

## Relação entre a Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos e a Saúde nos Municípios Brasileiros e Paulistas: Desafio para as Políticas Públicas<sup>1</sup>

Rodrigo Silva Mendonça  
IE/UFU  
[rodrigossilva.mendonca@hotmail.com](mailto:rodrigossilva.mendonca@hotmail.com)

Carlos C. S. Saiani  
IE/UFU  
[ssaiani@ie.ufu.br](mailto:ssaiani@ie.ufu.br)

Mônica Yukie Kuwahara  
UFABC  
[monicayukie@gmail.com](mailto:monicayukie@gmail.com)

### Resumo

O objetivo deste estudo foi averiguar se a forma de disposição final dos resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros e paulistas influencia a saúde pública. Por meio de estimações econométricas e de estratégias de identificação para garantir robustez na atribuição de causalidade aos resultados, foram testadas três hipóteses: a existência de aterro sanitário, ao refletir, parcialmente, a adequação da disposição, melhoraria as condições de saúde da população; a qualidade dos aterros também influenciaria tais condições; e municípios que “exportam” resíduos para outras localidades apresentariam melhores indicadores de saúde. Os resultados obtidos não refutaram tais hipóteses, sinalizando reduções médias da morbidade de 1,25% e 0,75% associadas à existência de aterros e à qualidade, respectivamente. Os efeitos são mais evidentes em crianças e idosos. Assim, considerando que mais de 70% dos municípios não destinam seus resíduos sólidos a aterros sanitários, a disposição final destes é um desafio para as políticas públicas, constituindo-se uma privação à saúde que restringe as capacitações dos indivíduos e que pode ter desdobramento sobre o desenvolvimento sustentável. Além disso, poucos trabalhos testaram a relação saúde-resíduos no Brasil, o que ressalta a contribuição deste estudo para a literatura empírica.

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos; Saúde; Meio Ambiente; Políticas Públicas; Dados em Painel.

### Abstract

The general objective of this work was to determine the existence of a relationship between environmentally disposal of municipal solid waste and population health. Three hypotheses were tested: (i) the existence of landfill in a municipality improves the health conditions of their residents; (ii) the quality of landfills also influences the health status of the population; and (iii) municipalities that "export" their waste to other municipalities may also have different epidemiological indicators from others. For this, there were econometric estimates, including the adoption of an identification strategy based the health literature. The results were favorable to the corroboration of the hypotheses. So, considering that over 70% of municipalities do not aim their solid waste to landfill, the final disposition of these is a challenge for public policy, constituting a deprivation health restricting the capabilities of individuals and that can be split on sustainable development. In addition, few studies have tested the health-waste ratio in Brazil, highlighting the contribution of this study to the empirical literature.

**Keywords:** Solid Waste; Health; Environment; Public Policy; Panel Data.

**Classificação JEL:** H42; H53; Q53.

**Área ANPEC:** Área 5 – Economia do Setor Público.

---

<sup>1</sup> Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

## **Introdução**

O objetivo deste trabalho é averiguar se a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros influencia a saúde de suas populações. Para isso, são testadas três hipóteses: a existência de aterro sanitário, ao refletir, pelo menos parcialmente, a adequação da disposição final dos resíduos, melhoraria as condições de saúde dos residentes; a qualidade dos aterros também influenciaria tais condições; e municípios que “exportam” resíduos para outros locais, reduzindo eventuais impactos ambientais em seus territórios, poderiam apresentar melhores indicadores de saúde.

O trabalho insere-se em dois debates mais amplos. O primeiro referente aos impactos da expansão da escala de produção e da intensificação da urbanização, por meio da geração e do acondicionamento de resíduos, sobre a capacidade de carga do planeta, que é um subsistema fechado e, em dado momento, pode limitar o crescimento econômico, conforme é defendido pela Economia Ecológica. No curto prazo, a disposição dos resíduos pode contribuir para a proliferação de patógenos que elevam a probabilidade de danos à saúde de toda a população, com intensidade maior sobre determinados segmentos sociais, em especial, crianças e idosos. Nas primeiras, os danos podem prejudicar seus desenvolvimentos físicos e mentais e, conseqüentemente, os desempenhos escolares e produtivos em toda a vida. Assim, a adequação da disposição dos resíduos é um desafio para as políticas públicas e para o desenvolvimento sustentável, pois afeta, em algum grau, aspectos dos seus três pilares (ambiental, social e econômico). Associado a tais conseqüências, o segundo debate é o de privações à saúde influenciando as capacitações dos indivíduos.

Este desafio para as políticas públicas é relevante no Brasil! Segundo a última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), feita em 2008 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mais de 70% dos municípios não destinavam resíduos sólidos urbanos a aterros sanitários, uma forma considerada como ambientalmente adequada. As evidências do presente estudo sinalizam a importância de medidas para lidar com tal *déficit*, uma vez que corroboram as três hipóteses supracitadas, sinalizando que a qualidade da disposição dos resíduos reduzem a morbidade hospitalar e a mortalidade de crianças e de idosos. Pesa a favor deste argumento o fato de que a prática de disposição final de resíduos sólidos em “lixões” deveria ter sido extinta em 2014, conforme foi determinado pela Lei Federal nº 12.305 de 2010, a Lei de Resíduos Sólidos. Contudo, de acordo com outros trabalhos, esta prática ainda não foi extinta.

Trabalhos na área de saúde destacam a existência de uma relação positiva entre saúde e serviços de saneamento básico, sugerindo que quanto maior o acesso e melhor a qualidade destes, menores são os impactos ambientais negativos e, portanto, maiores os efeitos positivos sobre a saúde pública. A maioria dos trabalhos averigua efeitos do abastecimento de água e do esgotamento sanitário, havendo poucas investigações empíricas para os demais serviços, como os de manejo de resíduos sólidos, dentre os quais a disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Porém, a literatura médica reconhece a importância do gerenciamento adequado dos resíduos sólidos para o meio ambiente e, conseqüentemente, para a saúde pública, a despeito dos poucos trabalhos empíricos para a aqui chamada relação saúde-resíduos. Assim, o presente estudo apresenta evidências que contribuem para preencher tal lacuna na literatura empírica.

Os procedimentos metodológicos adotados para obter as evidências apontadas envolvem alguns testes econométricos. Dados da PNSB de 2008 são usados em estimações por Mínimos Quadrados Ordinários (*cross-section*) para identificar a existência de aterro sanitário em cada município brasileiro naquele ano e avaliar seu efeito sobre indicadores municipais de morbidade hospitalar e de mortalidade. Estes indicadores são oriundos do Departamento de Informática do SUS (DATASUS). Após isso, é empregado o método de efeitos fixos para um painel de municípios paulistas com dados referentes ao período de 2003 a 2011. Neste caso, são utilizados dados sobre a qualidade dos aterros e a “exportação” de resíduos do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para estimar efeitos destas características também sobre indicadores de morbimortalidade oriundos do DATASUS. Em todas as estimações, são controlados outros atributos apontados pela literatura como possíveis determinantes da saúde pública e da forma de disposição dos resíduos.

Assim, procura-se garantir maior robustez aos resultados. Além disso, também se amparando em evidências da área de saúde, é adotada uma estratégia de identificação para obter maior robustez à atribuição de causalidade. Esta consiste em estimar os efeitos da existência, da qualidade dos aterros e da “exportação” dos resíduos sobre indicadores por causas específicas e faixas etárias. Vale destacar, ainda, que o uso de dois indicadores (morbidade e mortalidade) busca lidar com prováveis erros de mensuração.

O estudo divide-se em três seções, além desta introdução e das considerações finais. Na primeira, a relação saúde-resíduos é fundamentada por evidências empíricas e é posicionada na literatura de privação à saúde afetando as capacitações dos indivíduos. Além disso, são comentados aspectos que embasam as estratégias empíricas. Na segunda, os procedimentos metodológicos (estratégia de identificação, variáveis e dados) são apresentados. Finalmente, na terceira seção, os resultados das estimações são analisados.

### **1. Relação saúde-resíduos: fundamentação teórica e empírica**

Para Sen e Nussbaum, justiça e desenvolvimento devem ser concebidos a partir das oportunidades efetivas que cada pessoa tem, seguindo suas intenções, para agir e realizar atividades que deseja. Assim, a distinção entre as realizações e as capacitações é a diferença entre o realizado e o possível, ou seja, entre conquistas e liberdades (ou opções válidas) para escolher (Sen, 2000; Nussbaum, 2011; Robeyns, 2005).

Nesta linha de raciocínio, viver seria um jogo de funcionamentos inter-relacionados e as realizações individuais seriam vetores de seus funcionamentos, sendo que a relevância destes variaria de acordo com necessidades elementares, como a adequada nutrição, o bom estado de saúde, a mortalidade prematura ou realizações mais complexas (por exemplo, ser feliz ou ter respeito próprio). A capacidade de realizar funcionamentos (*capability to function* ou *opportunities*), que representa as combinações destes que um indivíduo é capaz de realizar, reflete sua liberdade em levar um dado tipo de vida ou outro (Sen, 1996).

Segundo Robeyns (2005), a abordagem das capacitações pode ser considerada um amplo quadro normativo para a avaliação do bem-estar individual, dos arranjos sociais, do desenho das políticas e de propostas de mudança social. Nas palavras de Sen (2001, p. 79), a “asserção é de que os funcionamentos são constitutivos do ‘estado’ de uma pessoa, e uma avaliação do bem-estar tem que assumir a forma de uma apreciação desses elementos constituintes”. Como as capacitações (*capabilities*) representam várias combinações de funcionamentos, compreendidos como estados e ações (*beings and doings*), a abordagem das capacitações é importante para a proposição e para a análise de políticas de desenvolvimento social.

Se os funcionamentos realizados constituem o bem-estar, a capacidade para realizar funcionamentos é a liberdade, que pode ser entendida como as oportunidades reais (ou substantivas) para obter bem-estar. O próprio bem-estar realizado depende da capacidade de concretizar funcionamentos, isto é, aqueles que estão ao alcance de um indivíduo independentemente de como o bem-estar é caracterizado (Sen, 2001). Portanto, a capacitação (*capability*) é um reflexo das oportunidades que cada pessoa possui para realizar funcionamentos e que, intrinsecamente, está associada à sua liberdade de escolha dentre vidas possíveis.

A expansão da liberdade seria tanto meio quanto fim para o desenvolvimento, pois as capacitações das pessoas dependem de disposições econômicas, sociais e políticas. Esta expansão tem de ser, portanto, dos diversos e inter-relacionados componentes da liberdade. Assim, o Estado não deveria apenas oferecer programas, mas também fortalecer e proteger capacitações humanas. O desenvolvimento é considerado, então, como um processo de eliminação de privações de liberdades, o que contribuiria para o progresso econômico (Sen, 2000; Nussbaum; Sen, 2001). Vale ressaltar que a relação entre bem-estar e liberdade não é simples. Por exemplo, se, em um conjunto de alternativas, ocorreu uma escolha, pode-se interpretar que houve liberdade; mas, se neste não está uma alternativa almejada, pode-se questionar se realmente houve liberdade. Tal questionamento dá destaque a debates sobre privações, inclusive referentes à saúde.

