

2º ENCONEXÃO | CONEXÃO MULHERES E ECONOMIA

RESUMO EXPANDIDO

Área Temática: Desenvolvimento e Sustentabilidade Ambiental

Poluição Ambiental: uma análise espacial do tratamento de efluentes dos municípios brasileiros e o papel da gestão feminina

Patrícia Batistella*

Andressa Porto Castro**

Resumo: A principal ação humana contra o meio ambiente se dá através da poluição, a qual acaba por prejudicar dois elementos essenciais para vida no planeta: o ar e os recursos hídricos. O descarregamento de efluentes não tratados corretamente traz prejuízos a qualidade dos recursos hídricos. Uma alternativa para evitar essa forma de poluição é desenvolver medidas que busquem expandir a coleta e tratamento adequado do esgotamento sanitário. O estudo buscou avaliar se a adoção de medidas de tratamento de esgoto gera o efeito transbordamento. Além disso, foram avaliados aspectos socioeconômicos, demográficos e institucionais, com o objetivo de verificar se eles contribuem para adoção de medidas em prol do meio ambiente. A metodologia utilizada foi a econometria espacial. Através da Análise Exploratória de dados Espaciais (AEDE) foi possível identificar diferentes formas de associação espacial entre os municípios brasileiros, no que diz respeito ao tratamento adequado dos seus efluentes. Os resultados do modelo econométrico também evidenciam que a participação feminina na administração municipal, gera efeitos positivos para adoção de políticas pró meio ambiente.

Palavras-chave: Tratamento de efluentes; Esgotamento sanitário; Econometria Espacial.

Abstract: The main human action against the environment occurs through pollution, which ends up harming two essential elements for life on the planet: air and water resources. The unloading of effluents not properly treated causes damage to the quality of water resources. An alternative to avoid this form of pollution is to develop measures that seek to expand the collection and adequate treatment of sanitary sewage. The study sought to assess whether the adoption of sewage treatment measures generates the overflow effect. In addition, socioeconomic, demographic and institutional aspects were evaluated, with the objective of verifying whether they contribute to the adoption of measures in favor of the environment. The methodology used was spatial econometrics. Through Exploratory Analysis of Spatial Data (AEDE) it was possible to identify different forms of spatial association between Brazilian municipalities, with regard to the proper treatment of their effluents. The results of the econometric model also show that female participation in municipal administration generates positive effects for the adoption of pro-environment policies.

Keywords: Wastewater treatment; Sanitary sewage; Spatial Econometrics.

1 INTRODUÇÃO

A poluição ambiental se dá tanto com introdução de substâncias poluentes na atmosfera como também no descarregamento de resíduos – provenientes de quaisquer atividades humanas ou produtivas - que quando não tratados devidamente, acabam por agredir o meio ambiente

* Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Economia na PUC-RS. patriciabatistella16@gmail.com.

** Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Economia na PUC-RS. andressaportoc@gmail.com.

(ANA, 2017). A preocupação com a qualidade e quantidade do fornecimento de recursos hídricos estão ganhando espaço. A busca centra-se em conciliar a oferta finita deste recurso, com a crescente pressão da demanda global – seja para a produção agrícola, industrial, comercial, ou para o atendimento das necessidades humanas (KONCAGÜL et al, 2017).

O Brasil se configura como um dos países com a maior disponibilidade de água doce do mundo, possuindo cerca de 12 % do total global (ANA; PNUMA 2015). Mas esse fato não garante total conforto com relação a oferta desse recurso, pois ele não possui distribuição natural equilibrada. Cerca de 70% da água disponível no país, está localizada na região Norte, a qual, embora possua uma grande extensão territorial, abriga 8% apenas da população nacional. Por outro lado, regiões densamente populosas e economicamente desenvolvidas encaram problemas de escassez, como as regiões Sudeste e Nordeste (ANA; PNUMA, 2013).

