

## SAÚDE, SANEAMENTO BÁSICO E CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA ANÁLISE PARA AS UNIDADES FEDERATIVAS BRASILEIRAS

Carlos César Santejo Saiani<sup>1</sup>  
Wallace da Silva de Almeida<sup>2</sup>  
Janaína Cabral da Silva<sup>3</sup>  
Ednando Batista Vieira<sup>4</sup>

### RESUMO

O objetivo deste artigo foi avaliar se indicadores de *déficit* de acesso a serviços de saneamento básico e de morbidade (total e infantil) associada à ausência de saneamento, considerados como medidas indiretas de degradação ambiental (fontes e consequências), apresentam relações com o nível de renda *per capita* de acordo com as hipóteses da Curva Ambiental de Kuznets ("U-invertido") ou da sua principal crítica (formato "N"). Por meio de estimações econométricas em painel com dados de todas as unidades federativas brasileiras referentes aos anos de 2004 a 2013, foram obtidas evidências que não corroboram as duas hipóteses. Na verdade, para as *proxies* adotadas, sinalizam uma relação entre a degradação e a renda em formato próximo a um "N-invertido", o que sugere que a degradação reduz com o crescimento econômico em níveis baixos de renda, aumenta em níveis intermediários e volta a diminuir em maiores níveis.

**Palavras-chave:** Crescimento Econômico; Saneamento Básico; Saúde; Dados em Painel.

### BASIC SANITATION, HEALTH AND ECONOMIC GROWTH: AN ANALYSIS FOR THE BRAZILIAN FEDERATIVE UNITS

### ABSTRACT

The objective of this article was to evaluate whether indicators of access deficit to basic sanitation services and of morbidity (total and child) associated with the absence of sanitation - indirect measures of environmental degradation - are related to the level of per capita income according to the Hypotheses of the Environmental Kuznets Curve ("U-inverted") or its main criticism ("N" format). From econometric estimates with panel data referring to all Brazilian federal units for the years 2004 to 2012, we obtained evidence that does not corroborate the two hypotheses. The results suggest that environmental degradation is reduced with economic growth at low income levels, increases at intermediate levels and decreases again at higher levels. Therefore, it signals to a format close to that of an "N-inverted".

**Keywords:** Economic Growth; Basic Sanitation; Health; Panel Data.

**JEL:** O18; Q01; Q25

---

<sup>1</sup> Professor Doutor do IERI/UFU e do PPGE/UFU. Doutor em Economia pela EESP/FGV  
E-mail: ssaiani@ufu.br

<sup>2</sup> Professor da UNIRV. Mestre em Economia pela UFPE. E-mail: wallacealmeida88@hotmail.com

<sup>3</sup> Doutoranda em Economia pelo PPGE/UFU. E-mail: janaina.12@gmail.com

<sup>4</sup> Professor da UEG. Mestre em Economia pela UFV. E-mail: ednandobv@hotmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

A conexão entre degradação ambiental e crescimento econômico instiga um amplo debate na literatura. Há trabalhos que defendem a expansão econômica contínua como inconciliável com a sustentabilidade ambiental. Outros trabalhos advogam que não há associação imediata ou que a relação entre a degradação e o crescimento não é linear. Para Beckerman (1992), por exemplo, inicialmente, o crescimento resulta em degradação; porém, ao longo do tempo, cria condições para alcançar um ambiente mais preservado. Tal argumento baseia-se na hipótese da Curva Ambiental de Kuznets (CAK), segundo a qual, em menores níveis de renda, a degradação aumenta com o crescimento, mas reduz em níveis maiores. Ou seja, existiria uma relação no formato de um “U-invertido” entre a degradação e a renda (GROSSMAN; KRUEGER, 1991).

Vários trabalhos, com diferentes estratégias empíricas, testam a validade da hipótese da CAK. Alguns a corroboram, principalmente para a degradação do ar; outros a refutam, obtendo outros formatos para a relação degradação-renda. Dentre os formatos alternativos, o que mais se destaca na literatura é o próximo a um “N”. A hipótese decorrente é que a degradação voltaria a aumentar com o crescimento em níveis mais elevados de renda (JONES; MANUELLI, 1998).

No geral, os trabalhos com avaliações empíricas das hipóteses da CAK e do formato “N” utilizam medidas diretas de degradação ambiental, principalmente emissões e concentrações de poluentes. Poucos trabalhos usam medidas indiretas, como fontes de potenciais impactos sobre o ambiente, sendo a ausência de acesso a serviços de saneamento básico um exemplo (SHAFIK; BANDYOPADHYAY, 1992), assim como medidas para consequências desta ausência, dentre as quais podem ser destacados os efeitos deletérios sobre as condições de saúde dos indivíduos.

O presente estudo pretende contribuir para o preenchimento de tal lacuna na literatura. O objetivo é avaliar se indicadores de *déficit* de acesso a serviços de saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo) e de saúde (internações hospitalares totais e infantis) associadas a problemas no saneamento apresentam relações com o nível de renda no formato da CAK ou do “N”. Para isso, são realizadas estimações econométricas em painel com

dados das unidades federativas brasileiras (Distrito Federal e estados) referentes ao período de 2004 a 2013, oriundos da Pesquisas Nacionail por Amostra de Domicílios (PNAD) e do Censo Demográfico de 2010, ambos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) do Ministério da Saúde.

O estudo divide-se em três seções, além desta introdução e das considerações finais. A segunda apresenta uma breve revisão da literatura teórica e empírica relacionada à hipótese da CAK, em especial suas justificativas e críticas, destacando a hipótese da possível relação “N”. Na terceira, são discutidas as estratégias empíricas para o teste das duas hipóteses (medidas de degradação, métodos, modelos e dados). Na quarta, são analisados os resultados encontrados.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO E EMPÍRICO: CAK E OUTROS FORMATOS DA RELAÇÃO DEGRADAÇÃO-RENDA**

Até os anos 1970, existia a crença de que o crescimento econômico é a principal fonte de problemas ambientais. Porém, como os recursos ambientais eram relativamente abundantes, a questão tinha pouco destaque nos debates econômicos. À medida que as escalas de produção e consumo expandiram, a possível restrição ambiental ao crescimento ganhou destaque no debate econômico (MEADOWS et al., 1972). Porém, diversos trabalhos, ao considerarem a relevância de efeitos de alterações educacionais, tecnológicas, econômicas e de políticas, decorrentes do crescimento, defendem este como capaz de lidar com problemas ambientais, não existindo um *trade-off* entre crescimento e degradação (BECKERMAN, 1992; SELDEN; SONG, 1994).

Destacam-se, nesse sentido, os trabalhos seminais de Grossman e Krueger (1991), Shafik e Bandyopadhyay (1992) e Panayotou (1993), nos quais foi levantada a hipótese de uma relação não linear no formato de um “U-invertido” entre a degradação ambiental e o nível de renda. Ou seja, a degradação, em níveis baixos (iniciais) de renda, expande com o crescimento; contudo, atingida dada renda (*turning point*), o crescimento resulta em queda da degradação. Tal hipótese é chamada de Curva Ambiental de Kuznets (CAK) devido ao formato

similar ao da Curva de Kuznets (CK), que advoga relação desigualdade-renda em “U-invertido” (KUZNETS, 1955).

Pela vertente da economia dual, a elevação da degradação com o crescimento em rendas inferiores advém da transição de uma economia baseada na agropecuária para uma industrial, na qual as intensidades de uso de recursos naturais e emissão de poluentes são maiores. Além disso, a agropecuária passa a degradar mais o ambiente, devido à adoção de práticas modernas de produção, como agrotóxicos (ARROW et al., 1995; BIAGE, 2013; SOUSA et al., 2008; BIAGE; ALMEIDA, 2015). Nessa fase, os agentes estão mais preocupados em elevar produção e consumo. Já a segmento descendente é explicado pela transição da economia industrial para uma baseada em serviços, menos degradantes (YANDLE et al., 2002; ARRAES et al., 2006).

