

Efeitos da Insuficiência de Água Sobre a Produtividade de Empresas Brasileiras¹

Effects of Water Insufficiency on the Brazilian Firms' Productivity

Welber Tomás de Oliveira²

Carlos César Santejo Saiani³

Ana Paula Macedo de Avellar⁴



Resumo: O objetivo deste artigo é investigar empiricamente se a insuficiência de água para a produção influencia a produtividade de empresas manufatureiras brasileiras. Para mensurar os possíveis efeitos médios da insuficiência de água sobre a produtividade total dos fatores (PTF) e, como uma estratégia de identificação, a produtividade do trabalho, são utilizadas informações de 2007 disponibilizadas pela base *Investment Climate Survey*, do Banco Mundial, e adotados métodos de estimações econométricas por *propensity score matching* para lidar com o provável viés de autosseleção e balancear, em termos de atributos observados, os grupos de tratamento (empresas com insuficiência de água) e controle (empresas sem insuficiência de água). Os resultados das diferentes estimações sugerem, com certa robustez, a existência de um efeito médio negativo associado à insuficiência de água sobre a PTF das empresas que sofreram tal problema.

Palavras-chave: Produtividade. PTF. Insuficiência de água. *Propensity score matching*.

Abstract: This article aims to investigate empirically the effect of water insufficiency for production on labor productivity and total factor productivity (TFP) of Brazilian manufacturing firms with information for 2007 provide by the World Bank's Investment Climate Survey (ICS). To measure the average effects of water insufficiency on productivity, Propensity Score Matching estimation methods are used to deal with possible self-selection bias and to balance in terms of observed attributes the treatment (firms with water insufficiency) and control groups (firms without water insufficiency). The results of the different estimates suggest, with some robustness, the existence of a negative average effect associated with insufficient water on the PTF of the companies that suffered such a problem.

Keywords: Productivity. TFP. Water insufficiency. Propensity score matching.

JEL Classification: L60; D24; L95.

¹ Os autores agradecem o apoio do CNPq.

² Economista no Centro de Estudo, Pesquisas e Projetos Econômicos-Sociais (CEPES-UFU).

³ Professor do Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia (IERI-UFU).

⁴ Professora do Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia (IERI-UFU).

1 INTRODUÇÃO

O objetivo do presente artigo é investigar empiricamente se a insuficiência de água para a produção afeta a produtividade total dos fatores (PTF) de empresas brasileiras. Parte-se das premissas de que a água é um importante insumo de produção nos mais diversos setores e que problemas no abastecimento de água podem impactar sobre os processos produtivos das empresas, diminuindo a eficiência no uso de capital e insumos intermediários.

Para atingir o objetivo proposto, são utilizadas informações de empresas manufatureiras brasileiras referentes a 2007 da base *Investment Climate Survey* (ICS) do Banco Mundial.⁵ Por meio dessas informações e seguindo uma metodologia tradicional da literatura, são mensuradas as PTFs das empresas da amostra com todos os dados necessários disponíveis. Para estimar os efeitos médios da insuficiência de água⁶ nas empresas que passaram por tal problema (*average treatment effect on treated*), são usados métodos de estimações econométricas por *propensity score matching*, lidando com a possibilidade de viés de autosseleção e balanceando, em termos de atributos observados, os grupos de tratamento (firmas com insuficiência de água) e controle.

Ademais, para garantir robustez à interpretação de um possível efeito significativo como um impacto da insuficiência de água na eficiência no uso de capital e insumos intermediários pelas firmas, afetando suas PTFs, é adotada uma estratégia de identificação. Esta consiste em estimações similares com a produtividade do trabalho como a variável dependente. Parte-se da premissa que essa variável pode ser afetada por problemas no abastecimento de água – contração de doenças reduzindo o desempenho ou levando a afastamentos –, porém, mais

⁵ Única fonte encontrada com todas as informações necessárias, sendo que a última edição foi publicada em 2009 com dados referentes a 2007. Apesar de ser um pouco defasada, compromete pouco as análises por não serem avaliados efeitos da insuficiência de água no tempo. Ademais, conforme é discutido ao longo do estudo, a situação do abastecimento de água no Brasil, em linhas gerais, não sofre alterações significativas desde 2007.

⁶ Conforme reportado na própria ICS, é considerado como insuficiência de água se a empresa relatou ter passado por abastecimento de água insuficiente à produção no último ano fiscal (IFC, 2007). Assim, corresponde a uma informação de percepção (ou vivência) autorreportada pelas próprias empresas.

diretamente se isso ocorrer nos domicílios e na água para consumo. Nas firmas, a insuficiência de água considerada refere-se a um problema em um insumo de produção. Assim, se os resultados forem favoráveis a um impacto da insuficiência de água na PTF e não na produtividade do trabalho, é obtida uma evidência mais robusta à sua interpretação como um provável efeito e não uma relação espúria ou advinda de atributos não observados que afetam a insuficiência e quaisquer produtividades.

Antecipadamente, os resultados aqui encontrados sugerem, com certa robustez, reduções médias da PTF devido à insuficiência de água nas empresas manufatureiras da amostra da ICS que sofreram o problema. Tal evidência contribui para o preenchimento de uma lacuna na literatura empírica para o caso de empresas brasileiras, dado que não foram encontradas investigações para o Brasil que estimam efeitos de insuficiência de água na produtividade no nível das firmas (microeconômico). Ressalta-se que, no ano analisado, não houve registro de escassez de água (crise hídrica) no país (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, 2019a). Portanto, é plausível assumir que a insuficiência de água decorra de limites de infraestrutura hídrica e gestão ineficiente. Assim, tal evidência aponta para uma consequência ainda pouco debatida dos problemas do saneamento no Brasil, dado que a literatura apresenta mais evidências de impactos na saúde e, em menor grau, na agropecuária.

Portanto, este estudo ressalta e relaciona dois desafios históricos das políticas públicas brasileiras: a) estimular a produtividade das empresas; e, para isso e outros objetivos, b) investir em infraestrutura, em especial, de abastecimento de água (e saneamento básico em geral). Deve-se considerar, ainda, que o aumento da produtividade, que é relativamente baixa no país, pode incentivar o crescimento econômico com inclusão social e reduções de desigualdades.

Além desta introdução e das considerações finais, o presente artigo é dividido em mais três seções. Na segunda seção, são apresentadas uma revisão da literatura e algumas informações para ilustrar a relação entre a produtividade das empresas e o abastecimento de água e como essas questões ainda são desafios importantes para o Brasil. Na terceira seção, são discutidas as estratégias empíricas e os dados

usados nas estimações. Finalmente, na quarta seção, são apresentados os resultados.

2 PRODUTIVIDADE E ABASTECIMENTO DE ÁGUA: RELAÇÃO E DESAFIOS PARA O BRASIL

A produtividade dos fatores de produção tem papel central no debate econômico, pois a literatura aponta efeitos no crescimento econômico, inclusão social e reduções de desigualdades (DE NEGRI; CAVALCANTE, 2014a; MUSSOLINI; TELES, 2010). No Brasil, tais desafios coexistem, o que torna a produtividade ainda mais central, inclusive pelas evidências recentes não favoráveis. Os trabalhos organizados no livro de De Negri e Cavalcante (2014b) estimam a produtividade total dos fatores (PTF) no país, não deixando dúvidas que, independentemente da medida e do método adotados, ela é relativamente baixa e cresce aquém do ideal.

Ellery Júnior (2014) identifica trajetória comum nas estimativas: a produtividade cresceu de forma consistente no início e irregular no final dos anos 1970, caiu significativamente nos anos 1980, seguida por pequena recuperação nas décadas de 1990 e 2000. De forma geral, a produtividade cresceu, de 1970 a 2011, a 1% ao ano, taxa muito baixa. Mesmo em um período favorável, 2003 a 2011, o aumento da produtividade foi baixo, de 2,6%. Miguez e Moraes (2014) estimam que se os setores brasileiros tivessem produtividades similares às dos mesmos setores nos Estados Unidos e na Alemanha, a produtividade brasileira seria de 428% a 577% maior.

Ganhos de produtividade podem ser obtidos pela convergência de vários fatores, como progresso técnico e maior eficiência. O primeiro é o deslocamento da fronteira tecnológica, no geral, por inovações; o segundo é a aproximação à fronteira. Na base da cadeia causal, emergem vários fatores inter-relacionados que podem incentivar inovações e eficiência, como instituições que garantem os direitos de propriedade, reduzindo os custos de transação e os investimentos em capitais humano e físico, destacando-se, no caso dos físicos, as infraestruturas econômicas (DE NEGRI; CAVALCANTE, 2014; MUSSOLINI; TELES, 2010; SOUZA; CUNHA,

2020). No Brasil, essas infraestruturas são um grande desafio, pois persistem sérios gargalos (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA, 2010).

De acordo com o Banco Mundial (1994), infraestruturas econômicas são atividades com características técnicas e econômicas similares – intensivas em capital, demandas inelásticas, externalidades positivas, elevadas economias de escala e de escopo e *sunk costs* que impõem, em alguns casos, limites à concorrência. Seguindo essa definição, Pêgo Filho (1999) classifica atividades e serviços de infraestrutura econômica em: a) serviços de utilidade pública – como: energia elétrica, telecomunicação, distribuição de gás natural e serviços de saneamento básico, entre os quais, o abastecimento de água –; b) serviços públicos (ou obras públicas) – rodovias e drenagem; e c) outros setores de transporte – por exemplo, portos, ferrovias e aeroportos.

Na literatura teórica e empírica, há evidências favoráveis à existência de efeitos positivos dos investimentos em infraestrutura econômica (e estoques) no crescimento econômico. No geral, são defendidos três efeitos: a) aumentos diretos da demanda agregada, o que estimula a produção (RIGOLON, 1998); b) reduções dos custos unitários dos insumos (MORRISON; SCHWARTZ, 1996); e c) elevações das produtividades dos insumos e das PTFs. Para algumas evidências, inclusive para o caso brasileiro, conferir: Aschauer (1989), Barro (1990), Munnell (1990), Easterly e Rebelo (1993), Ferreira (1996), Ferreira e Malliagros (1997), Cruz, Teixeira e Braga (2010), Mussolini e Teles (2010) e Souza e Cunha (2020), entre outros.

