

Saúde e Saneamento no Brasil

Mário Jorge Cardoso de Mendonça
Ronaldo Seroa da Motta

Henrique Piquini Neves - 11764473
Luis Felipe Q. L. Terzariol - 11319430
Regina Queiroz de Sousa - 11914330

1. Introdução
2. Aspectos gerais da saúde e do saneamento no Brasil
3. Identificação do modelo econométrico
4. Resultados econométricos
5. Custo de redução da mortalidade
6. Conclusão

Introdução

Base teórica

A base teórica para a realização do trabalho econométrico parte de uma ampla literatura sobre saneamento e qualidade de vida, em especial os seguintes autores:

- Friedman Leibowitz (1979)
- Zweifel Nocera (1998)
- Person (2002)
- Jalan e Ravallion (2003)

Todos os autores buscaram olhar para a demanda por saneamento básico como uma demanda por insumos que eleva o bem estar do indivíduo.

Base teórica

Parte da população brasileira reside em locais onde as condições de saneamento ainda são precárias. Devido à falta de saneamento e às condições mínimas de higiene, a população fica sujeita a diversos tipos de enfermidades. A literatura sobre saúde indica claramente que a falta de condições adequadas de saneamento no que se refere à água e esgotamento sanitário é uma das principais causas da mortalidade na infância.

O estudo

Objetivo: estimar um modelo econométrico utilizando técnicas de painel que correlaciona indicadores de saúde com indicadores de saneamento

Período: 1981-2001.

Metodologia: Dados em painel

Variáveis de controle: variáveis que também podem exercer influência sobre a mortalidade, como é o caso dos serviços de educação e saúde

O estudo

Gastos preventivos x Gastos em saneamento

Aspectos gerais da saúde e do saneamento no Brasil

Doenças - Literatura

De acordo com a literatura¹, entre as principais doenças relacionadas à poluição hídrica doméstica e à falta de condições adequadas de esgotamento sanitário, podem-se destacar:

- cólera
- infecções gastrointestinais
- febre tifóide
- poliomielite
- amebíase
- esquistossomose
- shigelose

1 - Seroa da Motta et al., 1994.

Saneamento no Brasil

A evolução da cobertura dos serviços de saneamento no Brasil desde os anos 1970 foi significativa.

- Nos últimos 30 anos estenderam-se os serviços de água a 90% da população urbana, equivalente a mais de 30 milhões de domicílios.
 - Na coleta de esgoto triplicou-se a cobertura para 56%, cobrindo quase 20 milhões de famílias.
-

Saneamento no Brasil - Desigualdade

Brasil – cobertura de serviços de saneamento (1970-2000)

(Em % total da população)

	1970	1980	1990	2000
Serviço de água tratada				
Urbano – rede	60,5	79,2	86,3	89,8
Rural – rede	2,6	5,1	9,3	18,1
Coleta de esgoto				
Urbano – rede	22,2	37,0	47,9	56,0
Urbano – fossa séptica*	25,3	23,0	20,9	16,0
Rural – rede	0,5	1,4	3,7	3,3
Rural – fossa séptica	3,2	7,2	14,4	9,6

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censos Demográficos de 1970, 1980, 1990 e 2000.

Obs.:* Tanques rudimentares não incluídos.

Brasil – cobertura de serviços de saneamento por classe de renda (2000)

(Em % total de domicílios)

	Brasil	Até 2 SMs	2-5 SMs	5-10 SMs	> 10 SMs
Água tratada	77,8	67,4	86,1	91,1	92,6
Coleta de esgoto	47,2	32,4	55,6	67,1	75,9

Fonte: IBGE, Censo Demográfico de 2000.

Entretanto, o crescimento da cobertura de saneamento ocorreu de forma desigual.

- Nas áreas rurais a cobertura continua muito pequena.
- Famílias com renda acima de 10 salários mínimos (SMs) têm cobertura de água 50% maior, enquanto no caso da coleta de esgoto a diferença chega a quase 100%.

Doenças - Contexto brasileiro

Como foi exposto no slide 4, as doenças associadas às condições de saneamento são cólera, infecções gastrointestinais, febre tifóide, poliomielite, amebíase, esquistossomose e shigelose. Entretanto, nem todas estão presentes na realidade brasileira.