Há trabalhos que apontam a elasticidade-renda da qualidade ambiental como explicação para a CAK, defendendo que, ao longo do crescimento, as pessoas obtêm maior padrão de vida, o que tende a despertar mais interesse por atividades intelectuais e questões ambientais e de saúde, induzindo mudanças estruturais no sistema econômico que visem a queda da degradação. Inclusive, a disposição a pagar por ambiente limpo aumentaria mais do que proporcionalmente ao crescimento do nível de renda (PEZZEY, 1989; SELDEN; SONG, 1994; ROCA, 2003).

Assim, nessa visão, os trabalhos enfatizam o papel da elasticidade-renda da demanda por preservação ambiental e partem do princípio de que pessoas com rendas mais elevadas atribuem maior valor a questões ambientais. O acesso a um ambiente limpo e preservado é considerado, então, um bem superior e a elasticidade-renda da demanda por preservação seria, portanto, a principal explicação para a queda da degradação em função do crescimento a partir de certa renda. Por conseguinte, para a hipótese ser válida, a elasticidade-renda por manufaturados, em especial os intensivos em degradação, é negativa em maiores níveis de renda (BECKERMAN, 1992; SELDEN; SONG, 1994; CARSON et al., 1997; MCCONNELL, 1997; COLE, 2004).

Explicações por efeitos de escala, tecnológico e composição consideram que a expansão produtiva requer o uso de maiores quantidades de recursos naturais, implicando diretamente na ampliação da degradação. Todavia, o efeito

da expansão da escala pode ser, ao menos em parte, mitigado pelo efeito da composição. Isso porque a elevação da renda pode induzir modificações estruturais na economia, com a expansão do setor de serviços, de atividades mais limpas e de tecnologias baseadas em conhecimento intensivo. Assim, o efeito de composição e os avanços tecnológicos podem ser suficientemente fortes para sobrepor a escala (SELDEN; SONG, 1994; GROSSMAN; KRUEGER, 1995; SURI; CHAPMAN, 1998; STERN, 2004; BO, 2011).

Tal argumento é fundamentado pelas teses do progresso tecnológico ser condição para o crescimento e vice-versa e do avanço da conscientização ambiental à medida que aumentam a renda e, conseqüentemente, a parcela da população com mais acesso a educação e informações, o que tende a mudar o padrão de consumo, elevando a demanda por produtos mais limpos. A maior conscientização também pode gerar aumento da demanda por políticas que garantam mais preservação. Ademais, a distribuição mais equitativa do poder político, que pode advir da expansão da renda, tende a resultar em aumento da preservação, pois os mais afetados podem pressionar por medidas preservacionistas (TORRAS; BOYCE, 1998; VUKINA et al., 1999).

Arrow et al. (1995) e Dinda (2004) apontam dois outros fatores associados ao crescimento que podem contribuir para a redução da degradação: a expansão do comércio internacional e a globalização, que favorecem o exercício de pressão dos países desenvolvidos sobre os países em desenvolvimento para que medidas preservacionistas sejam implantadas. Por outro lado, podem propiciar a exportação de produções mais degradantes para países menos desenvolvidos.

A CAK é contestada por trabalhos que defendem a inviabilidade de sua sustentação no longo prazo. O “U-invertido” denotaria, então, estágios iniciais da relação degradação-renda. A partir de dado nível mais elevado (avançado) de renda, ocorreria um novo *turning point* no qual a curva voltaria a ser crescente – a degradação aumentaria com o crescimento. Assim, a relação teria, na verdade, um formato próximo a um “N”. A posterior elevação da degradação decorreria da incapacidade de as instituições internalizarem externalidades da economia e do efeito escala superando novamente efeitos tecnológico e composição (DE

BRUYN, 1997; DE BRUYN et al., 1998; JONES; MANUELLI, 1998; BIAGE, 2013; BIAGE; ALMEIDA, 2015).

Por último, vale apontar que há várias evidências sobre a validade ou não da CAK ou do “N” para vários países e locais do Brasil, com diferentes estratégias empíricas e medidas de degradação. Nenhuma das relações é consensual, existindo, inclusive, evidências de relações não lineares em “U” e “N-invertido”, sendo o primeiro formato contrário à tese do crescimento como solução para a degradação e o segundo favorável, mas com comportamento cíclico. Para evidências internacionais e nacionais, além dos estudos já citados nessa seção, ver, entre outros: Stern et al. (1996), Ciriaci e Palma (2009), Carvalho e Almeida (2010), Oliveira et al. (2011), Saiani et al. (2013), Serrano et al. (2014), Rodrigues et al. (2016) e Almeida et al. (2017).

### 3 ESTRATÉGIAS EMPÍRICAS E DADOS

Em diversos trabalhos, a hipótese da CAK é testada por estimações econométricas com dados em *cross-section*, o que pode ser contestado em função de a relação decorrer de processos dinâmicos de transformações econômicas (primeira seção). Dados em painel são defendidos e, entre as possíveis abordagens, o método de efeitos fixos é apontado na literatura como adequado para a verificação da validade da hipótese, pois permite controlar variáveis omitidas distintas entre as unidades seccionais e fixas no tempo, assim como comuns às unidades e variantes no tempo (FIELDS; JAKUBSON, 1994, MOOMAW; UNRUH, 1997; ARRAES et al. 2006).

A estratégia empírica com dados em painel tradicionalmente utilizada para testar a CAK consiste na estimação de modelos baseados na equação (1), que considera um polinômio de 2º grau referente à medida de crescimento ou desenvolvimento  $D_{it}$  para avaliar a relação desta com a medida de degradação ambiental  $S_{it}$ . Para corroborar a hipótese – constatar relação em “U-invertido” –, os coeficientes do polinômio devem ser significativos, positivo na variável em nível ( $\beta_1 > 0$ ) e negativo ao quadrado ( $\beta_2 < 0$ ). Se tais condições ocorrem, há um *turning point* que representa um ponto de máximo e o nível de crescimento/desenvolvimento médio neste ( $\bar{D}$ ) é obtido pela equação (2). Se os

coeficientes forem significativos, mas com sinais contrários ( $\beta_1 < 0$  e  $\beta_2 > 0$ ), a relação é, na verdade, em “U” e, por (2), é obtido um ponto de mínimo.

$$S_{it} = \beta_0 + \beta_1 D_{it} + \beta_2 D_{it}^2 + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$\bar{D} = -\beta_1 / 2\beta_2 \quad (2)$$

sendo:  $S_{it}$  a medida de degradação ambiental da localidade  $i$  no período  $t$ ;  $D_i$  a medida de crescimento ou desenvolvimento econômico;  $\beta_0$  a constante;  $\beta_1$  e  $\beta_2$  os coeficientes estimados;  $\mu_i$  os efeitos fixos;  $\varepsilon_{it}$  o erro aleatório e  $\bar{D}$  o *turning point*.

No presente estudo, com o intuito de avaliar relações entre indicadores de *déficit* de acesso a saneamento e de saúde associadas a este e a renda das unidades federativas (UFs) brasileiras – estados e Distrito Federal –, são feitas estimações em painel por efeitos fixos (balanceado, estimador *Within* e erros-padrão robustos) baseadas em (1), com  $i$  representando as 27 UFs e  $t$  os anos de 2004 a 2013, escolhidos devido à disponibilidade de dados. Para avaliar a melhor adequação do método de efeitos fixos frente ao de efeitos aleatórios, é feito o teste de Hausman<sup>5</sup>.

As variáveis dependentes  $S_{it}$  são os indicadores do Quadro 1, que representam medidas de *déficit* de acesso a serviços de saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo) e de saúde. Os *déficits* são *proxies* para potenciais fontes de impactos negativos sobre o meio ambiente (SHAFIK; BANDYOPADHYAY, 1992); já os de saúde, são *proxies* para consequências de problemas ambientais advindos de inadequações no saneamento. As informações de acesso e de população são oriundas das Pesquisas Nacionais por Amostra de Domicílios (PNADs) – 2004 a 2009 e 2011 a 2013 – e do Censo Demográfico de 2010, realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); já os dados de saúde, do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) do Ministério da Saúde.