Portanto, a abordagem das capacitações permite analisar a problemática dos resíduos, objeto deste estudo, como um dos fatores inter-relacionados que atuam sobre a saúde das pessoas, impondo restrições a suas escolhas e, assim, alterando seu bem-estar. Ademais, possibilita considerar a incapacidade da disposição adequada dos resíduos como privações em várias dimensões, decorrentes não somente de decisões individuais, mas de condicionantes impostos pela ocupação do espaço (urbanização), pela forma que se dá o crescimento econômico e pelas políticas públicas (Sen, 2001). Trata-se de uma faceta das privações, expressa na vulnerabilidade advinda da degradação de solos e águas, que se agrava devido à pressão da progressiva expansão dos resíduos gerados e, no geral, não acondicionados adequadamente.

Para fundamentar tais argumentos, deve-se apontar que a literatura de saúde, de modo geral, aponta a existência de uma relação positiva entre o acesso (e a qualidade) dos serviços de saneamento básico e a saúde das pessoas. Especificamente em relação aos serviços de manejo de resíduos sólidos, dentre os quais, a disposição final, Forattini (1969), Oliveira (1978) e Heller e Catapreta (1997) ressaltam que há poucas evidências na literatura empírica de que estes sejam causadores diretos de enfermidades, pois a

maior parte dos estudos sobre a relação saúde-saneamento considerou, devido à maior disponibilidade de dados, o abastecimento de água e esgotamento sanitário. Porém, Ferreira e Dos Anjos (2001) ressaltam que a literatura médica reconhece a importância do gerenciamento adequado dos resíduos para a saúde.

Alguns trabalhos defendem que intervenções no saneamento geram efeitos de longo prazo maiores do que ações de natureza biomédica, devido a benefícios diretos e indiretos. Existiria, assim, um efeito multiplicador do saneamento sobre a saúde. Diretamente, diminuem a proliferação das doenças mostradas no Quadro 1, no qual estas são divididas em categorias e grupos que consideram sintomas, ciclos de vida dos agentes patogênicos e vias de transmissão. Uma discussão mais detalhada sobre as características e os sintomas de cada doença foge do escopo deste estudo. Porém, baseando-se em outros trabalhos, vale ressaltar que condições adequadas do saneamento básico são fundamentais para reduzir suas incidências.

**Quadro 1 – Principais doenças relacionadas aos serviços de saneamento básico em geral**

<b>Categorias</b>	<b>Grupos de Doenças</b>	<b>Doenças</b>
Feco-Oral (Transmissão Hídrica ou Relacionada à Higiene)	<b>Diarreicas</b>	Cólera, Infecções por Salmonela, Amebíases, Isosporíases, Outras Infecções Intestinais (bactérias, protozoários ou vírus)
	Febres Entéricas	Febres Tifoides e Paratífoides
	Outras	Hepatite A, Poliomielite, Leptospirose, Ascariíase, Tricuríase
Inseto Vetor	Procriação na Água	Filariose Linfática, Malária, Doença de Chagas, Dengue, Febre Amarela, Leishmanioses
	Picada Próxima à Água	Doença do Sono
Contato com a Água	Penetração na Pele	Esquistossomose
	Ingestão	Infecções por Helmintos, Teníase e Cisticercose
Relacionadas à Higiene	Doenças dos Olhos	Tracoma e Conjuntivites
	Doenças da Pele	Dermatofitoses e Micoses Superficiais

Fonte: Cairncross e Feachem (1990), Heller (1997) e Mara e Feachem (1999). Adaptação da classificação ambiental destes autores.

Indiretamente, intervenções no saneamento tendem a afetar o desenvolvimento de uma localidade, impactando sobre os níveis de renda e de educação dos indivíduos<sup>2</sup>, que, por sua vez, afetam a qualidade da alimentação (melhor nutrição), a adoção de práticas de higiene e os investimentos habitacionais, como a adequação das instalações sanitárias. Neste contexto, é mais provável que os indivíduos consigam e estejam dispostas a pagar pelo acesso e exerçam maior pressão para que a provisão seja adequada<sup>3</sup>.

A convergência destes fatores geraria menor incidência de doenças. Instalações sanitárias e serviços providos adequadamente reduzem a proliferação. Hábitos de higiene e melhor nutrição diminuem a propensão das pessoas a contraírem enfermidades. Quanto menor a incidência, maior o desenvolvimento da localidade, o que possibilita maior arrecadação de impostos e tarifas e redução das despesas públicas com saúde, recursos que poderiam ser investidos no setor, reduzindo ainda mais a propagação de doenças. Portanto, o desenvolvimento é influenciado pela situação do saneamento, mas também a influencia, o que justificaria o efeito multiplicador defendido na literatura das intervenções no saneamento sobre a saúde.

Embora a literatura defenda este efeito no longo prazo, também ressalta que ele tende a ser menor e de difícil mensuração no curto prazo. Primeiramente, em função da eficácia das intervenções depender de alterações integradas de todos os serviços de saneamento, bem como do alcance populacional, uma vez que uma pessoa sem acesso a formas adequadas buscará outras fontes ou destinações que contaminam solos e recursos hídricos. Assim, mesmo que em menor grau, persiste o risco de proliferação de doenças.

Ademais, segundo Briscoe (1985), serviços adequados de saneamento são condições necessárias, mas não suficientes, à diminuição de doenças. Há, na verdade, uma complexa cadeia causal na qual eles são condicionantes intermediários interagindo com outros. Na base, estão as situações socioeconômicas das pessoas e dos locais. Pode-se tomar como exemplo a educação sanitária, uma das principais medidas de controle de todas as doenças associadas ao saneamento, que, em certo grau, é influenciada pelo nível de renda. Na ausência dos serviços ou quando ofertados inadequadamente, tal educação pode suavizar os efeitos deletérios sobre a saúde das pessoas, caso adotem práticas de higiene; na presença, tais práticas

<sup>2</sup> As doenças debilitam trabalhadores e estudantes. Nos trabalhadores, resultam em diminuição da produtividade e ausência no trabalho, reduzindo renda e produção, que também sofre externalidades ambientais – por exemplo, a poluição das águas e dos solos prejudica a agropecuária. Nos estudantes, afetam o desempenho e a frequência escolar (Cvjetanovic, 1986; Heller, 1997).

<sup>3</sup> O desenvolvimento aumentaria o nível educacional, a conscientização ambiental e a participação política. Assim, as pessoas passariam a demandar serviços com menores impactos ambientais e tenderiam a ser atendidas (Gradstein; Justman, 1999).

potencializariam os efeitos. Assim, a maximização destes depende das situações e dos usos adequados dos serviços, que são afetados por atributos socioeconômicos das pessoas e dos locais (Esrey et al., 1990).

Diante destes fatos, a morbidade (número de casos ou de internações) devido a doenças diarreicas é apontada na literatura como um bom indicador para avaliar efeitos diretos e imediatos de intervenções no saneamento sobre a saúde. O uso deste indicador é defendido em função da sua relevância para a saúde pública e da possibilidade de servir como parâmetro para a adoção de estratégias comuns de controle de uma enfermidade, independentemente da doença que a tenha causado. Isto porque, apesar da diarreia ser sintoma de diferentes doenças (Quadro 1), as transmissões dos agentes patogênicos são semelhantes: via feco-oral, sem hospedeiros intermediários. O ciclo de contágio envolve a defecação do patogênico por uma pessoa, que pode infectar outras que ingerirem ou tiverem contato oral a alimentos, água, partes do corpo e objetos contaminados. Para Briscoe et al. (1986), a vantagem do indicador também decorre: da validade, confiabilidade, facilidade e menor custo dos mecanismos para sua determinação e da capacidade de resposta a alterações nas condições do saneamento. Ademais, segundo Esrey et al. (1990), os serviços de saneamento (e a educação sanitária) são os principais mecanismos de controle das doenças diarreicas.

A literatura destaca, ainda, a avaliação dos efeitos com indicadores de morbidade devido a doenças diarreicas que considerem crianças de até cinco anos<sup>4</sup>. Nesta faixa etária, estas são mais suscetíveis às enfermidades decorrentes de problemas no saneamento. Assim, intervenções no setor influenciariam diretamente suas condições de saúde. O próprio desenvolvimento fisiológico (sistema imunológico em formação) as torna mais vulneráveis a infecções e ao adoecimento. Ademais, crianças ingerem mais água e alimentos em relação a seus pesos corpóreos, o que aumenta o risco de adoecimento. O hábito de levarem mãos e objetos à boca e a maior proximidade e permanência no chão também elevam tal risco<sup>5</sup>.

A mortalidade (óbitos) por doenças diarreicas, especialmente em crianças de até cinco anos, é outro indicador tradicionalmente usado em avaliações de efeitos de intervenções no saneamento sobre a saúde. Porém, algumas ressalvas devem ser feitas. Segundo Briscoe et al. (1986), indicadores de mortalidade possuem limitações em relação à confiabilidade e à validade dos dados. Wennemo (1993) aponta que um problema é a subnotificação de óbitos, sobretudo entre a população mais pobre e se o registro envolver algum custo. Segundo o autor, apesar deste problema, provavelmente variações nas probabilidades de subnotificações não são grandes o suficiente para prejudicar comparações entre diferentes localidades.

Os óbitos de crianças de até cinco anos podem ser divididos em três grupos, segundo a idade de ocorrência: mortalidade neonatal (do nascimento ao 27º dia); mortalidade pós-neonatal ou infantil tardia (do 28º dia ao 1º ano) e mortalidade na infância (do 1º ao 5º ano). Segundo Victora et al. (1994), a mortalidade neonatal decorre, basicamente, de dificuldades durante a gestação ou o parto (prematuridade, crescimento intrauterino retardado, malformações congênicas e baixo peso ao nascer). As condições do saneamento podem afetar a mortalidade neonatal se causarem morbidade materna ao longo da gestação.

A pós-neonatal advém, principalmente, de doenças do “complexo diarreia-pneumonia-desnutrição”. A influência do saneamento sobre as diarreicas já foi discutida. Vale ressaltar que a mortalidade nesta faixa é mais sensível às condições do setor, pois existe uma inter-relação entre as doenças do complexo. Além de terem na base de suas cadeias causais os mesmos aspectos socioeconômicos, é frequente que o óbito seja diagnosticado pela causa final, mas que a criança tenha tido outras doenças que a debilitaram. Assim, o óbito teria ocorrido por causas múltiplas. É comum, por exemplo, casos em que a pneumonia surja como uma complicação decorrente de enfermidades diarreicas (Scrimshaw et al., 1968).

Em conjunto, neonatais e pós-neonatais são chamadas de mortalidade infantil (no 1º ano). Segundo Victora et al. (1994), embora represente parcela pequena da vida de uma pessoa, é nesta faixa etária que se concentra maior parcela de óbitos de crianças e que estes são mais afetados pelo saneamento. Na faixa etária chamada de infância (1º ao 5º ano), os óbitos tendem a serem menores, pois as crianças sofrem menos devido a problemas na gestação ou no parto e seus sistemas imunológicos são mais desenvolvidos. Ademais, as crianças mais propensas já morreram no 1º ano de vida. Assim, é possível que crianças de 1 a 5 anos fiquem doentes devido às condições do saneamento, mas o risco de que morram é menor. Ou seja, o saneamento tenderia a afetar a mortalidade nas crianças de até 1 ano e a morbidade nas de 1 a 5 anos.

