



A caminho da eficiência: mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

Gabriela dos Passos Lima ^I
Bruna Fonseca de Pinho ^{II}
Rodrigo da Rocha Gonçalves ^{III}
Cassius Rocha de Oliveira ^{IV}

Resumo

Um dos desafios enfrentados para alcançar a universalização dos serviços de saneamento no Brasil são as crescentes perdas de água na distribuição, que causam degradação ambiental e perdas socioeconômicas. O presente estudo tem como objetivo, avaliar os impactos que um setor de saneamento mais eficiente pode trazer ao cenário da economia do estado do Rio Grande do Sul e do restante do Brasil, a partir de simulações contrafactualas de ganhos de produtividade, utilizando o modelo de Equilíbrio Geral Computável B-Maria e, usando como base de dados a Matriz de Insumo-Produto de Porto Alegre para 2015, além de dados demográficos e sociais fornecidos pelo IBGE para o mesmo ano. Os resultados mostram que sistemas mais eficientes geram, em grande parte, efeitos positivos sobre os principais indicadores macroeconômicos do estado e suas regiões, por fomentar a produtividade em diversos setores da economia e elevar a renda e consumo das famílias proporcionando maior bem-estar à população. Em linhas gerais, o estudo fornece *insights* valiosos para a definição de políticas públicas no setor de água e esgoto.

Palavras-chave: Perdas de água; Eficiência; Equilíbrio Geral Computável; Impacto Econômico.

Código JEL: R13; L95; F62.

^I Graduada em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). E-mail: gabrielalimappgeafurg@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-3692-4059>

^{II} Mestre em Economia Aplicada pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). E-mail: bfonsecapinho@gmail.com <https://orcid.org/0009-0000-0585-0838>

^{III} Doutor em Economia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Professor da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). E-mail: rrochagoncalves@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0596-5576>

^{IV} Doutor em Economia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professor da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). E-mail: cassiusoliveira@furg.br <https://orcid.org/0000-0003-4888-4872>





A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

On the path to efficiency: Measuring productivity gains in the sanitation sector of Rio Grande do Sul using a Computable General Equilibrium Model

Abstract

One of the challenges faced in order to successfully universalize sanitation services in Brazil is the increasing loss of water in distribution, which leads to environmental degradation and socioeconomic damage. The present paper aims to evaluate the economic impacts that a more efficient sanitation sector can bring to the state of Rio Grande do Sul and the rest of Brazil, based on counterfactual simulations of productivity gains using the General Equilibrium model Computable B-Maria and using the Input-Output Matrix of Porto Alegre for 2015 as database, in addition to demographic and social data for the same year from IBGE. The results indicate that more efficient systems produce broadly positive effects on the main macroeconomic indicators of the state and its regions by promoting productivity in various sectors of the economy and increasing household income and consumption, improving populational well-being. Overall, the study provides valuable insights for public policy decisions for the water and sewage sector.

Keywords: Water Loss; Efficiency; Computable General Equilibrium; Economic Impact.

Introdução

Segundo a Organização das Nações Unidas (United Nations, 2024) o acesso a água, saneamento e higiene são direitos humanos essenciais para o desenvolvimento sustentável das economias globais, melhorando a qualidade de vida e impactando positivamente a sustentabilidade ambiental. A falta desses serviços pode causar danos socioeconômicos significativos, especialmente durante epidemias e pandemias, pois são cruciais para reduzir o alastramento de doenças vírais.

Além desses benefícios, Turolla e Ohira (2005) explicam que a expansão do saneamento gera externalidades positivas como a valorização de imóveis, o incentivo a negócios e setores competitivos, além do desenvolvimento do turismo, estimulando a produtividade e geração de emprego e renda. Essa expansão pode ser vista como um meio de reduzir a pobreza. Portanto, falhas na oferta desses serviços dificultam a criação de um cenário socialmente inclusivo, necessário para diminuir a pobreza.

No Brasil, o direito ao saneamento básico é garantido pela Constituição por meio da Lei nº 11.445/2007 (Brasil, 2007), que introduziu um processo de universalização de acesso aos serviços no país. Segundo Afonso e Almeida (2021),



a implementação da lei gerou impactos positivos significativos no acesso a esses serviços, devido à criação dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB). Entre os princípios fundamentais da lei, o Artigo 1º/XIII menciona a necessidade de “redução e controle das perdas de água, inclusive na distribuição de água tratada, estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e fomento à eficiência energética, ao reuso de efluentes sanitários e ao aproveitamento de águas de chuva” (Brasil, 2007). No entanto, o volume de água no Brasil não tem apresentado resultados positivos nos últimos anos.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Brasil, 2017), em 2015, 33 milhões de pessoas não tinham acesso à água tratada e mais de 98 milhões de pessoas não contavam com serviços de coleta de esgoto. Embora a universalização do acesso ao saneamento básico continue sendo um tema muito debatido no Brasil, o nível de perda de água tratada é alarmante, revelando um cenário crítico no setor. Conforme dados do SNIS, em média 36,7% da água tratada destinada à população foi perdida ou não foi contabilizada corretamente em 2015.

No estado do Rio Grande do Sul, a perda foi de, em média, 33,7%, índice superior a 30% (Brasil, 2017). Segundo Vilanova, Magalhães Filho e Balestieri (2015), esses resultados expõem a ineficiência dos sistemas de abastecimento de água, um problema global com taxas de desperdício que variam entre 30% e 40% (Araujo; Ramos; Coelho, 2006). O volume desperdiçado gera custos ambientais, pois mais água é extraída da natureza para suprir a perda. Portanto, é necessário promover avanços tecnológicos e de gestão para obter eficiência na prestação dos serviços visando uma atuação mais sustentável (Brasil, 2017).

Nesse sentido, o presente estudo busca analisar os possíveis impactos do desenvolvimento de tecnologias voltadas à redução de perdas de água no sistema de distribuição. Para atingir esse objetivo, foi utilizado um modelo inter-regional de Equilíbrio Geral Computável, denominado B-Maria, calibrado especificamente para o estado do Rio Grande do Sul. Essa abordagem metodológica possibilita a realização de simulações contrafactualis, permitindo avaliar como melhorias na eficiência tecnológica podem influenciam o sistema de distribuição de água.

A simulação considera dois cenários distintos no modelo B-Maria: No primeiro, assume-se uma política transitória, em que o choque tecnológico ocorre de forma temporária, sem provocar alterações significativas na alocação de capital e trabalho entre setores e regiões no curto prazo. Desse modo, os agentes econômicos mantêm suas decisões produtivas praticamente inalteradas (Porsse, 2008). No segundo cenário, de longo prazo, assume-se que o choque tecnológico seja permanente. Isso possibilita a realocação de capital e trabalho entre setores e regiões, permitindo uma análise mais abrangente dos efeitos estruturais decorrentes da melhoria na eficiência do sistema de distribuição de água.

O artigo está dividido três seções, além da introdução e conclusão. A segunda seção aborda a revisão de literatura sobre a importância do saneamento básico no



A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

Rio Grande do Sul e os efeitos causados pelas perdas de água no âmbito socioeconômico do estado, a terceira seção apresenta a metodologia utilizada e a quarta seção contém os resultados e discussões.

O cenário do saneamento básico internacional e nacional

A universalização dos serviços de saneamento é essencial para o bem-estar e o desenvolvimento social e econômico da população de qualquer país. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2024), um sistema de saneamento precário pode gerar impactos negativos tanto na saúde física, quanto mental dos indivíduos. Dentre as externalidades positivas geradas pelo serviço estão a conservação do meio ambiente, da saúde e educação, a oportunidade de novos empregos, além do impulsionamento das atividades voltadas ao turismo, setor imobiliário e indústrias que fazem parte dessa cadeia produtiva. Logo, investir em uma estrutura que forneça cobertura tanto nas zonas urbanas quanto rurais pode promover o desenvolvimento socioeconômico das regiões (Madeira, 2010).