Em relação aos serviços de saneamento básico e, mais especificamente, ao abastecimento de água, alguns trabalhos discutem e apresentam evidências de seus impactos no crescimento econômico, principalmente via produtividade dos fatores. Por exemplo, no trabalho seminal de Aschauer (1989), é constatado que gastos públicos com as utilidades públicas (e seus estoques), como o abastecimento de água, estimularam ganhos de produtividade e crescimento econômico nos Estados Unidos da América. Evidências nesse sentido também são sinalizadas por trabalhos com informações de diferentes países, como Uchimura e Gao (1993) para

Taiwan e Coreia do Sul; Bregman e Marom (1999) para o Israel; Mastromarco e Woitek (2006) para a Itália; e Rigolon (1998), Mussolini e Teles (2010) e Schettini e Azzoni (2014) para o Brasil.

No nível das firmas (microeconômico), também existem evidências. Alguns trabalhos, inclusive, utilizam a mesma base de dados deste estudo, a ICS do Banco Mundial – contudo, nenhum com dados do Brasil. Por exemplo, Escribano e Guasch (2008), Escribano *et al.* (2008; 2010), Fajnzylber, Guasch e López (2008) e Moyo (2011) encontram relações significativas e positivas entre variáveis de infraestrutura econômica em geral, inclusive de abastecimento de água contínuo para a produção, e a PTF na Turquia e em países da América Central, América Latina e África.

Por um lado, o abastecimento de água contínuo afeta a PTF por ser um importante insumo para a produção de diversos produtos, inclusive manufaturados. Para ilustrar tal argumento, em ANA (2017), pode-se consultar parâmetros de uso de água em vários setores manufatureiros. Deve-se considerar, ainda, que, se a água estiver disponível, mas com qualidade inapropriada para o uso, as firmas devem alocar recursos para tal adequação, o que afeta suas produtividades. Contudo, esse efeito é pouco evidenciado na literatura – o que motiva e justifica este estudo.

Entretanto, se considerado o abastecimento domiciliar, o acesso e a qualidade da água de consumo podem afetar a saúde das pessoas e, em consequência, a produtividade do trabalho. Esse efeito é mais consolidado na literatura empírica. No longo prazo, é possível que crianças que contraíram doenças de veiculação hídrica ou passaram por privações de consumo de água tenham seus desenvolvimentos físico e intelectual comprometidos, afetando seus desempenhos escolares. Problemas no desenvolvimento e na formação de capital humano influenciam, no futuro, suas produtividades no trabalho. Já no curto prazo, trabalhadores que contraem doenças ou não consomem água adequadamente podem ter suas produtividades no trabalho prejudicadas por questões físicas ou afastamentos (CVJETANOVIC, 1986; HELLER, 1997; INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA – IBRE, 2010).

É fundamental ressaltar que, apesar de o Brasil ser relativamente abundante em recursos hídricos, o abastecimento de água para consumo e produção também é um importante desafio. Por exemplo, conforme ANA (2019b), o semiárido nordestino, a Bacia do Rio São Francisco, a metade sul do Rio Grande do Sul e algumas regiões metropolitanas estão com baixa segurança hídrica. O trabalho aponta que, mesmo sendo distintas as causas da baixa segurança,⁷ é possível lidar com a baixa segurança hídrica com investimentos na expansão, melhorias da infraestrutura e aperfeiçoamentos da gestão dos recursos hídricos combinada com a gestão de risco. Ademais, é destacado que a indústria é a atividade que se encontra em maior risco, devido aos maiores valores agregados.

A origem do problema está no fato de que, historicamente, o país realizou investimentos em infraestruturas de captação, distribuição e tratamento de água aquém dos necessários. Isso devido à falta de motivação política, à persistência de um conjunto de restrições e indefinições regulatórias e à ineficiência da maioria dos provedores (TUROLLA, 2002; TONETO JÚNIOR; SAIANI, 2006). Os resultados dos baixos investimentos são: racionamentos em vários locais; *déficits* de acesso distribuídos de forma desigual pelo país; perdas na distribuição; e problemas de qualidade da água ofertada (ANA, 2010; IBGE, 2011; SAIANI; TONETO JÚNIOR; DOURADO, 2015).

Pelo lado da oferta, as diferenças regionais de acesso ao abastecimento de água, tanto por pessoas como empresas, se devem, em grande medida, aos investimentos feitos em cada local, que se associam às capacidades de alavancar recursos próprios ou empréstimos dos provedores. Capacidades estas que tendem a ser menores em regiões menos desenvolvidas. Ademais, pela demanda, as relativamente menores rendas (pessoais) e receitas (das firmas) também podem dificultar, se houver a provisão, gastos com conexão à rede e pagamento pelo acesso (tarifa); ou, na ausência de provisão, gastos em ações individuais alternativas que

⁷ No semiárido do Nordeste, as causas são os cursos d'água intermitentes e a variabilidade pluviométrica. No Rio São Francisco, a demanda para irrigação. No sul do Rio Grande do Sul, a técnica de inundação de lavouras de arroz. Já em algumas regiões metropolitanas, a grande demanda de aglomerações urbanas em conjunto com a poluição por esgotos domésticos e resíduos sólidos (ANA, 2019b).

garantam a água para consumo ou produção (REZENDE *et al.*, 2007). Fato é que as regiões menos desenvolvidas do país apresentam menores indicadores de acesso individual ou domiciliar (SAIANI; TONETO JÚNIOR; DOURADO, 2015).

Não há informações representativas para todo o país do acesso à água pelas empresas. Contudo, a título de ilustração, é possível empregar neste estudo os dados da base ICS do Banco Mundial. Conforme apresentado mais adiante na Tabela 1, das 123 empresas de estados do Nordeste que constam na amostra para a produtividade do trabalho, 6,5% sofreram insuficiência de água para a produção em 2007. Já nos estados do Sudeste, das 438 empresas da mesma amostra, uma proporção um pouco menor, de 5,7%, passou pelo problema. Nordeste e Sudeste são as regiões que tendem a estar em extremos opostos em termos de indicadores socioeconômicos e de acesso a serviços de saneamento (SAIANI; RODRIGUES; GALVÃO, 2013; IBGE, 2019).

Em 2007, duas medidas buscaram ao menos amenizar os problemas do saneamento no Brasil. A primeira foi a promulgação da Lei Federal nº 11.445, a Lei do Saneamento Básico. Tal lei reduziu algumas indefinições regulatórias que desestimulavam os incentivos e previu a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), que foi lançado em 2014. No Plansab, foram definidas metas de universalização do acesso (BRASIL, 2007; 2014). A segunda medida foi a inclusão do programa “Saneamento para Todos” no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), o que gerou uma expectativa de expansão significativa dos investimentos.

Contudo, as duas iniciativas não obtiveram os efeitos esperados. As últimas avaliações do Plansab reconhecem que ele, mesmo após revisões em 2017, ficou no cenário “distante da universalização” (MCIDADES, 2018; MDR, 2020). Já o PAC não gerou um montante muito elevado de investimentos. Por exemplo, entre 2007 e 2015, a proporção de projetos concluídos em contratos de três a cinco anos não alcançava 10% (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Ao menos em parte, o insucesso das medidas deve-se à grave crise econômica brasileira iniciada em 2014 (OREIRO, 2017), que também reduziu a capacidade de investir dos municípios e provedores.

Consequentemente, a situação do setor pouco mudou desde 2007. Para ilustrar tal fato, recorre-se ao Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), maior base de dados do setor no Brasil. Em 2007, a proporção de pessoas com acesso a abastecimento de água no país era de 80,9%; em 2019 (último ano disponível), passou para 83,7%, ou seja, avançou apenas 2,8 pontos percentuais em 12 anos. Na região Norte, o acesso passou de 52,9% em 2007 para 57,5% em 2019; no Nordeste, de 68,7% para 73,9%; no Centro-Oeste, de 87,7% para 89,7%; no Sudeste, de 90,9% para 91,1%; e no Sul, de 86,2% para 90,5% (SNIS, 2007; 2019).

Por último, vale comentar que os problemas do Plansab e a crise econômica motivaram a discussão por reformas no setor, que culminaram, em 2020, na promulgação da Lei Federal nº 14.026, o Novo Marco Legal do Saneamento Básico. Este reformulou as metas de avanço do acesso, estabeleceu mecanismos que podem garantir a viabilidade econômicas da provisão dos serviços – por exemplo, a obrigatoriedade de regionalização – e facilitou a concessão privada (BRASIL, 2020). Se tais medidas tiverem êxito na geração de investimentos em infraestrutura hídrica, é possível que as insuficiências de água possam reduzir ou acabar ao longo do tempo.

3 ESTRATÉGIAS EMPÍRICAS E DADOS

Na presente seção, inicialmente, são discutidas as medidas de produtividade e a estratégia de identificação adotadas nos exercícios empíricos. Na sequência, os métodos empregados nesses exercícios, assim como as demais variáveis, são discutidos apresentados.

3.1 Medidas de produtividade e estratégia de identificação

Como já mencionado, para avaliar se a insuficiência de água para a produção afeta a PTF de empresas brasileiras, são utilizados dados da ICS do Banco Mundial. Com eles, o cálculo da PTF é feito conforme Ellery Júnior (2014), Messa

(2014) e Escribano e Guasch (2008). Os dois primeiros discutem os métodos mais comuns para o cálculo da PTF com dados da ICS; já o terceiro debate métodos e variáveis para estimações de efeitos na PTF com os mesmos dados.

Considerando tal embasamento, a PTF é mensurada por meio da seguinte função Cobb-Douglas: $V_i = A_i K_i^\alpha L_i^\beta$, sendo V_i o produto da empresa i , K_i o estoque de capital físico, L_i o total de trabalho e A_i a PTF. Assim, $A_i = V_i / (K_i^\alpha L_i^\beta)$. Em estimações econométricas, a PTF (A_i) é o resíduo. Nessa linha, Escribano e Guasch (2008) propõem o uso de uma função Cobb-Douglas expandida por insumos intermediários (M_i) para estimar a PTF segundo a equação (1).

$$\ln(V_i) = \theta + \alpha \ln(K_i) + \beta \ln(L_i) + \delta \ln(M_i) + \varepsilon_i \quad (1)$$

sendo: V_i as vendas da empresa i – variável dependente –; θ a constante; K_i o estoque de capital – valor líquido de todos ativos fixos (em unidades monetárias) –; α o coeficiente associado ao capital; L_i o trabalho – trabalhadores permanentes –; β o coeficiente associado ao trabalho; M_i o custo total dos insumos intermediários (em unidades monetárias)⁸; δ o vetor de coeficientes associados aos insumos intermediários; e ε_i é o resíduo – o logaritmo da PTF ($\ln(A_i)$).