---

<sup>4</sup> Conferir, por exemplo: Briscoe et al. (1986), Esrey et al. (1990) e Heller (1997).

<sup>5</sup> Ver: Wennemo (1993), Heller (1997), Victora et al. (1994) e Galiani et al. (2005).

Por último, é importante fazer alguns apontamentos adicionais especificamente sobre os serviços de manejo dos resíduos sólidos, dentre os quais, a disposição final, e suas relações com a saúde, que neste estudo é denominada como *relação saúde-resíduos*. Heller (1997) discute os canais de contato “homem-lixo”, ou seja, os meios pelos quais pode ocorrer transmissão de doenças devido à disposição inadequada de resíduos sólidos. Para o autor, o contato com o “lixo” pode ocorrer direta, indiretamente e via vetores de transmissão. Esta diversidade de canais dificulta a avaliação de efeitos de ações nos serviços, sendo recomendado, então, o uso de doenças causadas pelo contato direto ou indireto, como as diarreicas. O mesmo é defendido por Azevedo et al. (2001) a partir de análises realizadas especificamente para o caso da disposição final de resíduos sólidos urbanos – serviço e tipo de resíduo importantes para este estudo.

Uma discussão relevante sobre a relação saúde-resíduos é a definição das populações de risco, ou seja, aquelas que são potencialmente expostas aos efeitos do mau gerenciamento dos resíduos sólidos. Ferreira e Dos Anjos (2001) apontam seis grupos de risco: (i) população que não possui coleta domiciliar regular (para se “desfazer” dos resíduos, os lançam em locais próximos às residências, gerando ambiente deteriorado e convivência deletéria); (ii) população afetada pela localização e pelas condições de moradia do primeiro grupo (impacto ocorre pelo deslocamento dos resíduos nas chuvas ou pela mobilidade dos vetores); (iii) moradores nas vizinhanças das unidades de tratamento e de disposição final (quanto piores as condições destes locais, maiores os impactos sobre a população vizinha); (iv) “catadores de lixo” (ao procurarem alimentos ou materiais comercializáveis, entram em contato direto com resíduos e vetores); (v) trabalhadores diretamente envolvidos nos processos de manuseio, transporte e disposição dos resíduos; e (vi) população em geral, que pode ser afetada, direta e indiretamente, pela contaminação das águas superficiais e subterrâneas, bem como do solo e do ar. Assim, teria risco de agravos à saúde todo grupo populacional que, de alguma forma, entrar em contato direto com os resíduos dispostos e acondicionados inadequadamente ou sofrer os efeitos indiretos deletérios de tal problema (Azevedo et al., 2000, p. 3).

## **2. Procedimentos metodológicos: estratégias de identificação, variáveis e dados**

A Lei nº 12.305 de 2010 (Lei de Resíduos Sólidos) definiu como resíduos sólidos os materiais, as substâncias, os objetos ou bens descartados resultantes de atividades humanas, para os quais a destinação final procede nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o lançamento na rede de esgoto ou em corpos d’água ou, para isso, exijam soluções inviáveis técnica ou economicamente. Ao mesmo tempo, definiu rejeitos como resíduos que, depois de esgotadas as possibilidades de tratamento e de recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não tenham outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada. Intrínseca a tais definições está a distinção entre destinação e disposição finais.

Segundo a mesma Lei, o primeiro termo refere-se à destinação de resíduos sólidos, que inclui reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético. O segundo refere-se à distribuição ordenada de rejeitos em aterros sanitários. Deve-se destacar que tanto a destinação quanto a disposição ambientalmente adequada devem observar normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. Assim, torna-se relevante entender, mesmo que brevemente, as diferenças entre “lixões”, aterros controlados e aterros sanitários, locais que ainda são, no Brasil, os principais destinos tanto a rejeitos como a resíduos.

De acordo com FEAM (2006), “lixão” (ou vazadouro) é o mesmo que disposição a “céu aberto”, caracterizada pela descarga dos resíduos sobre o solo, sem critérios técnicos e medidas de proteção ambiental. O aterro controlado é uma técnica na qual os resíduos são cobertos por camada de material inerte; entretanto, não há a impermeabilização da base (podendo comprometer a qualidade do solo e das águas subterrâneas), nem sistema de tratamento de percolado (chorume mais água de infiltração) ou de extração e de queima controlada dos gases gerados. Assim, mesmo que os resíduos sejam compactados e recebam recobrimento (fisicamente confinados), seus efluentes, líquidos e gasosos, podem contaminar solo, subsolo e atmosfera, pois não são submetidos a tratamentos que eliminem ou, pelo menos, reduzam seu potencial poluidor. Logo, o aterro controlado minimiza impactos ambientais, mas estes persistem.

Já o aterro sanitário é uma técnica que usa alguns princípios de engenharia para o confinamento dos resíduos à menor área possível e os reduz ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra (argila ou material inerte) na conclusão de cada dia de trabalho. Tal método deve contar, ainda, com

os seguintes sistemas para a proteção ambiental: impermeabilização de base e laterais; recobrimento diário e da cobertura final das plataformas; coleta e drenagem de líquidos percolados; coleta e tratamento dos gases; drenagem superficial; tratamento de líquidos percolados e monitoramento (FEAM, 2006).

Assim, dentre as técnicas comentadas, os aterros sanitários são os mais ambientalmente adequados para a disposição final de rejeitos. No Brasil, os serviços de coleta seletiva, de triagem e de tratamento e o aproveitamento energético são poucos utilizados, dificultando o reuso, a recuperação e a reciclagem dos resíduos. Assim, os resíduos domiciliares e de limpeza pública (urbanos), sejam resíduos propriamente ditos ou rejeitos, também acabam sendo destinados a lixões, a aterros controlados ou a aterros sanitários (Toneto Júnior et al., 2014). Diante de tais aspectos, optou-se aqui por considerar os aterros sanitários como a forma de disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos (ou de rejeitos) urbanos.

Tais fatos, associados à provável relação saúde-resíduos definida na seção anterior, fundamentam as três hipóteses testadas neste estudo: (i) a existência de aterro em um município, ao refletir a adequação, pelo menos em parte, da disposição final dos resíduos sólidos urbanos, melhoraria as condições de saúde de seus residentes; (ii) a qualidade dos aterros também influenciaria as condições de saúde da população; e (iii) municípios que afastam os resíduos sólidos urbanos de seus territórios – os destinam (“exportam”) a aterros em outros municípios – também podem apresentar indicadores de saúde diferentes dos demais.

Para averiguar se a existência de aterro em um município afeta a saúde de seus residentes, são feitas estimações econométricas com dados de todos os municípios brasileiros referentes a 2008, ano em que foi realizada a última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) do IBGE. Como a informação sobre a existência de aterro nos municípios pode ser obtida somente para este ano (*cross-section*), as estimações (robustas) são feitas por *Mínimos Quadrados Ordinários (MQO)*. Os modelos baseiam-se na equação (1).

$$M_i = \alpha_0 + \alpha_1 A_i + \alpha_2 X_i + \alpha_3 L_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

sendo:  $M_i$  as variáveis dependentes do município  $i$ ;  $\alpha_0$  a constante;  $A_i$  a variável de interesse;  $\alpha_1$  o coeficiente associado a esta;  $X_i$  o vetor de variáveis de controle;  $\alpha_2$  o vetor de coeficientes associados a elas;  $L_i$  o vetor de *dummies* locais;  $\alpha_3$  o vetor de coeficientes associados a elas e  $\varepsilon_i$  o termo errático.

As duas variáveis dependentes  $M_i$  são: *coeficiente de morbidade hospitalar* (número de internações por 100 habitantes) e *coeficiente de mortalidade* (número de óbitos por 100 habitantes). Os dados para as internações são disponibilizados pelo Sistema de Informações Hospitalares (SIH) do Sistema Único de Saúde (SUS), por meio de seu Departamento de Informática (DATASUS), sob a responsabilidade do Ministério da Saúde. Para serem reembolsadas pelas internações, as unidades hospitalares participantes do SUS (públicas ou privadas) enviam as informações aos gestores municipais ou estaduais de saúde, por meio de “Autorizações de Internações Hospitalares” (AIHs). Estas são encaminhadas ao DATASUS, que as processa e as disponibiliza. Os dados sobre óbitos são originários do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM). As secretarias municipais e estaduais de saúde coletam estes dados nas declarações de óbitos registradas em cartórios e os encaminham ao DATASUS, que os consolidam e os disponibilizam.

É corriqueiro uma pessoa residir em um município, mas ser internada ou ter seu óbito registrado em outro. Como é plausível supor que a saúde desta seja afetada pelas condições ambientais, sociais e econômicas do local no qual reside, os dados de internações e óbitos são coletados segundo o município de residência. Optou-se por calcular os indicadores para 100 habitantes, ao contrário de outros trabalhos e estatísticas oficiais que usam bases superiores, para que estes sugiram a probabilidade de que uma pessoa ser internada ou morrer. Tal interpretação sofre duas ressalvas: não há informações se uma mesma pessoa foi internada mais de uma vez e não é possível avaliar se uma pessoa já estava doente antes de falecer (Funasa, 2002). As informações sobre as populações municipais são disponibilizadas pelo IBGE.

Como já mencionado, a literatura sinaliza certa superioridade no uso da morbidade hospitalar como indicador de saúde para avaliações de efeitos de intervenções no saneamento. Considerando tal fato, vale apontar alguns problemas dos dados utilizados. No caso da morbidade, o principal problema é que são disponibilizados somente para as internações financiadas pelo SUS e não para as custeadas por planos e seguros privados. Porém, internações financiadas pelo SUS correspondem à parcela significativa do total (mais de 60%, segundo o Ministério da Saúde). Além disso, na estratégia de identificação, detalhada mais adiante, a morbidade é avaliada por causas específicas. As informações sobre estas podem ter problemas derivados de erros de diagnósticos, de inconsistências, de ausência de clareza e de lacunas nos prontuários

médicos, o que seria potencializado por baixo treinamento e conhecimento dos profissionais responsáveis pela codificação e consolidação dos prontuários. Além disso, há um incentivo adverso dos mecanismos de reembolso dos gastos hospitalares. Trabalhos que averiguaram a qualidade dos dados do SIH apontam maior confiabilidade para categorias mais agregadas de diagnósticos, principalmente para doenças que apresentam sintomas semelhantes<sup>6</sup>. Mais adiante ficará claro que tal sugestão é adotada neste estudo.

Na mortalidade, erros de diagnósticos também podem ocorrer, mas tendem a ser menores, pois há um documento único e padronizado para que seja declarado o óbito (certidão de registro) e é menor o incentivo adverso dos mecanismos de reembolsos. Segundo Laurenti et al. (2004), o principal problema de indicadores de mortalidade é que, apesar da legislação exigir que todas as mortes sejam registradas, com a definição da causa, há subnotificação, em especial devido a sepultamentos em cemitérios clandestinos, o que é associado à pobreza e prevalente em áreas rurais. Porém, os mesmos defendem que mesmo que os dados não reflitam bem as condições de saúde de um local em um momento, tendências no tempo podem ser aceitas. Ademais, para Wennemo (1993), variações na probabilidade de subnotificação não devem ser grandes para enviesar comparações condicionadas entre locais, como a feita neste estudo. Portanto, diante das potenciais limitações, o uso de dois indicadores para representar as condições de saúde dos municípios (coeficientes de morbidade e de mortalidade) garante maior robustez aos resultados.