Países em desenvolvimento são os que mais sofrem com serviços de saneamento inadequados. Dados de estudos realizados por pesquisadores do *World Bank* (2016) revelam que países como Indonésia, Filipinas, Vietnã, Índia, Nigéria, Paquistão, Camboja, entre outros, sofrem impactos econômicos expressivos devido à falta de saneamento. Em 2005, Camboja apresentou perda econômica de US\$ 448 milhões, o equivalente a 7,2% do PIB. Indonésia e Filipinas tiveram custos de US\$ 6,3 bilhões e US\$ 1,4 bilhões, respectivamente (Kov *et al.*, 2008; Napitupulu; Hutton, 2008; Rodriguez; Jamora; Hutton, 2008). A Índia teve uma perda de US\$ 53,8 bilhões, em 2006, que equivale a 6,4% do PIB, enquanto no Vietnã, os custos atingiram US\$ 780 milhões por ano (Anupam; Hutton, 2011; Thang; Tuan; Hutton, 2008).

Os pesquisadores citam que os maiores custos foram no setor de saúde e fornecimento de água, além de desvalorização imobiliária e impactos negativos no turismo. Segundo a OMS (WHO, 2012), a cada US\$ 1,00 investido em saneamento, os custos em saúde reduziram em US\$ 5,5 no ano de 2012. A queda no nível de produtividade em virtude de doenças causadas pela falta de higiene já provocou prejuízos de US\$ 4,8 bilhões e US\$ 55 milhões em 2005, e US\$ 13 milhões em 2010 para a Índia, Filipinas e Nigéria, respectivamente (Anupam; Hutton, 2011; Coombes *et al.*, 2012; Rodriguez; Jamora; Hutton, 2008).

Nesse sentido, as perdas de água não provêm apenas de defeitos em sua distribuição. As atividades agrícolas são responsáveis pelo uso de 70% dos recursos hídricos ao redor do mundo. Diversos países em desenvolvimento, como o Brasil, detêm a agricultura como grande aporte econômico. Embora a irrigação gere impactos positivos no desenvolvimento econômico, a perda excessiva desse



recurso a longo prazo se torna insustentável, principalmente para regiões em desenvolvimento (Nechifor; Winning, 2017).

Segundo o World Bank (2016), 45 milhões de metros cúbicos de água são perdidos diariamente em países em desenvolvimento gerando um custo econômico de US\$ 3 bilhões por ano. A redução dos níveis de água não faturada poderia diminuir essas perdas financeiras pela metade, e os recursos poupadados poderiam ser alocados para melhorar o desempenho das empresas de saneamento e atender cerca de 90 milhões de pessoas. Contudo, em uma comparação com o cenário internacional feita pelo Instituto Trata Brasil (ITB, 2022), o Brasil possui um índice de perda de água de 38,5%, um nível distante de países mais avançados como Estados Unidos (12,8%), Austrália (10,3%) e Dinamarca (6,9%).

Os estados brasileiros ainda apresentam grandes desafios em relação ao setor de saneamento. Conforme dados divulgados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Brasil, 2017) para o ano de 2015, o estado do Rio Grande do Sul¹ entre 2013 e 2015 atingiu 87,2% de abastecimento de água. Isso significa que, de uma população de 11 milhões, 9,6 milhões de gaúchos já possuíam acesso à água tratada neste período. Porém, quanto ao esgotamento sanitário, apenas 3,2 milhões de habitantes tinham acesso à coleta de esgoto, ou seja, 70,6% da população do estado não possuía coleta e tratamento de esgoto adequados.

As dificuldades no fornecimento de serviços de água e esgoto são superiores à expansão das redes de distribuição nas regiões. Países em desenvolvimento apresentam mais obstáculos para obter um sistema de saneamento eficiente do que países desenvolvidos. A falta de investimento para manter os sistemas de água e esgoto, somada à desigualdade no acesso a esses serviços gera problemas de saúde, infraestrutura limitada ou inexistente, principalmente em áreas rurais, além da falta de conscientização e educação, e da ausência de políticas e regulamentações direcionadas ao setor. Esses fatores estão entre as principais causas das dificuldades enfrentadas por países em desenvolvimento (Hutton, 2013; Jeuland *et al.*, 2013; Montgomery; Elimelech, 2007).

Historicamente, os recursos destinados à ampliação das redes de saneamento básico foram favorecidos, especialmente no serviço de abastecimento de água. Em meados do século XIX e início do século XX, a organização dos serviços de saneamento foram iniciadas com foco nas grandes capitais, adotando medidas de controle de esgoto e fornecimento de água encanada (SABESP, 2024). Contudo, a perda de interesse em investir na manutenção e modernização da gestão dos prestadores de serviço tem gerado ineficiências, como altas perdas no processo de distribuição de água, tanto físicas quanto não físicas (Toneto Júnior; Saiani; Rodrigues, 2013).

Os indicadores de perdas de água no Brasil demonstram a incapacidade de conservação dos recursos hídricos que são extraídos da natureza para o consumo privado e comercial. Segundo o SNIS (Brasil, 2017), o estado do Rio Grande do Sul



A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

perdeu, em 2015, aproximadamente 32,3% de toda a água tratada no processo de distribuição. As perdas de água são caracterizadas em perdas reais (físicas) e aparentes (comerciais). As perdas físicas são definidas como perdas do produto, ou seja, toda a água tratada destinada à distribuição, mas que não chega ao consumidor final devido a vazamentos, por exemplo. Já as perdas comerciais, ocorrem devido a ineficiência na contabilização do produto (Fontana; Moraes, 2016). Essas perdas são geradas por uso não autorizado (fraudes e ligações clandestinas) e submedição de hidrômetros. De acordo com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2024), “[...] o nível de perdas de água nos sistemas de abastecimento está diretamente ligado às condições da infraestrutura instalada e à eficiência operacional e comercial”.

Segundo Moraes, Cavalcante e Almeida (2010), uma infraestrutura envelhecida acelera o processo de deterioração. Portanto, a ausência de manutenção e gerenciamento efetivo elevam os níveis de perdas, pois, como Toneto Júnior, Saiani e Rodrigues (2013) citam, há pouco incentivo tecnológico para o desenvolvimento desses serviços. As perdas físicas de água geram perdas financeiras que dificultam a expansão do esgotamento sanitário e agravam a questão da escassez hídrica, em virtude da necessidade de extrair mais água dos recursos. Em 2015, o estado apresentou consumo médio *per capita* de água superior ao consumo médio dos demais estados da região sul e da média do país. Embora a taxa média de perdas de água de 2010 até 2015 tenha sido abaixo de 37%, a produção de recursos hídricos apresentou uma média de crescimento de 7,3% no mesmo período. Ou seja, a produção de água cresceu conjuntamente com as perdas, significando um maior custo para manter o nível de abastecimento. Os custos cresceram cerca de 12,8% de 2013 a 2015, passando de R\$ 2,6 para R\$ 2,9 bilhões (Brasil, 2017).

Segundo Madeira (2010), esses prejuízos dificultam a gestão das operadoras ao reduzir a capacidade de alocação de recursos para o financiamento de seus serviços. Além disso, impactam nos preços das tarifas repassadas aos consumidores, elevando os gastos das famílias, especialmente devido ao aumento do consumo do serviço entre 2015 e 2020, quando o uso *per capita* de água das famílias brasileiras passou de 108,4 litros/dia em 2015 para 117,5 litros/dia em 2020 (IBGE, 2018a; Cabral, 2023). Além do uso das tarifas como um mecanismo para eficiência, Teixeira, Azevedo e Julien (2021) explicam que a indicação de volumes adequados que atendam às necessidades básicas também pode ser adotada para evitar a necessidade de racionamento ou suspensão da captação de recursos.

A tarifa dos serviços de saneamento dos gaúchos cresceu de R\$ 4,45/m³ em 2015 para R\$ 6,54/m³ em 2019, valores acima da média dos apresentados para região Sul (R\$ 3,57/m³ e R\$ 4,99/m³) e Brasil (R\$ 2,96/m³ e R\$ 3,87/m³). De modo geral, as tarifas têm apresentado níveis elevados desde 2010. Já as despesas *per capita* com saneamento dobraram de 2015 a 2019 com valores de R\$ 281,30 e R\$ 396,44, respectivamente (ITB, 2024). Segundo o Instituto de Democracia e



Sustentabilidade (IDS, 2017, p. 49), as tarifas são “o ponto de contato mais direto entre a sociedade e suas águas”, portanto, é necessário que sua estruturação possua transparência na transmissão de informações para a população.