- Esquistossomose - endemia regional
 - Poliomielite - erradicada no Brasil
 - Amebíase - praticamente inexistente no Brasil
-

Saneamento no Brasil - Mortalidade

Evolução da taxa de mortalidade padronizada*					
Por região e faixa etária	1980	1990	2000	1980-1990	Variação 1990-2000
De 0 a 4 anos					
Norte	2,41	1,12	0,13	-53,53	-88,39
Nordeste	2,34	0,74	0,18	-68,38	-75,68
Sudeste	2,08	0,52	0,06	-75,00	-88,46
Sul	1,18	0,49	0,06	-58,47	-87,76
Centro-Oeste	1,21	0,40	0,09	-66,94	-77,50
Total	2,01	0,63	0,11	-68,66	-82,54
De 15 a 64 anos					
Norte	0,04	0,02	0,01	-50,00	-50,00
Nordeste	0,02	0,02	0,01	0,00	-50,00
Sudeste	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Sul	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Centro-Oeste	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Total	0,02	0,02	0,01	0,00	-50,00
Acima de 65 anos					
Norte	0,54	0,58	0,27	7,41	-53,45
Nordeste	0,34	0,45	0,30	0,32	-0,33
Sudeste	0,34	0,38	0,21	0,12	-0,45
Sul	0,27	0,34	0,27	0,26	-0,21
Centro-Oeste	0,32	0,43	0,29	0,34	-0,33
Total	0,34	0,41	0,25	0,21	-0,39

Fonte: Datasus/Ministério da Saúde.

Obs.: * Por mil habitantes de cada faixa etária. Base: 1980.

Existe uma redução bastante efetiva nos números relacionados à mortalidade infantil. De 1980 a 1990, houve uma redução de mais de 50% na taxa de mortalidade; enquanto no período 1990-2000, a redução chegou perto de 80%.

Os dados expostos corroboram com a tese do impacto do saneamento básico na mortalidade infantil.

Identificação do modelo econométrico

O modelo

$$Y_{it} = \alpha + \beta S_{it} + \delta X_{it} + \varepsilon_{it}, \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$$

onde:

$$\varepsilon_{it} = \alpha_i + u_{it} \quad E[u_{it} \alpha_i] = 0 \text{ e } E[u_{it} x_{it}] = 0.$$

Y_{it} - Taxa de mortalidade por doenças relacionadas às condições inadequadas de saneamento para o estado i no ano t

S_{it} - Vetor de variáveis ligadas ao saneamento (água, esgoto)

X_{it} - Vetor de variáveis não associadas ao saneamento (saúde e educação)

O modelo

$$Y_{it} = \alpha + \beta S_{it} + \delta X_{it} + \varepsilon_{it}, \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$$

onde:

$$\varepsilon_{it} = \alpha_i + u_{it} \quad E[u_{it} \alpha_i] = 0 \text{ e } E[u_{it} x_{it}] = 0.$$

ε_{it} - Termo de erro

α_i - É o efeito pertencente às UFs do modelo, com distribuição $\alpha_i \sim (0, \sigma_\alpha^2)$

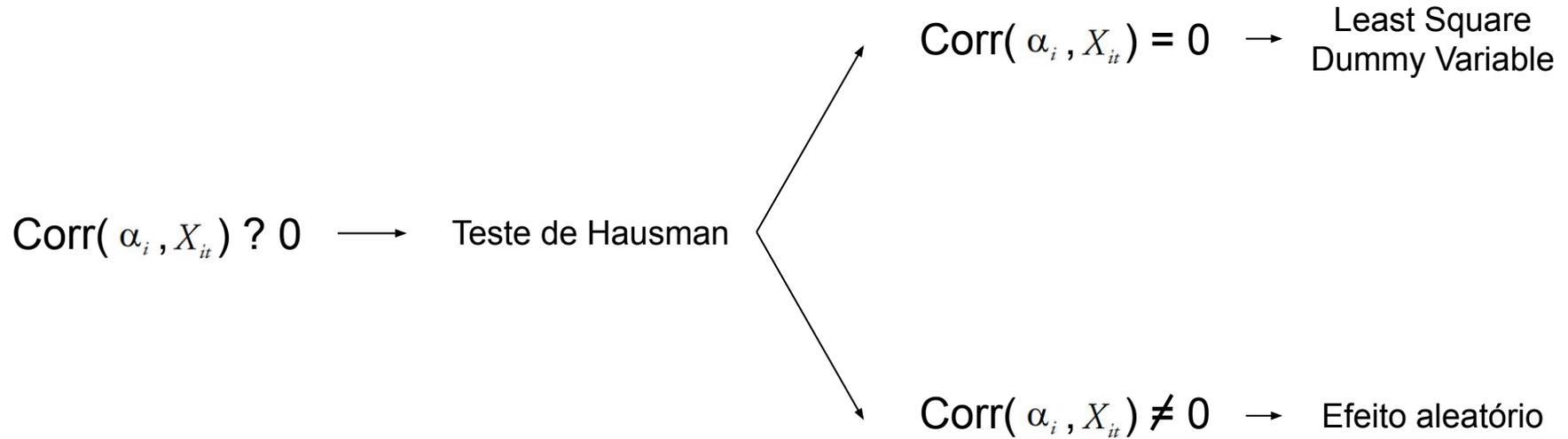
u_{it} - Vetor de variáveis não associadas ao saneamento (saúde e educação) $u_{it} \sim (0, \sigma_u^2)$