Cabe apontar que críticas ao uso da PTF calculada da forma supracitada como medida de produtividade são recorrentes na literatura, principalmente relativas a limitações em premissas assumidas, como: adoção de uma função produção; plena substituição dos fatores; e retornos constantes. Outras limitações decorrem de problemas na coleta e disponibilização dos dados na ICS, como variáveis medidas em unidades monetárias e não físicas, não discriminando as quantidades dos preços; e possível má medição ou reporte errôneo dos dados pelas firmas.

Naturalmente, tais limitações restringem as interpretações de evidências alcançadas com os dados da base ICS e a metodologia de cálculo da PTF, mas não as invalidam integralmente. Nesse sentido, deve-se ressaltar que a plena

⁸ Custo total de todos os materiais intermediários (*inputs*) utilizados na atividade produtiva, como: matérias-primas, energia elétrica, água e combustível. Esta é a variável proposta por Escribano e Guasch (2008).

substituição de fatores e os retornos constantes são suposições fortes, mas impedem inferências inadequadas quanto à possibilidade de substituição de insumos e à eventual causalidade do aumento do emprego de determinado(s) fator(es) sobre a produção.

Quanto às restrições dos dados, Messa (2014) sustenta que, em estimações ao nível das empresas, as opções aqui tomadas são comuns e válidas, dada a dificuldade de disponibilização de preços e quantidades discriminados para todas as firmas. Ademais, pode-se considerar como uma tautologia contábil que o valor da produção, por definição, deve ser igual ao somatório dos valores do uso do capital, do trabalho e dos demais insumos. Eventuais diferenças entres tais valores, o resíduo (ε_i), decorrem da produtividade e/ou, em alguns casos, de erros de medição. Assim, a magnitude da produtividade pelo resíduo pode ser superestimada e os coeficientes dos fatores subestimados, de modo que as estimações podem ser vistas com certo grau de ceticismo.

Contudo, conforme é demonstrado por Hausman (2001), na presença de má mensuração dos dados na variável dependente, as estimações não apresentam viés, apenas menor precisão e valores inferiores da estatística t , mas continuam sendo consistentes. Assim, se os coeficientes estimados associados às variáveis explicativas – apresentadas mais adiante – denotam efeitos significativos, os sinais podem ser interpretados, com ressalvas somente quanto às magnitudes.

Para garantir maior robustez à interpretação de um possível efeito significativo como um impacto da insuficiência de água na PTF e não uma relação espúria ou advinda de atributos não observados que afetam tanto o acesso contínuo à água para a produção como a produtividade em geral das empresas, é proposta a seguinte estratégia de identificação: estimações semelhantes (descritas mais adiante), mas com a produtividade do trabalho como variável dependente. Parte-se da premissa que esta pode ser afetada por problemas no abastecimento de água – contração de doenças, reduzindo o desempenho ou resultando em afastamentos do trabalho (CVJETANOVIC, 1986; HELLER, 1997; IBRE, 2010), contudo, mais diretamente, se os problemas ocorrerem nos domicílios e na água para consumo, higiene e alimentação. Nas firmas, a insuficiência de água refere-se a um problema

de fator de produção. Assim, se os resultados mostrarem uma relação significativa na PTF e não na produtividade do trabalho, é obtida uma evidência mais robusta para inferir que a insuficiência de água impacta a PTF.

A produtividade do trabalho da empresa i ($ProdL_i$) é calculada pela razão entre as vendas V_i (em unidades monetárias) – *proxy* para o produto – e a quantidade de trabalho L_i (em horas trabalhadas), sendo aplicada uma transformação logarítmica – logaritmo natural ($\ln$). Ou seja, $\ln(ProdL_i) = \ln(V_i/L_i)$. Os dados também são oriundos da base ICS do Banco Mundial.

Vale apontar que a amostra brasileira na base ICS é formada por dados referentes a 2007 de 1.802 empresas. Tais dados foram coletados pelo Banco Mundial por meio de questionários, nos quais as firmas respondiam várias questões, mas não eram obrigadas a isso, o que faz com que o número total de respostas se altere segundo a questão. Neste estudo, buscando maximizar o uso dos dados necessários, são consideradas as duas amostras que constam na Tabela 1. Há dados para o cálculo da PTF para 743 empresas (*amostra I*), sendo 5,9% delas com insuficiência de água para a produção. Já para a produtividade do trabalho, há dados para mais firmas, 982 (*amostra II*), sendo 6,1% delas com insuficiência de água.

Nota-se, ainda, que as firmas brasileiras que relataram insuficiência de água representam cerca de 6% do total nas duas amostras. Apesar desse percentual ser pequeno comparativamente a outros países,⁹ há de se considerar que, no ano de referência (2007), o país não havia ainda passado por um cenário de crise hídrica, que ocorreu entre 2014 e 2016 no estado de São Paulo e que pode voltar em futuro próximo e não de forma restrita a esse estado (GASSERT *et al.*, 2014; ANA, 2019b; HOFSTE *et al.*, 2019). Nesse sentido, o SNIS (2019) sinaliza tendências de aumento no tempo das interrupções de abastecimento de água e das horas médias destas. Assim, o problema de insuficiência de água para a produção no país tende a permanecer em anos mais recentes. Tal argumento também é fundamentado

⁹ Segundo dados da ICS, tal percentual é de 12,8% para os países da América Latina e Caribe e de 13,3% para os países do mundo. Ver: <https://www.enterprisesurveys.org/en/data/exploreeconomies/2009/brazil#infrastructure>.

pelas evidências apontadas na seção anterior, que sinalizam uma pequena evolução, no geral, do abastecimento de água brasileiro desde 2007.

Tabela 1 – Distribuições das amostras de empresas segundo às variáveis e às unidades federativas (2007)

Unidades Federativas / Variáveis	PTF (<i>amostra I</i>)		Produtividade do Trabalho (<i>amostra II</i>)	
	Com Insuficiência de Água	Sem Insuficiência de Água	Com Insuficiência de Água	Sem Insuficiência de Água
Amazonas	3	7	3	8
Bahia	3	41	4	49
Ceará	3	25	3	31
Distrito Federal	0	5	0	6
Goiás	1	34	1	43
Mato Grosso	3	8	6	12
Minas Gerais	5	89	5	106
Paraíba	0	9	0	13
Paraná	4	73	7	92
Pernambuco	0	0	1	22
Rio de Janeiro	6	72	7	80
Rio Grande do Sul	2	116	2	135
Santa Catarina	8	76	8	98
São Paulo	6	144	13	227
Total	44	699	60	922

Fonte: Elaboração própria a partir de ICS (2007).

A Tabela 2 reporta as distribuições das amostras por atividades econômicas. Observa-se que, apesar da base também considerar serviços, não há observações para empresas desse setor com todos os dados necessários. Por isso, as manufaturas são o objeto do estudo. Vale ressaltar que, das 16 atividades da amostra total da ICS, restam 9 para a produtividade do trabalho e 8 para a PTF – com a perda do setor de têxteis na última. De acordo com ANA (2017), os setores considerados são “tradicionais”, com forte importância na economia brasileira, e estão entre os principais consumidores de água, em especial alimentos, químicos, sapatos e couro e têxteis.

Ressalva-se que cada uma das atividades econômicas emprega um montante específico de água na produção, sendo que o trabalho supracitado da ANA (2017) mostra alguns distintos parâmetros médios. Assim, ao contrário da água para

consumo,¹⁰ não é possível estabelecer uma utilização média mínima comum à produção dos mais variados produtos; tanto que, na ICS, é considerado como insuficiência de água se a empresa autorrelatou (percepção/vivência) ter passado por abastecimento de água insuficiente para a produção no último ano (IFC, 2007).

Tabela 2 – Distribuições das amostras de empresas, segundo às variáveis e às atividades econômicas (2007)

Setores de Atividades Econômicas	PTF (<i>amostra I</i>)		Produtividade do Trabalho (<i>amostra II</i>)	
	Com Insuficiência de Água	Sem Insuficiência de Água	Com Insuficiência de Água	Sem Insuficiência de Água
Alimentos	12	81	15	89
Autopeças	2	79	5	97
Máquinas e	6	128	7	154
Móveis	8	104	9	126
Químicos	10	82	13	96
Sapatos e Couro	1	104	2	113
Têxteis	0	0	1	103
Vestuário	4	112	7	134
Outras	1	9	1	10
Total	44	699	60	922

Fonte: Elaboração própria a partir de ICS (2007).

Nas *amostras I e II*, cerca de 72% das firmas brasileiras declararam na ICS que utilizavam água oriunda apenas de fontes públicas.¹¹ Portanto, 28% delas buscavam soluções individuais para obter a água necessária em suas produções, de modo que a ocorrência de insuficiência de água pode ser influenciada por atributos das empresas que também determinam suas PTFs.¹² É possível, então, que as produtividades das firmas com insuficiência de água sejam distintas das demais independentemente da indisponibilidade hídrica. Assim, interpretando a insuficiência de água como um “tratamento”, há a possibilidade de um viés de autosseleção em estimações de seus efeitos – ou seja, a seleção ao tratamento não

¹⁰ A Organização das Nações Unidas, por exemplo, considera um consumo humano mínimo *per capita* de 110 L/hab.dia para garantir a sobrevivência e ações de higiene (ONU, 2014)

¹¹ Pela definição da ICS, trata-se de água originária de serviços públicos, poços públicos e outras fontes públicas.

¹² Para domicílios, Rezende *et al.* (2007) advogam que o acesso ao abastecimento de água depende, pelo lado da demanda, da disposição e da capacidade de pagamento (tarifas e gastos com a conexão às redes) e, pelo lado da oferta, da existência da provisão. É plausível que o mesmo argumento seja válido para as empresas. Dessa forma, a insuficiência de água depende de decisões dos provedores, mas também das empresas, que optam pela conexão às redes, investindo para isso, e por pagarem pelo acesso (tarifas). Se a opção for a não conexão ou na ausência de redes, as empresas podem buscar fontes alternativas – poços, nascentes e aproveitamento da chuva, por exemplo, – ou se mudarem para locais que melhor as atendam.

ser independente de seus resultados (CALIENDO; KOPEINIG, 2005). A seguir, são discutidas as estratégias adotadas para lidar com esse viés.