Na equação (1), o termo  $A_i$  representa a variável de interesse: *dummy aterro*, que assume o valor 1 nos municípios que, em 2008, possuíam aterro sanitário em seus territórios. Se seu coeficiente ( $\alpha_1$ ) for negativo e significativo, será uma evidência favorável à interpretação de que a disposição ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos nos municípios melhoraria as condições de saúde das pessoas, resultando em menor morbidade hospitalar e/ou mortalidade. Segundo a PNSB, aproximadamente 27% dos municípios (1.540) possuíam aterros sanitários em 2008; assim, em 73% (4.111) isto não ocorria.

Deve-se ressaltar que os dados disponíveis da PNSB possibilitam averiguar apenas os prováveis efeitos da existência ou não de aterros nos municípios, o que garante somente uma perspectiva parcial das condições da disposição final dos resíduos sólidos urbanos nestes. Porém, seria interessante considerar a qualidade dos aterros. Para isso, optou-se por realizar estimações com dados do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Trata-se de uma pesquisa feita anualmente nos municípios paulistas para avaliar as condições ambientais e sanitárias das instalações de disposição final dos resíduos sólidos domiciliares urbanos. Para isso, é aplicado um questionário padronizado com três partes (atributos locacionais, infraestrutura implantada e condições operacionais). As características pesquisadas são utilizadas no cálculo do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) para cada um dos municípios paulistas. A cada pergunta é atribuído peso específico entre 0 e 5. Todos os pontos são somados e o valor (130 no máximo) é dividido por 13. Assim, o IQR varia entre 0 e 10 e, conforme a pontuação alcançada, as instalações são classificadas como *inadequadas* (0 a 6), *controladas* (6,1 a 8,0) ou *adequadas* (8,1 a 10). Na falta de melhor explicação pela CETESB, no presente estudo, a classificação inadequada é interpretada como correspondendo aos lixões (vazadouros).

Os modelos estimados baseiam-se nas equações (2) e (3). O fato dos inventários da CETESB serem anuais e abrangerem, em cada ano, todos os municípios paulistas possibilita que as estimações (robustas) sejam feitas por métodos com painel (balanceado) de dados. Assim, em comparação aos testes anteriores, é considerada uma amostra menor de municípios (645, ao invés de 5.418), mas sendo possível controlar prováveis efeitos de características não observadas diferentes entre os municípios e constantes no tempo (efeitos fixos). Para isso, é usado o estimador *Within*. Ademais, é feito o teste de Hausman para avaliar a adequação do método de efeitos fixos em comparação ao de efeitos aleatórios. Com a variável *tendência* ( $T_t$ ) em (3), são controladas características não observadas fixas entre os municípios e variantes no tempo.

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 IQR_{A_{it}} + \beta_2 IQR_{C_{it}} + \beta_3 ER_{it} + \beta_4 X_{it} + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 IQR_{A_{it}} + \beta_2 IQR_{C_{it}} + \beta_3 ER_{it} + \beta_4 X_{it} + T_t + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (3)$$

sendo:  $M_i$  as variáveis dependentes do município  $i$  no ano  $t$ ;  $\beta_0$  a constante;  $AA_{it}$ ,  $AC_{it}$  e  $ER_{it}$  as variáveis de interesse;  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$  os coeficientes associados a estas;  $X_{it}$  o vetor de variáveis de controle (covariadas);  $\beta_4$  o vetor de coeficientes associados a elas;  $T_t$  a tendência;  $\mu_i$  os efeitos fixos e  $\epsilon_{it}$  o erro.

<sup>6</sup> Conferir, por exemplo: Mathias e Soboll (1998) e Laurenti et al. (2004).



As variáveis independentes  $M_{it}$  continuam a ser os *coeficientes de morbidade hospitalar e de mortalidade*, mas, agora, correspondem a valores do município  $i$  no ano  $t$ . O período considerado será o de 2003 a 2011 ( $t = 2003, \dots, 2011$ ). O ano inicial é o primeiro para o qual a CETESB disponibiliza o inventário; o final é o último no qual foi utilizada a mesma metodologia de classificação das instalações<sup>7</sup>.

Por meio das informações dos inventários da CETESB, são construídas as variáveis de interesse das novas estimações, representadas nas equações (2) e (3) pelos termos  $IQRA_{it}$ ,  $IQRC_{it}$  e  $ER_{it}$ . O primeiro corresponde à *dummy IQR-Adequado*, igual a 1 nos municípios que, no ano  $t$ , dispõem seus resíduos sólidos urbanos em aterros em seus territórios classificados como adequados pela CETESB. O segundo é a *dummy IQR-Controlado*, igual a 1 nos municípios que dispõem, em  $t$ , resíduos em aterros em seus territórios classificados como controlados. Outra informação interessante que consta nos inventários é quais municípios “exportam” seus resíduos a instalações localizadas nos territórios de outros municípios, prática que é autorizada pela Lei Federal nº 12.305, a chamada Lei de Resíduos Sólidos. Construída por tal informação, a última variável de interesse é a *dummy exportam resíduos*, igual a 1 nos municípios que, em  $t$ , destinam seus resíduos a instalações fora de seus territórios. Assim, o grupo de comparação (controle) é formado pelos municípios com instalações inadequadas (lixões/vazadouros a céu aberto)<sup>8</sup>.

Deve-se ressaltar que os municípios que “exportam” resíduos são um contrafactual interessante de se considerar, sendo o mais próximo que se chegaria de uma situação em que não existem resíduos. Se os coeficientes das variáveis de interesse ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$ ) forem negativos e significativos, serão encontradas evidências que não refutam as hipóteses de que a qualidade da disposição dos resíduos nos municípios ou o afastamento deles de seus territórios melhorariam, na média, as condições de saúde de seus residentes.

A variável *tendência* ( $T_t$ ) busca controlar características não observadas fixas entre os municípios e variantes no tempo. Por exemplo, alterações institucionais podem afetar da mesma forma as condições de saúde de todos os municípios, porém com efeitos distintos no tempo. Por outro lado, leis promulgadas no período, como a Lei do Saneamento Básico de 2007 (Lei Federal nº 11.445) e a Lei de Resíduos Sólidos de 2010 (Lei Federal nº 12.305), podem ter induzido melhorias, no tempo, das condições da disposição nos municípios, o que tornaria a variável *tendência* colinear à evolução da distribuição dos municípios de IQR-Inadequado (grupo de controle). A Tabela 1 mostra evidências neste sentido, o que justifica, para testar a robustez dos resultados, estimações sem e com a *tendência* – equações (2) e (3), respectivamente.

**Tabela 1 – Municípios paulistas: evolução da distribuição segundo os grupos de IQR e a “exportação” de resíduos**

Anos	IQR-Adequado		IQR-Controlado		IQR-Inadequado		“Exportam” Resíduos		Total
	Número	% no Total	Número	% no Total	Número	% no Total	Número	% no Total	
2003	227	35,19	227	35,19	176	27,29	62	9,61	645
2004	213	33,02	213	33,02	187	28,99	63	9,77	645
2005	262	40,62	262	40,62	151	23,41	73	11,32	645
2006	235	36,43	235	36,43	139	21,55	88	13,64	645
2007	230	35,66	230	35,66	133	20,62	97	15,04	645
2008	239	37,05	239	37,05	54	8,37	124	19,22	645
2009	290	44,96	290	44,96	8	1,24	157	24,34	645
2010	282	43,72	282	43,72	26	4,03	169	26,20	645
2011	262	40,62	262	40,62	25	3,88	179	27,75	645

Fonte: CETESB, Inventários Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares de 2003 a 2011. Elaboração própria.

A Tabela 1 mostra, ainda, que há variações, no tempo, do número de municípios paulistas em cada um dos grupos de IQR e de “exportadores” de resíduos. Esta variabilidade transversal e longitudinal é importante para que seja possível estimar, com dados em painel por efeitos fixos, modelos nos quais as variáveis de interesse são *dummies*, o que ocorre no presente estudo. Em relação aos efeitos fixos, que são representados nas equações (2) e (3) por  $\mu_i$ , vale apontar que, além de lidarem com o potencial viés de seleção decorrente de características não observadas fixas no tempo, controlam aspectos específicos de cada município (por exemplo, culturais, climáticos e de relevo) que podem influenciar seus indicadores

<sup>7</sup> Já há dados de 2012 e a 2013. Porém, optou-se por não utilizá-las devido à mudança da metodologia de classificação.

<sup>8</sup> A opção por *dummies* justifica-se pelo objetivo de comparar (e destacar) municípios inadequados aos demais. A alternativa (uso dos valores do IQR), não deixaria clara tal comparação. Ademais, é uma variável com baixa variabilidade e construída, não apresentando, assim, distribuição adequada, o que exigiria o emprego de métodos mais sofisticados de estimação.

de saúde. Caldwell (1990), por exemplo, discute os efeitos de alguns atributos fixos no tempo sobre as condições epidemiológicas de uma localidade. A questão do viés de seleção será retomada mais adiante.

Embora não seja trivial controlar efeitos fixos em estimações em *cross-section*, como as referentes aos modelos baseados na equação (1), optou-se, neste caso, por controlar pelas variáveis  $L_i$ , *dummies* locais do município dentro de seu estado e no país. Estas são apresentadas no Quadro 2. Espera-se, assim, controlar possíveis efeitos sobre os indicadores epidemiológicos de características não observadas que podem ser similares nos municípios que compõem cada um dos grupos locais; porém, diferentes entre os grupos<sup>9</sup>. É importante ressaltar que, por refletirem características constantes no tempo, estas *dummies* locais não foram inseridas no painel, pois, se fossem, seriam captadas pelos efeitos fixos.

**Quadro 2 – Descrição das variáveis de controle  $L_i$  da equação (1): *dummies* de localização do município  $i$**

Variáveis	Descrições
<i>Dummy</i> Capital	Assume o valor 1 nos municípios que são capitais estaduais ou na Federal
<i>Dummy</i> Região Metropolitana	Assume o valor 1 nos municípios que pertencem a uma região metropolitana
<i>Dummy</i> Região Norte	Assume o valor 1 nos municípios localizados na Região Norte
<i>Dummy</i> Região Nordeste	Assume o valor 1 nos municípios localizados na Região Nordeste
<i>Dummy</i> Região Centro-Oeste	Assume o valor 1 nos municípios localizados na Região Centro-Oeste
<i>Dummy</i> Região Sul	Assume o valor 1 nos municípios localizados na Região Sul

As demais variáveis de controle são as mesmas nos dois grupos de estimações (MQO ou painel). Em (1), são representadas por  $X_i$ ; em (2) e (3), por  $X_{it}$ . Estas, que são justificadas no final da seção, foram escolhidas por representarem atributos municipais observados que a literatura sugere que impactam sobre a saúde das pessoas e sobre a existência e a qualidade de aterros nos municípios. Assim, espera-se lidar com o potencial viés de auto seleção<sup>10</sup>. Ou seja, com a possibilidade de que os indicadores de saúde sejam determinados por atributos municipais que também determinariam sua forma de disposição dos resíduos.