Escolha da estimação

O efeito individual α_i , próprio das unidades, pode ou não ser correlacionado com o vetor de variáveis explicativas X_{it} .

A existência de correlação entre o efeito individual e os regressores pode ser detectada por meio da aplicação do teste de Hausman¹, cuja hipótese nula é de não correlação entre α_i e X_{it} .

Escolha da estimação



Variáveis do modelo - endógenas

- Y_{it} - taxa de mortalidade definida como a razão entre o número de casos de mortes pela população.
 - (ÁGUA) - percentuais da população atendida por condições adequadas de água
 - (ESGOTO) - percentual da população atendida por condições adequadas de esgotamento sanitário
-

Variáveis do modelo - exógenas

As variáveis que permitem captar influências exógenas sobre a ocorrência de mortes não diretamente associadas ao saneamento seriam:

- (ESCOLM25) - escolaridade da mãe com idade igual ou acima de 25 anos
 - (URB) - taxa de urbanização
 - (GSAUDE) - gastos públicos com saúde
 - (LEITOS) - número de leitos da rede hospitalar
 - (ANALFM15) - taxa de analfabetismo para mulheres com idade igual ou acima de 15 anos
-

Uso de variável proxy

Segundo a literatura, educação é uma variável importante para o modelo. Porém, como o foco do trabalho são crianças entre 0 - 4 anos, os autores decidiram utilizar a escolaridade da mãe com idade acima ou igual a 25 anos como a variável de educação, pois está encarregada de cuidar do filho.

Entretanto, foi percebido um aumento de casos de gravidez em adolescentes¹, tornando mais correto dados de educação a partir dos 15 anos.

Como essa variável não está disponível, foi utilizada como proxy a taxa de analfabetismo para mulheres com idade igual ou acima de 15 anos (ANALFM15).

Correlação entre as variáveis

Correlação entre variáveis – dados agrupados (1981-2001)

	MORT 0-4	MORT 15-64	MORT >= 65	ÁGUA	ESGOTO	ESCOLM	URB	GSAUDE	LEITOS
MORT 0-4	1,0000								
MORT 15- 64	-0,0992	1,0000							
MORT>=65	0,2919	-0,0610	1,0000						
ÁGUA	-0,3355	0,0693	-0,0150	1,0000					
ESGOT	-0,2734	0,0445	-0,1092	0,7146	1,0000				
ESCOLM	-0,2907	0,0581	0,0131	0,8322	0,7527	1,0000			
URB	-0,3311	0,1177	-0,0251	0,8181	0,5676	0,7181	1,0000		
GSAUDE	-0,4846	0,0063	-0,1555	0,3651	0,3734	0,3130	0,2725	1,0000	
LEITOS	-0,1731	-0,0365	-0,0732	0,0578	0,1744	0,0178	0,0661	0,5812	1,0000

- Existe um grupo de variáveis explicativas altamente correlacionadas, como água e escolaridade e água e urbanização. Assim, para evitar multicolinearidade, os dois pares citados não irão entrar juntos na regressão
- Para as outras faixas etárias além dos 4 anos, é pouca ou quase nenhuma a correlação entre mortalidade e saneamento.