3.2 Métodos e Variáveis

Baseando-se no modelo Roy-Rubin de resultados potenciais (ROY, 1951; RUBIN, 1974) para mensurar os efeitos médios da insuficiência de água (ATT)¹³ na PTF e na produtividade do trabalho, o ideal seria observar, concomitantemente, os resultados potenciais da empresa i nas situações de insuficiência (Y_i^1) e de suficiência de água na produção (Y_i^0). Se isso fosse possível, o efeito médio do tratamento sobre os tratados (τ_{ATT}) poderia ser calculado pela equação (2).¹⁴

$$\tau_{ATT} = E[(Y_i^1 - Y_i^0)|I_i = 1] = E[Y_i^1|I_i = 1] - E[Y_i^0|I_i = 1] \quad (2)$$

sendo: I_i a variável binária representativa do *status* do tratamento (igual a 1 se a empresa i teve insuficiência de água para produção em 2007); $Y_i^1|I_i = 1$ o resultado da insuficiência de água na empresa i que efetivamente passou por tal problema; e $Y_i^0|I_i = 1$ o resultado potencial da suficiência de água (não tratamento) na empresa i que teve insuficiência de água na produção.

O problema é que, em determinado momento, somente dois resultados são observáveis: i) o resultado da insuficiência de água nas firmas que passaram por esse problema ($Y_i^1|I_i = 1$); e ii) o resultado da suficiência de água nas firmas que não tiveram restrições de disponibilidade de água ($Y_i^0|I_i = 0$). Assim, o que é possível mensurar é a diferença média entre tais resultados: $E[Y_i^1|I_i = 1] - E[Y_i^0|I_i = 0]$. Somando e subtraindo, na expressão, o resultado potencial da suficiência nas firmas que passaram por insuficiência ($E[Y_i^0|I_i = 1]$), obtém-se a equação (3).

¹³ Em inglês, *average treatment effect on the treated* (ATT).

¹⁴ Assumindo a hipótese de que o resultado potencial de uma empresa independe do *status* do tratamento em outras empresas – *stable unit treatment value assumption* (SUTVA). Para mais detalhes, ver Cox (1958) e Rubin (1978).

$$\underbrace{E[Y_i^1|I_i = 1] - E[Y_i^0|I_i = 0]}_{\text{Efeito Observado}} = \underbrace{E[(Y_i^1 - Y_i^0)|I_i = 1]}_{\tau_{ATT}} + \underbrace{E[Y_i^0|I_i = 1] - E[Y_i^0|I_i = 0]}_{\text{Viés de Autosseleção}} \quad (3)$$

Com viés de autosseleção, o resultado da não participação no tratamento é diferente entre as empresas tratadas (com insuficiência de água) e não tratadas (sem insuficiência de água), de modo que as não tratadas não são um bom *contrafactual* para as tratadas. Assim, a diferença dos resultados médios entre elas é uma *proxy* inadequada do efeito médio do tratamento (τ_{ATT}). Se a opção pelo tratamento fosse aleatória (não correlacionada a atributos que influenciam suas consequências), os resultados potenciais da insuficiência seriam os mesmos para empresas que passaram ou não pelo problema. Consequentemente, o viés de autosseleção seria nulo e as não tratadas seriam o *contrafactual* para as tratadas. Contudo, a suficiência e insuficiência de água passada não foi atribuída de forma aleatória entre as firmas, até porque isso nem seria possível.¹⁵

Diante desses fatos, para avaliar o efeito da insuficiência de água sobre a produtividade, é necessário um método de estimação que lide com o viés de autosseleção. Para dados em *cross-section*, uma boa opção é um método baseado na seleção por atributos observados, assumindo a hipótese de ignorabilidade do tratamento.¹⁶ Ou seja, condicionados a um conjunto de atributos observados da firma i (X_i), que determinam a seleção, os resultados potenciais (produtividades) independem do *status* do tratamento. Respeitando tal condição, o viés de seleção desaparece. Assim, $E[Y_i^0|X_i, I_i = 0]$ é um *contrafactual* adequado para $E[Y_i^1|X_i, I_i = 1]$, e o efeito médio da insuficiência de água (τ_{ATT_X}) nos tratados pode ser calculado de acordo com a equação (4).

$$\tau_{ATT_X} = E[(Y_i^1 - Y_i^0)|X_i, I_i = 1] = E[Y_i^1|X_i, I_i = 1] - E[Y_i^0|X_i, I_i = 0] \quad (4)$$

¹⁵ Para discussões mais detalhadas sobre os benefícios da aleatorização (randomização) e os problemas da ausência de um processo desse tipo, conferir Rubin (1974), Smith e Todd (2005) e Duflo, Glennerster e Kremer (2006), entre outros.

¹⁶ *Ignorability (unconfoundedness) assumption*. Para mais detalhes, ver Rubin (1977) e Firpo e Pinto (2013).

Para estimações baseadas em (4), é importante que os grupos de tratamento e de controle sejam similares, o que também é bastante relevante neste estudo em função do pequeno número de firmas tratadas nas amostras relativamente às não tratadas (Tabelas 1 e 2). Maior semelhança entre os grupos pode ser garantida por meio de uma estratégia de *matching* (pareamento) que identifique um grupo de controle a partir do conjunto X de atributos observados das empresas. Contudo, quanto maior o número de atributos considerados, maior a dificuldade do *matching*.

É possível lidar com tal problema com um método de *Propensity Score Matching* (PSM), no qual o pareamento é feito pela probabilidade predita (*propensity score*) da empresa i passar por insuficiência de água (participar do tratamento) considerando atributos observados X_i . Para Rosenbaum e Rubin (1985), se, condicionais a X_i , os resultados são independentes do *status* do tratamento, a independência também é observada nos resultados condicionais aos *propensity scores* $P(X_i)$. Estes, estimados por *Logit* ou *Probit*,¹⁷ são positivos e os atributos observados X_i não necessitam determinar perfeitamente o *status* do tratamento – ou seja, $0 < P(X_i) < 1$.

Para garantir maior comparabilidade entre os grupos de controle e tratamento, pode-se impor uma condição de suporte comum, retirando do primeiro grupo firmas com probabilidades preditas inferiores à mínima ou superiores à máxima das tratadas.¹⁸ Considerando a hipótese de ignorabilidade do tratamento e a condição de suporte comum,¹⁹ a equação (5) mostra a maneira segundo a qual o efeito médio condicionado aos *propensity scores* ($\tau_{ATT_X}^{PSM}$) pode ser calculado.

$$\tau_{ATT_X}^{PSM} = E[(Y_i^1 - Y_i^0) | P(X_i), I_i = 1] = E[Y_i^1 | P(X_i), I_i = 1] - E[Y_i^0 | P(X_i), I_i = 0] \quad (5)$$

¹⁷ Os métodos *Logit* e *Probit* são adequados para estimações com variáveis dependentes binárias por ajustarem as probabilidades preditas no intervalo entre 0 e 1 (WOOLDRIDGE, 2002).

¹⁸ Forma proposta por Dehejia e Wahba (1999; 2002). Outras formas para impor a condição de suporte comum (ou *overlap*) e discussões sobre a importância dessa condição são apresentadas por Caliendo e Kopeinig (2005), Smith e Todd (2005), Heckman, Ichimura e Todd (1997) e Heckman, Lalonde e Smith (1999), entre outros.

¹⁹ Em conjunto, estas são denominadas como *strong ignorability assumption* (ROSENBAUM; RUBIN, 1985).

O PSM é uma estratégia de reponderação das observações para balancear as distribuições dos atributos observados entre os grupos de tratamento e de controle. Os pesos dependem do método para o *matching*. Há diversos métodos, que se diferem quanto às formas de definição dos grupos de controle e pesos, sendo que, assintoticamente, os resultados são próximos e não é possível apontar um como sempre superior. Assim, para testar a robustez dos resultados, os trabalhos costumam realizar estimações utilizando mais de um método (HECKMAN; ICHIMURA; TODD, 1997; DEHEJIA; WAHBA, 2002; CALIENDO, KOPEINIG, 2005; SMITH; TODD, 2005).

Neste estudo, optou-se por adotar dois dos métodos mais usados na literatura: i) *nearest neighbour matching* (NNM) – “vizinho mais próximo”; e ii) *Kernel matching* (KM). No NNM, cada empresa tratada é pareada à não tratada mais próxima em termos de *propensity scores*. Pode-se permitir ou não que uma empresa não tratada seja usada mais de uma vez como par de uma firma tratada. Assim, o NNM pode ser com reposição (NNM-CR) ou sem (NNM-SR). É atribuído peso zero às firmas do grupo de controle não pareadas a uma tratada. No NNM-CR, firmas não tratadas pareadas a mais de uma tratada recebem pesos superiores a um, que variam de acordo com o número de vezes em que são utilizados (CALIENDO; KOPEINIG, 2005).

No KM, o *contrafactual* é construído a partir da média ponderada de todas as empresas do grupo de controle. Os pesos são inversamente proporcionais à distância entre os *propensity scores* de cada empresa não tratada e a tratada para a qual o *contrafactual* é calculado. Todas as não tratadas são consideradas, ou seja, não é atribuído o peso zero a nenhuma, nem mesmo àquelas bastante diferentes das tratadas. Por isso, além do suporte comum, pode-se impor uma distância máxima (*bandwidth*) entre os *propensity scores* das tratadas e não tratadas. Seguindo a prática da literatura, são realizadas estimações com *bandwidth* de 0,06 e de 0,01 (HECKMAN; ICHIMURA; TODD, 1997; SMITH; TODD, 2005). Apesar da literatura não apontar um método de PSM como superior aos demais, Caliendo e Kopeining (2005) sugerem que o KM é preferível ao NNM se o grupo dos tratados possuir poucas observações, como ocorre neste estudo (Tabelas 1 e 2).

Para verificar a robustez dos possíveis resultados, também são estimados modelos por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), com erros-padrão robustos²⁰ e adotando as seguintes estratégias: i) PTF e produtividade do trabalho como variáveis dependentes (Y_i) – a Tabela 3 reporta algumas estatísticas descritivas destas variáveis e daquelas que as originaram; ii) *dummy* insuficiência de água (I_i) como variável explicativa de interesse; iii) variáveis do PSM como controles (X_i); e ii) observações no suporte comum e ponderadas pelos *propensity scores* dos quatro métodos de *matching* aqui usados. Ao contrário dos métodos de PSM, o MQO no suporte comum e ponderado impõe forma funcional aditiva, mas combinar métodos pode garantir uma maior precisão às estimações (FIRPO; PINTO, 2013). Além disso, para ilustrar a possibilidade do viés de autosseleção, também são realizadas estimações por MQO tradicional – erros-padrão robustos, mesmos controles X_i , sem qualquer ponderação e sem imposição do suporte comum.

Tabela 3 – Variáveis dependentes (Y_i): estatísticas descritivas

Variável	Média	Desvio-Padrão
Vendas (V_i)	24.029.602,43	105.889.349,37
Capital (K_i)	8.656.534,67	72.161.321,22
Trabalho (L_i)	162,52	678,54
Insumos Intermediários (M_i)	6.949.414,84	30.130.882,71
PTF (A_i)	61,49	1.591,62
Produtividade Trabalho ($ProdL_i$)	273.658,83	3.281.642,13

Fonte: Elaboração própria a partir de ICS (2007).