Devido ao menor risco de contaminação de recursos hídricos e solos, a literatura sinaliza a rede geral como a forma mais adequada de abastecimento de água e esgotamento sanitário e, para o lixo, a coleta por serviços de limpeza (diretamente ou por caçambas). Poço e nascente com canalização interna e

<sup>5</sup> Para mais detalhes sobre os aspectos metodológicos, conferir, por exemplo: Wooldridge (2002).

fossa séptica são as opções com menores externalidades para a água e o esgoto, respectivamente. Para o lixo, as opções geram grandes externalidades – por exemplo, despejo em terrenos e em recursos hídricos (ESTACHE et al., 2001; LIBÂNIO et al., 2005).

Quadro 1 – Variáveis dependentes ( $S_{it}$ )

Variáveis	Descrições
<i>Déficit Água</i>	% de pessoas sem acesso a abastecimento de água por rede geral (canalização interna) ou por poço ou nascente (canalização interna)
<i>Déficit Esgoto</i>	% de pessoas sem banheiro de uso exclusivo ou escoadouro conectado à rede geral ou sem fossa séptica ligada ou não à rede coletora
<i>Déficit Lixo Total</i>	% de pessoas sem coleta de lixo por serviço de limpeza
Morbidade Total Saneamento	Internações hospitalares por doenças associadas ao saneamento básico (por 10 mil habitantes)
Morbidade Infantil Saneamento	Internações de crianças de até 5 anos por doenças associadas ao saneamento básico (por 10 mil habitantes da faixa etária)
Morbidade Total Diarreica	Internações hospitalares por doenças diarreicas (por 10 mil habitantes)
Morbidade Infantil Diarreica	Internações de crianças de até 5 anos por doenças diarreicas (por 10 mil habitantes da faixa etária)

Fontes: DATASUS e IBGE.

Considerando tais aspectos e parâmetros da Lei do Saneamento Básico (Lei nº 11.445 de 2007) e de estudos complementares (BRASIL, 2007; SNSA, 2011), optou-se por considerar como *déficit* de acesso a abastecimento de água (*déficit água*) a proporção de residentes em domicílios sem acesso a rede geral com canalização interna ou a poços ou nascentes com canalização interna; no esgotamento (*déficit esgoto*), a proporção de residentes sem banheiro de uso exclusivo ou escoadouro conectado à rede ou sem fossa séptica; já no lixo (*déficit lixo*), a proporção de residentes sem coleta de lixo por serviço de limpeza (direta ou por caçambas).

Assim, na água e no esgoto, considera-se a ação coletiva (rede geral) e as melhores ações individuais alternativas (poços/nascentes e fossas sépticas, respectivamente). Ou seja, formas mais diretamente relacionadas a decisões dos usuários (individuais), mesmo existindo políticas nesse sentido, conjuntamente com formas mais associadas a decisões de provedores (coletivas), pois o acesso depende da adesão dos usuários, mas é necessária a oferta. No lixo, é considerada apenas a ação coletiva, o que torna este serviço



uma importante base de comparação para avaliar os resultados obtidos como advindos de políticas, pois, por ser não exclusivo, o acesso depende menos da adesão dos usuários e mais de ações públicas financiadas por receitas tributárias.

Em relação às *proxies* de saúde, é comum no Brasil uma pessoa residir em um município e ser internada em outro, inclusive de outra UF. Por ser plausível supor que sua saúde é afetada por condições ambientais, sociais e econômicas do local em que reside, os dados de internações são coletados por municípios de residência e agregados pelos respectivos estados. Já a opção por indicadores para 10 mil habitantes segue prática tradicional de estatísticas oficiais no país.

As doenças mais associadas pela literatura ao saneamento são apresentadas no Quadro 2. Uma discussão detalhada sobre cada doença foge do escopo desse estudo. Contudo, deve-se ressaltar que ações nos serviços de saneamento reduzem suas incidências (CAIRNCROSS; FEACHEM, 1990; HELLER, 1997; MARA; FEACHEM, 1999). Os indicadores de morbidade saneamento (Quadro 1) – *morb. saneamento* e *morb. infantil saneamento* – consideram todas as doenças do Quadro 2; já os indicadores de morbidade diarreica (Quadro 1) – *morb. diarreica* e *morb. infantil diarreica* – consideram somente as doenças do respectivo grupo no Quadro 2.

Quadro 2 – Doenças associadas a inadequações dos serviços de saneamento

<b>Categorias</b>	<b>Grupos de Doenças</b>	<b>Doenças</b>
Feco-Oral (Transmissão Hídrica ou Relativa à Higiene)	Diarreicas	Cólera, Infecções por Salmonela, Amebíases, Isosporíases, Outras Infecções Intestinais (bactérias, protozoários ou vírus)
	Febres Entéricas	Febres Tifoides e Paratífoides
	Outras	Hepatite A, Poliomielite, Leptospirose, Ascaridíase, Tricuríase
Inseto Vetor	Procriação na Água	Filariose Linfática, Malária, Doença de Chagas, Dengue, Febre Amarela, Leishmanioses
	Picada Perto de 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: Adaptado de Cairncross e Feachem (1990), Heller (1997) e Mara e Feachem (1999).

Optou-se por realizar estimações específicas para doenças diarreicas para testar a robustez das relações, fundamentando-se no fato de tal grupo ser apontado como o mais diretamente influenciado por problemas no saneamento. As estimações para morbidade infantil também são testes de robustez, pois é a faixa etária mais vulnerável, devido ao desenvolvimento fisiológico das crianças (sistema imunológico em formação) e aos maiores riscos de exposição – ingestão de mais água e alimento em relação ao peso corpóreo, hábito de levarem mãos e objetos à boca e proximidade e permanência no chão. Ademais, é importante analisar crianças em função das doenças poderem afetar desenvolvimento físico-intelectual e desempenho escolar, com efeitos pela vida (BRISCOE et al., 1986; ESREY et al., 1990; VICTORA et al., 1994; HELLER, 1997).

Uma alternativa à morbidade é a mortalidade. Contudo, optou-se por não a usar em função da confiabilidade e validade dos dados, principalmente devido a subnotificações (BRISCOE et al., 1986; WENNEMO, 1993). No Brasil, embora a legislação obrigue o registro de todos os óbitos, não há notificação de grande parcela deles, problema que se concentra nos pobres e em áreas rurais (COSTA et al., 2005; LIBÂNIO et al., 2005) e, por isso, pode enviesar comparações de locais com rendas e urbanizações distintas. Na morbidade, a limitação é a disponibilidade de dados somente para internações no Sistema Único de Saúde (SUS) – simplificada, a rede pública de atendimento de saúde no país. Assim, apenas internações públicas são consideradas. Porém, estas representam grande parcela do total (MS, 2005; BITTENCOURT et al., 2006).

A Tabela 1 apresenta algumas estatísticas descritivas das variáveis dependentes. Observa-se a persistência de *déficits* de acesso aos serviços de saneamento no último ano, principalmente no esgoto. Os *déficits* são diferentes entre as UFs, o que é sinalizado pelos desvios-padrão e diferenças entre máximos e mínimos. Os indicadores médios de saúde, assim como os *déficits*, reduziram no período. Ademais, desvios-padrão, mínimos e máximos sinalizam discrepâncias entre as UFs e morbidades infantis maiores refletem o fato de crianças serem mais vulneráveis.

Voltando a atenção à medida de crescimento/desenvolvimento ( $D_{it}$ ), vale apontar que, apesar de sofrer críticas por não refletir adequadamente o desenvolvimento de um local, a renda *per capita* é a medida mais utilizada para testar a hipótese da CAK, sendo que grande parte dos trabalhos emprega, inclusive, o termo desenvolvimento (NEVE; HAMAIDE, 2017). Como as análises focam a evolução da degradação em distintos níveis de renda e a dinâmica da renda é mais associada ao termo crescimento, este também é usado em trabalhos que testam a CAK.

