

ANÁLISE DE IMPACTO DO PROACESSO NO CRESCIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS¹

Lucas Siqueira de Castro (UFJF)
Eduardo Simões de Almeida (UFJF)
João Eustáquio de Lima (DER/UFV)

Resumo:

A relação entre transporte e crescimento econômico tem sido amplamente investigada na literatura, mas as evidências empíricas encontradas revelam-se controversas. O Estado de Minas Gerais lançou o Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos aos Municípios – ProAcesso – para expandir a acessibilidade para 225 municípios, pavimentando estradas rurais/vicinais. O presente trabalho se propõe a avaliar o impacto do ProAcesso sobre o crescimento econômico em Minas Gerais, usando o método de diferenças-em-diferenças espacial com pareamento para identificar o efeito médio do tratamento na presença de transbordamentos espaciais. Os resultados indicam que o fato de que um município pertencer ao grupo tratamento, em média, não contribuiu para seu crescimento econômico. Isso ocorre porque as externalidades positivas e/ou negativas, promovidas pelo acesso à rede de transporte, são anuladas, fazendo com que o impacto do ProAcesso sobre a taxa de crescimento econômicos dos municípios não seja estatisticamente significativo.

Palavras-Chave: infraestrutura de transporte, crescimento econômico, diferenças-em-diferenças espacial, ProAcesso.

Abstract:

The relation between transport and economic growth has been largely investigated in the literature, but the empirical evidence found has proven to be controversial. The Minas Gerais State has launched the ProAcesso program in order to expand accessibility for 225 municipalities, paving rural roads. This work is aimed at evaluating the impact of ProAcesso, using a matched spatial difference-in-differences method in order to identify the average treatment effect in the presence of spatial spillovers. The findings indicate that the fact of a municipality belongs to the treatment group, on average, did not contribute to its economic growth. This is because the positive and negative externalities promoted by the access to the transport network are canceled out so that the impact of the ProAcesso on the economic growth rate of the municipalities is not statistically significant.

Keywords: transportation infrastructure, economic growth, spatial difference-in-differences, ProAcesso.

Código JEL: C52, O18, R40

¹ Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo suporte financeiro para a realização da pesquisa.

1. Introdução

A literatura internacional teve sua atenção despertada para o papel da infraestrutura no desempenho da economia com a crise da produtividade americana nos anos setenta e oitenta. A explicação de alguns autores para tal colapso repousou no decréscimo das despesas com infraestrutura (Aschauer, 1989; Munnell, 1992; Prud'homme, 1996). Outros autores, por outro lado, descobriram evidências que mostravam que a influência da infraestrutura na produção é nula do ponto de vista estatístico (Holtz-Eakin, 1994; Kelejian e Robinson, 1997).

Do ponto de vista teórico, é esperado que a infraestrutura de transportes exerça influência no desempenho econômico sob diversas formas. Em primeiro lugar, a existência de infraestrutura de transportes reduz o custo dos insumos intermediários, assim, decrescendo o custo de produção e, tendendo a elevar a renda local (Krugman, 1991). Em segundo lugar, a adequada provisão de infraestrutura aumenta a produtividade do trabalho, elevando suas respectivas ofertas, e, conseqüentemente, criando condições potenciais para o aumento da produção (Fourier, 2006). Terceiro, a infraestrutura minimiza custos de transação ao possibilitar melhores acessos a produtos e tecnologias (Banco Mundial, 2006). Quarto, a dotação de infraestrutura de transporte gera significativas externalidades positivas, sobretudo na produtividade sistêmica: um maior número de rodovias ou rodovias com melhores asfaltos aumenta a qualidade e a oferta dos serviços de transportes, facilitando a comunicação e a interação entre os indivíduos e fazendo com que o comércio de bens e serviços seja mais rentável (Banister e Berechman, 2001; e Berechman, 2009; Martin, 2001). Quinto, Carmignani (2003) destaca que a provisão de transporte promove o aumento da conectividade física, desenvolvendo mercados regionais e fortalecendo fluxos informacionais através das fronteiras.

No entanto, nem sempre as externalidades promovidas pelas infraestruturas serão positivas, podendo gerar impactos nulos ou mesmo negativos sobre a renda. Nesse sentido, há o “*two way road argument*”. Este argumento reforça que projetos com função de ligar regiões periféricas a regiões centrais podem apresentar efeitos distributivos contrários aos desejados, quando se tem transferência de renda da periferia para o centro (SACTRA, 1999; Preston e Holvad, 2005). Por fim, Agénor e Moreno-Dodson (2007) enfatizam que, no curto prazo, um aumento no estoque de capital público em infraestrutura pode ter um efeito adverso na atividade econômica, na medida em que haja um deslocamento dos investimentos privados. Este efeito pode traduzir-se em um efeito negativo sobre o crescimento se a queda na formação de capital privado perdurar no longo prazo.

Como é possível notar, existem vários argumentos teóricos que justificam levar em consideração em estudos de crescimento econômico a infraestrutura de transportes como um de seus determinantes. A literatura apresentou estudos empíricos que tentaram mensurar o impacto do investimento público em infraestrutura de transportes no crescimento econômico. Para tanto, estes trabalhos utilizaram diferentes abordagens econométricas como funções de produção, modelos VAR, convergência de renda, etc.

Mesmo com a adoção dessas diferentes técnicas, é possível perceber a dificuldade de se estabelecer a causalidade direcionada dos transportes para o crescimento econômico, sugerida pelos modelos teóricos. A explicação para tal dificuldade pode residir na presença de quatro problemas, a saber: i) dependência espacial; ii) ausência de controle para efeitos não-observados; iii) simultaneidade; e iv) erro de medida na construção da variável de infraestrutura.

No Quadro 1, em anexo, é feito um resumo de trabalhos empíricos na literatura, em ordem de antecedência cronológica, sobre estudos que procuraram estabelecer a relação entre transportes e crescimento econômico. Observando este Quadro, é possível descobrir alguns aspectos dessa literatura.

Percebe-se que a maioria dos trabalhos revisados não fez nenhum controle de efeitos fixos, de dependência espacial ou de simultaneidade (Deno, 1988; Aschauer, 1989; Munnell e Cook, 1990; Shah, 1992; Prud'homme, 1993; Ferreira, 1996; Malliagros, 1997; Ferreira e Malliagros, 1998; Sturm *et al.*, 1999; Pereira e Roca-Sagales, 2003; Pereira e Andraz, 2007). Sete trabalhos realizaram controle de efeitos idiossincráticos não-observados invariantes no tempo (Canning e Fay, 1993; Kelejian e Robinson, 1997; Rocha e Giuberti, 2007; Barreto, 2007; Amarante, 2011; Guimarães, 2012; Dias e Simões, 2012). Somente uma minoria de trabalhos efetuou algum controle espacial no estudo, mesmo que todos os estudos tenham usado dados espacialmente agregados (Kelejian e Robinson, 1997; Barreto, 2007; Guimarães, 2012).