O Quadro 1 expõe as variáveis de controle (X_i), todas oriundas da ICS, divididas em três grupos. O primeiro representa atributos das empresas; o segundo é composto por atributos dos trabalhadores/trabalho; e o terceiro corresponde a *proxies* para o desempenho produtivo. Tais variáveis foram escolhidas, respeitando a disponibilidade de dados da ICS, por representarem, de acordo com a literatura, possíveis determinantes da produtividade e da insuficiência de água.

²⁰ Pela matriz de White (1980), conforme é proposto por Escribano e Guasch (2008).

Quadro 1 – Variáveis explicativas de controle X_i : descrições

Grupo	Variável	Descrição
Características das Empresas	Trabalhadores ($\ln$)	Quantidade de trabalhadores permanentes
	Mercado	Participação no mercado (%)
	Gerente	Tempo (anos) que o gerente principal trabalha no
	Idade	Idade da firma
	Exportadora	<i>Dummy</i> firma exportadora
	Capital	<i>Dummy</i> firma com mais de 10% de capital
	Certificação	<i>Dummy</i> firma com certificação internacional
Características dos Trabalhadores/Trabal	3º grau	Proporção de trabalhadores com terceiro grau (%)
	Treinamento	<i>Dummy</i> firma com treinamento
Desempenho Produtivo	NUCI	Nível de utilização da capacidade instalada (%)
	Turno	Horas trabalhadas por turno

Fonte: Elaboração própria a partir de ICS (2007).

O tempo que o gerente principal trabalha no setor e a idade da firma, por exemplo, podem afetar a produtividade por meio do *learning by doing* de práticas mais benéficas (SYVERSON, 2011). O Banco Mundial (2008) defende imperfeições dos mercados de crédito e capital como fontes de vantagens significativas para as grandes empresas frente às pequenas e médias, o que justifica os trabalhadores como *proxy* do tamanho das firmas. Paula (2017) reporta a dificuldade de pequenas e médias empresas acessarem o mercado de crédito brasileiro. O *market share* (*proxy* mercado) também pode gerar vantagens nos mercados de crédito e capital, com reflexos na produtividade. A parcela de trabalhadores com terceiro grau e a existência de treinamento captam a qualidade da mão de obra (capital humano). Trabalhadores com mais capital humano tendem a ser mais produtivos, o que afeta diretamente a produtividade do trabalho e, assim, a PTF. Sharpe (2003) aponta este como um dos principais *drivers* do crescimento da produtividade.

A empresa ser exportadora pode afetar a produtividade devido à exposição à concorrência internacional. Assim, a certificação internacional é *proxy* para maior excelência em processos produtivos, uma vez que ter uma certificação desse tipo pressupõe, pelo menos em algum grau, possuir padrões produtivos segundo as “melhores práticas”, que podem significar o emprego mais eficiente da força de trabalho e do capital. O uso da capacidade instalada relaciona-se com a produtividade devido a possíveis efeitos de escala. Já as horas trabalhadas por turno podem ter relação decrescente com a produtividade do trabalho (CAVALCANTE; DE NEGRI, 2014).

Pelo lado da insuficiência de água, é plausível supor que tamanho e *market share* possam garantir mais incentivos e recursos para a empresa evitar e contornar interrupções de água, com o uso de fontes alternativas, por exemplo. Idade, experiência do gestor e trabalhadores treinados e mais especializados podem garantir *expertise* para a empresa lidar com problemas de acesso a água. Nesse sentido, podem contribuir exportação e certificação internacional, indicadores de excelência de planejamento e organização, pois o primeiro leva a importantes aprendizados e o segundo é uma *proxy* para o reconhecimento. Quanto maiores a capacidade instalada e as horas trabalhadas, maior tende a ser a necessidade por água, o que pode afetar a insuficiência de água.

Além das variáveis supracitadas, são controladas *dummies* setoriais – setores da Tabela 2 (alimentos como categoria base) – e *dummies* estaduais – estados da Tabela 1 (São Paulo como categoria base). Quanto às setoriais, Moyo (2011) mostra que setores com maior uso de água na produção são mais afetados por problemas de escassez. Já as estaduais têm o intuito de captar diferenças presentes no abastecimento de água, em termos de quantidade e qualidade, entre os estados brasileiros (ANA, 2010; IBGE, 2011; SAIANI; RODRIGUES; GALVÃO, 2015), assim como de outros tipos de infraestrutura (IPEA, 2010) que também afetam a produtividade. Ademais, considerar firmas de um país permite que sejam avaliados efeitos na produtividade em um mesmo contexto macroinstitucional, mas as *dummies* estaduais também controlam diferenças institucionais estaduais.

Por último, deve-se apontar que os *propensity scores* para os pareamentos são calculados pela estimação da equação (6) pelo método *Logit*. Uma discussão dos coeficientes estimados, mostrados nas Tabela 9 (*amostra I*) e Tabela 10 (*amostra II*) do Apêndice, foge do escopo do estudo. Ressalva-se apenas que há variáveis não significativas. Segundo Bryson, Dorsett e Purdon (2002), a inclusão de variáveis não significativas no PSM não gera viés. Já para Caliendo e Kopeinig (2005), uma variável só deve ser excluída se houver consenso de que ela não afeta o resultado.

$$Prob(I_i = 1|X_i) = P(X_i) = \mu_0 + \mu_1 X_i + e_i \quad (6)$$

sendo: I_i a *dummy* insuficiência de água para produção; μ_0 a constante; X_i o vetor de variáveis explicativas da empresa i (Quadro 1 e *dummies* setoriais e estaduais); μ_1 o vetor de coeficientes estimados associados às variáveis explicativas; e e_i o erro.

Para averiguar a qualidade dos pareamentos, seguem-se Rosenbaum e Rubin (1985): testes t de diferenças de médias entre os grupos de tratamento e controle para cada variável explicativa após o *matching*. Os testes são feitos para as empresas no suporte comum, de acordo com Lee (2006). A hipótese nula é que as diferenças das médias sejam nulas. Se as estatísticas t forem significativas, as médias são estatisticamente diferentes. Com o pareamento, as diferenças das médias entre os grupos devem sumir. Esses testes, para todos os métodos de PSM aqui adotados, também são reportados nas Tabelas 9 (*amostra I*) e Tabela 10 (*amostra II*) do Apêndice. Observa-se que, no geral, as estatísticas t não são significativas, o que sinaliza que os grupos estão bem balanceados, ou seja, são comparáveis em termos dos atributos observados considerados.

4 ANÁLISES DOS RESULTADOS

A seguir, são analisados os resultados das estimações que permitem avaliar os efeitos da insuficiência de água na PTF e na produtividade do trabalho de empresas brasileiras. Para não fugir do escopo do presente estudo, os coeficientes estimados das variáveis de controle não são reportados nas especificações em que seria possível. Estes podem ser solicitados aos autores.

Primeiramente, a Tabela 4 expõe os resultados das estimações por MQO tradicional, com e sem o controle pelas *dummies* setoriais e estaduais – *especificações I e II*, respectivamente. Na PTF, os efeitos médios estimados associados à *dummy* insuficiência de água são negativos e significativos (a 1%) nas duas especificações. Como é considerada a PTF em logaritmo,²¹ na *especificação I*, o efeito estimado representa uma redução média relativa da PTF de 34,3% pela

²¹ O efeito de uma *dummy* em variável dependente em logaritmo é calculado pela expressão: $100[\exp(\hat{\beta}) - 1]$, sendo $\hat{\beta}$ o coeficiente estimado da *dummy* (WOOLDRIDGE, 2002). Tal cálculo é adotado em todas as análises.

insuficiência de água; na *especificação II*, a redução média é um pouco menor, igual a -33,9%. Na produtividade do trabalho, a insuficiência de água para produção é associada a um efeito negativo e significativo (apenas a 10%) somente na *especificação I* – redução média de 31,3%.

Tabela 4 – Resultados por MQO: variáveis dependentes PTF e produtividade do trabalho

Variável / Estatística / Especificação	PTF		Produtividade do Trabalho	
	I	II	I	II
Insuficiência de Água	-0,420*** (0,152)	-0,414*** (0,153)	-0,376* (0,228)	-0,368 (0,248)
Variáveis de Controle	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Dummies</i> Setoriais	Sim	Não	Sim	Não
<i>Dummies</i> Estaduais	Sim	Não	Sim	Não
R ²	0,129	0,093	0,330	0,143
Observações	743	743	982	982

Fonte: Elaboração própria. Dados de ICS (2007).

Nota: Erros-padrão robustos entre parênteses; *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; * Significativo a 10%.

A Tabela 5 apresenta os efeitos médios na PTF associados à insuficiência de água para a produção estimados pelos métodos de PSM. Assim como nos obtidos por MQO, tais efeitos são negativos e significativos (ao menos a 10%). Por *nearest neighbour matching* com reposição (NNM-CR) e *Kernel matching* (KM) com *bandwidth* de 0,06, o efeito representa uma redução média de 28,3% da PTF nas firmas que sofreram insuficiência de água; por *nearest neighbour matching* sem reposição (NNM-SR), uma redução média de 28,8%; já por KM com *bandwidth* de 0,01, uma redução média de 37,1%.²² Excetuando-se o último caso, os efeitos por PSM são inferiores aos estimados por MQO, o que pode decorrer da correção, em algum grau, do viés de autosseleção e, assim, do sucesso no balanceamento dos grupos de tratamento e de controle.

²² Nas estimações por KM, os erros-padrão são calculados convencionalmente. Para robustez, poderia ser utilizado *bootstrap*, mas Abadie e Imbens (2008) apontam problemas nessa estratégia. Já nas estimações por NNM, adota-se a proposta de Abadie *et al.* (2004) de variância condicional robusta à heterocedasticidade.

Tabela 5 – Resultados por PSM: variável dependente PTF (*amostra I*)

Variável / Estatística / Método	PTF			
	NNM-CR	NNM-SR	KM (0,06)	KM (0,01)
Insuficiência de Água	-0,332* (0,188)	-0,339* (0,181)	-0,332** (0,155)	-0,464*** (0,179)
Estatísticas <i>t</i>	-1,76	-1,87	-2,14	-2,60
Observações: tratamento/controle	44/44	44/44	43/699	43/699

Fonte: Elaboração própria. Dados de ICS (2007).

Nota: Erros-padrão entre parênteses; *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; * Significativo a 10%.