Tabela 1 – Variáveis dependentes ( $S_{it}$ ): estatísticas descritivas (2004 a 2013)

Indicadores / Estatísticas	2004				2013				2004-2013	
	Méd.	DP.	Mín.	Máx.	Méd.	DP.	Mín.	Máx.	Méd.	$\Delta\%$
Déficit Água	18,4	15,8	0,7	54,9	8,7	8,2	0,6	30,2	12,8	-53
Déficit Esgoto	47,2	24,1	4,9	89,4	36,8	20,3	4,0	70,7	39,8	-22
Déficit Lixo	23,3	13,2	1,8	52,0	18,0	15,5	1,2	76,1	18,9	-23
Morbidade Total Saneamento	46,4	24,3	11,2	97,1	34,7	19,6	10,9	83,7	42,6	-25
Morbidade Infantil Saneamento	182,8	86,5	37,2	356,9	115,5	58,1	37,6	245,6	154,6	-37
Morbidade Total Diarreica	38,7	20,8	8,5	90,8	22,8	17,3	3,4	72,8	31,9	-41
Morbidade Infantil Diarreica	176,0	85,5	30,5	349,6	95,2	55,8	26,5	226,8	140,3	-46

Fontes: IBGE e DATASUS. Elaboração própria.

Observações: Méd. – Média. DP. – Desvio-padrão. Mín. – Mínimo. Máx. – Máximo.  $\Delta\%$  – Variação % das médias de 2004 a 2013.

No presente estudo, mesmo reconhecendo o debate sobre as conceituações de crescimento e desenvolvimento, os termos são adotados como sinônimos para denotar o nível ou a evolução da renda *per capita*. Assim, seguindo a prática mais comum da literatura, utiliza-se o Produto Interno Bruto *per capita* (*PIB per capita*) – em R\$ milhares de 2013 –, calculado pelo somatório dos PIBs municipais de cada UF. As informações para os cálculos são oriundas do IBGE. Na Tabela 2, apresentada mais adiante, constam algumas estatísticas descritivas para a variável.

Um aspecto discutido na primeira seção é a possibilidade de a redução da degradação não ser sustentada em níveis maiores de renda. Assim, a relação degradação-renda teria, na verdade, formato próximo a um “N”. Aqui, essa hipótese também é testada para as variáveis  $S_{it}$  e pelos mesmos métodos.

Seguindo a estratégia padrão da literatura, são estimados modelos baseados na equação (3), que considera um polinômio de 3º grau em relação à variável *PIB per capita*.

$$S_{it} = \beta_0 + \beta_1 D_{it} + \beta_2 D_{it}^2 + \beta_3 D_{it}^3 + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

O “N” é corroborado se os coeficientes do polinômio forem significativos, positivos em nível e ao cubo e negativo ao quadrado ( $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  e  $\beta_3 > 0$ ). Se forem significativos, mas com sinais invertidos ( $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 > 0$  e  $\beta_3 < 0$ ), o formato é um “N-invertido”. Nos dois casos, os dois PIBs *per capita* médios de *turning point* ( $D_1$  e  $D_2$ ) são calculados pelas equações (4) e (5). Para confirmar um dos formatos, é feito o teste da 2ª derivada: obtê-la e substituir os *turning points*; se um dos valores for inferior a zero e o outro superior, há pontos de máximo e mínimo (CHIANG, 1982); se o máximo preceder o mínimo, é corroborado o “N”; se ocorrer o inverso, o “N-invertido”. Já se  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  e  $\beta_3$  for não significativo ou  $\beta_3 < 0$ , observa-se a CAK.

$$D_1 = \frac{-2\beta_2 + \sqrt{(2\beta_2)^2 - 12\beta_1\beta_3}}{6\beta_3} \quad (4)$$

$$D_2 = \frac{-2\beta_2 - \sqrt{(2\beta_2)^2 - 12\beta_1\beta_3}}{6\beta_3} \quad (5)$$

Uma crítica à validação da CAK ou do “N” por estimações econométricas é a relação ser um apenas fenômeno empírico afetado, por exemplo, por variáveis omitidas. Ou seja, existência de atributos locacionais que podem ser relacionados à renda e que influenciam a medida de degradação, mas que não são controlados nas estimações (STERN, 2004). Em estimações em painel, o problema é parcialmente solucionado pelos efeitos fixos ( $\mu_i$ ), que correspondem a atributos não observados fixos entre as UFs e variantes no tempo. Para as medidas desse estudo, Caldwell (1990) discute efeitos de atributos fixos sobre as condições de saúde. Além disso, é plausível supor que atributos deste tipo, como relevo, também afetam o acesso a saneamento.

Ademais, são realizadas estimações adicionais baseadas na equação (6), que considera um vetor de variáveis de controle  $W_{it}$  que representam atributos observados das UFs variantes entre elas e no tempo –  $\beta_4$  é o vetor de coeficientes associados. Os controles são descritos no Quadro 3 e a Tabela 2 apresenta estatísticas descritivas. Estes foram escolhidas por serem atributos

locacionais apontados na literatura como determinantes do acesso a saneamento – pela demanda ou oferta, como recomendado por Rezende et al. (2007) para tal tipo de avaliação – e condicionantes socioeconômicos da complexa cadeia-causal das doenças (BRISCOE, 1987).

$$S_{it} = \beta_0 + \beta_1 D_{it} + \beta_2 D_{it}^2 + \beta_3 D_{it}^3 + \beta_4 W_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

No geral, os dados para o cálculo das variáveis de controle são oriundos do IBGE. Para a variável *pobreza*, também foram coletadas estimativas do Instituto de Estudos do Trabalho e Sociedade (IETS) para a linha de pobreza em cada UF. Alguns trabalhos apresentam evidências para o Brasil que sugerem aumento do acesso a serviços de saneamento à medida que aumentam *população, urbanização e educação* dos locais (REZENDE et al., 2007; SAIANI et al., 2013).

Quadro 3 – Variáveis de controle ( $W_{it}$ )

Variáveis	Descrições
População	População residente (milhares de habitantes)
Urbanização	Proporção da população urbana na população total (%)
Educação	Média de anos de estudo dos residentes nos diferentes estados do Brasil
Pobreza	Proporção da população abaixo da linha de pobreza na população total (%)
Crianças	Proporção da população com até 5 anos na população total (%)

Fontes: IBGE e IETS.

Esses trabalhos defendem que tais relações refletem consequências do crescimento: (i) concentração populacional em áreas urbanas, o que aumenta a proximidade entre as pessoas e, assim, suas capacidades de organização e pressão política; (ii) elevação da parcela da população mais escolarizada e, conseqüentemente, com maior participação no processo político; e (iii) maior conscientização ambiental e sobre saúde. A convergência destes fatores pode gerar maior demanda por serviços de saneamento, o que pressionaria os governantes a investirem no setor.

Tabela 2 – Variáveis explicativas ( $D_{it}$  e  $W_{it}$ ): estatísticas descritivas (2004 a 2013)

Indicadores / Anos / Estatísticas	2004				2013				2004-2013	
	Méd.	DP.	Mín.	Máx.	Méd.	DP.	Mín.	Máx.	Méd.	$\Delta\%$
PIB <i>per capita</i>	7,6	4,8	2,8	25,8	22,3	11,7	9,8	62,9	13,5	193
População	6.849	8.164	382	39.825	7.588	8.883	488	43.664	7.150	11
Urbanização	78,4	9,3	62,4	96,8	77,4	18,0	64,3	96,4	79,3	-1
Educação	6,0	1,1	4,2	8,8	7,3	1,0	5,7	10,0	6,9	22
Pobreza	33,9	12,6	9,0	53,7	16,0	7,3	2,6	28,0	23,8	-53
Crianças	10,4	1,9	5,5	14,3	7,8	1,6	4,0	10,5	9,2	-25

Fontes: IBGE e IETS. Elaboração própria.