Em relação ao setor de emprego na região Sul, os empregos totais gerados pelos investimentos em saneamento, assim como pelo nível de operação, sofreram quedas entre 2013 e 2015. Em referência aos investimentos, as vagas passaram de 9.446 em 2013 para 8.178 em 2015, enquanto as vagas pelo nível operacional reduziram de 28.440 para 26.685. Do mesmo modo, a renda total gerada pelos investimentos em saneamento, nesse intervalo, obteve queda de R\$ 898 milhões para R\$ 777 milhões (ITB, 2024). Contudo, um recente estudo realizado para o período entre 2005 e 2021 divulgou que os investimentos em saneamento no estado do Rio Grande do Sul geraram 8.837 empregos totais por ano e uma renda total de R\$ 840,20 milhões (ITB, 2023).

Tuolla e Ohira (2005) e Madeira (2010) explicam que a eficiência no setor acarreta impactos positivos, por modificar o cenário social da população. Nota-se, por meio dos dados do SNIS, que a renda das pessoas que residiam em áreas cobertas pelo serviço de saneamento, em 2015, girava em torno de R\$ 2.275,43, revelando um crescimento de 14,26% comparado ao ano de 2013. Já para pessoas residentes em áreas descobertas, a renda era de R\$ 567,07. Quanto aos aluguéis, moradias que possuíam serviços de saneamento obtiveram aumento de 15,07%, com o valor mensal de R\$ 616,40, enquanto moradias que não tinham acesso ao saneamento tiveram um crescimento foi de 5,13%, com valor de R\$ 190,24 (Brasil, 2017). De acordo com o IBGE (2016), o nível de empregados no setor de turismo do Rio Grande do Sul obteve um crescimento de cerca de 14% no intervalo dos três anos analisados. O rendimento médio dos empregados do setor que moravam em residências com saneamento em 2015 foi de R\$ 1.764,72, revelando um crescimento de 13,47% em comparação a 2013.

Conforme dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (Brasil, 2024), as despesas com internações por doenças associadas à falta de saneamento tiveram uma queda de R\$ 2.021.441 entre 2010 e 2015, com montante de custos em 2015 de R\$ 4.645.200,87. Segundo o estudo de Siqueira *et al.* (2017), realizado na região metropolitana de Porto Alegre, do número de internações realizadas no SUS devido ao saneamento inadequado entre 2010 e 2014, as crianças menores de 1 ano (59,7/10 mil hab./ano) e entre 1 a 4 anos (28,1 internações/10 mil hab./ano) foram as mais afetadas. Os idosos, com idades iguais ou superiores à 80 anos, também apresentaram altas taxas de internações em virtude de diagnóstico de doenças de transmissão feco-oral.

O desenvolvimento estudantil também sofre com a escassez dos serviços de saneamento básico. Segundo estudos do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Brasil, 2015), a nota média dos candidatos do ENEM que não possuem banheiro em suas residências é menor que a média dos candidatos



A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

que possuem. Em 2015, os candidatos com banheiro obtiveram média de 522,20 pontos, enquanto os sem banheiro atingiram 504,30 pontos, onde a média de pontos foi de 522,14.

Dada a relevância social e econômica do tema, a intensificação da degradação ambiental no país impulsionou a busca por novas tecnologias com o intuito de controlar essas perdas (Andrade Sobrinho; Borja, 2016). Segundo McKenzie (2016), presidente do grupo de especialistas em perda de água da Associação Internacional de Água (AIA), a gestão das águas é um problema que afeta diversos países. Apesar da relevância do tema, poucas localidades conseguem superá-lo devido a limitações de infraestrutura. Uma solução significativa seria o monitoramento noturno dos fluxos de água. Assim como, detectar vazamentos por meio de tecnologias infravermelhas, com uso de ferramentas como drones, aviões, entre outros (Shakmak; Al-Habaibeh, 2015).

Apesar da relevância do tema abordado nesta seção, ainda há uma limitação na disseminação de informações mais detalhadas a respeito dos impactos sobre as regiões do Rio Grande do Sul. Dessa forma, este estudo tem como objetivo avaliar os impactos econômicos decorrentes da maior eficiência no setor de saneamento do Rio Grande do Sul, analisando como a redução das perdas de água, impulsionada por avanços tecnológicos, pode influenciar diferentes setores da economia. Para isso, são mensurados os efeitos dessa melhoria sobre variáveis macroeconômicas e setoriais, permitindo uma compreensão abrangente dos benefícios gerados para a produtividade, o emprego, a renda das famílias e a arrecadação pública.

Metodologia

O modelo utilizado no presente artigo, denominado B-Maria trata-se de um modelo micro-fundamentado que estabelece as demandas por insumos de produção, por investimento, famílias, governo, setor externo e por outros blocos. Neste estudo, a economia brasileira foi dividida em quatro regiões: Porto Alegre, região metropolitana de Porto Alegre, restante do Rio Grande do Sul e restante do Brasil, cujos dados foram analisados por meio do software *GEMPACK* versão 12. Os dados utilizados para a calibração referem-se ao ano de 2015, com a especificação de 26 setores produtivos em cada região. Os setores produtivos utilizam apenas um fator primário local (capital). A base de dados utilizada é da Matriz de Insumo-Produto para o arranjo populacional de Porto Alegre para o ano de 2015. Também foram utilizados os dados demográficos e sociais de 2015, fornecidos pelo IBGE (2018c).

De acordo com Haddad (1999), para calcular efeitos sobre políticas econômicas, a teoria de equilíbrio geral foi modificada em ferramentas práticas com o intuito de implementar soluções elencadas numericamente. Conforme Haddad e Perobelli (2005) explicam, o modelo de equilíbrio geral aborda a economia como um



sistema de mercados inter-relacionados, onde o equilíbrio das variáveis deve ser definido conjuntamente. Dessa forma, qualquer choque que ocorra na economia pode ser avaliado por meio da mensuração do conjunto de variáveis endógenas do setor econômico.

Os modelos de equilíbrio geral são sistemas que realizam ponderações de estruturas que especificam agentes econômicos, definem comportamentos por meio de estruturas de otimização, apontam relações entre os agentes (neste caso, regiões), e detalham sistemas de enfrentamentos (Haddad; Perobelli, 2005). Portanto, sob este contexto, o método utilizado nesta pesquisa é o modelo de equilíbrio inter-regional B-Maria.

O modelo B-Maria (*Brazilian Mutisectorial and Regional/Interegional Analysis*) é, de acordo com Haddad (1999), o primeiro modelo de Equilíbrio Geral Computável operacionalizado para a economia brasileira. O modelo já foi adaptado para a economia mexicana e foi baseado na versão multirregional MONASH *bottom up*, ou seja, do menor até o maior agregado com fatores externos considerados constantes. O modelo é o mais recente desenvolvimento do grupo ORANI de modelos de equilíbrio geral computável da economia australiana. A versão estadual usada nesta pesquisa foi projetada para a realização de previsões e estudos de políticas públicas. O desempenho dos agentes é modelado no nível regional, acomodando variações na estrutura das economias regionais.

O modelo B-Maria e suas extensões têm sido utilizados na investigação dos impactos regionais e setoriais de diferentes políticas (Haddad, 2004). É caracterizado como um modelo inter-regional de Equilíbrio Geral Computável da categoria Johansen (Porsse, 2008), cuja estruturação matemática é caracterizada por conjuntos de equações linearizadas e as soluções são obtidas em forma de taxas de crescimento (Domingues, 2002).

O modelo B-Maria considera dois fechamentos: i) no curto prazo os fatores de produção são parcialmente fixos, salários e emprego ajustáveis e a oferta de capital constante. Por sua vez, ii) no longo prazo, ocorre uma mobilidade total dos fatores de produção e os salários são flexíveis.

A definição dos cenários das simulações foi realizada com base na redução de custos operacionais e no aumento da eficiência do setor. A escolha dos percentuais de 1% e 5% foi fundamentada na literatura empírica, que demonstra que pequenas melhorias na eficiência já geram impactos significativos no setor. O percentual de 1% representa um cenário conservador e o percentual de 5% representa um cenário mais otimista. Além disso, os valores refletem condições para o setor de saneamento do Rio Grande do Sul, levando em consideração experiências nacionais e internacionais na redução de perdas de água e aumento da eficiência operacional.