Cabe ressaltar que apenas um único trabalho apresentou controle conjunto de dependência espacial, efeitos fixos e simultaneidade (Kelejian e Robinson, 1997). Os seus resultados mostraram que a produtividade da infraestrutura regional envolveu *spillovers* espaciais relativos às variáveis observáveis e aos termos de erro. Os autores também indicaram que estimativas dos coeficientes foram muito sensíveis às especificações dos modelos. A estimativa da elasticidade correspondente à variável de infraestrutura obtida por MQO, por exemplo, foi positiva e altamente significativa. No entanto, uma vez que são aprimoradas as estimações, este coeficiente mostrou-se, em alguns casos, com sinal negativo e estatisticamente significativo.

Somente um trabalho se propôs a avaliar o programa de transporte ProAcesso sobre os salários em Minas Gerais, adotando um quase-experimento baseado na abordagem das diferenças-em-diferenças convencional, sem controle de dependência espacial (Dias e Simões, 2012). Em que pese o seu relativo ineditismo, o trabalho dos referidos autores apresenta problemas. Como não foi feita a correção espacial, o grupo de controle provavelmente foi contaminado com o transbordamento espacial do impacto do programa nos municípios não tratados. Além disso, à medida que os autores impuseram controles, como a presença de efeitos fixos nos municípios e de choques macroeconômicos (por mesorregião e por ano), a magnitude dos coeficientes do ProAcesso foi reduzida, chegando até a ficar com sinal negativo. Tais resultados podem estar associados à má especificação do grupo de controle, uma vez que os autores não informam como o mesmo foi elaborado, ou à ausência do controle de dependência espacial.

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar o impacto do programa de transporte ProAcesso no crescimento econômico de Minas Gerais. Para isso, é feito um quase-experimento baseado no método das diferenças-em-diferenças. Como a unidade de observação são os municípios, muito provavelmente existe dependência espacial no fenômeno a ser estudado. Na presença de dependência espacial, o pressuposto de identificação de que o tratamento (ProAcesso) não impacta os municípios não tratados é violado, impedindo a estimação consistente do efeito médio do tratamento. Para contornar isso, é feita uma extensão espacial ao método das diferenças-em-diferenças. Ademais, é realizada uma combinação do método de diferenças-em-diferenças espacial com a técnica de pareamento.

Além desta introdução, o trabalho apresenta mais quatro seções. Na próxima, são expostos alguns detalhes do programa ProAcesso. A terceira seção traça a estratégia empírica perseguida para avaliar o impacto do ProAcesso. A quarta seção discute os resultados obtidos e, por fim, a quinta e derradeira seção extrai conclusões.

2. O Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos aos Municípios (ProAcesso)

Em 2011, a matriz de transportes de cargas elaborada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) revelou que 59% da carga total no Brasil é transportada por rodovias, 24% por ferrovias, 13% pelo modal aquaviário, 3,7% pelo dutoviário e apenas 0,3%

pelo aeroviário (ANTT, 2015). O reflexo disso é o elevado preço do frete e a perda de competitividade regional e internacional dos produtos brasileiros, desde os bens primários até os industrializados. Ineficiente para as longas distâncias, o modal rodoviário se torna eficiente para a curta distância, estabelecendo maior conectividade regional pela agilidade na entrega dos produtos “porta a porta”.

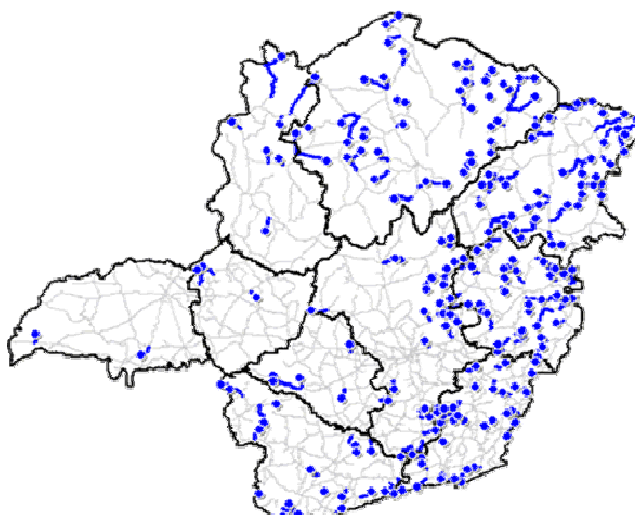
Entre os Estados brasileiros, Minas Gerais é aquele que apresenta a maior malha rodoviária, contando com 269.546 quilômetros de rodovias (16% do total nacional), sendo que 7.689 quilômetros são de rodovias federais, 23.663 quilômetros de estaduais e 238.121 quilômetros de estradas municipais. Todavia, apenas as rodovias federais são totalmente pavimentadas. No que tange às rodovias estaduais, apenas 13.995 quilômetros (59%) são pavimentadas, ao passo que as estradas municipais, em sua maioria, não contam com pavimentação (MINAS GERAIS, 2015).

A construção da malha rodoviária de Minas Gerais, resultante de um processo histórico caracterizado pela concentração dos investimentos em áreas de maior dinamismo econômico, gerou desigualdades regionais do grau de acessibilidade entre os municípios mineiros. Visando expandir a pavimentação das estradas no Estado para reduzir essas desigualdades, o Governo mineiro lançou no início deste século o Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos aos Municípios – ProAcesso (MINAS GERAIS, 2011). O ProAcesso foi um dos programas integrantes da Carteira de Projetos Estruturadores, administrado pelo próprio Governo Estadual de Minas Gerais entre os anos de 2003 e 2010, com custo estimado de R\$ 3,5 bilhões. Este programa visou expandir o grau de acessibilidade aos serviços sociais considerados básicos e aos mercados para 225 municípios mineiros, até então com suas principais vias de acesso à rede rodoviária regional ou “rodovias-tronco” não pavimentadas.

Segundo a Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais (SETOP/MG) e o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais (DER/MG), os critérios que definiram a participação dos municípios no ProAcesso foram a sua falta de acessibilidade e baixo Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (SETOP/MG, 2007).

Durante os sete anos de vigência, o Programa buscou contemplar intervenções de melhoria e pavimentação em acessos rodoviários mineiros que somaram 5,6 mil quilômetros de extensão. Cesar (2010) relata que o tamanho médio dos trechos rodoviários agraciados pelo programa foi de 25 km, com o volume médio de tráfego de 300 veículos ao dia.

Considerados municípios com menores níveis de desenvolvimento socioeconômico, os 225 municípios contemplados com o ProAcesso se distribuíram geograficamente por todo o Estado, tendo uma maior concentração nas regiões Norte e Nordeste, como pode ser visto na Figura 1. Nestas regiões, localizaram-se 60% dos municípios desprovidos da principal via de acesso pavimentada e 69% da extensão a pavimentar (Cesar, 2010).