A Tabela 6, por sua vez, reporta os resultados encontrados pelos métodos de PSM para a produtividade do trabalho como variável dependente. Observa-se que, nos quatro métodos adotados, os coeficientes estimados associados à variável de interesse (*dummy* insuficiência de água) não são estatisticamente significativos nem a 10%. Assim, ao contrário da *especificação I* por MQO (Tabela 4) – o que pode ser justificado pelo potencial viés de autosseleção –, em estimações por PSM, a insuficiência de água não é associada a efeito significativo na produtividade do trabalho.

Tabela 6 – Resultados por PSM: variável dependente produtividade do trabalho (*amostra II*)

Variáveis / Estatísticas / Métodos	Produtividade do Trabalho			
	NNM-CR	NNM-SR	KM (0,06)	KM (0,01)
Insuficiência de Água	-0,327 (0,352)	-0,437 (0,330)	-0,326 (0,254)	-0,261 (0,277)
Estatísticas <i>t</i>	-0,93	-1,33	-1,28	-0,94
Observações: tratamento/controle	59/59	59/59	59/922	59/922

Fonte: Elaboração própria. Dados de ICS (2007).

Nota: Erros-padrão entre parênteses; *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; * Significativo a 10%.

A Tabela 7 expõe os resultados para a PTF estimados por MQO ponderado pelos *scores* dos métodos de PSM e com a imposição do suporte comum. A insuficiência de água só não é associada a efeito médio negativo e significativo (ao menos a 10%) na PTF por NNM-CR. Pela ponderação por KM – que pode ser mais adequada aqui devido ao pequeno número relativo de tratados (CALIENDO; KOPEINING, 2005) –, com *bandwidth* de 0,06, o efeito é uma redução média relativa de 28,2% da PTF nas firmas que sofreram insuficiência de água na produção; já com *bandwidth* de 0,01, a redução média é de 32%. Pela ponderação pelo método NNM-SR, a redução média é de 26,8%. Ou seja, no geral, efeitos inferiores aos dos métodos anteriores, o que pode decorrer do fato apontado na

literatura de que a combinação de métodos pode lidar melhor com o viés de seleção, garantindo maior precisão às estimações (FIRPO; PINTO, 2013).

Tabela 7 – Resultados por MQO ponderado: variável dependente PTF (*amostra I*)

Variáveis / Estatísticas / Métodos	PTF			
	NNM-CR	NNM-SR	KM (0,06)	KM (0,01)
Insuficiência de Água	-0,255 (0,196)	-0,312* (0,184)	-0,331*** (0,116)	-0,386*** (0,111)
Variáveis de Controle	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Dummies</i> Setoriais e Estaduais	Sim	Sim	Sim	Sim
R ²	0,368	0,252	0,193	0,214
Observações	80	88	742	708

Fonte: Elaboração própria. Dados de ICS (2007).

Nota: Erros-padrão robustos entre parênteses; *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; * Significativo a 10%.

Na Tabela 8, para a produtividade do trabalho como a variável dependente, constam os resultados estimados por MQO ponderado pelos *scores* dos quatro métodos de PSM aqui utilizados e com a imposição da condição de suporte comum. Em todas as estimações, a insuficiência de água para a produção não é associada a efeitos estimados estatisticamente significativos sobre a produtividade do trabalho, o que está em consonância com a maioria dos resultados anteriores.

Portanto, além da significância estatística constatada na maioria das estimações realizadas com diferentes métodos e opções empíricas, pela estratégia de identificação aqui adotada, que foi detalhada na seção anterior, é plausível inferir, com relativa robustez, que existe um efeito médio negativo da insuficiência de água para a produção na PTF das empresas manufatureiras brasileiras da base de dados da ICS do Banco Mundial. A magnitude do efeito é sensível ao método – variando de aproximadamente -27% a -37% –, mas persistindo o sinal negativo.

Tabela 8 – Resultados por MQO ponderado: variável dependente produtividade do trabalho (*amostra II*)

Variável / Estatística / Método	Produtividade do Trabalho			
	NNM-CR	NNM-SR	KM (0,06)	KM (0,01)
Insuficiência de Água	-0,200 (0,320)	-0,332 (0,300)	-0,277 (0,195)	-0,248 (0,226)
Variáveis de Controle	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Dummies</i> Setoriais e Estaduais	Sim	Sim	Sim	Sim
R ²	0,301	0,249	0,344	0,368
Observações	109	118	977	946

Fonte: Elaboração própria. Dados de ICS (2007).

Nota: Erros-padrão robustos entre parênteses; *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; * Significativo a 10%.

Uma crítica que pode ser feita a tais resultados é que os efeitos obtidos parecem bastante elevados. Como foi antecipado na terceira seção, a possibilidade de superestimação decorre de potenciais erros de medição nos dados da base ICS. Porém, também foi apontado naquela seção que, na presença de má mensuração na variável dependente, as estimações são consistentes, de modo que, se os coeficientes estimados associados às variáveis explicativas representam efeitos significativos, os sinais são interpretáveis, com ressalvas às magnitudes (HAUSMAN, 2001).

Nessa linha, vale apontar que Moyo (2011) também usa dados da ICS para estimar efeitos de interrupções no fornecimento de água (em horas por dia) na PTF de firmas manufatureiras africanas.²³ O trabalho observa uma semielasticidade média de -4,5% para todos os países e os setores. À título de ilustração, extrapolando tais resultados para o Brasil, em 2007, mesmo ano das informações do ICS, a duração média anual das interrupções nos municípios brasileiros foi de 15,6 horas (SNIS, 2007). Considerando esse dado, a semielasticidade de -4,5% e a premissa de impacto linear, o efeito seria uma redução da PTF das firmas brasileiras de 67,5%. Ou seja, também um efeito negativo, mas que pode ser ainda mais superestimado que os deste estudo.

A favor da anuência da existência de um efeito médio negativo da insuficiência de água na PTF, cabe ressaltar que as evidências observadas não são robustas a um efeito significativo também na produtividade do trabalho das firmas brasileiras da amostra da ICS. Assim, como reconhece a literatura, o trabalhador pode ter seu desempenho prejudicado por problemas no abastecimento da água, mas mais associados aos seus domicílios e na água para consumo, higiene e alimentação. Já o problema considerado neste estudo é de uma restrição de um insumo para a produção, que afeta a eficiência no uso de capital e demais insumos intermediários pelas firmas, mas não a produtividade em qualquer dimensão, o que tornaria possível que uma relação entre insuficiência de água e PTF seja

²³ Cabe fazer dois apontamentos sobre Moyo (2011): i) a variável interrupções em horas por dia não está disponível na ICS para as empresas brasileiras; e ii) a PTF é calculada da mesma forma que a do presente estudo.

espúria ou em consequência da omissão de atributos não observados relevantes, problema que é potencializado na presença de viés de autoseleção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Incrementos na produtividade podem garantir o crescimento da economia, no curto e no longo prazo, com reduções de desigualdades sociais e regionais. Porém, as evidências mostram que a produtividade no Brasil é baixa e avança aquém do necessário. As causas de tal problema motivam vários debates e controvérsias no campo econômico, mas é consensual na literatura a relevância das infraestruturas econômicas como condicionantes da produtividade das empresas.

O país, devido a investimentos históricos insuficientes, entre outros fatores, tem sérios gargalos referentes às infraestruturas, tais como o abastecimento de água. Este, mesmo gerando externalidades positivas, ainda tem graves problemas, como indisponibilidade hídrica ou racionamentos em diversos locais, déficits de acesso distribuídos desigualmente, perdas na distribuição e baixa qualidade de parcela da água ofertada. Tais problemas afetam as empresas. A intermitência no fornecimento de água pode interromper ou reduzir os processos produtivos, criar dificuldades de comercialização, contaminar a produção e gerar custos adicionais ao forçar as firmas a buscarem fontes alternativas, aspectos que podem influenciar suas produtividades.

Considerando tais aspectos e a existência de poucas evidências nesse sentido no nível das empresas no Brasil, este artigo investigou empiricamente se insuficiência de água na produção influencia a produtividade total dos fatores (PTF) de empresas manufatureiras brasileiras com dados disponibilizados na base da ICS do Banco Mundial. Para isso, foram adotadas opções empíricas recomendadas pela literatura e utilizados alguns métodos de estimação baseados em *Propensity Score Matching* (PSM) para lidar com a possibilidade de viés de auto seleção.

Os resultados encontrados sugerem uma redução média da PTF pela insuficiência de água nas empresas que sofreram o problema. Infere-se, assim, que

problemas no acesso contínuo à água para a produção geram efeitos negativos na PTF das empresas brasileiras. Reforça tal interpretação a insuficiência de água não ser associada a efeito significativo na produtividade do trabalho (estratégia de identificação). Isto garante robustez aos resultados da PTF e sugere que problemas no acesso à água podem afetar a produtividade do trabalho via saúde, conforme aponta a literatura, quando ocorrem nos (ou perto dos) domicílios dos trabalhadores.

Portanto, observou-se que problemas no abastecimento de água impactam os processos produtivos das empresas, diminuindo a eficiência no uso de capital e insumos intermediários. Assim, é oferecida uma importante evidência adicional à literatura sobre consequências da inadequação de serviços de saneamento básico. Contudo, mais do que apenas contribuir para o preenchimento de uma lacuna na literatura, a evidência obtida chama ainda mais a atenção para a necessidade de investimentos em infraestrutura e a consequente provisão de serviços de utilidade pública. Estes, além de outras externalidades, podem estimular a produtividade das empresas e, assim, gerar outros efeitos benéficos. Ademais, lembrando que a produtividade das empresas (e da economia como um todo) é, por si só, um sério problema brasileiro, a evidência encontrada sinaliza que tal problema também pode ser combatido com políticas voltadas para o abastecimento de água, algo que, na ausência de indícios robustos, muitas vezes é ignorado.

Por último, vale ressaltar que, no saneamento básico brasileiro, o avanço de investimentos deverá romper as frustrações do passado recente, como a baixa efetividade de incentivos da Lei do Saneamento de 2007 e a inconclusão de projetos do PAC. É bem verdade que não é possível dissociar tais fracassos da conjuntura política e econômica brasileira desde meados dos anos 2010 – embora os investimentos também foram aquém do necessário antes da crise econômica.

Nessa conjuntura, a consequente busca por uma revisão do quadro regulatório culminou no Novo Marco Legal do Saneamento em 2020. Este estabeleceu medidas para tentar estimular os investimentos, como maiores *enforcement* às metas de universalização do atendimento e incentivos à participação privada. Não adentrando na discussão se essas são as melhores ações para o setor, o que foge do

escopo do estudo, cabe ressaltar que, independentemente da forma segundo a qual os investimentos são viabilizados, a evidência aqui obtida se soma a outras da literatura para variadas consequências, mostrando a relevância da adequação do abastecimento de água, não apenas ao consumo humano, mas também como fonte de um insumo de produção.