Apesar do controle por características não observadas constantes no tempo (efeitos fixos) – modelos baseados nas equações (2) e (3) – e por características observadas que afetariam tanto as condições de saúde dos residentes dos municípios como, provavelmente, a forma de disposição dos resíduos urbanos, é importante lidar com a possibilidade de que atributos não observados variantes no tempo, que podem determinar as condições de saúde, sejam distintos entre municípios com diferentes formas de disposição.

Assim, para garantir maior robustez à interpretação dos possíveis resultados obtidos como efeitos causais, será adotada uma estratégia de identificação já usada em alguns estudos, como Galiani et al., (2005), que é fundamentada por elementos defendidos pela literatura já discutidos: estimação do efeito da situação do serviço de saneamento sobre a saúde por causas específicas (doenças) e faixas etárias. A ideia é que se o efeito for observado nas doenças mais redutíveis a ações no saneamento e nas faixas etárias mais vulneráveis a este, ele pode ser interpretado, com maior robustez, como uma relação de causalidade.

Deve-se fundamentar um pouco mais tal estratégia. Inicialmente, vale enfatizar que a disposição final de resíduos sólidos urbanos é um dos serviços que compõem o manejo de resíduos, que, por sua vez, integra o saneamento básico. O aterro é uma forma de disposição final considerada como ambientalmente adequada. A inadequação deste pode causar várias doenças, mas há um conjunto mais restrito que é mais diretamente associado aos serviços de saneamento em geral e que, por isso, é recomendado pela literatura para avaliações de efeitos destes. Na verdade, há a sugestão de que o conjunto seja ainda mais restrito e que avaliações considerem doenças diarreicas, por ser a diarreia sintoma de etiologias distintas, mas com a transmissão da maioria pela via feco-oral, sem hospedeiros intermediários. Os serviços de saneamento são importantes medidas de controle, de modo que as respostas da incidência delas às condições do setor seriam mais diretas e imediatas. Ademais, a diarreia é sintoma semelhante de doenças distintas. Assim, segue-se a recomendação de usar categorias agregadas de doenças para suavizar erros de diagnósticos.

Outra recomendação da literatura de saúde é a avaliação dos efeitos de intervenções nos serviços de saneamento com indicadores de morbidade e/ou de mortalidade por doenças diarreicas que consideram

<sup>9</sup> Para a localização dentro de um estado, a base de comparação (*default*) é o conjunto de municípios do interior. Para a localização no país, a base de comparação (*default*) é o conjunto de municípios da região Sudeste.

<sup>10</sup> O viés de auto seleção é discutido na literatura de avaliação de tratamentos oriunda do modelo Roy-Rubin (Roy, 1951; Rubin, 1974). Para detalhes sobre como a inclusão de covariadas que também afetariam o *status* do tratamento (no caso, a forma de disposição) e os efeitos fixos lidam com a auto seleção, ver, entre outros, Angrist e Pischke (2009).

crianças de até 5 anos. Como já mencionado, crianças nesta faixa etária são mais vulneráveis a doenças associadas aos serviços de saneamento, de modo que estes afetam diretamente suas condições de saúde.

Ademais, há trabalhos que subdividem as crianças mais vulneráveis em duas faixas etárias: de 0 a 1 ano e de 1 a 5 anos. Tal divisão permite considerar o fato de que é até o primeiro ano que os óbitos são mais influenciados pelo saneamento. Do 1º e o 5º ano, estes tendem a serem menores, pois as crianças sofrem menos por problemas na gestação e no parto, os sistemas imunológicos são mais desenvolvidos e as mais propensas a falecerem já podem ter morrido no primeiro ano. Assim, é possível que, do 1º ao 5º ano, fiquem doentes por tais problemas, mas a probabilidade de óbito seria menor. Deve-se considerar, ainda, que o óbito de crianças de até 1 ano pode ser diagnosticado pela causa final, mas que elas tenham sofrido outras doenças que as debilitaram e contribuíram para a morte (causas múltiplas). Portanto, a agregação das duas faixas etárias (de 0 a 1 ano com de 1 a 5 anos) pode enviesar avaliações de efeitos dos serviços de saneamento, o que justifica a divisão em duas faixas etárias para a realização das análises.

Considerando todos estes aspectos, para testar a validade dos possíveis resultados obtidos como relações de causalidade (efeitos causais), é adotada a estratégia de identificação de averiguar os efeitos da existência de aterros, da qualidade destes e da “exportação” de resíduos sobre indicadores municipais de morbidade hospitalar e de mortalidade por doenças específicas em diferentes faixas etárias. Os modelos baseiam-se nas equações (1) e (2), sendo empregado o método e o período correspondente a cada uma delas – MQO e painel de dados com efeitos fixos, respectivamente. Contudo, as variáveis dependentes, representadas pelos termos  $M_i$  e  $M_{it}$ , respectivamente, passarão a corresponder aos coeficientes de morbidade hospitalar e de mortalidade por grupos de doenças em faixas etárias distintas. Pelo mesmo motivo da análise total, os indicadores são considerados para 100 habitantes da respectiva faixa etária.

Os grupos de doenças (causas específicas) considerados são: *doenças diarreicas; demais doenças saneamento e outras doenças*. As doenças que compõem os dois primeiros grupos foram apresentadas anteriormente (Quadro 1). As demais doenças (terceiro grupo) são todas as outras que podem resultar em internações ou em óbitos, excetuando-se as associadas ao saneamento e a causas externas. Os dados para o cálculo destas variáveis também são oriundos do DATASUS. Deve-se ressaltar, ainda, que são cinco as faixas etárias levadas em conta: *menos de 1 ano; 1 a 5 anos; 5 a 15 anos; 15 a 64 anos e mais de 64 anos*.

Primeiramente, são estimados os efeitos da existência ou da qualidade dos aterros e da “exportação” de resíduos sobre indicadores municipais de morbidade hospitalar e de mortalidade devido a *doenças diarreicas e demais doenças saneamento* em todas as faixas etárias. Nas faixas em que pelo menos um dos efeitos for significativo, são realizadas estimações para o mesmo indicador, mas por *outras doenças*. Se os resultados estiverem de acordo com a literatura de saúde, eles podem ser interpretados, com maior robustez, como efeitos causais da existência de aterros sanitários, da qualidade destes ou da “exportação” de resíduos sobre as condições de saúde das pessoas. Para isso, o ideal é que sejam constatados efeitos significativos nos indicadores que consideram as doenças mais redutíveis a intervenções no saneamento, em especial as diarreicas, nas faixas etárias mais vulneráveis (menores de 5 anos), e efeitos com sinais opostos ou não significativos nos indicadores de saúde por outras doenças nas mesmas faixas etárias.

Para finalizar, é importante justificar as variáveis de controle. Estas são apresentadas no Quadro 3. Nas estimações baseadas em (1), as variáveis referem-se ao ano de 2008 (MQO); nas estimações baseadas em (2) e (3), referem-se aos anos de 2003 a 2011 (painel). Primeiramente, vale ressaltar que a relação saúde-saneamento foi discutida anteriormente, sendo destacado que todos os serviços de saneamento afetariam a saúde das pessoas, não apenas a disposição final dos resíduos sólidos urbanos. É importante, então, controlar as situações de outros serviços, o que é feito pelas variáveis *acesso lixo, acesso água e acesso esgoto*<sup>11</sup>. Estas refletem as coberturas pelas formas apontadas como as ambientalmente adequadas.

As coberturas dos serviços em termos populacionais são fundamentais para a eficácia dos serviços em termos de efeitos sobre a saúde. A justificativa para tal argumento seria intuitiva: uma pessoa que não possui acesso a formas adequadas buscará outros meios de obtenção da água necessária para a sobrevivência (poços ou nascentes, por exemplo) e de afastamento do esgoto e do “lixo” dos domicílios (lançamento em terrenos baldios ou em rios e lagos), fatores que podem contaminar o solo e fontes de

<sup>11</sup> Os dados para o cálculo destas variáveis para os municípios são disponibilizados apenas para anos censitários (2000 e 2010). Por entender que são controles fundamentais, optou-se por calcular as respectivas taxas de variações anuais médias de 2000 a 2010, em cada município, e depois aplicá-las para o cálculo dos indicadores nos anos não censitários (todos, exceto 2010).

recursos hídricos e culminar na proliferação de doenças. Em relação ao *acesso lixo*, deve-se fazer um comentário adicional: é importante controlar a parcela dos domicílios que possuem coleta adequada de seus resíduos, uma vez que estes são encaminhados aos locais de disposição e, na ausência da coleta, são “jogados” em terrenos e recursos hídricos, aumentando a exposição das pessoas a seus efeitos deletérios.

**Quadro 3 – Descrições e fontes das variáveis de controle ( $X_i$  ou  $X_{it}$ ) – características municipais observadas**

Variáveis	Descrições	Fontes
Acesso Lixo	Razão entre os domicílios com coleta de lixo (por serviço de limpeza) e o número total de domicílios	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
Acesso Água	Razão entre os domicílios com abastecimento de água (por rede geral) e o número total de domicílios	
Acesso Esgoto	Razão entre os domicílios com coleta de esgoto (por rede geral) e o número total de domicílios	
PIB <i>per capita</i>	Produto Interno Bruto <i>per capita</i> (R\$ de 2000)	
População	População total ou na faixa etária (milhões de habitantes)	
Densidade Demográfica	Densidade demográfica (milhares de habitantes por km <sup>2</sup> )	Ministério do Trabalho e Emprego
Fundamental	Razão entre os empregados formais com ensino fundamental completo ou mais e o número total de empregados formais	
Terciário	Razão entre os empregados formais nos setores de comércio e de serviços e o número total de empregados formais	Ministério da Fazenda
Bens Meritórios <sup>(a)</sup>	Razão entre a despesa com bens meritórios e a despesa orçamentária (média dos 4 anos anteriores)	
Bem-Estar <sup>(b)</sup>	Razão entre a despesa com bem-estar e a despesa orçamentária (média dos 4 anos anteriores)	
Imunização	Cobertura das imunizações (% da população alvo)	Ministério da Saúde e IBGE
Leitos SUS	Número de leitos de unidades hospitalares participantes do Sistema Único de Saúde (SUS) por 1.000 habitantes	
Outros Leitos	Número de leitos de unidades hospitalares não participantes do Sistema Único de Saúde (SUS) por 1.000 habitantes	

Observações: <sup>(a)</sup> Despesas com educação, cultura, habitação, urbanismo, saúde e saneamento. <sup>(b)</sup> Despesas com assistência e previdência.

O nível de desenvolvimento de uma localidade pode resultar em maiores conscientização ambiental e sobre a saúde, controle social e capacidades de arrecadar e, conseqüentemente, de investir. Além disso, os serviços de saneamento básico apresentam economias de escala e de densidade. Tais fatores justificam o controle pelas variáveis *PIB per capita*, *população*, *densidade demográfica* e *fundamental* como possíveis determinantes da existência e da qualidade de aterros. Evidências neste sentido são apresentadas por Burai et al. (2012). Estas variáveis também podem influenciar a saúde dos indivíduos em um local.