Fonte: Elaborado pelo Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais – DER/MG.

Figura 1: Disposição geográfica dos municípios contemplados pelo ProAcesso.

3. Estratégia Empírica

A estratégia a ser seguida aqui para avaliar o impacto do ProAcesso nos municípios de Minas Gerais é a combinação do método de diferenças-em-diferenças espacial com a técnica de pareamento (*matching*). Como é sabido, o pareamento procura definir o grupo de controle parecido com o grupo de tratamento com base em certas variáveis observáveis, mas não em fatores não-observáveis. A combinação do pareamento com o método das diferenças-em-diferenças permite o controle para os fatores não-observáveis invariantes no tempo. Porém, se for adotado o método das diferenças-em-diferenças convencional, a eventual dependência espacial subjacente ao fenômeno observado em unidades espacialmente agregadas não é levada em consideração. A consequência é a desconsideração dos transbordamentos espaciais do tratamento que afeta tanto os municípios tratados quanto os não tratados. Por isso, é preciso fazer a extensão espacial ao método das diferenças-em-diferenças (Dubé *et al.*, 2014; Delgado e Florax, 2015; Chagas *et al.*, 2016).

Um pressuposto fundamental de identificação do método de diferenças-em-diferenças é que o ProAcesso representou uma variação exógena no sentido de que, com a pavimentação das principais vias de acesso dos municípios mineiros menos desenvolvidos, houve mudanças no comportamento dos agentes econômicos locais. O mecanismo de transmissão causal dessas mudanças pode ser descrito de formas distintas. Primeiro, o montante de investimento feito pela pavimentação de vias de acesso aumentaria a produtividade sistêmica das atividades já realizadas, reduzindo os custos, *ceteris paribus*, e elevando os lucros das empresas. Segundo, o mesmo investimento seria responsável por atrair novas empresas, dos mais variados setores, o que geraria novos empregos e, com isso, elevaria as taxas de crescimento.

Por outro lado, a pavimentação também poderia permitir a transferência de renda das regiões mais periféricas para as centrais, o que, de acordo com o “*two way road argument*”, traria efeitos distributivos contrários aos desejados. Empresas locais perderiam, por exemplo, em termos de custos quando comparadas a grandes empresas centrais, devido a redução do frete, dado o novo acesso ao município. A longo prazo, esta situação implicaria no fechamento de empresas e, conseqüentemente, geraria desemprego, desaquecendo a economia local.

Como a avaliação do impacto do ProAcesso envolve a utilização de dados observacionais agregados espacialmente (municípios), é muito provável que exista dependência espacial no fenômeno em estudo, como foi comprovado posteriormente por meio de testes. Desse modo, o modelo empírico adota a abordagem das diferenças-em-diferenças com correção espacial. Como é desenvolvido na subseção 3.1, isso se deve ao fato de que o

método convencional das diferenças-em-diferenças na presença de dependência espacial viola o pressuposto de identificação *Stable-Unit-Treatment-Value Assumption* (SUTVA), descrito por Rubin (1977). Tal pressuposto de identificação é vital para conseguir captar o efeito causal do programa. Na presença de dependência espacial, caso o pressuposto SUTVA seja violado, é possível que o grupo de controle seja contaminado pelo efeito indireto de um vizinho que tenha recebido o tratamento.

Outro problema na realização do quase-experimento para avaliar o ProAcesso é determinar o grupo de controle adequado para se fazer a comparação. No caso do ProAcesso, como o programa foi implantado pelo governo de Minas Gerais em municípios pobres e pouco populosos, o grupo de controle precisa apresentar, em média, as mesmas características do grupo de tratados para poder ser considerado um bom contrafactual. Os critérios para a definição do grupo de controle são descritos na subseção 3.2.

Por sua vez, a base de dados é apresentada e discutida na subseção 3.3. Além disso, são exibidos os testes de autocorrelação espacial tanto para o grupo de tratamento quanto para o grupo de controle.

3.1. Método de Diferenças-em-Diferenças Espacial

O método de diferenças-em-diferenças busca calcular uma dupla diferença da variável dependente entre os grupos de tratamento e controle para, pelo menos, dois períodos no tempo, antes e depois do tratamento. Wooldridge (2010) e Cameron e Trivedi (2005) explicam então que, se existem dois períodos ($T=2$), o efeito médio do tratamento a ser mensurado, θ , pode ser obtido por meio da estimação de uma equação em primeiras diferenças (Δ):

$$\Delta TXPIB_{it} = \alpha + \theta \Delta DPA_{it} + \Delta \varepsilon_{it} \quad (1)$$

em que $TXPIB$ é a taxa de crescimento do PIB *per capita*; DPA denota a *dummy* para o ProAcesso; e ε é o termo de erro. O subscrito i indica o município, ao passo que o subscrito t denota período. No que diz respeito a α e θ , estes são coeficientes escalares a serem estimados.

Na presença de dependência espacial, a implantação do ProAcesso pode violar um dos pressupostos de identificação do método de diferenças-em-diferenças convencional, a saber, o chamado *Stable-Unit-Treatment-Value Assumption* (SUTVA), estabelecido por Rubin (1977). Tal pressuposto assume que o tratamento oferecido em uma região afeta apenas esta região e, com isso, não haveria influência do tratamento nas regiões não tratadas (grupo de controle). Não obstante, tal pressuposto dificilmente pode ser sustentado na presença de interação espacial, proporcionada pela rede de transportes. Convém lembrar que o ProAcesso teve o objetivo de ligar municípios com pouco acesso pela pavimentação de suas vias (estradas municipais ou vicinais) até rodovias estaduais e federais, gerando externalidades espaciais de rede (transporte). Além disso, a existência dessas externalidades espaciais afeta a taxa de crescimento econômico, violando o pressuposto SUTVA, uma vez que possivelmente será estabelecido algum tipo de transbordamento espacial entre os municípios mineiros analisados.

Dada a violação deste pressuposto, o efeito causal do programa pode não ser captado de maneira correta, em virtude da influência do próprio ProAcesso nos municípios vizinhos tanto tratados quanto não tratados. Logo, relaxando a hipótese SUTVA e admitindo a possibilidade de transbordamentos espaciais entre os municípios tratados e não tratados, é preciso incluir a defasagem da variável dependente ($W\Delta TXPIB_{it}$).

Cabe observar que o próprio ProAcesso pode ser também espacialmente autocorrelacionado, sendo necessário inserir a defasagem espacial do ProAcesso ($W\Delta DPA_{it}$) no modelo (1). É possível conceber ainda que haja a influência de efeitos não observados autocorrelacionados espacialmente e que variam no tempo, mas não correlacionados com o ProAcesso. Esses efeitos se manifestariam no termo de erro e é possível controlá-los por meio da inserção da defasagem espacial $W\Delta\xi_{it}$ no modelo.