REFERÊNCIAS

ABADIE, A. *et al.* Implementing matching estimators for average treatment effects in Stata. *Stata Journal*, n.4, 2004.

ABADIE, A.; IMBENS, G. W. On the failure of the bootstrap for matching estimators. *Econometrica*, v. 76, n. 6, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. *Atlas Brasil: abastecimento urbano de água*. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. *Água na indústria: uso e coeficientes técnicos*. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. *Conjuntura recursos hídricos Brasil 2019*. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2019a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. *Plano nacional de segurança hídrica*. Brasília, DF: ANA, 2019b.

ASCHAUER, D. Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, v. 23, n. 2, 1989.

BANCO MUNDIAL. *Relatório sobre o desenvolvimento mundial 1994: infraestrutura para o desenvolvimento*. Washington: Banco Mundial, 1994.

BANCO MUNDIAL. *Conhecimento e inovação para a competitividade*. Washington: Banco Mundial, 2008.

BARRO, R. J. Government spending in a simple model of endogeneous growth. *The Journal of Political Economy*, v. 98, n. 5, 1990.

BRASIL. *Lei Federal nº 11.445*. Lei do Saneamento Básico. Brasília, DF, 5 jan. 2007.

BRASIL. *Portaria nº 171*. Aprova o Plano Nacional de Saneamento Básico. Brasília, DF, 9 abr. 2014.

BRASIL. *Lei Federal nº 14.026*. Atualização do Marco Legal do Saneamento Básico. Brasília, DF, 15 jul. 2020.

BREGMAN, A.; MAROM, A. Productivity factors in Israel's manufacturing industry. *Bank of Israel Economic Review*, n. 72, 1999.

BRYSON, A.; DORSETT, R.; PURDON, S. The use of propensity score matching in the evaluation of labour market policies. *Working Paper of Department for Work and Pensions*, n. 4, 2002.

CALIENDO, M.; KOPEINIG, S. Some practical guidance for the implementation of propensity score matching. *IZA*, 2005. (Discussion papers, n. 1588).

CAVALCANTE, L. R.; DE NEGRI, F. Evolução recente dos indicadores de produtividade no Brasil. In: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes – desempenho*. IPEA, Brasília, v. 1, 2014.

COX, D. R. *Planning of experiments*. New Jersey: Wiley, 1958.

CRUZ, A. C.; TEIXEIRA, E. C.; BRAGA, M. J. Os efeitos dos gastos públicos em infraestrutura e em capital humano no crescimento econômico e na redução da pobreza no Brasil. *Economia*, v. 11, n. 4, 2010.

CVJETANOVIC, B. Health effects and impact of water supply and sanitation. *World Health Statistics Quarterly*, v. 39, 1986.

DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. Os dilemas e desafios da produtividade no Brasil. In: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes – desempenho*. IPEA, Brasília, v. 1, 2014a.

DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes – desempenho*. 2. ed. IPEA, Brasília, v. 1, 2014b.

DEHEJIA, R.; WAHBA, S. Causal effects in nonexperimental studies: Reevaluating the evaluation of training programs. *Journal of the American Statistical Association*, v. 94, n. 448, p. 1053-1062, 1999.

DEHEJIA, R.; WAHBA, S. Propensity score-matching methods for nonexperimental causal studies. *Review of Economics and Statistics*, v. 84, n. 1, p. 151-161, 2002.

DUFLO, E.; GLENNERSTER, R.; KREMER, M. Using randomization in development economics research: a toolkit. *MIT Department of Economics*, n. 6, v. 36, 2006. (Working Paper).

EASTERLY, W. REBELO, S. Fiscal policy and economic growth: an empirical investigation. *Journal of Monetary Economics*, v. 32, 1993.

ELLERY JÚNIOR, R. Desafios para o cálculo da produtividade total dos fatores. In: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes – desempenho*. IPEA, Brasília, v. 1, 2014.

ESCRIBANO, A.; GUASCH, J. L. Robust methodology for investment climate assessment on productivity: application to Investment Climate Surveys from Central America. *Economic Series*, Universidad Carlos III, 2008. (Working paper).

ESCRIBANO, A. *et al.* Investment climate assessment based on demeaned and pakes decompositions: methodology and application to Turkey's Investment Climate Survey. *Economic Series*, Universidad Carlos III, 2008. (Working paper).

ESCRIBANO, A.; GUASCH, J. L.; PENA, J. Assessing the impact of infrastructure quality on firm productivity in Africa. *Policy Research*, v. 5191, 2010. (Working Paper).

FAJNZYLBER, P.; GUASCH, J. L.; LÓPEZ, J. H. *Does the investment climate matter?* Microeconomic foundations of growth in Latin America. London: MacMillan, 2008.

FERREIRA, P. C. Investimento em infraestrutura no Brasil: fatos estilizados e relações de longo prazo. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 26, n. 2, 1996.

FERREIRA, P. C. G.; MALLIAGROS, T. G. O impacto da infraestrutura sobre o crescimento da produtividade do setor privado e do produto brasileiro. *Ensaaios Econômicos*, n. 315, 1997.

FIRPO, S. P.; PINTO, R. C. C. Combinando estratégias para estimação de efeitos de tratamento. *EESP*, n. 3, 2013. (Working paper).

GASSERT, F. *et al.* Aqueduct Global Maps 2. 1: Constructing decision-relevant global water risk indicators. *World Resources Institute*, Washington, 2014.

HAUSMAN, J. Mismeasured variables in econometric analysis: problems from the right and problems from the left. *Journal of Economic Perspectives*, v. 15, n. 4, p. 57-67, 2001.

HECKMAN, J.; ICHIMURA, H.; TODD, P. Matching as an econometric evaluation estimator: evidence from evaluating a job training programme. *Review of Economic Studies*, v. 64, n. 4, 1997.

HECKMAN, J.; LALONDE, R.; SMITH, J. The economics and econometrics of active labor market programs. In: ASHENFELTER, O.; CARD, D. (Ed.). *The Handbook of Labor Economics*, North Holland, Amsterdam, 1999.

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

HOFSTE, R. W. *et al.* Aqueduct 3.0: updated decision-relevant global water risk indicators. *World Resources Institute*, Technical Note, 2019.

IBGE. *Atlas de Saneamento 2011*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE. Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira. *Estudos & Pesquisas*, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, n. 40, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA – IBRE. *Benefícios econômicos da expansão do saneamento brasileiro*. São Paulo: Trata Brasil; Rio de Janeiro: IBRE, 2010.

IFC. *Enterprise surveys indicator descriptions*. International Finance Corporation, World Bank, Sept. 2007.

ICS. *Investment Climate Survey*. World Bank, 2007.

IPEA. *Infraestrutura econômica no Brasil: diagnósticos e perspectivas para 2025*. Brasília, DF: IPEA, 2010.

LEE, W. S. Propensity score matching and variations in the balancing test. *Empirical Economics*, v. 44, n. 1, 2006.

MASTROMARCO, C.; WOITEK, W. Public infrastructure investment and efficiency in Italian regions. *Journal of Productivity Analysis*, v. 25, n. 1-2, 2006.

MCIDADES. *Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB): Relatório de avaliação anual 2016*. Brasília, DF: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2018.

MDR. *Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB): Relatório de Avaliação Anual 2018*. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Saneamento, 2020.

MESSA, A. Metodologias de cálculo da produtividade total dos fatores e da produtividade da mão de obra. *In*: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes – desempenho*. Brasília, DF: IPEA, v. 1, 2014.

MIGUEZ, T. MORAES, T. Produtividade do trabalho e mudança estrutural: uma comparação internacional com base no World Input-Output Database (WIOD) 1995-2009. *In*: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes – desempenho*. Brasília, DF: IPEA, v. 1, 2014.

MOYO, B. Do water cuts affect productivity? Case study of African manufacturing firms. *Water SA*, v. 37, n. 3, 2011.

MORRISON, C. P.; SCHWARTZ, A. State infrastructure and productive performance. *American Economic Review*, v. 86, n. 5, 1996.

MUNNEL, A. H. Why has productivity declined? Productivity and public investment. *New England Economic Review*, 1990.

MUSSOLINI, C.; TELES, V. K. Infraestrutura e produtividade no Brasil. *Revista de Economia Política*, v. 30, n. 4, 2010.

OLIVEIRA, F. A. F. *et al. Efetividade dos investimentos em saneamento no Brasil: da disponibilidade dos recursos financeiros à implantação dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário*. Rio de Janeiro: Centro de Estudos em Regulação e Infraestrutura (CERI), Fundação Getúlio Vargas, 2016.

Organização das Nações Unidas – ONU. The United Nations. *World Water Development Report*, ONU, 2014.

OREIRO, J. L. A grande recessão brasileira: diagnóstico e uma agenda política. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 31, n. 89, jan./abr., 2017.

PAULA, G. *Inclusão financeira de pequenas e médias empresas no Brasil*. Santiago: CEPAL, 2017.

PÊGO FILHO, B.; CÂNDIDO JÚNIOR, J. O.; PEREIRA, F. Investimento e financiamento da infraestrutura no Brasil: 1990/2002. *IPEA*, Brasília, DF, n. 680, 1999. (Textos para discussão).

REZENDE, S. C. *et al.* 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, 2007.

- RIGOLON, F. J. Z. O investimento em infraestrutura e a retomada do crescimento econômico sustentado. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 28, n. 1, 1998.
- ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. Constructing a control group using multivariate matched sampling methods that incorporate the propensity score. *The American Statistician*, n. 39, 1985.
- ROY, A. D. Some thoughts on the distribution of earnings. *Oxford Economic Papers*, v. 3, n. 2, 1951.
- RUBIN, D. B. Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies. *Journal of Educational Psychology*, v. 66, n. 5, 1974.
- RUBIN, D. B. Assignment of treatment group on the basis of a covariate. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, n. 2, 1977.
- RUBIN, D. B. Bayesian inference for causal effects: the role of randomization. *The Annals of Statistics*, v. 6, n. 1, 1978.
- SAIANI, C. C. S.; RODRIGUES, R. L.; GALVÃO, G. C. Saneamento básico no Brasil e objetivos de desenvolvimento do milênio: evoluções dos déficits de acesso de 1990 a 2010. *Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas*, v. 12, 2015.
- SAIANI, C. C. S.; TONETO JÚNIOR, R.; DOURADO, J. 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.
- SMITH, J. A.; TODD, P. E. Does matching overcome LaLonde's critique of nonexperimental estimators?. *Journal of Econometrics*, n. 125, 2005.
- SHARPE, A. Why are Americans more productive than Canadians? *International Productivity Monitor*, n. 6, 2003.
- SCHETTINI, D.; AZZONI, C. Determinantes regionais da produtividade industrial: o papel da infraestrutura. In: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes – desempenho*. Brasília, DF: IPEA, v. 1, 2014.
- SNIS. *Diagnóstico dos serviços de água e esgoto de 2007*. Secretaria Nacional de Saneamento, Ministério do Desenvolvimento Regional, 2007.
- SNIS. *Diagnóstico dos serviços de água e esgoto de 2019*. Secretaria Nacional de Saneamento, Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019.