A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

Resultados e discussões

A simulação foi realizada utilizando o método de Euler, que, de acordo com Porsse (2008), é uma técnica capaz de corrigir as falhas de linearização, permitindo que as respostas sejam reportadas em taxas de variação percentual. Os choques utilizados no modelo B-Maria foram de 1% e 5% nas mudanças técnicas do capital, refletindo ganhos de eficiência no setor de saneamento que resultam na redução proporcional das perdas de água no sistema de distribuição. Ademais, foram analisados os impactos desses choques tanto no curto quanto no longo prazo, com o objetivo de mensurar as repercussões na economia de Porto Alegre, da região em torno da capital, do Rio Grande do Sul e do restante do Brasil. O fechamento de curto prazo foi empregado para simular políticas transitórias, enquanto o de longo prazo capturou os efeitos de políticas permanentes.

Tabela 1 - Simulações do PIB real e seus componentes (%).

Componentes do PIB	Restante do Brasil			
	Curto Prazo	1%	Longo Prazo	5%
Consumo real das famílias	0,000305	0,000106	0,000516	0,001487
Investimento real agregado	-0,000074	-0,000107	-0,00056	-0,000365
Demandas do governo regional	0,000362	0,000089	0,000448	0,001787
Demandas do governo Federal	0,000528	0,000127	0,000637	0,002599
Volume exportações	0,00012	-0,000091	-0,000428	0,000601
Volume importações	0,000149	0,000027	0,000123	0,000734
PIB real	0,000287	0,000046	0,000227	0,001407
Emprego	0,000302	0,000002	0,000001	0,001473

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados indicam que os ganhos de produtividade no setor de saneamento exercem impactos positivos sobre o PIB real e o emprego, com efeitos mais pronunciados no curto prazo quando o choque é de 5%. Como demonstrado na Tabela 1, a redução das perdas de água tem implicações diretas sobre o consumo real das famílias (0,001487%) e a demanda agregada dos governos federal (0,002599%) e regional (0,001787%), evidenciando um efeito multiplicador na economia. A literatura reforça essa correlação, como destacado por Turolla e Ohira (2005) e Madeira (2010), o saneamento básico é um vetor essencial para o crescimento econômico sustentável e melhoria da qualidade de vida da população. Além disso, a análise do Banco Central do Brasil (BACEN, 2016) confirma que investimentos em infraestrutura hídrica e saneamento são determinantes para a expansão da economia em virtude do seu impacto sobre a produtividade e os custos



operacionais de diversos setores e, portanto, seus investimentos devem ser incentivados (IBGE, 2018b).

No entanto, um aspecto relevante a ser considerado é o efeito assimétrico sobre o mercado de trabalho. Conforme os resultados demonstrados na Tabela 2, disponibilizada no Apêndice, o setor de saneamento apresenta uma redução no nível de empregos, especialmente na região metropolitana de Porto Alegre (-2,44513%) e no restante do estado (-1,797763%). Esse resultado pode indicar que com o avanço tecnológico e o aprimoramento dos processos operacionais há redução na necessidade de mão de obra intensiva. Entretanto, para os demais setores os impactos são positivos, nos quais os ganhos de produtividade no setor impactam favoravelmente as demais áreas da economia no setor industrial como energia (0,005266%), comércio (0,00203%), saúde (0,003228%) e educação (0,002417%). Essa redistribuição positiva corrobora o estudo de Andrade Sobrinho e Borja (2016) que argumentam que, com uma maior eficiência no setor de saneamento, não apenas os custos operacionais são reduzidos, como também há efeitos indiretos positivos sobre outras atividades produtivas.

A Tabela 3, também disponibilizada no Apêndice, reforça a dinâmica abordada no parágrafo anterior, ao demonstrar que o nível de atividade econômica cresce de maneira significativa com o aumento da eficiência no setor de saneamento. Em um cenário de choque de 5% no curto prazo, os impactos positivos sobre a produtividade do setor de saneamento ficam em torno de 0,044051%, sendo que os mais expressivos são para o restante do Rio Grande do Sul (1,795733%). No setor de energia, os efeitos crescem de acordo com o aumento percentual na eficiência do setor. Tanto para o emprego por indústria quanto no nível de atividade, conforme o percentual do choque aumenta de 1% para 5%, o impacto no setor se torna mais expressivo, especialmente no principal município do estado. Logo, o setor de energia se beneficia desse processo pois, com a redução de perdas de água, o consumo energético necessário para o bombeamento e tratamento diminui, promovendo maior eficiência sistêmica na cadeia de abastecimento (Andrade Sobrinho; Borja, 2016).

Os ganhos de produtividade de 1% e 5% também apresentam impactos positivos tanto no emprego como no nível de atividade dos setores de saúde e educação, reforçando a interdependência entre a eficiência do saneamento e o desenvolvimento humano. Conforme apontado por Madeira (2010), a melhoria da infraestrutura de saneamento tem efeitos diretos sobre a saúde pública, reduzindo a incidência de doenças infecciosas, que muitas vezes estão relacionadas à exposição a água contaminada e à falta de saneamento adequado. Esse impacto pode ser mensurado na redução dos custos hospitalares com internações por doenças de veiculação hídrica, como infecções gastrointestinais e mortalidade infantil, que continuam sendo um problema significativo em países em desenvolvimento (Brasil, 2024; Hutton, 2013; Jeuland *et al.*, 2013).



A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

A relação entre o saneamento e a saúde pública já foi amplamente documentada na literatura. Os estudos da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2024) indicam que a cada US\$ 1 investido em saneamento, há uma economia de até US\$ 5,50 em despesas médias e aumento da produtividade econômica. A pesquisa realizada por Siqueira *et al.* (2017) para a região metropolitana de Porto Alegre confirma essa tendência, ao demonstrar que a falta de saneamento está diretamente associada a maiores taxas de internação, sobretudo entre crianças menores de cinco anos e idosos. Desse modo, os resultados expressam a importância de investimentos no setor, pois melhorias na eficiência do saneamento reduzem os custos no sistema público de saúde e geram externalidade positivas para toda a sociedade.

Além dos efeitos na saúde, os ganhos de produtividade no setor saneamento influenciam diretamente o desempenho educacional. A Tabela 3 demonstra que, à medida que a eficiência no saneamento aumenta, há reflexos positivos na atividade do setor de educação. Como demonstrado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Brasil, 2015a), os estudantes que moram em residências sem banheiro apresentam desempenho acadêmico inferior aos que possuem acesso adequado ao saneamento. O estudo de Scriptore, Azzoni e Menezes-Filho (2018) também expressa que aumentos no acesso ao saneamento está associado a um aumento nas taxas de frequência escolar e uma queda de distorção idade-série. Esse impacto é especialmente relevante no contexto brasileiro, pois a desigualdade no acesso ao saneamento básico contribui para ampliar as disparidades educacionais entre diferentes grupos sociais. De acordo com o Instituto Trata Brasil (ITB, 2023), crianças em situação de vulnerabilidade que vivem em áreas sem distribuição de redes de esgoto e água tratada enfrentam maior chance de terem dificuldade na escola e possuírem menor taxa de conclusão dos estudos. A longo prazo, isso perpetua ciclos de pobreza, reduzindo as oportunidades e criando barreiras para o desenvolvimento econômico sustentável.

Tabela 4 – Produto Regional.

	1%		5%	
	Curto Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo
1 Munic_Princ	0,002018	0,001082	0,005298	0,009865
2 Metrop. POA	0,003527	-0,00003	-0,000321	0,017089
3 Restante_UF	0,002282	0,000684	0,003306	0,011136
4 Restante_BR	0,000147	0,000002	0,000012	0,000723

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 4 apresenta os impactos positivos dos ganhos de produtividade no setor de saneamento sobre o produto regional, evidenciando que, tanto no curto quanto no longo prazo, a elevação da eficiência do setor impulsiona o crescimento econômico. O aumento do produto regional pode ser reflexo da redução de perdas de água, o que melhora a alocação dos recursos produtivos, reduzindo custos



operacionais e fortalecendo setores estratégicos da economia. Os impactos positivos dos ganhos de eficiência no saneamento são ainda mais expressivos na região metropolitana de Porto Alegre, ao choque de 5% no curto prazo, com (0,017089%). Esse resultado reforça os achados de Turolla e Ohira (2005) e Madeira (2010), que destacam a expansão do saneamento como um fator determinante para o desenvolvimento econômico e social, promovendo qualidade de vida, aumento da produtividade e geração de emprego.