Sendo assim, o modelo geral de diferenças-em-diferenças espaciais pode ser reespecificado com a inclusão das defasagens espaciais em (1):

$$\Delta TXPIB_{it} = \alpha + \theta \Delta DPA_{it} + \phi W\Delta DPA_{it} + \rho W\Delta TXPIB_{it} + \Delta\xi_{it} \quad (2a)$$

$$\Delta\xi_{it} = \lambda W\Delta\xi_{it} + \Delta\varepsilon_{it} \quad (2b)$$

em que ϕ , ρ e λ são coeficientes a serem estimados.

Impondo restrições aos parâmetros espaciais da equação (2), são especificados vários modelos de diferenças-em-diferenças (DD) espaciais. Com a imposição de que $\phi = \lambda = 0$ e $\rho \neq 0$, obtém-se o modelo DD-SAR; com $\phi = \rho = 0$ e $\lambda \neq 0$, tem-se o modelo DD-SEM; com $\lambda = 0$, $\phi \neq 0$ e $\rho \neq 0$, especifica-se o modelo DD-SDM; fazendo com que $\rho = 0$, $\phi \neq 0$ e $\lambda \neq 0$, consegue-se o modelo DD-SDEM; finalmente, com $\rho = \lambda = 0$ e $\phi \neq 0$, obtém-se o modelo DD-SLX.²

O teste *I* de Moran pode ser aplicado aos resíduos do modelo DD convencional, a fim de checar a existência da autocorrelação espacial, ao passo que outros testes de dependência espacial mais específicos, como o do multiplicador de Lagrange e suas versões robustas, indicam o tipo de defasagem espacial a ser incluída no modelo estimado.

3.2. Grupo de Controle

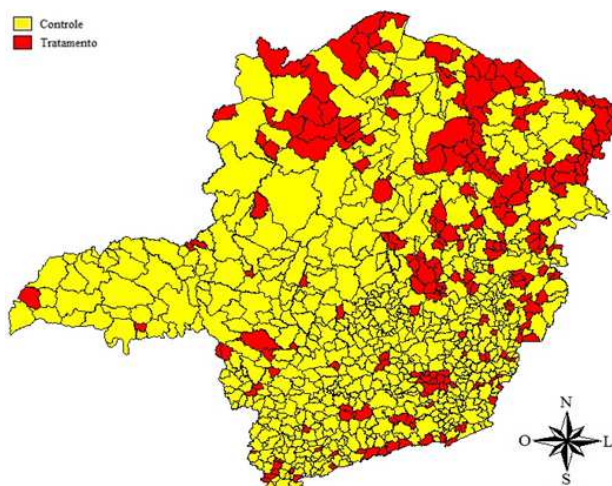
A definição do grupo de controle é uma tarefa desafiadora para avaliar o ProAcesso, uma vez que o governo de Minas Gerais escolheu entre os municípios que receberiam o Programa aqueles pouco populosos e com baixas taxas de IDH do Estado. Inicialmente, a ideia de excluir do grupo de controle municípios populosos e desenvolvidos, como Belo Horizonte, Uberlândia, Betim, Juiz de Fora, dentre outros, mostra-se tentadora pela própria forma como o Governo mineiro selecionou a composição do grupo de tratamento. Entretanto, esta ação implicaria em ao menos dois problemas: viés de seleção na escolha dos municípios e perda dos efeitos de externalidades da rede de transporte estadual.

Buscando formas de contornar estes problemas, adotaram-se técnicas de pareamento (*matching*), optando-se pela aplicação de *kernel* por duas razões. Em primeiro lugar, esta é a técnica mais recomendada na literatura, uma vez que é construído um contrafactual para o grupo de tratamento em que há a ponderação de todas as observações do grupo de controle. O estimador de *kernel* também é responsável por apresentar a menor variância dos parâmetros, de maneira comparativa, entre os demais estimadores de pareamento, tais como o estratificado, o de vizinho mais próximo e o pareamento por raio (Becker e Ichino, 2002).

Segundo, espera-se que, com a inclusão dos municípios que não foram contemplados pelo ProAcesso em Minas Gerais no grupo de controle, seja possível captar as externalidades da rede de transporte evidenciadas pelos trabalhos de Banister e Berechman (2001), Preston

² Evidentemente, se todos os parâmetros espaciais da equação (2) forem nulos, recai-se no modelo DD convencional.

(2001), Nijkamp (2004), Berechman (2009) e Lakshmanan (2011), provocadas pelo Programa por todo o Estado. Desta maneira, foi encontrado o melhor grupo de controle, formado por 628 municípios (Figura 2).



Fonte: Elaborado própria.

Figura 2: Disposição geográfica dos municípios dos grupos de controle e tratamento em Minas Gerais.

3.3. Base de Dados

Foram coletadas informações dos municípios de Minas Gerais para os anos de 2000, anterior à criação do ProAcesso, e de 2010, em que se espera que o eventual efeito do programa tenha ocorrido e possa ser mensurado. A variável dependente é a taxa de crescimento do PIB total *per capita* ($TXPIB_{it}$), entre 2000 e 2010, logaritmizada, cujas informações são provenientes do IBGE. Para a construção da variável de interesse, ProAcesso, foi elaborada uma variável *dummy*, baseada nos dados disponibilizados pelo Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais – DER/MG. Assim, municípios que participaram do programa, isto é, o grupo de tratamento, receberam o valor 1, caso contrário, zero.

Foi realizado o teste *I* de Moran para a variável dependente (taxa de crescimento econômico), discriminado por grupo (tratamento e controle) para checar a autocorrelação espacial. Pode ser visto pela Tabela 1 que, independentemente do grupo investigado, a taxa de crescimento econômico revelou-se estar espacialmente concentrada.

Tabela 1: Estatística de *I* de Moran para a Variável Dependente

Variável	Grupo	Matriz	Coefficiente	P-valor
Taxa de crescimento ($TXPIB$)	Tratamento	$k-1$	0,1893	0,0191**
	Controle	$k-7$	0,1679	0,0000***

Fonte: Elaboração própria.

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

A fim de checar a autocorrelação espacial em uma variável qualitativa binária, aplicou-se o teste *join count* para a variável *dummy* ProAcesso. Sua importância na estratégia empírica é diagnosticar se municípios que foram selecionados para participarem do ProAcesso estão autocorrelacionados espacialmente. O teste denomina a região com o ProAcesso como Negra (N), e a região sem o ProAcesso como Branca (B). Assim, há a possibilidade de existirem três tipos de junções (*joins*), NN, NB e BB. Por exemplo, as

junções NN são o número de municípios que receberam o ProAcesso que são contíguos a municípios que também receberam o Programa e assim por diante.