Observações: Méd. – Média. DP. – Desvio-padrão. Mín. – Mínimo. Máx. – Máximo.  $\Delta\%$  – Variação % das médias de 2004 a 2013.

Outra explicação é que as relações advêm de economias de escala e densidade existentes em serviços públicos, como os de saneamento e saúde (CASE et al., 1993; BEL et al., 2010). É possível que a população reflita, ainda, o número de contribuintes, que pode viabilizar a oferta dos serviços pela arrecadação de tributos. Ao mesmo tempo, a maioria das doenças do Quadro 2 é transmissível entre as pessoas por contaminações de solos e recursos hídricos ou insetos vetores. Assim, quanto maior e mais concentrada a população, maior tende a ser a incidência delas. Segundo a primeira seção, urbanização e educação também são atributos que explicam a CAK. Assim, ao serem controlados, é verificado se as prováveis relações obtidas se mantêm.

A educação sanitária também é um importante determinante das doenças associadas ao saneamento. Segundo Caldwell (1990), pessoas mais educadas são mais informadas e, por isso, tendem a adotar práticas de higiene que restringem a propagação das doenças, potencializando efeitos positivos da adequação do saneamento ou amenizando efeitos negativos da inadequação.

Como aponta Wennemo (1993), a renda do indivíduo é um condicionante fundamental de sua saúde. Por um lado, renda mais elevada viabiliza quantidades adequadas de alimentos, o que determina estado nutricional, sistema imunológico e, assim, suscetibilidade a doenças; por outro lado, permite a aquisição de medicamentos e serviços de saúde. Tais fatores explicam o controle pela *pobreza*. Pelo último argumento, ela pode controlar diferenças das coberturas dos planos privados de saúde entre as UFs, omitidas devido à indisponibilidade de dados. O controle também se justifica pelo acesso a

abastecimento de água e coleta de esgoto ser cobrado ou exigir gastos com conexão a redes ou instalações sanitárias (REZENDE et al., 2007).

Já a variável *criança* é justificada por controlar o quanto a faixa etária mais vulnerável às doenças associadas ao saneamento representa na população total. Além disso, quanto maior a parcela de crianças, menor a de adultos, que contribuem para a arrecadação tributária, o que pode afetar a capacidade de investimento em serviços públicos. Em contrapartida, a estrutura etária influencia a demanda por tais serviços (CASE et al., 1993). Assim, quanto maior a parcela dos mais vulneráveis, é possível que existam mais pressões por ações no saneamento e na saúde.

Para controlar efeitos de atributos não observados fixos entre as UFs e variantes no tempo, são realizadas estimações baseadas em (7), que inclui uma variável de tendência linear ( $T_t$ ). Por exemplo, a literatura aponta a possibilidade de transição epidemiológica ao longo do tempo – mudanças dos padrões de saúde, como quedas de doenças infecciosas, algumas associadas ao saneamento, devido a transformações demográficas e socioeconômicas (OMRAM, 2001), que podem não ser captadas pelos controles. Ademais, alterações institucionais podem afetar da mesma forma as condições de saúde e o acesso a saneamento nas UFs, mas com efeitos distintos no tempo. Um exemplo é a Lei do Saneamento Básico – Lei Federal nº 11.445 (BRASIL, 2007).

$$S_{it} = \beta_0 + \beta_1 D_{it} + \beta_2 D_{it}^2 + \beta_3 D_{it}^3 + \beta_4 W_{it} + T_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Por último, são realizadas outras estimações baseadas em (7), nas quais, para as variáveis dependentes de saúde, os *déficits* são inseridos como controles. Avalia-se, assim, se as relações para morbidades associadas ao saneamento se mantêm controlando as coberturas dos serviços. Ressalta-se que os acessos a estes são condições necessárias, mas não suficientes, à queda das doenças. Existe, na verdade, uma complexa cadeia causal na qual os serviços de saneamento básico são determinantes intermediários interagindo com outros fatores (BRISCOE, 1987).

#### 4 ANÁLISES DOS RESULTADOS

Para não fugir do escopo do estudo, os resultados dos controles não são reportados. Ou seja, a seguir, são analisados apenas os coeficientes associados ao *PIB per capita*. Em todas as especificações, o teste de Hausman sinaliza a melhor adequação dos efeitos fixos frente aos efeitos aleatórios. Assim, são reportados somente os resultados referentes ao primeiro método<sup>6</sup>. Ao final das tabelas de resultados, para as relações significativas, são apresentados os *turning points* calculados segundo as equações (2), (4) e (5), sinalizando se são máximos ou mínimos.

Para facilitar suas interpretações, os resultados são apresentados em 5 especificações. A *especificação I* corresponde às estimações baseadas na equação (1); a *II* representa as baseadas em (3); a *III* corresponde aos modelos expressos por (6); a *IV* representa as estimações baseadas em (7); e a *V* também corresponde a modelos baseados em (7), mas somente para as variáveis dependentes referentes à saúde e os indicadores de *déficit* de acesso como variáveis de controle.

A Tabela 3 mostra os resultados para a variável *déficit água*. As hipóteses da CAK e do “N” não são corroboradas, pois os coeficientes dos polinômios de 2º e 3º grau do *PIB per capita*, embora significativos, não apresentam os sinais esperados. A *especificação I* sinaliza relação em “U”, mas é refutada pelas demais especificações, nas quais os resultados sugerem um “N-invertido”: coeficientes do *PIB per capita* em nível e ao cubo são negativos e positivos ao quadrado; e o teste da 2ª derivada confirma o formato (ponto mínimo sucedido por máximo).

---

<sup>6</sup> Os resultados para os controles e para o método de efeitos aleatórios podem ser obtidos junto aos autores.



Tabela 3 – Resultados: variável dependente *déficit água*

Variáveis / Especificações	I	II	III	IV
PIB <i>per capita</i>	-0,9283*** (0,2321)	-2,4577*** (0,3774)	-1,0148*** (0,2905)	-0,4090* (0,1802)
PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup>	0,0126** (0,0048)	0,0765*** (0,0133)	0,0389*** (0,0102)	0,0266*** (0,0092)
PIB <i>per capita</i> <sup>3</sup>		-0,0007*** (0,0001)	-0,0004*** (0,0001)	-0,0003*** (0,0001)
Controles	Não	Não	Sim	Sim
Tendência	Não	Não	Não	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	270	270	270	270
Prob > F	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000
R <sup>2</sup> (overall)	0,5075	0,5608	0,4118	0,1085
Teste de Hausman	104,22***	27,67***	109,21***	23,79***
$\bar{D}$ ou $D_1$ Mínimo (R\$ mil)	36,84	23,91	18,09	9,08
$D_2$ Máximo (R\$ mil)	---	48,95	46,74	50,03

Erros-padrão (robustos) entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

Para a variável *déficit esgoto*, os resultados da Tabela 4 mostram que os formatos “U-invertido”, “U” e “N” são refutados. Já o “N-invertido” é obtido na *especificação II*; nas demais, os sinais apresentam os sinais necessários, mas os coeficientes não são significativos. Assim, no esgotamento sanitário, as evidências são menos robustas, mas não refutam totalmente o “N-invertido”, até porque as significâncias do PIB podem ser afetadas por possíveis correlações entre este, controles e tendência. Ademais, desconsiderando os controles (*especificação II*), o teste da 2ª derivada confirma o “N-invertido” (ponto de mínimo sucedido por um de máximo).