Tabela 5 – Salário real dos trabalhadores.

	1%		5%	
	Curto Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo
1 Munic_Princ	0,002942	0,000102	0,0005	0,014491
2 Metrop. POA	0,004261	0,000102	0,000496	0,020936
3 Restante_UF	0,002283	0,000102	0,000495	0,01129
4 Restante_BR	-0,000185	0,000101	0,000491	-0,000914

Fonte: Elaboração própria.

Como é possível notar na Tabela 5, o aumento da produtividade do setor de saneamento impacta positivamente sobre o salário real dos trabalhadores, com efeitos mais expressivos observados em choques de 5% no curto prazo. Esse resultado corrobora as evidências do SNIS (Brasil, 2015b), que demonstram que trabalhadores que residem em regiões com infraestrutura de saneamento possuem renda média superior àqueles que vivem em áreas sem acesso ao serviço. Além disso, conforme apontado por Pires (2022), o acesso adequado ao saneamento melhora os indicadores de saúde e bem-estar, influenciando diretamente na produtividade dos trabalhadores e na capacidade de geração de renda ao longo da vida.

Tabela 6 – Demanda agregada real do governo regional.

	1%		5%	
	Curto Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo
1 Munic_Princ	0,003854	0,003268	0,01615	0,018898
2 Metrop. POA	0,004242	0,00067	0,003174	0,02074
3 Restante_UF	0,00204	0,000624	0,003019	0,009998
4 Restante_BR	0,00025	0,000054	0,000279	0,001238

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 6 reforça o impacto positivo da eficiência do setor sobre a demanda agregada real do governo regional, especialmente em Porto Alegre, no cenário de choques de 5% no curto (0,004242%) e longo prazo (0,02074%). O crescimento da arrecadação pode ser direcionado para expansão de serviços que impulsionam mais investimentos e beneficiam toda a sociedade, como é o caso dos serviços de



A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

turismo, que geram mais empregos para a população do estado e ganhos que transpassam para o restante do país (IBGE, 2016; ITB, 2022).

Tabela 7 – Variação % taxa de desemprego regional

	1%		5%	
	Curto Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo
1 Munic_Princ	-0,000902	0	0	-0,004287
2 Metrop. POA	0,000577	0	0	0,003218
3 Restante_UF	-0,000438	0	0	-0,001942
4 Restante_BR	-0,000273	0	0	-0,001346

Fonte: Elaboração própria.

A relação entre saneamento e mercado de trabalho também é expressa na Tabela 7, que demonstra que os ganhos de produtividade no setor reduzem a taxa de desemprego, especialmente em Porto Alegre e região metropolitana, no período de curto prazo a 5% de choque. Esse resultado pode ser explicado pela queda no nível de empregos totais registrada entre 2013 e 2015 (ITB, 2022). O relatório do Instituto Trata Brasil (ITB, 2023) mostra que investimentos de mais de R\$ 12 bilhões no setor geraram milhares de empregos diretos, indiretos ou induzidos entre 2005 e 2020, ressaltando a importância do saneamento como indutor do crescimento econômico.

Tabela 8 – Consumo real das famílias.

Consumo doméstico real	1%		5%	
	Curto Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo
1 Munic_Princ	0,003896	0,001042	0,005062	0,01903
2 Metrop. POA	0,003641	-0,000675	-0,003592	0,017478
3 Restante_UF	0,002741	0,000345	0,00158	0,013322
4 Restante_BR	0,000111	0,000089	0,000442	0,000546

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 8 evidencia o impacto positivo da eficiência no setor de saneamento sobre o consumo real das famílias, demonstrando que, à medida que a redução de perdas de água melhora, há um aumento direto no poder de compra da população. O crescimento do consumo doméstico, especialmente em cenários de 5%, confirma que a otimização do setor gera um efeito multiplicador na economia, pois com uma maior eficiência da distribuição de água, há uma redução nas tarifas e custos operacionais, possibilitando que as famílias destinem uma parcela maior de sua renda para bens e serviços essenciais. Esse resultado está alinhado com estudos do Instituto Trata Brasil (ITB, 2023), que indicam que o acesso adequado ao saneamento básico contribui para a elevação da renda das famílias, ao impulsionar a

Lima, G. P.; Pinho, B. F.; Gonçalves, R. R. G.; Oliveira, C. R. O.

educação, reduzir gastos com saúde e aumentar a produtividade no mercado de trabalho. O estudo de Pires (2022) também destaca que a universalização do saneamento está associada à melhoria dos padrões de consumo e ao crescimento econômico regional. Segundo Kov *et al.* (2008), os países que investem na expansão do saneamento apresentam maior crescimento do PIB e redução da pobreza, devido aos impactos positivos sobre saúde, educação e produtividade laboral.

Tabela 9 – Receita de tarifa agregada.

	1%		5%	
	Curto Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo
1 Munic_Princ	0,001947	0,000578	0,002811	0,009612
2 Metrop. POA	0,001914	-0,000581	-0,002977	0,009412
3 Restante_UF	0,001547	0,000371	0,001805	0,007671
4 Restante_BR	-0,000012	0	-0,00001	-0,000062

Fonte: Elaboração própria.

Os dados da Tabela 9 mostram que as receitas de tarifas agregadas apresentam efeitos favoráveis no curto prazo, especialmente quando há um choque de 5% na eficiência do setor em relação às perdas de água. Isso aponta que a eficiência do setor de saneamento está diretamente ligada às tarifas aplicadas à população. Com uma estrutura de cobrança adequada, o setor pode minimizar as perdas, expandir as redes de distribuição e reduzir o impacto dos impostos no valor final pago pelos usuários dos serviços (ITB, 2022). As tarifas devem ser capazes de cobrir os custos de manutenção, os investimentos previstos e os custos operacionais. Ademais, ao promoverem a expansão do setor para alcançar a universalização dos serviços, as tarifas podem aumentar as receitas operacionais e tornar o setor ainda mais lucrativo (Costa, 2023; Heinen, 2020).

Tabela 10 – Renda das famílias.

	1%		5%	
	Curto Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo
1 Munic_Princ	0,000642	-0,002481	-0,012477	0,002986
2 Metrop. POA	-0,000933	-0,002678	-0,01355	-0,00501
3 Restante_UF	0,000146	-0,001457	-0,007405	0,000479
4 Restante_BR	-0,000016	0,000143	0,000686	-0,000092

Fonte: Elaboração própria.

Os dados da Tabela 10 indicam que os ganhos de produtividade no setor de saneamento geram um impacto positivo parcial sobre a renda das famílias. No curto prazo, tanto Porto Alegre quanto o restante do estado apresentam efeitos positivos com choques de 5% na eficiência do setor. Esse resultado sugere que melhorias na



A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

eficiência do setor de saneamento não apenas afetam diretamente a infraestrutura hídrica, mas também impulsionam a renda dos indivíduos, principalmente nas regiões mais carentes, conforme exposto por Figueiredo (2022). Esse cenário pode ser explicado pelo efeito multiplicador dos investimentos em saneamento, que geram impactos positivos sobre setores como construção civil, comércio e serviços públicos, resultando em uma maior empregabilidade e aumento da massa salarial.

Tabela 11 – Valor Adicionado.