É a contagem do tipo de junções que indicará a presença de concentração ou dispersão entre os dados. Caso haja concentração, existirá um número alto entre junções do tipo NN e BB, e baixo entre NB. Existindo dispersão entre as junções, o número de NB será alto, enquanto o de NN e BB será baixo (Almeida, 2012).

Tabela 2: Teste *join count* para a variável *dummy* ProAcesso

Tipo de Contagem	Número de Junções	Média	P-valor
NN	162	121,1538	0,0000***
NB	127	207,6923	1,0000

Fonte: Elaborado própria.

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

A Tabela 2 mostra que, por meio da matriz de ponderação espacial de dois vizinhos mais próximos³, obtiveram-se 162 junções do tipo NN e 127 do tipo NB, quando os valores esperados seriam de 121 e 208, respectivamente. Sendo o número observado maior que seu valor esperado (média), rejeita-se a hipótese nula do teste, indicando a presença de padrões espaciais nas junções do tipo NN. Já as junções do tipo NB apresentaram uma média maior que o valor observado, determinando, assim, a ausência de padrões espaciais. Pode-se concluir que a implantação do ProAcesso nos municípios mineiros apresentou um padrão de concentração espacial.

4. Resultados e Discussão

Os resultados são apresentados e discutidos em duas subseções. A primeira subseção avalia o impacto geral do ProAcesso sobre o crescimento econômico dos municípios beneficiados pelo Programa. Por sua vez, a segunda subseção traz testes de sensibilidade com o intuito de ampliar a qualidade dos resultados obtidos.

4.1. Avaliação geral do ProAcesso sobre o crescimento econômico dos municípios mineiros

Inicialmente, estimou-se o modelo de diferenças-em-diferenças convencional por mínimos quadrados ordinários, sem controle espacial. Os resultados estão reportados na Tabela 3. Por este modelo percebe-se que o coeficiente da variável *dummy* ProAcesso foi positivo e significativo.

Tabela 3: Estimativas do modelo DD sem e com controle espacial

Variável	MQO	SAR	Efeitos-SAR		
			Direto	Indireto	Total
CONSTANTE	0,1396*** (0,0047)	0,1061*** (0,0095)	-	-	-
DPA	0,0162* (0,0091)	0,0140 (0,0090)	0,0140 (1,6738)	0,0042 (1,4226)	0,0182 (1,6549)
WTXPIB	-	0,0339*** (0,0083)	-	-	-
Estatísticas					

³ A escolha das matrizes de defasagem espacial, para os testes de Moran e *join count*, foi feita com base no procedimento de Baumont (2004).

AIC	-1.230,1200	-1.243,7800	-	-	-
I de Moran	0,0736	-	-	-	-
P-valor	0,0000***	-	-	-	-
Jarque-Bera	20.392,8467	-	-	-	-
P-valor	0,0000***	-	-	-	-
Koenker-Bassett	2,5105	-	-	-	-
P-valor	0,1131	-	-	-	-
ML_{ρ}	18,0943	0,6815	-	-	-
P-valor	0,0000***	0,4091	-	-	-
ML_{λ}	17,4035	-	-	-	-
P-valor	0,0000***	-	-	-	-
ML^*_{ρ}	2,1463	-	-	-	-
P-valor	0,1429	-	-	-	-
ML^*_{λ}	1,4555	-	-	-	-
P-valor	0,2276	-	-	-	-

Fonte: Elaborado própria.

Obs: Erro-padrão e estatística Z entre parênteses. As variáveis estão em diferenças. Os resultados foram obtidos, usando o pacote *spdep* do R.

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

Contudo, os diagnósticos do modelo indicaram que os erros são heterocedásticos e não normais. Além disso, a estatística de *I* de Moran apresentou evidência de que os resíduos da regressão DD convencional são espacialmente autocorrelacionados. Os testes Multiplicador de Lagrange para a defasagem espacial (ML_{ρ}) e para o erro autorregressivo (ML_{λ}) foram significativamente diferentes de zero, o que sinaliza dependência espacial. Convém destacar que, se esta dependência espacial for do tipo SAR ou SDM, existem evidências de transbordamentos espaciais do ProAcesso para outros municípios, podendo afetar não apenas os municípios tratados, mas também os municípios não tratados, violando, com isso, o pressuposto de identificação SUTVA.

A próxima etapa foi confirmar esse tipo de autocorrelação espacial ao estimar os modelos DD-SAR, DD-SEM, DD-SLX, DD-SDM e DD-SDM.⁴ Para a escolha do melhor modelo, observou-se, como primeiro critério, a ausência de autocorrelação espacial nos resíduos. Posteriormente, entre os modelos que não apresentavam autocorrelação espacial, foi adotado o menor valor do critério de informação AIC para selecionar o modelo DD espacial mais adequado. Seguindo esse procedimento, o modelo selecionado foi o DD-SAR, reforçando ainda mais a desconfiança de que um modelo DD convencional, sem correção espacial, viola o pressuposto SUTVA, impedindo, com isso, que o efeito causal do ProAcesso seja identificado.

O modelo DD-SAR, estimado por máxima verossimilhança, é reportado na terceira coluna da Tabela 3, enquanto que, da quarta coluna até a sexta dessa tabela, são exibidos os efeitos diretos, indiretos e totais. O teste do multiplicador de Lagrange para os resíduos do modelo DD-SAR indicou que não há mais evidências de dependência espacial. Além do controle espacial, a estimação também contou com a correção da heterocedasticidade pela matriz de variância e covariância robusta de White.

Os resultados mostraram que o coeficiente da variável *dummy* do ProAcesso, após a inserção do controle espacial, não foi estatisticamente significativo. Tais implicações são estendidas aos efeitos diretos, indiretos e totais. Uma das possíveis explicações para este resultado está vinculada às externalidades geradas, que, neste caso, foram nulas, pelo acesso à

⁴ Foi adotada uma matriz de três vizinhos mais próximos, sugerida conjuntamente tanto pelo procedimento de Baumont (2004) quanto pelo procedimento de Stakhovych e Bijmolt (2009).

rede estadual de transporte, aos pequenos municípios mineiros participantes do ProAcesso (Preston, 2001; Banister e Berechman, 2001; Nijkamp 2004; Berechman, 2009; e Lakshmanan, 2011).

A inclusão à rede de transporte de pequenos municípios, neste contexto, ao mesmo tempo em que facilitou o aumento do acesso a diferentes empresas que fornecem um mesmo tipo de produto ou serviço, com preços e custos menores, também despertou a competitividade das empresas locais. Os efeitos positivos e negativos percebidos pelas externalidades podem acabar compensando uns aos outros, anulando o impacto dos investimentos em infraestrutura de transportes na taxa de crescimento econômico local. Esta associação caminha de acordo com o argumento conhecido como “*two way road argument*”, só que ao invés do impacto ser negativo, apresentou-se nulo (Preston e Holdav, 2005; SACTRA, 1999).