Tabela 4 – Resultados: variável dependente *déficit esgoto*

Variáveis / Especificações	I	II	III	IV
PIB <i>per capita</i>	-1,3114*** (0,2667)	-2,4127*** (0,4874)	-0,7505 (0,3127)	-10,198 (0,7681)
PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup>	0,0152*** (0,0043)	0,0613*** (0,0155)	0,0138 (0,0155)	0,0192 (0,0191)
PIB <i>per capita</i> <sup>3</sup>		-0,0005*** (0,0001)	-0,0001 (0,0001)	-0,0001 (0,0002)
Controles	Não	Não	Sim	Sim
Tendência	Não	Não	Não	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	270	270	270	270
Prob > F	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
R <sup>2</sup> (overall)	0,3409	0,3130	0,0418	0,0070
Teste de Hausman	12,11***	30,55***	2,82*	18,16*
$\bar{D}$ ou $D_1$ Mínimo (R\$ mil)	43,14	35,24	---	---
$D_2$ Máximo (R\$ mil)	---	46,49	---	---

Erros-padrão (robustos) entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

A Tabela 5 mostra os resultados para a variável *déficit lixo*. Os coeficientes do polinômio de 2<sup>o</sup> grau do PIB *per capita* (especificação I) sinalizariam uma relação em “U” (significativos, negativo em nível e positivo ao quadrado); mas, esta é refutada nas demais especificações pelos coeficientes do PIB *per capita* ao cubo serem negativos e, no geral, significativos – exceto na IV, mas a tendência pode ser colinear à renda. Portanto, os resultados também sugerem o “N-invertido”. Nas especificações II e III, tal formato é confirmado pelo teste da 2<sup>a</sup> derivada (ponto de mínimo sucedido por um máximo). Como já mencionado, por se tratar de um serviço não exclusivo, menos sujeito a decisões de usuários e mais de provedores, a relação no lixo é uma evidência mais robusta para a interpretação de que o “N-invertido” advém de políticas públicas.

Portanto, para os três serviços de saneamento básico, com maior ou menor robustez, os resultados sugerem o formato de um “N-invertido” para a relação degradação-renda sendo os *déficits* de acesso *proxies* para a degradação ambiental. Ou seja, nas UFs brasileiras, na média, os *déficits* caem em função do crescimento em níveis menores de PIB *per capita*; aumentam em níveis intermediários e diminuem novamente em níveis mais elevados. Assim, os resultados refutam as hipóteses dos formatos mais tradicionais da literatura – “U-invertido” (CAK) e “N”.

Ademais, são contrários aos obtidos por Saiani et al. (2013), que observam relações em “N” também com medidas de *déficits* de acesso aos mesmos serviços de saneamento no Brasil; porém, com dados municipais referentes somente a 1991 e 2000 e considerando apenas as ações coletivas de provedores (redes gerais e serviços de limpeza). Tal formato também é observado em trabalhos nacionais e internacionais para outras *proxies* de degradação (CIRIACI; PALMA, 2009; OLIVEIRA et al., 2011; RODRIGUES et al., 2016; ALMEIDA et al., 2017).

Tabela 5 – Resultados: variável dependente *déficit lixo*

Variáveis / Especificações	I	II	III	IV
PIB <i>per capita</i>	-0,5927*** (0,1383)	-1,1373*** (0,3361)	-0,2981*** (0,1045)	-0,0664 (0,2049)
PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup>	0,0076*** (0,0023)	0,0272** (0,0099)	0,0095** (0,0035)	0,0021 (0,0055)
PIB <i>per capita</i> <sup>3</sup>		-0,0002** (0,0001)	-0,0001** (0,0000)	-0,0001 (0,0001)
Controles	Não	Não	Sim	Sim
Tendência	Não	Não	Não	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	270	270	270	270
Prob > F	0,0004	0,0002	0,0000	0,0000
R <sup>2</sup> (overall)	0,4694	0,4809	0,7222	0,1625
Teste de Hausman	61,34***	35,08***	7,64*	24,52***
$\bar{D}$ ou $D_1$ Mínimo (R\$ mil)	38,99	32,70	28,65	---
$D_2$ Máximo (R\$ mil)	---	57,97	34,69	---

Erros-padrão (robustos) entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

A Tabela 6 apresenta os resultados para a *morbidade saneamento*. As hipóteses da CAK e do “N” são refutadas. A *especificação I* sugere um “U”, não corroborado nas demais, que sinalizam um “N-invertido”, mesmo sendo controlados os *déficits* de acesso (V): os coeficientes do PIB *per capita* são significativos, negativos em nível e ao cubo e positivos ao quadrado; e o teste da 2ª derivada confirma o formato. Assim, na média, as internações por doenças associadas ao saneamento diminuem com o crescimento em níveis menores de PIB, aumentam em níveis intermediários e voltam a cair em níveis maiores. Relação similar é observada na Tabela 7 para a morbidade de crianças de até 5 anos (*morbidade infantil saneamento*). Sem discriminar crianças, Almeida et al. (2017) observam relação linear e negativa para mortalidade. Tal resultado,

porém, pode ser afetado pelo problema mencionado na seção anterior de subnotificação de óbitos, maior em localidades com menores rendas.

Tabela 6 – Resultados: variável dependente *morbidade saneamento*

Variáveis / Especificações	I	II	III	IV	V
PIB <i>per capita</i>	-1,2938*** (0,3323)	-2,8768*** (0,7402)	-3,5175*** (0,6734)	-3,2948*** (0,6855)	-3,0829*** (0,7956)
PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup>	0,0161** (0,0060)	0,0823*** (0,0246)	0,0946*** (0,0217)	0,0901*** (0,0194)	0,0856*** (0,0230)
PIB <i>per capita</i> <sup>3</sup>		-0,0007*** (0,0002)	-0,0008*** (0,0002)	-0,0008*** (0,0002)	-0,0007*** (0,0002)
Controles	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Tendência	Não	Não	Não	Não	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controle pelos <i>Déficits</i>	Não	Não	Não	Não	Sim
Observações	270	270	270	270	270
Prob > F	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
R <sup>2</sup> (overall)	0,4007	0,4232	0,0553	0,0745	0,0016
Teste de Hausman	237,12***	74,16***	81,25***	103,02***	8,87*
$\bar{D}$ ou $D_1$ Mínimo (R\$ mil)	40,18	26,31	30,03	31,50	26,85
$D_2$ Máximo (R\$ mil)	---	52,07	48,80	43,59	54,67

Erros-padrão (robustos) entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

Tabela 7 – Resultados: variável dependente *morbidade infantil saneamento*

Variáveis / Especificações	I	II	III	IV	V
PIB <i>per capita</i>	5,9713*** (1,3883)	12,2529*** (3,2208)	-15,9154*** (3,4933)	9,9821** (3,8484)	-9,8900** (4,3211)
PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup>	0,0679** (0,0254)	0,3305*** (0,1075)	0,4172*** (0,1181)	0,2960** (0,1098)	0,2958** (0,1317)
PIB <i>per capita</i> <sup>3</sup>		-0,0028*** (0,0010)	-0,0035*** (0,0011)	0,0025** (0,0010)	-0,0026** (0,0012)
Controles	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Tendência	Não	Não	Não	Não	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controle pelos <i>Déficits</i>	Não	Não	Não	Não	Sim
Observações	270	270	270	270	270
Prob > F	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
R <sup>2</sup> (overall)	0,4173	0,4563	0,1614	0,0723	0,0243
Teste de Hausman	4,87*	18,44***	10,59*	32,67***	13,43*
$\bar{D}$ ou $D_1$ Mínimo (R\$ mil)	43,97	29,89	31,80	24,41	24,88
$D_2$ Máximo (R\$ mil)	---	48,80	47,67	54,52	50,97

Erros-padrão (robustos) entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

Como mencionado na seção anterior, para averiguar a robustez das relações obtidas, além de considerar a faixa etária mais vulnerável a doenças

decorrentes de problemas no saneamento (crianças de até 5 anos), são feitas estimações específicas para a morbidade devido às doenças mais associadas ao saneamento (diarreicas). Para a população total (*morbidade diarreica*) ou somente para as crianças (*morbidade infantil diarreica*), os resultados apresentados nas Tabelas 8 e 9 (significâncias, sinais e testes da 2ª derivada) garantem maior robustez para a interpretação da existência de relações degradação-renda em “N-invertido” quando são consideradas medidas associadas ao saneamento, tanto como fontes de potenciais problemas (*déficits* de acesso) como consequências (morbidade), como *proxies* para a degradação ambiental nas UFs brasileiras.