Valor Adicionado	1%		5%	
	Curto Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo
1 Munic_Princ	0,002149	0,001352	0,006644	0,010505
2 Metrop. POA	0,00389	0,000627	0,002963	0,018863
3 Restante_UF	0,002461	0,001008	0,004926	0,012019
4 Restante_BR	0,000156	-0,000015	-0,000069	0,000769

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com os dados da Tabela 11, os ganhos de produtividade no setor de saneamento geram efeitos positivos crescentes no valor adicionado à produção econômica no curto prazo, à medida que o percentual dos choques aumenta de 1% para 5%. Esse resultado está alinhado com a realidade observada globalmente onde os países que não possuem sistemas de saneamento adequados frequentemente enfrentam quedas significativas no nível de produção econômica, o que leva a prejuízos substanciais (Anupam; Hutton, 2011, Coombes *et al.*, 2012, Rodriguez; Jamora; Hutton, 2008).

Além disso, em termos regionais, os ganhos de produtividade no setor de saneamento melhoraram a distribuição dos serviços nas áreas com menor acesso, especialmente no restante do estado do Rio Grande do Sul. Este resultado sugere que a implementação de uma política de redução de perdas de água pode gerar um efeito benéfico para as regiões menos desenvolvidas. Essa política não só aumenta a eficiência e a sustentabilidade do sistema hídrico, mas também contribui para a redução das desigualdades regionais e a promoção de um desenvolvimento mais sustentável.

Os impactos positivos da eficiência no saneamento vão além dos benefícios econômicos. A redução do desperdício de água contribui para a preservação dos recursos hídricos, garantindo o abastecimento para as próximas gerações e minimizando os impactos das mudanças climáticas. Conforme citado por Nechifor e Winning (2017), a gestão sustentável da água é um dos principais desafios globais, sendo essencial para garantir a segurança hídrica e a resiliência das economias no futuro. Além disso, a melhoria da infraestrutura de saneamento tem um efeito direto sobre a qualidade de vida das futuras gerações. Crianças que crescem em ambientes com acesso adequado à água tratada e esgoto apresentam melhores indicadores



de saúde, educação e desenvolvimento social, conforme demonstrado pelos estudos do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Brasil, 2015a). Dessa forma, os investimentos em eficiência no setor não apenas impulsionam o crescimento econômico no curto prazo, mas também criam condições para um desenvolvimento sustentável e inclusivo no longo prazo.

Portanto, os resultados desse estudo reforçam a necessidade de políticas públicas voltadas para a modernização do setor de saneamento, a ampliação do acesso aos serviços básicos e a adoção de tecnologias inovadoras para a redução das perdas de água. Os ganhos de produtividade observados indicam que a eficiência no setor pode gerar impactos positivos em diversas dimensões da economia, melhorando a qualidade de vida da população e garantindo a sustentabilidade dos recursos naturais para as próximas gerações.

Considerações finais

Uma parcela significativa da população brasileira ainda enfrenta dificuldades no acesso à água potável e ao esgotamento sanitário. O controle de perdas de água, sejam elas causadas por vazamentos ou falhas na medição e faturamento, é essencial para aumentar a eficiência do setor de saneamento. Em países em desenvolvimento, a prática desse serviço ainda é precária, resultando em desperdícios elevados e custos operacionais mais altos. A redução dessas perdas possibilita a realocação de recursos financeiros para a expansão e modernização dos sistemas de abastecimento e esgoto, promovendo um acesso mais amplo e equitativo aos serviços básicos (World Bank, 2016).

Diante desse cenário, este artigo analisou os impactos econômicos da eficiência produtiva no setor de saneamento do estado do Rio Grande do Sul, avaliando seus efeitos sobre os diferentes setores da economia. As simulações realizadas com o modelo de Equilíbrio Geral Computável inter-regional B-Maria evidenciaram que os ganhos de produtividade no setor não apenas beneficiam a economia regional, mas também geram impactos positivos para o restante do Brasil.

Os resultados demonstram que os impactos são mais expressivos no curto prazo, sobretudo com um choque de 5% na eficiência do setor. A maioria dos efeitos causados por reduções nas perdas de recursos hídricos são de curta duração, assumindo que os agentes não mudam suas decisões em políticas de período transitório, pois o choque logo é eliminado. Os custos para a manutenção dos sistemas de abastecimento e expansão dos serviços são resultados dos impactos de curta duração, e em certos casos, esses custos de investimentos ultrapassam os custos das perdas de abastecimento, causando um choque sobre o consumidor, devido ao aumento das tarifas dos serviços (Brasil, 2017).

Apesar dos custos para realizar melhorias na prestação dos serviços, os retornos para o desenvolvimento socioeconômico da região e do restante do país



A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

são positivos, como foi possível notar a partir da análise do modelo. Dentre os benefícios obtidos estão a redução no desemprego regional, o crescimento do produto regional e o aumento das receitas tarifárias, o que impacta no crescimento e desenvolvimento do PIB real e seus componentes, como consumo real e demandas agregadas regional e federal. O impulsionamento do crescimento do PIB é um dos maiores resultados desse investimento, uma vez que estudos revelam que países em desenvolvimento com baixa eficiência nesse setor apresentam maiores prejuízos em seu crescimento econômico (Anupam; Hutton, 2011; Kov *et al.*, 2008; Napitupulu; Hutton, 2008; Rodriguez; Jamora; Hutton, 2008; Thang; Tuan; Hutton, 2008). Os efeitos positivos gerados pelos choques de eficiência em serviços de saneamento fomentam empregos e atividades em setores como saúde e educação, impactando positivamente na renda e consumo das famílias e, proporcionando assim, um maior bem-estar para a população.

Apesar dos avanços observados, a falta de conscientização sobre a relevância do saneamento ainda é um obstáculo para que o serviço seja universalizado, especialmente em países em desenvolvimento (Minh; Hung, 2011). Por fim, considerando a realidade econômica atual e os desafios futuros, a modernização do setor de saneamento se torna mais urgente diante das mudanças climáticas e da crescente demanda por recursos hídricos. A adoção de tecnologias inovadoras e a melhoria na gestão das redes de distribuição são estratégias essenciais para garantir a segurança hídrica e a sustentabilidade do desenvolvimento econômico. O saneamento eficiente não apenas fortalece a economia no presente, mas também assegura melhores condições de vida para as gerações futuras, sendo um pilar fundamental para um crescimento sustentável e inclusivo.

A principal limitação do estudo está relacionada ao ano-base da Matriz Insumo-Produto de 2015, que corresponde à última MIP nacional divulgada pelo IBGE. De acordo com a literatura empírica de equilíbrio geral computável, a defasagem da base de dados representa uma limitação relevante apenas se a estrutura setorial da economia do país ou da região tiver passado por mudanças substanciais ao longo do tempo.

Referências

AFONSO, D. L.; ALMEIDA, E. S. A lei do saneamento básico e seu impacto nos índices de acesso aos serviços de saneamento básico. *Planejamento e Políticas Públicas*, Brasília, DF, n. 56, p. 134-157, out./dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.38116/ppp56art5>.

ANDRADE SOBRINHO, R. A.; BORJA, P. C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 783-795, out/dez. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016116037>.



Lima, G. P.; Pinho, B. F.; Gonçalves, R. R. G.; Oliveira, C. R. O.

ANUPAM, T.; HUTTON, G. Economic impacts of inadequate sanitation in India. Delhi: World Bank, 2011. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/programs/global-water-security-sanitation-partnership>. Acesso em: 5 fev. 2024.

ARAUJO, L. S.; RAMOS, H.; COELHO, S. T. Pressure control for leakage minimisation in water distribution systems management. Water Resources Management, Berlin, v. 20, p. 133-149, Feb. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-006-4635-3>.

BACEN – BANCO CENTRAL DO BRASIL. Revisão da projeção do PIB para 2016. Brasília, DF: Bacen, 2016. (Relatório de Inflação). Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/htms/relinf/port/2016/06/ri201606b1p.pdf>. Acesso em: 6 set. 2024.

BRASIL. Lei n. 11.445/2007, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso: 20 jan. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Exame nacional do ensino médio (ENEM): Microdados: 2015. Brasília, DF: INEP, 2015a. Disponível em: [https://www.gov.br/inep/pt-br/search?origem=form&SearchableText=Exame%20nacional%20do%20ensino%20m%C3%A9dio%20\(ENEM\):%20Microdados:%202015](https://www.gov.br/inep/pt-br/search?origem=form&SearchableText=Exame%20nacional%20do%20ensino%20m%C3%A9dio%20(ENEM):%20Microdados:%202015). Acesso em: 15 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. Internações hospitalares do SUS (2010-2015). Brasília, DF: DATASUS, 2024. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sih/cnv/sxuf.def>. Acesso em: 20 fev. 2024.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Série histórica: 2015b. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2015. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 23 jan. 2024.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015. Brasília, DF: SNSA, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snisdiagnosticosanteriores-do-snisdagua-e-esgotos-1/2015>. Acesso em: 23 jan. 2024.