Segundo diversos trabalhos, como Wennemo (1993) e Wang (2003), o nível de renda da população (*PIB per capita*) é um determinante fundamental das condições de saúde das pessoas. Uma renda mais elevada viabiliza o acesso a quantidades adequadas de alimentos, o que determina o estado nutricional, o desenvolvimento fisiológico e imunológico e, assim, a suscetibilidade a contrair doenças. Ao mesmo tempo, possibilitaria a aquisição de medicamentos e o pagamento por serviços privados de saúde. Em termos agregados, as capacidades de arrecadação e, assim, de investimento de uma localidade, que seriam mais elevadas quanto maior for o nível de renda, também podem se refletir sobre os serviços de saúde.

Grande parte das doenças associadas ao saneamento, apresentadas no Quadro 1, é transmissível de pessoa a pessoa pelas contaminações do solo ou dos recursos hídricos, como ocorre nas diarreicas, ou por insetos vetores. Assim, é plausível afirmar que quanto maior e mais concentrada a população, maior será a proliferação destas, justificando o controle pela *população* e pela *densidade demográfica*<sup>12</sup>. Ademais, economias de escala e de densidade provavelmente também existem nos serviços públicos de saúde.

Como já mencionado, o nível de educação pode influenciar a demanda da população por serviços ambientalmente mais adequados e a capacidade desta de exercer controle social neste sentido, o que pode afetar a situação da disposição final de resíduos sólidos urbanos. Ademais, a educação sanitária também determina a incidência de doenças associadas ao saneamento. Segundo Caldwell (1990), pessoas mais

<sup>12</sup> Nas estimações por faixas etárias, a população total é substituída pela população da respectiva faixa etária, uma vez que as análises passam a ser em relação à incidência de doenças em cada uma das faixas.

educadas são mais informadas e, conseqüentemente, adotam práticas de higiene pessoal e doméstica que reduzem a proliferação de doenças, potencializando impactos positivos da adequação do saneamento ou amenizando impactos negativos da inadequação. Na ausência de outros dados para todos os municípios em todos os anos, é utilizada a *proxy fundamental*, calculada com informações de empregos formais.

Também devido à indisponibilidade de dados anuais para todos os municípios em todo o período, a variável *terciário* é outra calculada com informações de empregos formais. Corresponde à participação do comércio e dos serviços no total de empregos e é controlada como uma *proxy* para a taxa de urbanização. Considera-se o fato destas atividades serem predominantemente urbanas, de modo que, quanto maior a parcela dos empregados nelas, mais elevada tende a ser a urbanização de um local. O controle justifica-se pela possível distribuição desigual, defendida por Wang (2003), de infraestruturas e de serviços de saúde entre áreas urbanas e rurais. Pode refletir, ainda, diferenças nas capacidades de arrecadar e de investir dos municípios, pois a base tributária municipal é composta por impostos incidentes sobre as propriedades urbanas e sobre atividades de serviços. Tal fato pode afetar serviços de saúde e de disposição de resíduos.

Alguns estudos, como Wennemo (1993) e Wang (2003), avaliaram a relação entre indicadores de saúde de uma localidade e gastos públicos com seguridade social (previdência, assistência social e saúde) e com outras funções que podem influenciar a saúde (educação, saneamento básico, habitação, urbanismo e cultura). Estes estudos defendem que tais gastos, ao beneficiarem segmentos mais pobres da população, reduzem a proporção de pessoas na pobreza e na extrema pobreza e, conseqüentemente, com problemas de nutrição e sem acesso a serviços e a bens de saúde, diminuindo, assim, a propensão a ficarem doentes. As variáveis *bens meritórios* e *bem-estar* buscam controlar os possíveis impactos dos gastos públicos<sup>13</sup>.

De acordo com Wang (2003), a imunização a doenças é uma importante ação preventiva. Assim, a cobertura vacinal pode influenciar as condições de saúde de seus residentes, o que é controlado pela variável *imunização*<sup>14</sup>. As variáveis *leitos SUS* e *outros leitos* são *proxies* para controlar a disponibilidade de serviços de tratamento de agravos à saúde. Como destaca Wennemo (1993), tal disponibilidade influencia diretamente os indicadores de saúde de uma localidade. A desagregação em dois grupos de leitos tem o intuito de controlar o modo predominante da gestão dos serviços de saúde (pública ou privada) nos municípios, o que pode resultar em diferenciais de eficiência e eficácia e, conseqüentemente, determinar as condições de saúde. Evidências destes diferenciais são mostradas na literatura sobre o tema.

### **3. Análise dos resultados: evidências da relação resíduos-saúde**

A seguir, são analisados os resultados para avaliar efeitos da disposição ambientalmente adequada de resíduos sólidos urbanos sobre indicadores municipais de saúde. Devido à restrição de espaço e à menor importância para a discussão, os resultados das variáveis de controle não são reportados. Estes podem ser obtidos junto aos autores. Portanto, são analisados apenas os coeficientes das variáveis de interesse. Por serem *dummies*, se significativos, estes devem ser interpretados como internações ou óbitos (por 100 habitantes), na média, superiores ou inferiores aos dos municípios com disposição inadequada.

A Tabela 2 apresenta os resultados referentes às estimações robustas por MQO que consideram como variáveis dependentes os indicadores municipais de *morbidade hospitalar* e *de mortalidade*. Os coeficientes associados à *dummy aterro* são negativos e significativos para os dois indicadores. No caso da morbidade hospitalar, é significativo a 5% e representa que, nos municípios que possuem aterros sanitários em seus territórios, ocorrem, na média, 0,0758 internações (por 100 habitantes) a menos do que nos municípios sem aterros. Considerando o indicador médio de morbidade hospitalar da amostra em 2008 (6,0762, segundo informações do Ministério da Saúde), o efeito médio da existência de aterro é uma redução média de aproximadamente 1,25% do número de internações hospitalares por 100 habitantes.

No caso da mortalidade, o coeficiente associado à *dummy aterro* é negativo, mas significativo a somente a 1%. Considerando o valor obtido, pode-se sugerir que, nos municípios com aterros sanitários em seus territórios, aconteceram, na média, 0,0064 óbitos (por 100 habitantes) a menos do que nos

<sup>13</sup> Variáveis que adaptam a classificação de despesas por funções de Oxley e Martin (1991). Optou-se por considerar as médias destas variáveis nos quatro anos anteriores a *t* em função das despesas públicas poderem ser influenciadas por ciclos eleitorais e da possibilidade de seus impactos sobre os indicadores de saúde de uma localidade não serem imediatos.

<sup>14</sup> Maiores informações podem ser obtidas no *site*: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/pni/cpnidescr.htm>.

municípios sem aterros. Confrontando ao indicador médio de mortalidade da amostra em 2008 (0,5403, segundo informações do Ministério da Saúde), o efeito médio da existência de aterro sanitário em um município é uma redução média de aproximadamente 1,18% do número de óbitos (por 100 habitantes).

**Tabela 2 – Efeitos da existência de aterros sobre a morbidade e a mortalidade (2008) – municípios brasileiros**

Variáveis / Indicadores	Morbidade Hospitalar	Mortalidade
Aterro	-0,0758** (0,0303)	-0,0064* (0,0036)
Controles	Sim	Sim
<i>Dummies</i> Locacionais	Sim	Sim
Constantes	Sim	Sim
Observações	5.418	5.418
Prob > F	0,0000	0,0000
R <sup>2</sup>	0,1335	0,3371

Observações: erros-padrão robustos entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

Os resultados das estimações que consideram como variáveis dependentes indicadores municipais de morbidade hospitalar e de mortalidade por grupos de doenças relacionadas ao saneamento (diarreicas e demais), segundo cinco faixas etárias, são apresentados nas Tabelas 3 e 4. No caso da morbidade por doenças diarreicas, são observados coeficientes negativos e significativos associados à *dummy aterro* na segunda (1 a 5 anos) e na última (mais de 64 anos) faixas etárias – a 5% e a 1%, respectivamente. O efeito médio na infância seria um número de internações (por 100 habitantes da faixa etária) de 0,0931 casos a menos. Nos idosos, por sua vez, o efeito médio é de -0,0679 casos (por 100 habitantes da faixa etária). Na Tabela 3, verifica-se, ainda, um coeficiente negativo e significativo (a 1%) associado à *dummy aterro* no caso da morbidade por demais doenças associadas ao saneamento na quarta faixa etária (15 a 64 anos).

Conforme pode ser observado na Tabela 4, no caso da mortalidade por doenças diarreicas, foram obtidos coeficientes negativos e significativos da *dummy aterro* na segunda (1 a 5 anos) e na última (mais de 64 anos) faixas etárias – a 10% e a 5%, respectivamente. Para as crianças, o efeito médio é de -0,0009 óbitos (por 100 habitantes da faixa etária). Já nos idosos, o efeito é de -0,0041 óbitos (por 100 habitantes da faixa etária). Observa-se, ainda, um coeficiente negativo e significativo (a 5%) associado à *dummy aterro* na mortalidade por demais doenças associadas ao saneamento na quarta faixa etária (15 a 64 anos).

Portanto, as evidências encontradas possibilitam interpretar, com certa robustez, os efeitos médios estimados associados à *dummy aterro* como causais (relações de causalidade). Primeiramente, por terem sido observados coeficientes negativos e significativos para os dois indicadores de saúde considerados (morbidade hospitalar e mortalidade) pelas mesmas doenças (causas) e nas mesmas faixas etárias. Em segundo lugar, conforme pode ser verificado na Tabela 5, por não serem constatados coeficientes significativos associados à *dummy aterro* nestas faixas etárias (1 a 5 anos, 15 a 64 anos e mais de 64 anos), quando são consideradas outras doenças não diretamente relacionadas ao saneamento básico pela literatura de saúde, tanto para indicadores municipais de morbidade hospitalar como de mortalidade. A atribuição de uma relação de causalidade também não pode ser refutada pelo fato dos resultados serem favoráveis à estratégia de identificação: coeficientes significativos (e negativos) para as doenças mais redutíveis a ações no saneamento (diarreicas) e em segmento de idade mais vulnerável à inadequação deste (menores de 5 anos). Vale ressaltar que há significância apenas nas crianças de 1 a 5 anos, e não nas menores de 1 ano. O problema já apontado de diagnosticar apenas pela causa final e não pelas múltiplas causas que podem ter debilitado a criança e a levado ao óbito seria uma possível explicação.

Dentre os principais grupos de riscos a problemas na disposição dos resíduos, podem ser destacados os “catadores de lixo” e os funcionários que lidam diretamente com o manejo do “lixo”. É plausível supor que estes sejam compostos, prioritariamente, por adultos e idosos, o que justificaria os efeitos médios significativos nestas faixas etárias. Ademais, idosos tendem a possuir sistemas imunológicos debilitados, o que pode contribuir para que contraiam diversas doenças (GEIB, 2012). Explicações mais detalhadas fogem do escopo deste estudo. O fato importante a ressaltar é que os resultados encontrados sinalizam que a existência de aterro sanitário em um município, ao refletir, pelo menos parcialmente, a adequação da disposição final de seus resíduos sólidos urbanos, impacta positivamente sobre as condições de saúde de seus residentes, reduzindo seus indicadores epidemiológicos (morbidade hospitalar e mortalidade).