Tabela 8 – Resultados: variável dependente *morbidade diarreica*

Variáveis / Especificações	I	II	III	IV	V
PIB <i>per capita</i>	-1,6957*** (0,3062)	-3,4776*** (0,6051)	-2,4546*** (0,5137)	-2,0667*** (0,5577)	-2,0167*** (0,6270)
PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup>	0,0194*** (0,0063)	0,0939*** (0,0209)	0,0643*** (0,0168)	0,0564*** (0,0150)	0,0564*** (0,0182)
PIB <i>per capita</i> <sup>3</sup>		-0,0008*** (0,0002)	-0,0005*** (0,0002)	-0,0005*** (0,0001)	-0,0005*** (0,0002)
Controles	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Tendência	Não	Não	Não	Não	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controle pelos <i>Déficits</i>	Não	Não	Não	Não	Sim
Observações	270	270	270	270	270
Prob > F	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
R <sup>2</sup> (overall)	0,4840	0,5435	0,0133	0,0012	0,0080
Teste de Hausman	174,06***	26,88*	33,37***	10,29*	21,54**
$\bar{D}$ ou $D_1$ Mínimo (R\$ mil)	43,70	30,08	28,68	31,60	29,28
$D_2$ Máximo (R\$ mil)	---	48,17	57,05	43,60	45,92

Erros-padrão (robustos) entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

Por último, vale destacar que, tomando a *especificação II* como exemplo por ser a com menos controles e, talvez por isso, a que a relação em “N-invertido” é observada para todas as variáveis, o menor *turning point* mínimo é o do *déficit água* (Tabela 3), igual a um PIB *per capita* médio de R\$ 23.910. De 2004 a 2013, o PIB *per capita* médio das UFs foi de R\$ 13.500 (Tabela 2). Assim, na média, elas estão abaixo do *turning point* mínimo, de modo que haveria espaço para crescimento com redução dos *déficits* de acesso e dos seus efeitos ambientais e, consequentemente, sobre a saúde. Porém, isso não quer dizer que não deve se preocupar com o crescimento, pois, ultrapassado o mínimo, a degradação

aumenta até um *turning point* máximo bastante elevado para, então, voltar a reduzir. Também pela *especificação II*, o menor *turning point* máximo é o do *déficit esgoto* (Tabela 4), igual a um PIB *per capita* médio de R\$ 46.490.

Tabela 9 – Resultados: variável dependente *morbidade infantil diarreica*

Variáveis / Especificações	I	II	III	IV	V
PIB <i>per capita</i>	7,2752*** (1,3397)	14,4567*** (2,9638)	-13,9739*** (3,3907)	7,5944** (3,6921)	-9,8900** (4,3211)
PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup>	0,0786*** (0,0268)	0,3788*** (0,1024)	0,3580*** (0,1136)	0,2277** (0,1047)	0,2958** (0,1317)
PIB <i>per capita</i> <sup>3</sup>		-0,0032*** (0,0010)	-0,0030*** (0,0011)	-0,0020* (0,0010)	-0,0026** (0,0012)
Controles	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Tendência	Não	Não	Não	Não	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controle pelos <i>Déficits</i>	Não	Não	Não	Não	Sim
Observações	270	270	270	270	270
Prob > F	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
R <sup>2</sup> (overall)	0,4509	0,5011	0,3672	0,0339	0,0243
Teste de Hausman	101,40***	8,44**	5,19*	26,85***	13,43*
$\bar{D}$ ou $D_1$ Mínimo (R\$ mil)	46,27	32,31	34,34	24,74	24,88
$D_2$ Máximo (R\$ mil)	---	46,60	45,22	51,16	50,97

Erros-padrão (robustos) entre parênteses. \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao investigar relações entre indicadores de *déficit* de acesso a serviços de saneamento e de morbidade (total e infantil) associada à ausência destes serviços e o PIB *per capita* nas UFs brasileiras, este estudo apresenta evidências adicionais para o debate sobre possíveis efeitos do crescimento econômico sobre a degradação ambiental. Por meio de estimações econométricas em painel e considerando os indicadores como medidas indiretas de degradação, os resultados obtidos refutam as hipóteses da CAK (“U-invertido”) e da sua principal crítica (formato “N”).

Estes resultados sugerem relações degradação-renda em “N-invertido”, o que sinaliza que os *déficits* de acesso e as morbidades reduzem com o crescimento em níveis inferiores de PIB *per capita*, aumentam em níveis intermediários, mas voltam a cair em níveis maiores. Como o PIB *per capita* médio das UFs é bem inferior aos *turning points* a partir dos quais as relações são ascendentes, pode-se sugerir que, na média, há espaço para crescimento

com redução de degradação. Porém, os *turning points* a partir dos quais os problemas voltam a cair são elevados, o que tornam necessárias medidas que controlem os posteriores efeitos do crescimento da renda.

Considerando as evidências já existentes na literatura, devem ser destacados os resultados do *déficit* de acesso a coleta de lixo e das morbidades de crianças (até 5 anos) como as principais contribuições do presente estudo. A coleta de lixo é um serviço não exclusivo e mais dependente de decisões de provedores públicos, de modo que a relação no formato de um “N-invertido” pode ser atribuída com maior robustez a políticas públicas. Uma possível agenda de pesquisa para trabalhos futuros é justamente a explicação dos motivos pelos quais os efeitos de políticas em serviços com elevados retornos sociais são atrelados à dinâmica econômica. Para o caso da morbidade infantil, vale ressaltar que enfermidades sofridas afetam seus desenvolvimentos físico e intelectuais e desempenho escolar, com desdobramentos por toda a vida, como sobre suas produtividades, o que pode influenciar o crescimento econômico no longo prazo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. S.; CABRAL, J. S.; VIEIRA, E. B.; SAIANI, C. C. S. Crescimento econômico e degradação ambiental: uma análise empírica com dados em painel a partir da hipótese da Curva Ambiental de Kuznets. **Espacios**, v. 38, n. 38, 2017.

ARRAES, R. A.; DINIZ, M. B.; DINIZ, M. J. T. Curva Ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 44, n. 3, jul./set. 2006.

ARROW, K.; BOLIN, B.; COSTANZA, R.; DASGUPTA, P.; FOLKE, C.; HOLLING, C. S.; JANSSON, B. O.; LEVIN, S.; MALER, K. G.; PERRINGS, C.; PIMENTEL, D. Economic growth, carrying capacity, and the environment. **Science**, v. 28, n. 268, apr.1995.

BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. Nova Jersey, EUA: Wiley and Sons Ltda., 2001.

BECKERMAN, W. Economic growth and the environment: whose growth? whose environment? **World Development**, v. 20, n. 4, p. 481–496, 1992.

BEL, G.; FAGEDA, X.; MUR, M. Por qué se privatizan servicios en los municipios (pequeños)? Evidencia empírica sobre residuos sólidos y agua”. **Revista de Economía Pública**, Hacienda Pública Española, Instituto de Estudios Fiscales, n.192, 2010.

BIAGE, M. Relação entre crescimento econômico e impactos ambientais – uma análise da Curva Ambiental de Kuznets. **Revista Economia Ensaios**, v. 27, n. 1, p. 7–42, 2013.

BIAGE, M.; ALMEIDA, H. J. F. Desenvolvimento e impacto ambiental: uma análise da Curva Ambiental de Kuznets. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 45, n. 3, p. 1–52, 2015.

BITTENCOURT, S. A.; CAMACHO, L. A. B.; LEAL, M. C. O sistema de informação hospitalar e sua aplicação na saúde coletiva. **Cadernos de Saúde Pública**, n. 22, jan., 2006.

BO, S. A Literature survey on Environmental Kuznets Curve. **Energy Procedia**, v. 5, 2011.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.445**, janeiro de 2007. Lei Nacional de Saneamento Básico.

BRISCOE, J. Abastecimiento de agua y servicios de saneamiento: su función en la revolución de la supervivencia infantil. **Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana**, n.103, 1987.