CABRAL, U. Em 2020, para cada R\$ 1,00 gerado pela economia foram consumidos 6,2 litros de água. Agência de Notícias, Brasília, DF, 2 jun. 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37054-em-2020-para-cada-r-1-00-gerado-pela-economia-foram-consumidos-6-2-litros-de-agua>. Acesso em: 20 jan. 2024.



A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

COOMBES, Y.; et al. Economic impacts of poor sanitation in Africa. Bangui: The World Bank Group, 2012. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/programs/global-water-security-sanitation-partnership>. Acesso em: 5 fev. 2024.

COSTA, N. R. Política pública de saneamento básico no Brasil: ideias, instituições e desafios no Século 21. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 28, n. 9, p. 2595-2600, set. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232023289.20432022>.

DOMINGUES, E. P. Dimensão regional e setorial da integração brasileira na área de livre comércio das Américas. 2002. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12138/tde-22092003-153800/>. Acesso em: 10 set. 2024.

FIGUEIREDO, E. A. Saneamento básico, acesso à água potável e desenvolvimento humano. Brasília, DF: IPEA, 2022. (Nota da Presidência, 15). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/np15>.

FONTANA, M. E.; MORAIS, D. C. Decision model to control water losses in distribution networks. Production, São José dos Campos, v. 26, n. 4, p. 688-697, Oct./Dec. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.201815>.

HADDAD, E. A. Regional inequality and structural changes: lessons from the brazilian experience. Aldershot: Ashgate, 1999.

HADDAD, E. A. Retornos crescentes, custo de transporte e crescimento regional. 2004. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.12.2016.tde-08032016-140543>.

HADDAD, E. A.; PEROBELLINI, F. S. Trade liberalization and regional inequality: do transportation costs impose a spatial poverty trap? In: CONGRESS OF THE EUROPEAN REGIONAL SCIENCE ASSOCIATION, 45., 2005, Amsterdam. Anais [...]. Amsterdam: ANPEC, 2005. p. 1-21. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=aa02127f959b0720410f5404653bb680cf7e7a63>. Acesso em: 8 abr. 2024.

HEINEN, J. Com o novo marco legal, as tarifas de saneamento básico ficarão mais caras?. São Paulo: Conjur, 2020.

HUTTON, G. Global costs and benefits of reaching universal coverage of sanitation and drinking-water supply. Journal of Water and Health, London, v. 11, n. 1, p. 1-12, Dec. 2013. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2012.105>.



Lima, G. P.; Pinho, B. F.; Gonçalves, R. R. G.; Oliveira, C. R. O.

IBGE. Brasil consome 6 litros de água para cada R\$ 1 produzido pela economia. Rio de Janeiro: IBGE, 2018a. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/20465-brasil-consome-6-litros-de-agua-para-cada-r-1-produzido-pela-economia#:~:text=Pelo%20lado%20da%20demanda%2C%20ou,108%2C4%20litros%2Fdia>. Acesso em: 20 jan. 2024.

IBGE. Em 2016, PIB chega a R\$ 6,3 trilhões e cai 3,3% em volume. Rio de Janeiro: IBGE, 2018b. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22936-em-2016-pib-chega-a-r-6-3-trilhoes-e-cai-3-3-em-volume>. Acesso em: 7 set. 2024.

IBGE. Matriz de insumo-produto: Brasil: 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2018b virou 2018c.

IBGE. Turismo. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/turismo.html>. Acesso em: 15 jan. 2024.

IDS – INSTITUTO DE DEMOCRACIA E SUSTENTABILIDADE. Tarifa de água e esgoto: o que está por trás do valor que pagamos. São Paulo: IDS, 2017.

ITB – INSTITUTO TRATA BRASIL. Benefícios econômicos da expansão do saneamento no Rio Grande do Sul. São Paulo: ITB, 2023. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/05/Relatorio-Total-do-Rio-Grande-do-Sul.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024.

ITB – INSTITUTO TRATA BRASIL. Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil. São Paulo: ITB, 2022. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/11/Beneficios-economicos-do-saneamento-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2024.

ITB – INSTITUTO TRATA BRASIL. Painel saneamento Brasil. São Paulo: ITB, 2024. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/sobre/oque-e>. Acesso em: 4 abr. 2024.

JEULAND, M. A.; *et al.* The long-term dynamics of mortality benefits from improved water and sanitation in less developed countries. Plos One, San Francisco, v. 8, n.10, p. 1-16, Oct. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0074804>.

KOV, P.; *et al.* Economic impacts of sanitation in Cambodia. Phnom Penh: World Bank, 2008. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/programs/global-water-security-sanitation-partnership>. Acesso em: 5 fev. 2024.



A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

MADEIRA, R. F. O setor de saneamento básico no Brasil e as implicações do marco regulatório para universalização do acesso. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, n. 33, p. 123-154, jun. 2010. Disponível em: <http://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4782>. Acesso em: 26 jan. 2024.

MCKENZIE, R. S. Water loss management will be critical to climate change adaptation. London: IWA, 2016. Disponível em: <https://iwa-network.org/water-loss-management-critical-climate-change-adaptation/>. Acesso em: 26 jan. 2024.

MINH, H. V.; HUNG, N. V. Economic aspects of sanitation in developing countries. Environmental Health Insights, Thousand Oaks, v. 5, p. 63-70, Dec./Jan. 2011. DOI: <https://doi.org/10.4137/EHI.S8199>.

MONTGOMERY, M. A.; ELIMELECH, M. Water and sanitation in developing countries: including health in the equation. Environmental Science & Technology, Washington, D.C., v. 41, n. 1, p. 17-24, Jan. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1021/es072435t>.

MORAIS, D. C.; CAVALCANTE, C. A. V.; ALMEIDA, A. T. Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água. Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 15-32, abr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-74382010000100002>.

NAPITUPULU, L.; HUTTON, G. Economic impacts of sanitation in Indonesia. Senayan: The World Bank Group, 2008. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/programs/global-water-security-sanitation-partnership>. Acesso em: 5 fev. 2024.

NECHIFOR, V.; WINNING, M. Projecting irrigation water requirements across multiple socio-economic development futures: a global CGE assessment. Water Resources and Economics, Amsterdam, v. 20, p. 16-30, Oct. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wre.2017.09.003>.

PIRES, C. G. S. Impacto socioeconômico do saneamento no Brasil. 2022. Dissertação (Mestrado em Finanças e Economia Empresarial) – Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/34548>. Acesso em: 29 jan. 2024.

PORSSE A. A. Aumento do ICMS no Rio Grande do Sul, em 2005: uma análise de equilíbrio geral computável. Ensaios FEE, Porto Alegre, v. 28, p. 701-726, 2008. Disponível em: <https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/ensaios/article/view/2152>. Acesso em: 29 jan. 2024.

RODRIGUEZ, U. E.; JAMORA, N.; HUTTON, G. Economic impacts of sanitation in the Philippines. Manila: The World Bank Group, 2008. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/programs/global-water-security-sanitation-partnership>. Acesso em: 5 fev. 2024.

Lima, G. P.; Pinho, B. F.; Gonçalves, R. R. G.; Oliveira, C. R. O.

SABESP. Controle de perdas. São Paulo: Sabesp, 2024. Disponível em: <https://www.sabesp.com.br>. Acesso em: 19 jan. 2024.

SCRIPTORE, J. S.; AZZONI, C. R.; MENEZES-FILHO, N. A. Os impactos do saneamento básico sobre a educação: usando a privatização como variável instrumental. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 2018, Niterói. Anais [...]. Niterói: ANPEC, 2018. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002912472>. Acesso em: 26 fev. 2025.

