for Basic Univariate and Multivariate Statistics: A Step-by-Step Guide.* Cary, NC: SAS; 2005.
 27. Hair JF, Tatham RL, Anderson RE, Black W. *Multivariate Data Analysis.* New Jersey: Prentice Hall; 1998.
 28. SPSS. *SPSS Base 9.0 For Windows User's Guide.* Chicago: SPSS; 1996.
 29. Mara DD, Feachem RGA. Water- and excreta-related diseases: Unitary environmental classification. *J Environ Eng.* 1999;125:334-9.
 30. Observatório das Metrôpoles, Brasil. Índice de Carência na Oferta de Serviços Essenciais à Habitação (ICH). Hallado en: <http://www.observatoriodasmetropoles.ufrj.br/metro/data/ich/index.html#intro>. Acceso el 18 de julio de 2010.
 31. Teixeira CC. Interrompendo rotas, higienizando pessoas: técnicas sanitárias e seres humanos na ação de guardas e visitadoras sanitárias. *Cien Saude Colet.* 2008;13(3):965-74
 32. Barreto ML, Genser B, Strina A, Teixeira MG, Assis AM, Rego RF, et al. Effect of city-wide sanitation programme on reduction in rate of childhood diarrhoea in northeast Brazil: assessment by two cohort studies. *Lancet.* 2007; 370(9599):1622-8.
 33. Teixeira JC, Guilhermino RL. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a saúde 2003-IDB 2003. *Eng. Sanit. Ambient.* 2006;11(3):277-82.
 34. Heller L, Colosimo EA, Antunes CMF. Environmental sanitation conditions and health impact: a case-control study. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2003;36(1):41-50.
 35. Teixeira JC, Heller L. Fatores ambientais associados à diarreia infantil em áreas de assentamento subnormal em Juiz de Fora, Minas Gerais. *Rev. Bras. Saude Mater. Infant.* 2005;5(4): 449-55.
 36. Nascimento TC, Januzzi WA, Leonel M, Silva VL, Diniz CG. Ocorrência de bactérias clinicamente relevantes nos resíduos de serviços de saúde em um aterro sanitário brasileiro e perfil de susceptibilidade a antimicrobianos. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2009;42(4):415-9.
 37. Mulreany JP, Calikoglu S, Ruiz S, Sapsin JW. Water privatization and public health in Latin America. *Rev Panam Salud Publica.* 2006; 19(1):23-32.
 38. Harari R, Harari H. Children's environment and health in Latin America: the Ecuadorian case. *Ann N Y Acad Sci.* 2006;1076:660-77.
 39. Cairncross S, Hunt C, Boisson S, Bostoen K, Curtis V, Fung IC, et al. Water, sanitation and hygiene for the prevention of diarrhea. *Int J Epidemiol.* 2010;39(supl 1):i193-205.
 40. Iñiguez-Rojas L. Geografía y salud: temas e perspectivas en América Latina. *Cad Saude Publica.* 1998;14(4):701-11.
 41. Barcellos C. Unidades y escalas en los análisis espaciales en salud. *Rev Cub Salud Publica.* 2003;29(4):307-13.

Manuscrito recibido el 16 de diciembre de 2009. Aceptado para publicación, tras revisión, el 23 de junio de 2010.

ABSTRACT

Environmental sanitation and mortality associated with waterborne diseases in children under 5 years of age in Brazil

Objective. Determine and evaluate the relationship between the variables for water conditions, environmental sanitation, and mortality in children under 5 years of age associated with a group of waterborne diseases.

Methods. An exploratory ecological study was conducted based on data obtained from the 2000 national demographic census and the Unified Health System for the 558 microregions of Brazil. The model used multiple linear regression analysis. Mortality associated with waterborne diseases in children under 5 years of age was considered to be the response variable. Water conditions, sanitation, and level of education were considered to be explanatory variables.

Results. A direct relationship was observed between inadequate sanitation in the dwelling (e.g., sewerage disposal via rudimentary gutters and pits, the disposal of waste in uncultivated land or public areas) and mortality in children under 5 years of age associated with waterborne diseases. An inverse relationship was found between level of education and mortality associated with waterborne diseases in these children.

Conclusions. The greatest health hazards related to poor sanitation were found in the microregions with a high concentration of low-income population with limited education. The general sanitation conditions and other factors related to dwelling quality and infrastructure are major determinants of mortality. Coverage of the water services, which reach 90% of households in Brazil, was not in itself found to be an important factor in the reduction of the mortality studied.

Key words

Waterborne diseases; communicable diseases; bacterial infections; child mortality; child health; environmental health; sanitation; Brazil.