BRISCOE, J.; FEACHEM, R. G.; RAHAMAN, M. **Evaluating health impact**; water supply, sanitation, and hygiene education. International Development Research Centre, 1986.

CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R. G. **Environmental health engineering in the tropics: an introductory text**. Nova Jersey, EUA: John Wiley & Sons, 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.

CARSON, R. T.; JEON, Y.; MCCUBBIN, D. R. The relationship between air pollution emissions and income : US data. **Environment and Development Economics**, v. 2, 1997.

CARVALHO, T. S.; ALMEIDA, E. A Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental Global: Uma Perspectiva Econométrico-Espacial. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 40, n. 3, 2010.

CASE, A. C.; ROSEN, H. S.; HINES JUNIOR, J. R. Budget spillovers and fiscal policy interdependence: evidence from the states. **Journal of Public Economics**, n.52, 1993.



CHIANG, A. **Matemática para economistas**. Makron Books, 1982.

CIRIACI, D.; PALMA, D. Geography, environmental efficiency and economic growth: how to uncover localized externalities through spatial econometric modeling. III World Conference, Barcelona, 2009.

COLE, M. A. Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. **Ecological Economics**, p. 71–81, 2004.

COSTA, S. S.; HELLER, L.; BRANDÃO, C. C. S.; COLOSIMO, E. A. Indicadores epidemiológicos aplicáveis a estudos sobre a associação entre saneamento e saúde de base municipal. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.10, n.2, abr./jun., 2005.

DE BRUYN, S. M. Explaining the Environmental Kuznets Curve: structural change and international agreements in reducing sulphur emissions. **Environment and Development Economics**, v. 2, p. 485–503, 1997.

DE BRUYN, S. M.; VAN DEN BERGH, J. C.; OPSCHOOR, J. B. Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. **Ecological Economics**, v. 25, p. 161–175, 1998.

DINDA, S. Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. **Ecological Economics**, v. 49, p. 431–455, 2004.

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.

ESTACHE, A.; GOMEZ-LOBO, A.; LEIPZIGER, D. Utilities privatization and the poor: lessons and evidence from Latin America. **World Development**, v. 29, n. 7, 2001.

FIELDS, G. S.; JAKUBSON, G. H. **New evidence on the Kuznets Curve**. Working Paper Cornell University, 1994.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. Environmental impacts of a North American free trade agreement. **NBER**, n. 3914. Cambridge, MA, 1991.

GROSSMAN; G. M.; KRUEGER A. B. Economic Growth and Environment. **The Quaterly Journal of Economics**, p. 353-377, May, 1995.

HELLER, L. **Saneamento e saúde**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 1997.

JONES, L. E.; MANUELLI, R. E. A positive model of growth and pollution controls. **Working Paper of National Bureau of Economic Research**, Cambridge, n. 5205, 1998.

KUZNETS, S. Economic growth and income inequality. **American Economic Review**, v. 45, n. 1, p. 1–28, 1955.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.10, n.3, jul-set, 2005.

MARA, D. D.; FEACHEM, R. G. A. Water and excreta related diseases: unitary environmental classification. **Journal of Environmental Engineering**, n.125, 1999.

MCCONNELL, K. Income and the demand for environmental quality. **Environment and Development Economics**, v. 2, p. 383–399, 1997.

MEADOWS, D. H. et al. **The limits to growth**. New York: Universe Books, 1972.

MOOMAW, W. R.; UNRUH, G. C. Are Environmental Kuznets Curve misleading us? The case of CO2 emissions. **Environment and Development Economics**, v. 2, p. 451–463, 1997.

MS. Sistemas de informação em saúde e vigilância epidemiológica. **Guia de Vigilância Epidemiológica**. 6. Ed. Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde, Brasília, 2005.

NEVE, M.; HAMAIDE, B. **Environmental Kuznets Curve with Adjusted Net Savings as a trade-off between environment and development**. Australian Economic Papers, mar. 2017.

OLIVEIRA, R. C.; ALMEIDA, E.; FREGUGLIA, R. S.; BARRETO, R. C. S. Desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, 2011.

OMRAM, A. R. The epidemiologic transition: a theory of the epidemiology of population change. **Bulletin the World Health Organization**, v.2, n. 79, 2001.

PANAYOTOU, T. **Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development**, Working Paper, Technology and Employment Programme, Geneva, 1993.

PEZZEY, J. C. V. **Economic analysis of sustainable growth and sustainable development**. World Bank Policy Planning and Research Staff, Environment Department, 1989.

REZENDE, S. C.; WAJNMAN, S.; CARVALHO, J. A. M.; HELLER, L. Integrando oferta e demanda de serviços de saneamento: análise hierárquica do panorama urbano brasileiro no ano 2000. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**, v.12, n.1, jan./mar. 2007.

ROCA, J. Do individual preferences explain Environmental Kuznets Curve? **Ecological Economics**, v. 45, n. 1, p. 3-10, 2003.

RODRIGUES, L. A.; CUNHA, D. A.; BRITO, L. M.; PIRES, M. V. Pobreza, crescimento econômico e degradação ambiental no meio urbano brasileiro. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 26, 2016.

SAIANI, C. C. S.; TONETO, R.; DOURADO, J. A. Déficit de acesso a serviços de saneamento ambiental: evidências de uma Curva Ambiental de Kuznets para o caso dos municípios brasileiros? **Economia e Sociedade**, v. 22, n. 3, p. 791–824, 2013.

SELDEN, T. M.; SONG, D. Environmental quality and development: is there a Kuznets Curve for air pollution emissions? **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 27, n. 2, p. 147–162, 1994.

SERRANO, A. L. M.; LOUREIRO, P. R. A.; NOGUEIRA, J. M. Evidência da Curva de Kuznets Ambiental no Brasil: uma análise do crescimento econômico e poluição. **Revista Economia e Desenvolvimento**, v. 13, n. 2, p. 304–314, 2014.

SHAFIK, N.; BANDYOPADHYAY, S. Economic growth and environmental quality: a time series and cross-country evidence. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 4, p. 1–24, 1992.

SNSA. **Panorama do saneamento básico no Brasil**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, Brasília, 2011.

SOUSA, A. G. N. ; ARAÚJO, A. A.; SANTOS, R. B. N.; SANTOS, F. T. P.; DINIS, M. B.. Sustentabilidade e meio ambiente no Brasil: uma análise a partir da Curva de Kuznets. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46, 2008. Rio Branco, AC. **Anais ...** Rio Branco, AC, 2008.

SOUSA, L. C. R.; SOUSA, D. S. P.; SANTOS, R. B. N. Curva Ambiental de Kuznets: uma análise macroeconômica entre crescimento econômico e impacto ambiental de 2005 a 2010. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 227–246, 2016.

STERN, D. I. The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. **World Development**, v. 32, n. 8, p. 1419–1439, 2004.

STERN, D. I.; COMMON, M. S.; BARBIER, E. B. Economic growth and environmental degradation: a critique of the Environmental Kuznets Curve. **World Development**, v. 24, p. 1151-1160, 1996.

SURI, V.; CHAPMAN, D. Economic growth, trade and energy: implications for the Environmental Kuznets Curve. **Ecological Economics**, v. 25, p. 195-208, 1998.

TORRAS, M.; BOYCE, J. K. Income, inequality and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, n. 25, p. 147-160, 1998.

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**, v. 28 n. 6, 1994.

VUKINA, T.; BEGHIN, J. C.; SOLAKOGLU, E. G. Transition to markets and the environment: effects of the change in the composition of manufacturing output. **Environment and Development Economics**, v. 4, n. 4, p. 582–598, 1999.

YANDLE, B.; VIJAYARADHAYAN, M.; BHATTARAI, M. The environmental Kuznets curve: a primer. **PERC Research Study**, v. 2, n.1, may, 2002.

WENNEMO, I. Infant mortality, public policy and inequality – a comparison of 18 industrialized countries. **Sociology of Health & Illness**, v.15, n.4, 1993.