Apesar de modestos quando comparados às demais magnitudes dos coeficientes de investimento em infraestrutura de transportes na literatura, como nos trabalhos de Prud'homme (1993), Finn (1993), Amarante (2011) e Dias e Simões (2012), os resultados aqui alcançados foram relevantes de duas maneiras distintas.

Em primeiro lugar, estes resultados refletiram como o aumento da acessibilidade aos pequenos municípios não foi significativa, em média, devido à absorção dos efeitos pela rede de transporte estadual. Em segundo lugar, reforçaram as conclusões de Kelejian e Robinson (1997), mostrando que o coeficiente de investimento em infraestrutura (transportes) pode não ser significativo, dado o aprimoramento das estimações empregadas.

4.2. Testes de Sensibilidade⁵

Com o intuito de testar a qualidade dos resultados obtidos foram feitos três tipos de teste de sensibilidade. No primeiro teste, a variável *dummy* de ProAcesso foi distribuída aleatoriamente entre os municípios pertencentes aos grupos de tratamento e controle de Minas Gerais (teste placebo). Os resultados do teste estão reportados na Tabela 4.

Tabela 4: Estimções do primeiro teste de sensibilidade, para o modelo geral, utilizando a escolha aleatória dos municípios pertencentes aos grupos de tratamento e controle

Variável	MQO	SAR	Efeitos-SAR		
			Direto	Indireto	Total
CONSTANTE	0,1404***	0,1057***	-	-	-
	(0,0058)	(0,0101)	-	-	-
DPA	0,0067	0,0065	0,0066	0,0020	0,0086
	(0,0081)	(0,0079)	(0,7193)	(0,6682)	(0,7132)
WTXPIB	-	0,0346***	-	-	-
	-	(0,0083)	-	-	-
Estatísticas					
I de Moran	0,0768	-	-	-	-
P-valor	0,0000***	-	-	-	-
ML _p	19,0310	0,3486	-	-	-
P-valor	0,0000***	0,5549	-	-	-
Matriz	<i>k</i> -7	<i>k</i> -7	-	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Obs!: DPA – *Dummy* ProAcesso.

⁵ Assim como na Avaliação geral do ProAcesso, para os testes de sensibilidade foram empregados, conjuntamente, os procedimentos de Baumont (2004) e de Stakhovych e Bijmolt (2009) para a escolha das matrizes de defasagens espaciais.

Obs²: Erro-padrão e estatística Z entre parênteses. As variáveis estão em diferenças.

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

Conforme esperado, o coeficiente da *dummy* do ProAcesso continuou sendo estatisticamente não significativo para o modelo DD-SAR. Este resultado mostra que, independentemente dos municípios que formam o grupo de tratamento, a inserção destes municípios à rede de transporte estadual fez com que os efeitos de externalidades positivas sejam contrabalanceados pelos efeitos de externalidades negativas, anulando-se.

O segundo teste de robustez incluiu, na estimação geral, variáveis de controle fundamentadas pela teoria do crescimento econômico. Desta maneira, além da variável de interesse (DPA), a variável dependente também será explicada pelo nível de capital humano, medidas de qualidade de vida, nível de capital físico e o fundo de participação municipal, em diferenças, entre os anos de 2010 e 2000 (Tabela 5).

Tabela 5: Estimações do segundo teste de sensibilidade, para o modelo geral, adicionando variáveis de controle fundamentadas pela teoria do crescimento econômico

Variável	MQO	SAR	Efeitos-SAR		
			Direto	Indireto	Total
CONSTANTE	0,0935	0,0651	-	-	-
	(0,0435)	(0,0436)	-	-	-
DPA	-0,0024	-0,0021	-0,0021	-0,0005	-0,0026
	(0,0102)	(0,0101)	(-0,2265)	(-0,2378)	(-0,2312)
Controles	Sim	Sim	-	-	-
WTXPIB	-	0,0298***	-	-	-
	-	(0,0084)	-	-	-
Estatísticas					
<i>I</i> de Moran	0,0600	-	-	-	-
P-valor	0,0004***	-	-	-	-
ML_{ρ}	131,692	0,4998	-	-	-
P-valor	0,0003***	0,4796	-	-	-
Matriz	<i>k</i> -7	<i>k</i> -7	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Obs¹: DPA – *Dummy* ProAcesso.

Obs²: Erro-padrão e estatística Z entre parênteses. As variáveis estão em diferenças.

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

Mesmo com a inclusão de outras variáveis de controle, pode ser visto que o coeficiente da variável *dummy* do ProAcesso, sem e com controle espacial, e seus efeitos, não foram estatisticamente significativos.

Finalmente, no terceiro teste de sensibilidade, estimou-se o modelo geral, utilizando a técnica de pareamento por *n vizinhos*, tendo apenas a *dummy* ProAcesso como variável dependente (Tabela 6) e também utilizando outras variáveis de controle fundamentadas pela teoria do crescimento econômico (Tabela 7).

Tabela 6: Estimações do terceiro teste de sensibilidade para o modelo geral utilizando o pareamento por *n-vizinhos* mais próximos

Variável	MQO	SAR	Efeitos-SAR		
			Direto	Indireto	Total
CONSTANTE	0,0693***	0,0505***	-	-	-
	(0,0056)	(0,0076)	-	-	-
DPA	0,0865***	0,0799***	0,0807***	0,0176***	0,0983***

	(0,0077)	(0,0077)	(10,3760)	(2,9129)	(9,2373)
WTXPIB	-	0,0624***	-	-	-
	-	(0,0179)	-	-	-
Estatísticas					
<i>I</i> de Moran	0,1020	-	-	-	-
P-valor	0,0048***	-	-	-	-
ML _{ρ}	115,266	0,0681	-	-	-
P-valor	0,0007***	0,7942	-	-	-
Matriz	<i>k</i> -3	<i>k</i> -3	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Obs¹: DPA – *Dummy* ProAcesso.

Obs²: Erro-padrão e estatística Z entre parênteses. As variáveis estão em diferenças.

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

Neste tipo de pareamento, foram usadas características como tamanho da população e do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH, referentes ao ano de 2000, da mesma forma como foram escolhidos os municípios participantes do grupo de tratamento pelo Estado de Minas Gerais. Adicionalmente, optou-se por também incluir o PIB *per capita* para o mesmo ano. Desta maneira, o grupo foi formado por 192 municípios.

A estimação dos modelos de diferenças-em-diferenças por MQO mostraram que, em ambas as situações, o coeficiente da *dummy* ProAcesso revelou-se estatisticamente significativo. Após o controle da dependência espacial, por meio de modelos do tipo SAR, este coeficiente continuou estatisticamente significativo.

Sendo assim, o fato de um município ter pertencido ao grupo tratamento, neste caso, contribuiu positivamente para seu crescimento econômico, percebido pelos efeitos médios diretos e também para o crescimento econômico do municípios vizinhos, pelo efeitos médios indiretos.