SHAKMAK, B.; AL-HABAIBEH, A. Detection of water leakage in buried pipes using infrared technology: a comparative study of using high and low resolution infrared cameras for evaluating distant remote detection. In: JORDAN CONFERENCE ON APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING AND COMPUTING TECHNOLOGIES, 2015, Jordan. Anais [...]. Jordan: IEEE, 2015. p. 1-7. DOI [10.1109/AEECT.2015.7360563](https://doi.org/10.1109/AEECT.2015.7360563).

SIQUEIRA, M. S.; et al. Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010-2014. Epidemiologia e Serviços de Saúde, Brasília, DF. v. 26, n. 4, p. 795-806, out./dez. 2017. DOI [10.5123/S1679-49742017000400011](https://doi.org/10.5123/S1679-49742017000400011).

TEIXEIRA, T. C. S.; AZEVEDO, J. P. S.; JULIEN, D. L. L. Cobrança pelo uso da água para o saneamento: mecanismos para incentivo a eficiência e atendimento ao uso mínimo. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p. 517-524, maio/jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200003>.

THANG, P.; TUAN, H.; HUTTON, G. Economic impacts of sanitation in Vietnam. Hanói: The World Bank Group, 2008. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/programs/global-water-security-sanitation-partnership>. Acesso em: 5 fev. 2024.

TONETO JÚNIOR, R.; SAIANI, C.; RODRIGUES, R. L. Perdas de água: entraves ao avanço do saneamento básico e riscos de agravamento à escassez hídrica no Brasil. São Paulo: FUNDACE, 2013.

TUROLLA, F. A.; OHIRA, T. H. A economia do saneamento básico. São Paulo: USP, 2005. (Ciclo de Debates EITT, 3). Disponível em: https://www5.pucsp.br/eitt/downloads/III_CicloPUCSP_TurollaeOhira.pdf. Acesso em: 15 jan. 2024.

UNITED NATIONS. About water and sanitation: OHCHR and the right to water and sanitation. Geneva: UN, 2024. Disponível em: <https://www.ohchr.org/en/water-and-sanitation/about-water-and-sanitation>. Acesso em: 30 jan. 2024.

VILANOVA, M. R. N.; MAGALHÃES FILHO, P.; BAlestieri, J. A. P. Performance measurement and indicators for water supply management: review and international cases. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Amsterdam, v. 43, p. 1-12, Mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.043>.



A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage. Geneva: WHO, 2012. Disponível em: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/75140/WHO_HSE_WSH_12.01_eng.pdf?sequence=1. Acesso em: 15 jan. 2024.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Sanitation. Geneva: WHO, 2024. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>. Acesso em: 13 jan. 2024.

WORLD BANK. The world bank and the international water association to establish a partnership to reduce water losses. Stockholm: The World Bank Group, 2016. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2016/09/01/the-world-bank-and-the-international-water-association-to-establish-a-partnership-to-reduce-water-losses#:~:text=In%20developing%20countries%2C%20roughly%2045,US%243%20billion%20per%20year>. Acesso em: 10 fev. 2024.

Nota

- ¹ Companhia Rio Grandense de Saneamento – CORSAN. Responsável pelo setor de saneamento cobrindo 67% do Estado do Rio Grande do Sul.



Apêndice

Tabela 2 - Emprego por Indústria.

(Continua)

Região	Variáveis	1%		5%	
		Curto Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo
	Agricultura	0,000394	0,000121	0,000614	0,001934
Região Porto Alegre	0,003827				
Região Entorno POA	0,006971				
Restante RS	0,003595				
Restante BR	0,00178				
	Prd_Aliment	0,000212	-0,000006	-0,000024	0,001038
Região Porto Alegre	0,010715				
Região Entorno POA	0,008674				
Restante RS	0,003077				
Restante BR	0,000791				
	Maq_Equip	0,000208	-0,000032	-0,000151	0,001026
Região Porto Alegre	0,010715				
Região Entorno POA	0,008674				
Restante RS	0,003077				
Restante BR	0,000791				
	Eletricidad	0,001063	0,000266	0,00134	0,005266
Região Porto Alegre	0,039962				
Região Entorno POA	0,045738				
Restante RS	0,023421				
Restante BR	0,004222				
	Água	-0,030403	-0,018457	-0,092804	-0,151514
Região Porto Alegre	-1,758301				
Região Entorno POA	-2,44513				
Restante RS	-1,797763				
Restante BR	-0,055837				
	Construção	0,000233	-0,000051	-0,000253	0,00117
Região Porto Alegre	0,008797				
Região Entorno POA	0,025386				
Restante RS	0,020167				
Restante BR	0,000317				
	Comércio	0,000414	0,000108	0,000537	0,00203
Região Porto Alegre	0,015742				



A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

(Continuação)

Região Entorno POA	0,020704				
Restante RS	0,014004				
Restante BR	0,001135				
	At_Mobiliar	0,000348	0,000083	0,000408	0,001701
Região Porto Alegre	0,007265				
Região Entorno POA	0,00814				
Restante RS	0,006753				
Restante BR	0,001394				
	Adm_Publica	0,0006	0,000144	0,000723	0,002956
Região Porto Alegre	0,004463				
Região Entorno POA	0,004702				
Restante RS	0,004091				
Restante BR	0,002897				
	Educacão	0,000492	0,000121	0,000603	0,002417
Região Porto Alegre	0,006687				
Região Entorno POA	0,005861				
Restante RS	0,004763				
Restante BR	0,002236				
	Saúde	0,000658	0,000241	0,001197	0,003228
Região Porto Alegre	0,011346				
Região Entorno POA	0,012121				
Restante RS	0,009993				
Restante BR	0,002468				

Fonte: Elaboração própria



Tabela 3 – Nível de atividade.

(Continua)

Região	Variáveis	1%		5%	
		Curto Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo
	Agricultura	0,000079	-0,000091	-0,000455	0,000386
Região Porto Alegre		0,000691			
Região Entorno POA		0,00095			
Restante RS		0,000503			
Restante BR		0,00037			
	Prd_Aliment	0,000143	-0,000078	-0,000386	0,000702
Região Porto Alegre		0,007225			
Região Entorno POA		0,004495			
Restante RS		0,001882			
Restante BR		0,00054			
	Maq_Equip	0,000176	-0,00008	-0,000394	0,00087
Região Porto Alegre		0,00517			
Região Entorno POA		0,003304			
Restante RS		0,002194			
Restante BR		0,000661			
	Eletricidad	0,000191	0,000058	0,000292	0,000946
Região Porto Alegre		0,008467			
Região Entorno POA		0,004667			
Restante RS		0,003572			
Restante BR		0,000767			
	Água	0,009086	0,005294	0,026064	0,044051
Região Porto Alegre		1,06437			
Região Entorno POA		1,447252			
Restante RS		1,795733			
Restante BR		-0,022212			
	Construcao	0,000095	-0,000103	-0,000518	0,000475
Região Porto Alegre		0,004123			
Região Entorno POA		0,007602			
Restante RS		0,007175			
Restante BR		0,000129			



A caminho da eficiência: Mensuração dos ganhos de produtividade no setor de saneamento do Rio Grande do Sul a partir de um modelo de Equilíbrio Geral Computável

					(Continuação)
	Comércio	0,000215	0,000005	0,000024	0,001055
Região Porto Alegre		0,009549			
Região Entorno POA		0,008993			
Restante RS		0,006169			
Restante BR		0,000595			
	At_Mobiliar	0,000006	-0,000075	-0,00038	0,000028
Região Porto Alegre		0,000154			
Região Entorno POA		0,000075			
Restante RS		0,000066			
Restante BR		0,000023			
	Adm_Publica	0,000511	0,00012	0,000602	0,002519
Região Porto Alegre		0,003864			
Região Entorno POA		0,003989			
Restante RS		0,003536			
Restante BR		0,002467			
	Educação	0,000463	0,000109	0,000545	0,002275
Região Porto Alegre		0,006363			
Região Entorno POA		0,005433			
Restante RS		0,004484			
Restante BR		0,002104			
	Saúde	0,00048	0,00015	0,000742	0,002357
Região Porto Alegre		0,008495			
Região Entorno POA		0,008606			
Restante RS		0,006852			
Restante BR		0,00181			

Fonte: Elaboração própria.

Recebido em: 15/09/2024
Aprovado em: 20/05/2025