Tabela 3 – Efeitos da existência de aterros sobre a morbidade por doenças relacionadas ao saneamento, segundo faixas etárias (2008) – municípios brasileiros

Variáveis / Faixas Etárias / Doenças	Menos de 1 Ano		1 a 5 Anos		5 a 15 Anos		15 a 64 Anos		Mais de 64 Anos	
	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento
Aterro	-0,0873 (0,0807)	0,0126 (0,0205)	-0,0931** (0,0287)	-0,0004 (0,0070)	-0,0076 (0,0152)	-0,0060 (0,0037)	-0,0128 (0,0091)	-0,0082*** (0,0030)	-0,0679*** (0,0232)	-0,0026 (0,0064)
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Dummies</i> Locacionais	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418
Prob > F	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
R <sup>2</sup>	0,1049	0,0145	0,1023	0,0478	0,0759	0,1024	0,1206	0,0945	0,1749	0,0614

Observações: erros-padrão robustos entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

Tabela 4 – Efeitos da existência de aterros sobre a mortalidade por doenças relacionadas ao saneamento, segundo faixas etárias (2008) – municípios brasileiros

Variáveis / Faixas Etárias / Doenças	Menos de 1 Ano		1 a 5 Anos		5 a 15 Anos		15 a 64 Anos		Mais de 64 Anos	
	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento
Aterro	-0,0041 (0,0035)	0,0015 (0,0013)	-0,0009* (0,0005)	0,0002 (0,0004)	-0,0003 (0,0005)	0,0001 (0,0001)	-0,0001 (0,0001)	-0,0007** (0,0003)	-0,0041** (0,0016)	-0,0041 (0,0031)
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Dummies</i> Locacionais	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418
Prob > F	0,0000	0,0071	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
R <sup>2</sup>	0,0312	0,0090	0,0120	0,0091	0,0058	0,0060	0,0045	0,0289	0,0276	0,0466

Observações: erros-padrão robustos entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

**Tabela 5 – Efeitos da existência de aterros sobre a morbidade e a mortalidade por outras doenças (não diretamente relacionadas ao saneamento), segundo faixas etárias (2008) – municípios brasileiros**

Variáveis / Indicadores / Faixas Etárias	Morbidade			Mortalidade		
	1 a 5 Anos	15 a 64 Anos	Mais de 64 Anos	1 a 5 Anos	15 a 64 Anos	Mais de 64 Anos
Aterro	0,0587 (0,0991)	0,0656 (0,0603)	0,2977 (0,2250)	-0,0003 (0,0037)	-0,0027 (0,0037)	0,0107 (0,0368)
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Dummies</i> Locacionais	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418	5.418
Prob > F	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
R <sup>2</sup>	0,1161	0,0903	0,1563	0,0113	0,1690	0,1706

Observações: erros-padrão robustos entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

A Tabela 6 mostra os resultados das estimações em painel (municípios paulistas) que consideram os *coeficientes de morbidade hospitalar e de mortalidade* como variáveis dependentes. A *especificação I*, que corresponde à equação (2), é usada como base para as análises; já a *especificação II* corresponde à equação (3), na qual é controlada a variável tendência para testar a robustez dos resultados. Outro aspecto a ser apontado é que, nas duas especificações, nos dois indicadores, o teste de Hausman sinaliza o método de painel com efeitos fixos como o mais adequado. Assim, são analisados os resultados advindos deste.

**Tabela 6 – Efeitos da qualidade dos aterros e da “exportação” de resíduos sobre a morbidade e a mortalidade (2003-2011) – municípios paulistas**

Variáveis / Indicadores / Especificações	Morbidade Hospitalar		Mortalidade	
	I	II	I	II
IQR-Adequado	-0,0295** (0,0140)	-0,0441** (0,0199)	-0,0033 (0,0044)	-0,0002 (0,0063)
IQR-Controlado	-0,0240** (0,0115)	-0,0225** (0,0107)	-0,0118 (0,0255)	-0,0087 (0,0108)
Exportam Resíduos	-0,2036** (0,0969)	-0,1098** (0,0494)	-0,0050 (0,0067)	-0,0037 (0,0050)
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim
Tendência	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	5.805	5.805	5.805	5.805
Prob > F	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
R <sup>2</sup> (overall)	0,0022	0,0186	0,0122	0,0127
Teste de Hausman	267,69***	302,79***	190,47***	131,02***

Observações: erros-padrão robustos entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

Na mortalidade, nas duas especificações, os coeficientes associados às variáveis de interesse são negativos, mas não significativos. Na morbidade, são negativos e significativos a 5%, o que é observado sem ou com o controle da tendência. Na *especificação I*, observa-se que o coeficiente associado à *dummy IQR-Adequado* sinaliza -0,0295 internações (por 100 habitantes) a menos do que a média; o coeficiente da *dummy IQR-Controlado* é igual a -0,0240 internações (por 100 habitantes); e o coeficiente da *dummy exportam resíduos* é -0,2036 internações (por 100 habitantes). Comparando com a morbidade hospitalar média dos municípios paulistas da amostra no período de 2003 a 2011 (7,1354, segundo o Ministério da Saúde), tais efeitos médios correspondem a reduções médias de 0,41%, 0,34% e 2,85%, respectivamente.

Os resultados dos testes que consideram como variáveis dependentes indicadores de morbidade hospitalar e de mortalidade por grupos de doenças relacionadas ao saneamento básico e faixas etárias são apresentados nas Tabelas 7 e 8. Na mortalidade, não há coeficientes significativos para as variáveis de interesse em nenhuma faixa etária. O mesmo na morbidade por demais doenças relativas ao saneamento. Na morbidade por doenças diarreicas, os coeficientes são negativos e significativos em três faixas etárias. Nas crianças menores de 1 ano, o coeficiente da *dummy IQR-Adequado* (significativo a 1%) é de -0,3782 internações; o coeficiente associado à *dummy IQR-Controlado* (significativo a 5%) é igual a -0,2827; e o coeficiente associado à *dummy exportam resíduos* (significativo a 1%) é igual a -0,3974 internações.



**Tabela 7 – Efeitos da qualidade dos aterros e da “exportação” de resíduos sobre a morbidade por doenças relacionadas ao saneamento, segundo faixas etárias (2003-2011) – municípios paulistas**

Variáveis / Faixas Etárias / Doenças	Menos de 1 Ano		1 a 5 Anos		5 a 15 Anos		15 a 64 Anos		Mais de 64 Anos	
	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento
IQR-Adequado	-0,3782*** (0,1217)	0,0193 (0,0204)	-0,1105** (0,0498)	-0,0017 (0,0046)	0,0045 (0,0098)	-0,0005 (0,0028)	-0,0030 (0,0052)	0,0021 (0,0025)	-0,0670*** (0,0219)	0,0017 (0,0057)
IQR-Controlado	-0,2827** (0,1264)	0,0155 (0,0144)	-0,1058** (0,0491)	-0,0019 (0,0045)	0,0093 (0,0091)	-0,0010 (0,0028)	-0,0062 (0,0054)	0,0012 (0,0021)	-0,0538*** (0,0210)	0,0047 (0,0053)
Exportam Resíduos	-0,3974*** (0,1181)	0,0188 (0,0159)	-0,1529*** (0,0518)	0,0030 (0,0069)	-0,0197 (0,0198)	0,0041 (0,0029)	-0,0074 (0,0047)	-0,0014 (0,0025)	-0,0723*** (0,0183)	0,0092 (0,0125)
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	5.805	5.805	5.805	5.805	5.805	5.805	5.805	5.805	5.805	5.805
Prob > F	0,0000	0,0000	0,0051	0,0067	0,0000	0,0078	0,0000	0,0011	0,0000	0,0012
R <sup>2</sup> (overall)	0,0035	0,0105	0,0078	0,0017	0,0010	0,0029	0,0023	0,0010	0,0021	0,0043

Observações: erros-padrão robustos entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

**Tabela 8 – Efeitos da qualidade dos aterros e da “exportação” de resíduos sobre a mortalidade por doenças relacionadas ao saneamento, segundo faixas etárias (2003-2011) – municípios paulistas**

Variáveis / Faixas Etárias / Doenças	Menos de 1 Ano		1 a 5 Anos		5 a 15 Anos		15 a 64 Anos		Mais de 64 Anos	
	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento	Diarreicas	Demais Saneamento
IQR-Adequado	-0,0040 (0,0046)	-0,0004 (0,0008)	-0,0013 (0,0015)	0,0004 (0,0004)	0,0000 (0,0001)	0,0000 (0,0000)	0,0001 (0,0002)	0,0004 (0,0004)	-0,0016 (0,0023)	-0,0021 (0,0043)
IQR-Controlado	0,0020 (0,0047)	-0,0011 (0,0008)	-0,0003 (0,0014)	0,0003 (0,0003)	-0,0001 (0,0001)	0,0001 (0,0001)	0,0001 (0,0001)	0,0000 (0,0004)	0,0005 (0,0022)	-0,0049 (0,0041)
Exportam Resíduos	-0,0064 (0,0049)	-0,0009 (0,0008)	-0,0001 (0,0011)	0,0001 (0,0007)	-0,0001 (0,0001)	0,0000 (0,0001)	-0,0003 (0,0002)	0,0004 (0,0005)	-0,0046 (0,0054)	-0,0040 (0,0037)
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	5.805	5.805	5.805	5.805	5.805	5.805	5.805	5.805	5.805	5.805
Prob > F	0,0000	0,0010	0,0012	0,0013	0,0015	0,0012	0,0000	0,0030	0,0000	0,0033
R <sup>2</sup> (overall)	0,0010	0,0011	0,0020	0,0011	0,0010	0,0009	0,0002	0,0013	0,0010	0,0012

Observações: erros-padrão robustos entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

Nas crianças de 1 a 5 ano, o coeficiente da *dummy IQR-Adequado* (significativo a 5%) é de -0,1105 internações; o coeficiente da *dummy IQR-Controlado* (significativo a 5%) é de -0,1058; e o coeficiente da *dummy exportam resíduos* (significativo a 1%) é de -0,1529. Nos idosos, o coeficiente da *dummy IQR-Adequado* (significativo a 1%) é igual a -0,0670; o coeficiente da *dummy IQR-Controlado* (significativo a 1%) é igual a -0,0538; e o coeficiente da *dummy exportam resíduos* (significativo a 1%) é igual a -0,0723.

A Tabela 9 mostra que, tanto nas crianças (menores de 1 ano e de 1 a 5 anos) como nos idosos (mais de 64 anos), não foram constatados coeficientes significativos associados às variáveis de interesse ao ser considerada a morbidade por outras doenças não diretamente relacionadas ao saneamento. Assim, apesar de não serem observados efeitos significativos sobre a mortalidade, considerando a estratégia de identificação, as relações negativas entre internações hospitalares e qualidades dos aterros (e “exportação” de resíduos), podem ser interpretadas como efeitos causais. Os resultados são significativos no indicador apontado como o mais adequado para tal análise (morbidade), nas doenças, direta e imediatamente, mais redutíveis a intervenções no saneamento (diarreicas) e na faixa etária mais vulnerável (abaixo de 5 anos).