A descarga de efluentes domésticos se configura como um dos principais responsáveis por afetar a qualidade das águas superficiais. As atividades humanas, bem como os processos naturais, podem modificar as características físicas, químicas e biológicas da água, acarretando efeitos nocivos à saúde humana e ao ecossistema (CARR; NEARY, 2008). A busca pela prevenção da poluição constitui em reduzir ou eliminar os contaminantes diretamente na fonte, antes que possam poluir os recursos hídricos – esta opção, além de ser mais viável financeiramente, também é mais efetiva na proteção da qualidade da água (ANA; PNUMA, 2013)

A falta de coleta e tratamento não adequado de esgotos nas cidades brasileiras resulta em parcela significativa de carga poluidora, gerando implicações negativas aos usos diversos dos recursos hídricos (ATLAS ESGOTOS, 2017). No Brasil aproximadamente 27 % da população não possui coleta e nem tratamento adequado do seu esgotamento sanitário. Esse percentual é ainda mais preocupante ao olhar separadamente para as grandes regiões brasileiras. Nos estados do Norte esse percentual ultrapassa 50%, chegando a atingir 76% no estado de Rondônia (ATLAS ESGOTOS, 2017).

Sabendo que o Brasil possui uma oferta desigual na oferta natural de recursos hídricos, essa relação é desigual também no que diz respeito ao tratamento do esgotamento sanitário. O não tratamento adequado acaba por repercutir em maiores níveis de poluição, principalmente dos recursos hídricos. Visto isso, a fim de verificar se adoções de boas políticas/medidas ambientais – neste caso, coleta e tratamento adequado do esgotamento sanitário - possuem efeito transbordamento entre os municípios brasileiros. Ou seja, se por um município aderir uma medida de tratamento de efluentes, isso repercute aos municípios que o circundam.

2 MÉTODO

Por se tratar de um estudo empírico de análise de dados secundários, utiliza-se como ferramental a econometria espacial. A variável de dependente é o Índice de Tratamento, que representa o tratamento adequado do esgoto sanitário. Ressalta-se que são considerados tratamentos adequados quando o esgoto é coletado e tratado e se há presença de fossa séptica nos domicílios. A fim de identificar se existe nexos entre condições socioeconômicas, demográficas e institucionais com a poluição do meio ambiente, o modelo econométrico também inclui as seguintes variáveis independentes: PIB *per capita*, Índice de Gini, densidade demográfica, educação, proporção de mulheres na administração pública municipal e se o prestador de serviços de esgotamento é realizado por empresa pública ou não.

A definição empírica do modelo a ser estimado segue a representação da Equação (1)

$$INDITRATA_i = \beta_0 + \beta_1 \ln PIBper\ captai + \beta_2 INDIGINI_i + \beta_3 DENSIDEM_i + \beta_4 IDHM_i + \beta_5 PARTMULHER_i + \beta_6 PRESTDRI_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

em que: $INDITRATA_i$ é a variável dependente ao índice de atendimento de tratamento do esgoto sanitário; β_0 corresponde ao intercepto, e os restantes $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, e \beta_6$ representam os coeficientes a serem estimados das variáveis independentes. O termo i , representa os municípios; ε_i , corresponde aos componentes dos erros aleatórios.

A econometria espacial busca mostrar a influência dos fatores geográficos e de localização espacial nos fenômenos econômicos e sociais. Dessa maneira, o incremento das ferramentas de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), constitui um passo a ser realizado a priori, ou seja, antes de proceder a estimação do modelo econométrico. Este procedimento inicial, contribuir para obtenção de uma análise estatística sofisticada.

A AEDE constitui um conjunto de técnicas que tem por finalidade identificar e descrever distribuições espaciais. Visa detectar a existência ou não de localizações espaciais atípicas, *outliers*, padrões de associação espacial, a formação de *clusters* ou demais formas de heterogeneidade espacial (ANSELIN, 2005; ALMEIDA, 2012). Sucintamente, a AEDE, contribui para identificar a existência ou não de dependência espacial.