Tabela 7: Estimações do terceiro teste de sensibilidade para o modelo geral adicionando variáveis de controle fundamentadas pela teoria do crescimento econômico e utilizando o pareamento por *n*-vizinhos mais próximos

Variáveis	MQO	SAR	Efeitos-SAR		
			Direto	Indireto	Total
CONSTANTE	-0,0892** (0,0397)	-0,1014*** (0,0391)	-	-	-
DPA	0,0720*** (0,0084)	0,0682*** (0,0083)	0,0691*** (8,9774)	0,0111*** (2,7440)	0,0802*** (8,5785)
Controles	Sim	Sim	-	-	-
WTXPIB	-	0,0550*** (0,0178)	-	-	-
	-		-	-	-
Estatísticas					
<i>I</i> de Moran	0,0893	-	-	-	-
P-valor	0,0111**	-	-	-	-
ML _{ρ}	86,291	0,0003	-	-	-
P-valor	0,0033***	0,9856	-	-	-
Matriz	<i>k</i> -3	<i>k</i> -3	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Obs¹: DPA – *Dummy* ProAcesso.

Obs²: Erro-padrão e estatística Z entre parênteses. As variáveis estão em diferenças.

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

Levando em consideração a maneira como foi conduzido este último teste de sensibilidade, os resultados obtidos mostram aos investigadores de políticas públicas a importância da definição de um bom contrafactual ao grupo de tratamento. Neste caso, como apenas 192 municípios fizeram parte do grupo de controle, o grupo de tratamento não teve acesso à rede de transportes estadual e às implicações existentes por esta inclusão, não conseguindo capturar as externalidades de rede mais amplas.

Com isso, percebe-se que existe sensibilidade dos resultados à forma como é definido o pareamento. Ao se usar o critério n vizinhos mais próximos, estima-se a influência mais localizada do ProAcesso, mostrando-se que este efeito é positivo. Quando se adota o critério de *kernel* no pareamento, dando um peso a todos os municípios do grupo de controle a fim de que capture a ideia de externalidades de rede de transporte, o impacto do ProAcesso no crescimento econômico de Minas Gerais inexistente.

5. Considerações Finais

Neste trabalho, buscou-se avaliar o impacto do Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos aos Municípios (ProAcesso) sobre o crescimento econômico dos 225 municípios mineiros beneficiados entre os anos de 2000 e 2010. Por meio do método de diferenças-em-diferenças com correção espacial, combinada com a técnica de pareamento para definir o grupo de controle, procurou-se levar em conta a subjacente dependência espacial presente no fenômeno em estudo para estimar consistentemente o efeito causal do ProAcesso. Cabe ressaltar que a utilização de quase-experimentos que procurem captar a relação causal entre crescimento econômico e transportes é relativamente recente na literatura.

Os resultados obtidos mostraram que mesmo com o controle espacial, em média, os impactos gerais do ProAcesso sobre o crescimento econômico dos 225 municípios mineiros pertencentes ao grupo de tratamento não foram estatisticamente significativos.

Considera-se que os efeitos de externalidades positivos e negativos existentes da inclusão dos municípios tratados na rede de transporte estadual acabam por compensar uns aos outros, anulando o impacto do ProAcesso na taxa de crescimento econômico destes municípios. Conforme Preston e Holdav (2005), este resultado está em consonância com o “argumento da estrada de via dupla” (“*two way road argument*”). Tal argumento salienta que projetos com a função de interligar regiões periféricas a regiões centrais podem apresentar efeitos distributivos contrários aos desejados pelo planejador central, quando há transferência de renda da periferia para o centro.

Com o intuito de validar os resultados aqui encontrados, também foram feitos testes de robustez para avaliar a sensibilidade do impacto do ProAcesso. Os resultados dos modelos estimados mostram aos avaliadores de políticas públicas a importância da definição de um bom contrafactual ao grupo de tratamento, respaldado tanto pela teoria como empiricamente.

Trabalhos futuros poderiam estudar o ProAcesso, ao menos, em outras duas linhas de investigação. Em primeiro lugar, seria interessante estudar se o ProAcesso também apresentou impacto nulo no crescimento econômico setorial da indústria, da agropecuária e de serviços, dos municípios mineiros. A segunda linha exploraria a potencial sensibilidade dos resultados ao efeito beirada (*edge effect*) do ProAcesso, uma vez que alguns municípios mineiros do grupo de tratamento fazem fronteira com municípios dos Estados da Bahia, Goiás, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, e pelo recorte geográfico assumido por este estudo, os efeitos de *feedback* dos municípios de outros Estados não foram captados.

Referências

AGÉNOR, P.R. e MORENO-DODSON, B. Public infrastructure and economic growth: new channels and policy implications, in M. Francese, D. Franco, and R. Giordano (eds) *Public Expenditure*, Banca d'Italia, Roma, 2007.

ALMEIDA, E. S. *Econometria Espacial Aplicada*. Campinas: Alínea Editora, 2012.

AMARANTE, A. *Ensaio sobre economia regional e urbana*. 2011. 128 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Economia, Porto Alegre, 2011.

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4744/Publicacoes.html>>. Acesso em: 01/04/2015.

ASCHAUER, D. A. *Is public expenditure productive?* *Journal of Monetary Economics*, v.23, p.177-200, 1989.

BANISTER, D.; BERECHMAN, Y. *Transport investment and the promotion of economic growth*. *Journal of Transport Geography*, v.9, n.3, p.209-218, 2001.

BARRETO, R. C. S. *Desenvolvimento regional e convergência de renda nos municípios do Estado do Ceará*. 2007. 211 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Viçosa, 2007.

BAUMONT, C. *Spatial Effects in housing price models: do house prices capitalize urban development policies in the agglomeration of Dijon (1999)?* Université de Bourgogne, 2004 (mimeo).

BECKER, S. O.; ICHINO, A. *Estimation of average treatment effects based on propensity scores*. *The Stata Journal*, v. 2, n. 4, p. 358-377, 2002.

BERECHMAN, J. *The evaluation of transportation investment projects*. *Routledge Advances in Management and Business*. New York, 2009.

CHAGAS, A. L. S., AZZONI, C. R. e ALMEIDA, A. N. A spatial difference-in-differences analysis of the impact of sugarcane production on respiratory diseases. *Regional Science and Urban Economics*, n. 59, p. 24–36, 2016.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. *Microeconomics: methods and applications*. Cambridge University Press, Cambridge, 2005.

CANNING, D.; FAY, M. *The effect of transportation networks on economic growth*. New York, 1993 (*Columbia University Working Paper*).

CARMIGNANI, F. *The Road to Regional Integration in Africa: Macroeconomic Convergence and Performance in COMESA*. *Journal of African Economies*, v. 15, n. 2, p. 212-250, 2006.