- SOUZA, T. A. A.; CUNHA, M. S. Evidence of the determinants of productivity in Brazil, 2004-2014. *Revista Brasileira de Economia*, v. 74, n. 2, abr./jun. 2020.
- SYVERSON, C. What determines productivity? *Journal of Economic Literature*, v. 49, n. 2, 2011.
- TONETO JÚNIOR, R.; SAIANI, C. C. S. Restrições à expansão dos investimentos no saneamento básico brasileiro. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 37, 2006.
- TUROLLA, F. A. Política de saneamento básico: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas. *IPEA*, Brasília, DF, n. 922, 2002. (Textos para Discussão).
- UCHIMURA, K.; GAO, H. The importance of infrastructure on economic development. *World Bank*, Latin America and the Caribbean Regional Office, Washington, 1993.
- WHITE, H. A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica*, v. 48, n. 4, 1980.
- WOOLDRIDGE, J. M. *Introductory econometrics*. 20. ed. Connecticut: Pioneira Thomson Learning, 2002.

Autor correspondente:

Carlos César Santejo Saiani
ssaiani@ufu.br

Recebido em: 17/04/2020

Aceito em: 28/06/2021

Apêndice – Resultados complementares

Tabela 9 – PTF (*amostra D*): resultados (*Logit*) e testes de diferenças de médias, segundo os métodos de PSM

Variável	Coeficiente	Grupo de Tratamento	Grupo de Controle							
			NNM-CR		NNM-SR		KM (<i>bandwidth</i> : 0,06)		KM (<i>bandwidth</i> : 0,01)	
			Média	Estatística <i>t</i>	Média	Estatística <i>t</i>	Média	Estatística <i>t</i>	Média	Estatística <i>t</i>
Trabalhadores	-0,520***	3,369	3,739	0,137	3,769	0,110	3,411	0,868	3,498	0,700
Mercado	7,947	0,006	0,006	0,985	0,006	0,960	0,005	0,911	0,006	0,950
Gerente	0,005	22,360	24,320	0,418	23,820	0,560	21,890	0,847	23,340	0,740
Idade	0,011	21,360	27,980	0,304	24,430	0,570	21,410	0,992	23,260	0,750
Exportadora	-0,125	0,136	0,114	0,751	0,136	1,000	0,136	1,000	0,156	0,830
Capital Estrangeiro	0,472	0,045	0,045	1,000	0,045	1,000	0,043	0,956	0,053	0,900
Certificação	1,224***	0,318	0,341	0,823	0,364	0,660	0,295	0,817	0,357	0,760
3º grau	-0,014	8,159	7,955	0,923	7,432	0,730	8,489	0,898	10,550	0,420
Treinamento	1,212***	0,750	0,773	0,805	0,727	0,810	0,721	0,761	0,748	0,970
NUCI	-0,003	76,750	79,430	0,464	79,160	0,510	76,980	0,956	77,980	0,670
Turno	-0,039	8,094	7,331	0,347	7,266	0,310	7,762	0,702	7,649	0,710
Alimentos	---	0,273	0,205	0,459	0,250	0,810	0,252	0,826	0,209	0,610
Autopeças	-1,752**	0,045	0,114	0,242	0,091	0,400	0,049	0,938	0,050	0,950
Máquinas e Equipamentos	-1,225**	0,136	0,068	0,297	0,091	0,510	0,158	0,774	0,134	0,940
Móveis	-0,516	0,182	0,091	0,219	0,159	0,780	0,170	0,890	0,151	0,660
Químicos	0,625	0,023	0,068	0,312	0,023	1,000	0,027	0,891	0,048	0,540
Sapatos e Couro	-0,202	0,227	0,273	0,627	0,250	0,810	0,210	0,849	0,287	0,570
Outras Manufaturas	-1,945*	0,023	0,091	0,171	0,068	0,310	0,048	0,533	0,029	0,880
Vestuário	-1,353**	0,091	0,091	1,000	0,068	0,700	0,085	0,928	0,094	0,990
Amazonas	2,639***	0,068	0,091	0,698	0,114	0,460	0,073	0,938	0,057	0,810
Bahia	0,970	0,068	0,068	1,000	0,045	0,650	0,051	0,733	0,054	0,760
Ceará	1,479*	0,068	0,045	0,650	0,068	1,000	0,071	0,954	0,060	0,860
Goiás	-0,243	0,023	0,000	0,320	0,000	0,320	0,023	0,990	0,018	0,850
Mato Grosso	2,078**	0,068	0,000	0,080*	0,000	0,080*	0,045	0,645	0,020	0,490
Minas Gerais	0,670	0,114	0,068	0,464	0,068	0,460	0,097	0,804	0,090	0,700
Paraná	0,774	0,091	0,136	0,507	0,114	0,730	0,090	0,993	0,110	0,800
Pernambuco	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Rio de Janeiro	0,826	0,136	0,182	0,565	0,182	0,570	0,138	0,977	0,155	0,840
Rio Grande do Sul	-0,688	0,045	0,000	0,156	0,000	0,160	0,062	0,734	0,040	0,880
Santa Catarina	1,213**	0,182	0,318	0,143	0,318	0,140	0,203	0,802	0,254	0,450
São Paulo	---	0,136	0,068	0,297	0,068	0,300	0,119	0,807	0,100	0,580

Fonte: Elaboração própria. Dados de ICS (2007).

Nota: *** Significativo a 1%. ** Significativo a 5%. * Significativo a 10%.

Tabela 10 – Produtividade do trabalho (*amostra II*): resultados (*Logit*) e testes de diferenças de médias, segundo os métodos de PSM

Variável	Coeficiente	Grupo de Tratamento	Grupo de Controle							
			NNM-CR		NNM-SR		KM (<i>bandwidth</i> : 0,06)		KM (<i>bandwidth</i> : 0,01)	
			Média	Estatística <i>t</i>	Média	Estatística <i>t</i>	Média	Estatística <i>t</i>	Média	Estatística <i>t</i>
Trabalhadores	-0,432**	3,388	3,470	0,682	3,298	0,675	3,398	0,963	3,386	0,993
Mercado	6,130	0,005	0,005	0,993	0,005	0,986	0,004	0,954	0,003	0,763
Gerente	0,011	22,760	23,880	0,626	23,190	0,852	22,560	0,928	21,950	0,716
Idade	0,005	20,560	21,710	0,720	21,490	0,772	20,390	0,961	20,160	0,904
Exportadora	-0,378	0,119	0,085	0,546	0,085	0,546	0,120	0,980	0,092	0,638
Capital Estrangeiro	0,305	0,034	0,017	0,563	0,017	0,563	0,029	0,871	0,029	0,889
Certificação	1,079***	0,305	0,356	0,561	0,339	0,697	0,314	0,918	0,300	0,949
3º grau	-0,023	7,085	8,881	0,412	9,136	0,370	7,444	0,850	6,931	0,934
Treinamento	1,223***	0,746	0,763	0,832	0,746	1,000	0,725	0,802	0,738	0,920
NUCI	0,000	77,150	76,200	0,774	74,420	0,453	76,920	0,947	76,860	0,933
Turno	-0,041	7,889	8,426	0,491	7,986	0,895	7,933	0,952	8,093	0,790
Alimentos	---	0,237	0,220	0,828	0,203	0,660	0,202	0,646	0,239	0,980
Autopeças	-1,246**	0,085	0,085	1,000	0,085	1,000	0,083	0,972	0,092	0,890
Máquinas e Equipamentos	-1,424**	0,119	0,153	0,594	0,169	0,436	0,124	0,934	0,118	0,987
Móveis	-0,895*	0,153	0,085	0,259	0,085	0,259	0,147	0,935	0,151	0,985
Químicos	-0,150	0,220	0,305	0,300	0,305	0,300	0,241	0,792	0,223	0,969
Sapatos e Couro	-1,645**	0,034	0,034	1,000	0,034	1,000	0,043	0,802	0,029	0,891
Têxteis	-2,449**	0,017	0,000	0,319	0,000	0,319	0,033	0,581	0,020	0,910
Outras Manufaturas	0,067	0,017	0,051	0,313	0,034	0,563	0,019	0,929	0,023	0,825
Vestuário	-1,052**	0,119	0,068	0,346	0,085	0,546	0,108	0,862	0,105	0,809
Amazonas	1,754**	0,051	0,017	0,313	0,034	0,651	0,040	0,782	0,051	0,994
Bahia	0,537	0,068	0,068	1,000	0,051	0,700	0,065	0,958	0,064	0,928
Ceará	0,639	0,051	0,051	1,000	0,051	1,000	0,053	0,950	0,071	0,655
Goiás	-0,891	0,017	0,017	1,000	0,017	1,000	0,019	0,929	0,016	0,972
Mato Grosso	1,867***	0,085	0,068	0,731	0,068	0,731	0,062	0,640	0,084	0,981
Minas Gerais	-0,067	0,085	0,102	0,754	0,085	1,000	0,086	0,984	0,088	0,944
Paraná	0,437	0,119	0,136	0,784	0,119	1,000	0,110	0,882	0,118	0,990
Pernambuco	0,017	0,017	0,000	0,319	0,000	0,319	0,015	0,915	0,011	0,785
Rio de Janeiro	0,358	0,119	0,119	1,000	0,136	0,784	0,106	0,836	0,102	0,782
Rio Grande do Sul	-1,385*	0,034	0,051	0,651	0,051	0,651	0,050	0,669	0,031	0,921
Santa Catarina	0,571	0,136	0,153	0,795	0,136	1,000	0,155	0,768	0,135	0,989
São Paulo	---	0,220	0,169	0,490	0,203	0,824	0,203	0,823	0,202	0,814

Fonte: Elaboração própria. Dados de ICS (2007).

Nota: *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; * Significativo a 10%.