Após a análise AEDE foi estimado o modelo econométrico conforme a Equação 1. Conforme os procedimentos sugeridos por Almeida (2012), primeiro estima-se o modelo via método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), para que após seja testado se há presença de dependência espacial por meio do multiplicador de Lagrange por defasagem ($ML\rho$) e o multiplicador de Lagrange por erro ($ML\lambda$). Caso ambos os parâmetros, $ML\rho$ e $ML\lambda$, são não significativos, MQO será o modelo adequado. Porém, quando ambos os parâmetros são significativos, indica-se que seja estimado o modelo cujo parâmetro apresentou maior significância estatística.

Neste trabalho, ambos os parâmetros, $ML\rho$ e $ML\lambda$, foram estatisticamente significativos. Porém os testes estatísticos indicaram a presença de heterocedasticidade, logo, optou-se pela estimação do modelo de Mínimos Quadrados Generalizados em dois estágios (MQG2E).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise exploratória dos dados mostrou que existe dependência espacial entre os dados, ou seja, que há presença de efeito transbordamento em relação a adoção de boas práticas ambientais, neste caso, o tratamento adequado de esgoto. A AEDE evidencia que os municípios brasileiros que possuem um elevado índice de tratamento adequando de esgotamento sanitário, possuem municípios vizinhos com a mesma característica. De modo que, a análise para um baixo nível de tratamento de esgotamento também exhibe a mesma dependência espacial, ou seja, municípios com baixos índices, são vizinhos de municípios que também apresentam baixo tratamento adequado.

Ao analisar os municípios brasileiros foi detectado a presença de *clusters* do tipo Alto-Alto nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e a região Sul do Nordeste. Neste tipo de *cluster* os municípios que possuem um elevado tratamento dos efluentes possui vizinhos como a mesma característica, tal comportamento é um indicativo da presença de efeito transbordamento positivo. Contudo, também foi encontrado formação de *clusters* com padrão Baixo-Baixo, em que a dependência espacial entre os municípios ocorre por apresentarem características de baixo desempenho no tratamento do esgotamento sanitário. Este padrão está localizado principalmente nos municípios da região Norte do país e nas regiões Norte e Noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

Após a análise exploratória foi estimado os modelos econométricos espaciais. No modelo de MQG2E todas as variáveis foram estatisticamente significativas com exceção da variável PIB *per capita* municipal. Destaca-se que a variável índice de Gini apresentou sinal

negativo, o que sugere que quanto maior a desigualdade de renda menor a chance de o município apresentar bons níveis de tratamento adequado do esgoto.

A variável Densidade populacional apresentou relação positiva e significativa, indicando que densidades populacionais mais altas contribuem para o aumento no índice de tratamento adequado de esgotamento sanitário. Conforme colocado por Auffhammer et al. (2008), essa variável pode assumir efeitos controversos, já que um aumento populacional implica em maior geração de resíduos. Mas ao mesmo tempo uma maior densidade pode contribuir para o uso intensivo desses recursos, já que uma estação de tratamento de esgoto, como por exemplo, pode atender inúmeras famílias. Do ponto de vista econômico torna-se mais viável implantar estações de tratamento em regiões mais populosas, pois nestas localidades o retorno financeiro tende a ser maior.

Quanto ao nível de educação, mensurado por meio do IDHM, o coeficiente estimado apresentou sinal positivo e foi estatisticamente significativo. Esse resultado sugere quanto maior o nível de educação da população melhor é o índice de tratamento de esgoto, confirmando a hipótese de que pessoas com maior instrução acabam por exigir melhor desempenho ambiental. Quanto ao prestador de serviços de tratamento de esgoto ser uma empresa pública ou privada, salienta-se que o parâmetro positivo e significativo desta variável *dummy* indica que a privatização do serviço municipal de abastecimento de água e saneamento melhora o índice de tratamento de esgotamento sanitário.