Resultados Econométricos

Modelo econométrico

Modelo econométrico para mortalidade de 0 a 4 anos (1981-2001)

Variáveis independentes	Dados agrupados (MQO) (1)	Dados agrupados (MQO) (2)	Efeito aleatório (MQG) (3)	Efeito fixo (LSDV) (4)	Efeito fixo (LSDV) (5)
ÁGUA	-0,4289 (0,026)	-0,2657 (0,220)	-0,671 (0,031)	-0,6676 (0,068)	-
ESGOTO	0,0357 (0,818)	0,1555 (0,353)	-0,658 (0,010)	-1,335 (0,000)	-1,2926 (0,000)
ESCOLM25	-	-0,145 (0,000)	-	-	-0,206 (0,000)
ANALFM15	0,0033 (0,296)	-0,0749 (0,054)	0,0075 (0,213)	0,0103 (0,012)	-
GSAUDE	-0,0008 (0,000)	-0,0008 (0,000)	-0,0008 (0,000)	-0,0008 (0,000)	-0,0008 (0,000)
LEITOS	0,0001 (0,000)	0,0001 (0,000)	0,0001 (0,167)	-0,0001 (0,083)	-0,0001 (0,033)
CTE	2,9633 (0,000)	3,2452 (0,000)	3,6272 (0,000)	3,9150 (0,000)	4,4029 (0,000)
R ²	0,268 ^a	0,273 ^a	0,250 ^b	0,442 ^c	0,4492 ^c
VIF	2,56	3,51	-	-	-
1/VIF	0,39	(0,28)	-	-	-
RHO	-	-	0,412	0,765	0,765
Teste de Hausman	-	-	67,03 (0,000)	-	-
Teste de Breusch-Pagan	-	-	381,37 (0,000)	-	-

Notas: Valores entre parênteses representam o valor-p.

Observações: 452.

Variável dependente: taxa de mortalidade por mil habitantes.

* R² ajustado, ** R² overall, *** R² within.

Por que utilizar o MQO?

O MQO não leva em consideração o componente individual, podendo ser usado como referência para verificar se existe ganho de eficiência ao utilizar os estimadores de dados em painel.

Permite a utilização da Variance Inflation Factor (VIF) que calcula o impacto sobre a variância de cada variável decorrente das correlações advindas da presença de outros regressores e indica a existência de multicolinearidade.

Taxa de escolaridade ou taxa de analfabetismo?

O valor da VIF aumenta de 2,56 para 3,51 com a inclusão da variável de escolaridade na regressão da coluna 2. Além disso, a variável água deixa de ser estatisticamente significativa, indicando a presença de multicolinearidade.

A taxa de analfabetismo é muito correlacionada com a taxa de escolaridade, por isso nas regressões por dados em painel as variáveis não aparecem em conjunto no mesmo modelo.

Como a taxa de analfabetismo e água possuem baixa correlação (igual a 0,58), é melhor utilizá-la ao invés da taxa de escolaridade.

O MQO é indicado para o modelo?

Por desconsiderar o efeito individual, as regressões por MQO apresentam valores bem diferentes quando comparados aos valores das regressões por dados em painel.

É possível verificar a necessidade do uso de dados em painel por meio do teste de Breusch-Pagan, cuja hipótese nula dita que a variância do componente individual é igual a zero. O valor alto do teste, equivalente a 381.37, indica claramente a presença de componente individual do modelo.

O MQO é indicado para o modelo?

A presença do componente individual também pode ser observada pelo valor do coeficiente RHO , que mede a proporção da variância estimada do componente individual em relação à variância estimada do distúrbio, que é alto nas demais regressões.

Com essas evidências, é possível afirmar que os resultados por MQO são viesados. Um exemplo desse viés é que nos dados de MQO o tratamento de esgoto não é importante para a diminuição dos casos de mortalidade infantil.

Efeito fixo ou efeito aleatório?

Para decidir quais dos estimadores é mais apropriado para o modelo é necessário utilizar o teste de Hausman.

Pelo valor do teste (igual a 67,03) é possível perceber que a hipótese nula é verdadeira e o estimador de efeito fixo é o mais adequado.

Os resultados indicam que:

Condições adequadas de água e esgotamento sanitário exercem efeito na diminuição da mortalidade infantil.