**Tabela 9 – Efeitos da qualidade dos aterros e da “exportação” de resíduos sobre a morbidade por outras doenças (não diretamente relacionadas ao saneamento), segundo faixas etárias (2003-2011) – municípios paulistas**

Variáveis / Faixas Etárias	Menos de 1 Ano	1 a 5 Anos	Mais de 64 Anos
IQR-Adequado	0,1624 (0,4209)	0,1390 (0,1296)	-0,2502 (0,2877)
IQR-Controlado	0,4083 (0,3970)	0,1068 (0,1193)	-0,4847 (0,4962)
Exportam Resíduos	-0,3737 (0,5044)	-0,1714 (0,1627)	-0,6626 (0,7673)
Controles	Sim	Sim	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim
Observações	5.805	5.805	5.805
Prob > F	0,0000	0,0015	0,0000
R <sup>2</sup> (overall)	0,0050	0,0048	0,0046

Observações: erros-padrão robustos entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

Outros aspectos garantem robustez à atribuição de causalidade. O primeiro refere-se à evidência de que, quanto melhor a instalação utilizada para a disposição final de resíduos sólidos urbanos, menores são as internações no município (total e por doenças diarreicas nas crianças e nos idosos). Este fato pode ser verificado comparando os coeficientes das *dummies IQR-Adequado* e *IQR-Controlado*: os efeitos médios da situação adequada são superiores aos da situação controlada. Ademais, os coeficientes da *dummy exportam resíduos* possuem magnitudes superiores aos das *dummies* de qualidade dos aterros. Ou seja, as internações hospitalares são, na média, inferiores nos municípios que destinam seus resíduos a instalações em outros territórios. Dessa forma, é plausível supor que estes municípios não sofrem as externalidades negativas ambientais e, conseqüentemente, sobre a saúde pública que podem decorrer da disposição final dos resíduos sólidos. As externalidades podem ocorrer, mesmo que acidentalmente, em locais adequados.

Deve-se considerar, ainda, que a qualidade dos aterros e a “exportação” de resíduos relacionam-se à morbidade por doenças diarreicas nas crianças e nos idosos. Ou seja, no mesmo indicador e nas mesmas faixas etárias que foram observados efeitos da existência de aterros. Em conjunto, todos os resultados permitem afirmar, com certa robustez, que a disposição ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos melhora as condições de saúde das pessoas e, conseqüentemente, reduz indicadores municipais de saúde. Portanto, as evidências obtidas sugerem que a relação saúde-resíduos, ainda pouco explorada pela literatura empírica, existe e é positiva para a qualidade da disposição dos resíduos sólidos urbanos.

### **Considerações finais**

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos sobre a saúde (relação saúde-resíduos), medida por indicadores municipais de morbi-mortalidade. Para atingir o objetivo, foram testadas três hipóteses: a existência de aterro sanitário

em um município, ao refletir, ao menos parcialmente, a adequação da disposição dos resíduos urbanos, melhoraria as condições de saúde de seus residentes; a qualidade dos aterros também influenciaria a saúde da população; e municípios que destinam (“exportam”) resíduos a instalações em outros locais também apresentariam indicadores de saúde diferentes dos demais. As evidências não refutaram estas hipóteses.

Pode-se afirmar, então, que a existência de aterro sanitário em um município afeta positivamente a saúde das pessoas. Para tal análise, foram realizadas estimações por MQO que abrangeram todos os municípios brasileiros com dados referentes a 2008. Foram observados efeitos negativos e significativos associados à existência de aterros na morbidade hospitalar e na mortalidade, no total e nas doenças mais redutíveis a ações de saneamento (diarreicas) e em segmento de idade (1 a 5 anos) dentro da faixa etária mais vulnerável a problemas na adequação dos serviços de saneamento (menos de 5 anos). Ademais, não foram constatados efeitos significativos neste segmento etário pelas doenças não diretamente relacionadas ao saneamento, tanto na morbidade como na mortalidade. Assim, pela estratégia de identificação adotada, a relação encontrada pode ser interpretada como de causalidade dos aterros sobre a saúde (efeito causal).

Em estimações em painel por efeitos fixos, com dados anuais dos municípios paulistas referentes ao período de 2003 a 2011, oriundos da CETESB, os resultados sinalizaram que a qualidade do aterro e a “exportação” de resíduos para outros locais impactam positivamente sobre a saúde da população e, assim, melhoram indicadores de saúde municipais. Neste caso, somente a morbidade sofreria efeitos, inclusive nas doenças mais redutíveis (diarreicas) a intervenções no saneamento e na faixa etária mais vulnerável (menores de 5 anos). Assim, tais resultados podem ser interpretados, com robustez, como efeitos causais.

Conjuntamente, os resultados sugerem que a disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos urbanos resulta em externalidades positivas sobre a saúde dos indivíduos e, conseqüentemente, melhora indicadores municipais de saúde. Assim, existiria a aqui denominada relação saúde-resíduos, que ainda é pouco explorada na literatura empírica, ao menos no Brasil. O estudo contribui para esta lacuna na literatura e mostra evidências que sinalizam a importância da disposição final de resíduos para as políticas públicas. Trata-se de um serviço com efeitos ambientais e, conseqüentemente, sobre a saúde. No curto prazo, pode afetar despesas públicas e impor privações à saúde, restringindo as capacitações individuais. No longo prazo, pode influenciar dimensões dos pilares relevantes para o desenvolvimento sustentável.

### **Referências bibliográficas**

- ANGRIST, J. D.; PISCHKE, J. S. *Mostly harmless econometrics: an empiricist's companion*. Princeton University Press, Princeton, 2009.
- AZEVEDO, M. A.; AZEVEDO, E. A.; HELLER, L. “Bases metodológicas para o desenvolvimento de uma classificação ambiental para as doenças relacionadas aos resíduos sólidos”. *XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*. ABES, Porto Alegre, 2000.
- BRISCOE, J. “Evaluating water supply and other health programs: short-run vs long-run mortality effects”. *Public Health*, v.99, n.3, p. 142-145, May, 1985.
- BRISCOE, J.; FEACHEM, R. G.; RAHAMAN, M. M. “Evaluating health impact; water supply, sanitation, and hygiene education”. *International Development Research Centre*, Ottawa, 1986.
- BURAI, W. A. S.; SAIANI, C. C. S.; KUWAHARA, M. Y. “Existência de aterros sanitários nos municípios brasileiros: determinantes socioeconômicos e impactos sobre a saúde”. *XVII Encontro Nacional de Economia Política*, 2012.
- CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R. G. *Environmental health engineering in the tropics: an introductory text*. John Wiley & Sons, Chichester, 1990.
- CALDWELL, J. C. “Cultural and social factors influencing mortality levels in developing countries”. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, v.510, Jul., 1990.
- CVJETANOVIC, B. “Health effects and impact of water supply and sanitation”. *World Health Statistics Quarterly*, v.39, p.105-117, 1986.

- ESREY, S. A.; POTASH, J. B.; ROBERTS, L.; SHIFF, C. "Health benefits from improvements in water supply and sanitation: survey and analysis of the literature on selected diseases". *WASH Technical Report*, n.66, Washington, 1990.
- FEAM. *Orientações básicas para a operação de aterro sanitário*. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Belo Horizonte, 2006.
- FERREIRA, J. A.; DOS ANJOS, L. A. "Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais". *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, p. 689-696, mai-jun, 2001.
- FORATTINI, O. P. "Aspectos epidemiológicos ligados ao lixo". In: USP/FSP/OMS/OPAS, *Lixo e limpeza pública*. São Paulo, 1969.
- FUNASA. *Textos de Epidemiologia para vigilância ambiental em saúde*. Fundação Nacional de Saúde, Ministério da Saúde, 2002.
- GALIANI, S.; GERTLER, P.; SCHARGRODSKY, E. "Water for life: the impact of the privatization of water services on child mortality". *Journal of Political Economy*, v.113, n.1, 2005.
- GEIB, L. T. C. "Determinantes sociais da saúde do idoso". *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 17, n. 1, 2012.
- GRADSTEIN, M.; JUSTMAN, M. "The democratization of political elites and the decline inequality in modern economic growth". In: BREZIS, E.; TEMIN, P. (eds.). *Elites, Minorities and Economic Growth*, Elsevier, Amsterdam, 1999.
- HELLER, L. *Saneamento e Saúde*. Organização Pan-Americana da Saúde, Brasília, 1997.
- HELLER, L.; CATAPRETA, C. A. A. "Metodologia para avaliação do impacto dos resíduos sólidos domésticos sobre a saúde de uma população". *Anais do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Foz do Iguaçu, 1997.
- LAURENTI, R.; MELLO-JORGE, M. H. P.; GOTLIEB, S. L. D. A confiabilidade dos dados de mortalidade e morbidade por doenças crônicas não-transmissíveis. *Ciência & Saúde Coletiva*, 2004.
- MARA, D. D.; FEACHEM, R. G. A. "Water and excreta related diseases: unitary environmental classification". *Journal of Environmental Engineering*, n.125, 1999.
- MATHIAS, T. A. F.; SOBOLL, M. L. M. S. "Confiabilidade de diagnósticos nos formulários de autorização de internação hospitalar". *Revista de Saúde Pública*, v.32, n.6, dez., 1998.
- NUSSBAUM, M. C. *Creating capabilities: the human development approach*. Harvard University, 2011.
- NUSSBAUM, M. C.; SEN, A. (orgs) *La calidad de vida*. Fondo de Cultura económica, Mexico, 1996.
- OLIVEIRA, W. E. "Socio economic, environmental and health implications of solid wastes". *Regional Symposium Solid Wastes*, St. Domingo, República Dominicana. 1978.
- OXLEY, H.; MARTIN, J. P. "Controlling government spending and deficit: trends in the 1980s and prospects for the 1990s". *OECD Economic Studies*, n.17, 1991.
- ROBEYNS, I. "The capability approach: a theoretical survey". *Journal of Human Development and Capabilities*, v. 6, n. 1, p. 93-117, 2005.
- ROY, A. D. "Some thoughts on the distribution of earnings". *Oxford Economic Papers*, v.3, n.2, 1951.
- RUBIN, D. B. "Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies". *Journal of Educational Psychology*, v.66, n.5, 1974.
- SCRIMSHAW, N. S.; TAYLOR, C. E.; GORDON, J. E. "Interactions of nutrition and infection. *World Health Organization Monograph Series*, n. 57, Geneva, 1968.
- SEN, A. *Desenvolvimento como liberdade*. Companhia das Letras, São Paulo, 2000.
- SEN, A. *Desigualdade re-examinada*. Record, Rio de Janeiro, 2001.
- TONETO JÚNIOR, R.; SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J. (orgs.). *Resíduos sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da Lei Federal nº 12.305 (Lei de Resíduos Sólidos)*, Manole, 2014.
- VICTORA, C. G.; GRASSI, P. R.; SCHMIDT, A. M. "Situação de saúde da criança em área da região sul do Brasil, 1980-1992: tendências temporais e distribuição espacial". *Revista de Saúde Pública*, 1994.
- WANG, L. "Determinants of child mortality in LDCs: empirical findings from demographic and health surveys". *Health Policy*, v.65, n.3, Sep., 2003.
- WENNEMO, I. "Infant mortality, public policy and inequality – a comparison of 18 industrialized countries". *Sociology of Health & Illness*, v.15, n.4, 1993.