Por fim, o estudo também buscou avaliar se a presença de mulheres na administração municipal impacta positivamente as medidas ambientais. O resultado encontrado demonstrou que quanto maior a participação de mulheres na administração pública maior a cobertura municipal de tratamento de esgoto. Logo, esse estudo corrobora o que a literatura internacional evidencia, que a maior inserção de mulheres na política e na administração pública contribui para a adoção de políticas pró ambientais (SUNDSTRÖM; McCRIGHT, 2013; RAMSTETTER; HABERSACK, 2020).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo buscou trazer uma melhor compreensão acerca da poluição ambiental, mais especificamente, com relação a poluição dos recursos hídricos, que é em grande medida afetada pelo não tratamento adequado das águas residuais. No Brasil a falta de tratamento de esgoto adequado atinge mais de 27 % da população. Esse problema, além de ser prejudicial ao meio ambiente, acaba por deixar a população mais expostas a doenças.

Em síntese os resultados mostraram que municípios que detêm um maior nível de atendimento adequado de seus efluentes possuem municípios vizinhos com as mesmas características. O mesmo é verdadeiro para situação de baixo índice de tratamento adequado. Esses diferentes padrões indicam a existência de dependência espacial, sendo que a adoção de uma boa política ambiental poderá repercutir para os municípios contíguos, do mesmo modo que a não adoção acaba por não pressionar os vizinhos próximos a adotarem uma medida ambiental. Destaca-se que municípios em que a população apresenta nível educacional elevado, bem como municípios em que haja maior participação de mulheres na administração pública costumam apresentar melhores índices de tratamento adequado de esgoto. Portanto não apenas o aspecto espacial é relevante para o combate a poluição e melhora do tratamento de esgoto, mas aspectos sociodemográficos e institucionais também influenciam esta relação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente (PNUMA). Cuidando das Águas soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. 2. ed. -- Brasília: ANA, 2013.

- ALMEIDA, E. S. **Econometria Espacial Aplicada**. 1. Ed. Campinas: Editora Alínea, 498 p. 2012.
- ANSELIN, L. **Exploring Spatial Data with GeoDa**. A Work Book. Spatial Analysis Laboratory, University of Illinois. **Center for Spatially Integrated Social Science**, 2005.
- ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL (ATLAS BRASIL). Busca. **Indicadores**. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>.
- ATLAS DO ESGOTO. Despoluição de bacias hidrográficas. **Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de**, 2017. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASeESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf.
- AUFFHAMMER M.; CARSON, RT. Previsão do caminho de CO2 da China emissões com Base em informações de nível de província. **J. Environ. Econ. Manag.** v. 55 n. 3, 2008.
- CARR, G.M; J.P. NEARY. Water Quality for Ecosystem and Human Health, 2 ed. **United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System**, 2008. Disponível em: http://www.gemswater.org/publications/pdfs/water_quality_human_health.pdf.
- KONCAGÜL, E. et al. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2017. **Programa Mundial das Nações Unidas para Avaliação do Recurso Hídricos Gabinete do Programa de Avaliação Global da Água**. Divisão de Ciências Hídricas. 2017.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). **Um instantâneo da qualidade da água no mundo: rumo a uma avaliação global**. 2016. Nairobi, Quênia.
- PROGRAMA DE DESNVOLVIMENTO DAS NAÇÕES UNIDAS (PNUD) 2016. **Apoio à Implementação do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 - Gestão Sustentável da Água e Saneamento**. 2016. NY, EUA
- RAMSTETTER, L.; HABERSACK, F. Do women make a difference? Analysing environmental attitudes and actions of Members of the European Parliament. **Environmental Politics**, 2019.

ANEXOS E TABELAS

Tabela 1 – Resultado do Modelo estimado por Mínimos Quadrados Generalizados em dois estágios

Variáveis	MG dos dois Estágios
Intercepto	-7,45965817 (0,164218)
ρ	0,61284587 (2,2e ⁻¹⁶)
λ	0,74821191 (2,2e ⁻¹⁶) (0,95199)
Índice de Gini	-12,511032 (0,04002)
Densidade Demográfica	0,001297 (0,00142)
IDHM Educação	40,6920 (2,2e ⁻¹⁶)
Participação de Mulheres	0,021995 (0,030978)
Prestador Público	8,054714 (2,2e ⁻¹⁶)
Ln PIB per capita	-0,52235473 (0,32971)

Fonte: Elaborado com dados da pesquisa. Nota: p-valor entre parênteses