Tanto a redução da taxa de analfabetismo das mulheres quanto o aumento da taxa de escolaridade das mães ajudam a conter a mortalidade.

Aumento dos gastos estaduais com saúde e aumento do número de leitos têm impacto negativo sobre a mortalidade.

Custo de Redução da Mortalidade

Análise Custo-Benefício

No capítulo 5, o autor estima o custo efetividade dos serviços de saneamento em comparação à educação e saúde. Ou seja, faz uma análise custo-benefício entre as variáveis do modelo.

Para isso, calcula:

- Valor projetado de mortes evitadas \hat{Y}_{Ti}
- Custo de atendimento das variações marginais de cada serviço

Grande diferencial do estudo!

Valor projetado de mortes evitadas \hat{Y}_{Ti}

$$\hat{Y}_{Ti} = \hat{\beta} (\Delta \bar{S}_T)$$

- \hat{Y}_{Ti} é o valor projetado de mortes evitadas quando o serviço S varia marginalmente;
 - $\hat{\beta}$ é o parâmetro estimado no modelo para o serviço analisado;
 - Demais variáveis permanecem constantes.
-

Custo marginal dos serviços de saneamento



Referência: Estudo do Ministério das Cidades

Cobertura total nos serviços de água tratada e esgotamento sanitário (1999-2010):

- R\$ 5.744 milhões
- R\$ 17.455 milhões

Aumentar a cobertura desses serviços em 1% da população gera os custos marginais de R\$ 263 milhões para água e R\$ 362 milhões para esgotamento.

Custo marginal dos serviços de educação



Referência: Programa Brasil Alfabetizado

- Custo fixo de R\$240 e R\$7 de custo variável por aluno.
- Custo médio anual de alfabetização é de R\$23 por aluno
- Custo marginal para reduzir o analfabetismo em 1% das mulheres acima de 15 anos é de R\$12,9 milhões.

Custo marginal dos serviços de saúde



Referências: Datasus e Marinho et al. (2003)

Custo de construção de hospital com 50 leitos: R\$5 milhões

Consideração das despesas com a construção dos leitos e dos serviços de diagnóstico e tratamento da doença

Custo marginal para aumento em 1% das unidades hospitalares é de R\$1,95 milhão.

Observação: para os gastos com saúde, o custo marginal deriva do valor da variável, já que esta é monetária

Custo efetividade dos serviços - Tabela 6

TABELA 6
Brasil – estimativas dos custos das alternativas de redução da mortalidade (2000)

Variável	Indicador do serviço em 2000	Variação marginal	Custo marginal (R\$ milhões)	Número de mortes evitadas	Custo unitário por morte evitada (R\$ mil)
Água tratada	Cobertura de 78% da população	Aumento de 1% na cobertura	261	108	168
Coleta de esgotamento	Cobertura de 52% da população	Aumento de 1% na cobertura	362	216	241
Analfabetismo	Taxa de 15 % da população feminina com mais de 15 anos	Redução de 1% na taxa	12,8	162	63
Gastos com saúde	R\$ 11,8 bilhões	Aumento de 1% dos gastos com saúde	117	415	282
Número de leitos hospitalares	480 mil leitos	Aumento de 1% no número total de leitos	1,95	27	72,4

Nota: Mortalidade de 0 a 4 anos em 2000: 3.521 casos.

A última coluna indica a razão entre o custo marginal dos serviços e as respectivas estimativas de mortes evitadas \hat{Y}_{Ti} .

O modelo não considera externalidades positivas de cada serviço.

Conclusão

Afinal, qual serviço é o melhor para nosso objetivo?

- Com base no modelo econométrico, reduzir o analfabetismo é a alternativa mais barata para baixar a mortalidade infantil, com um custo unitário por morte evitada de R\$63 milhões;
- Observa-se também que, somando os custos de tratamento de água e coleta de esgoto, temos um valor muito próximo aos gastos com saúde: R\$409 mil contra R\$354 mil.

Porém, como enfatizado no artigo, o modelo não considera externalidades positivas que os serviços de saneamento podem gerar ao meio ambiente, além de evitar os desconfortos da doença. Portanto, gastos com saneamento básico são mais interessantes economicamente em comparação aos gastos com saúde.