CESAR, R. V. *Geografia de Acessibilidade Rodoviária em Minas Gerais: Avaliação de Impactos Espaciais do “PROACESSO”*. 2010. 258 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belo Horizonte, 2010.

CRUZ, A. C. Os Efeitos dos Gastos Públicos em Infraestrutura e Capital Humano na Renda *Per Capita* e na Pobreza no Brasil. 2010. 134 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Viçosa, 2010.

DELGADO, M. S.; FLORAX, R. J. Difference-in-differences techniques for spatial data: local autocorrelation and spatial interaction. *Economic Letters*, n. 137, p. 123–126, 2015.

DENO, K.T. *The Effect of Public Capital on U. S. Manufacturing Activity: 1970 to 1978*. *Southern Economic Journal*, Chattanooga, v.55, n. 2, p. 400-411, out. 1988.

DIAS, L. R. S.; SIMÕES, R. F. Infraestrutura de transportes e desenvolvimento econômico: um estudo do PROCESSO em Minas Gerais. In: Anais do XV Seminário sobre a Economia Mineira, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional CEDEPLAR/UFMG – 2012, Diamantina, MG, 2012.

DUBÉ, J.; LEGROS, D.; THÉRIAULT, M.; ROSIERS, F. A spatial Difference-in-Differences estimator to evaluate the effect of change in public mass transit systems on house prices. *Transportation Research Part B*, v. 64, p. 24-40, 2014.

FERREIRA, P. C. Investimento em Infraestrutura no Brasil: fatos estilizados e relações de longo prazo. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v.26, n.2, p.231-252, 1996.

FERREIRA, P. C. G.; MALLIAGROS, T. G. Impactos Produtivos de Infraestrutura no Brasil, 1950-1995. *Pesquisa e Planejamento Econômico (Rio de Janeiro)*, Rio de Janeiro, v. 2, p. 315-338, 1998.

FINN, M. *Is all government capital productive?*. *Federal Reserve Bank of Richmond, Economic Quarterly*, v. 79, n. 4, p. 53-80, 1993.

FOURIE, J. *Economic Infrastructure: A Review Of Definitions, Theory And Empirics*. *South African Journal Of Economics*, v.74, n.3, p.530-556, 2006.

GUIMARÃES, P. M. Dois Ensaio Sobre a Questão da Convergência de Renda no Brasil. 2012. 61 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Juiz de Fora, 2012.

HOLTZ-EAKIN, D. *Public-sector capital and the productivity puzzle*. *The Review of Economics and Statistics*, v. 76, n. 1, p. 12-21, 1994.

KELEJIAN, H. H.; ROBINSON, D. P. *Infrastructure Productivity Estimation and its Underlying Econometric Specifications: A Sensitivity Analysis*. *Papers in Regional Science*, v.76, n.1, 1997.

KRUGMAN, P.R. *Geography and Trade*. Cambridge: MIT Press, 1991.

LAKSHMANAN, T. R. *The broader economic consequences of transport infrastructure investments*. *Journal of Transport Geography*, v.19, n.1, p.1-12, 2011.

MALLIAGROS, T. G. O impacto da infraestrutura sobre o crescimento da produtividade do setor privado e do produto brasileiro: análise empírica e evolução histórica. Dissertação (Mestrado em Economia) – Fundação Getúlio Vargas, Escola de Pós-Graduação em Economia, Rio de Janeiro, 1997.

MINAS GERAIS. Programas e ações do Governo: PROCESSO. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://www.der.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=98&Itemid=261>. Acesso em 28/09/14.

MINAS GERAIS. Rodovias, 2015. Disponível em: <<https://www.mg.gov.br/governomg/portal/m/governomg/conheca-minas/5662rodovias/5146/5044>>. Acesso em: 10/06/2015.

MUNNELL, A. H. *Why has productivity declined? Productivity and public investment. New England Economic Review*, p. 3-22, 1992.

MUNNELL, A. H.; COOK, L. How does public infrastructure affect regional economic performance? *New England Economic Review*, Federal Reserve Bank of Boston, p. 11-33. 1990.

NIJKAMP, P. *Transport System and Policy. Cheltenham/Northampton: Edward Elgar*, 2004.

PEREIRA, A. M; ROCA-SAGALES, O. Spillover effects of public capital formation: evidence from the Spanish regions. *Journal of Urban Economics*, v. 53, p. 238-256, 2003.

PEREIRA, A. M.; ANDRAZ, J. M. Public investment in transportation infrastructures and industry performance in Portugal”, *Journal of Economic Development*, v. 32, p. 1-20, 2007.

PRESTON, J. *Integrating transport with socio-economic activity - a research agenda for the new millennium. Journal of Transport Geography*, v.9, n.1, p.13-24, 2001.

PRESTON, J; HOLVAD, T. *Road transport an additional economic benefits*. [S. l.]. *University of Oxford, Transport Studies Unit*, 2005.

PRUD'HOMME, R. *Assessing the role of infrastructure in France by means of regionally estimated production functions*. Paris: Observatoire de l’Economie et des Institutions Locales, 1993.

ROCHA, F.; GIUBERTI, A. C. Composição do Gasto Público e Crescimento Econômico: um estudo em painel para os estados brasileiros. *Economia Aplicada*, v. 11, n. 4, p. 463-485, 2007.

RUBIN, D. *Assignment to a Treatment group on the basis of a Covariate. Journal of Educational Statistics*, v. 2, n. 1, p. 1-26, 1977.

SACTRA – *Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment. Transport and the Economy*. DETR, Londres, 1999.

SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS. PELT Minas – Plano Estratégico de Logística de Transportes. Belo Horizonte: SETOP/MG, 2007.

SHAH, A. Dynamics of public infrastructure, industrial productivity and profitability. *The Review of Economics and Statistics*, v. 74, n. 1, p. 28-36, 1992.

STAKHOVYCH, S.; BIJMOLT, T. H. A. *Specification of spatial models: A simulation study on weights matrices. Papers in Regional Science*, v. 88, n. 2, p. 389-408, 2009.

STURM, J-E.; JACOBS, J.; GROOTE, P. *Output Effects of Infrastructure Investment in the Netherlands, 1853-1913. Journal of Macroeconomics*, v. 21, n. 2, p. 355–380, 1999.

WORLD BANK, The. *Infrastructure At The Crossroads: Lessons From 20 Years Of World Bank Experience*. Washington Dc: *The International Bank For Reconstruction And Development / The World Bank*, 2006.

WOOLDRIDGE, J. *Introdução à econometria: uma abordagem moderna*. São Paulo: Cengage Learning, 4^a edição, 2010.

Anexo:

Autor	Unidades Geográficas	Período	Tipo de Estimador	Controle Espacial?	Controle de Efeitos Fixos?	Controle de Simultaneidade?	Medida de Infraestrutura	Resultados
Deno (1988)	Estados Unidos	1970-1978	MQO	Não	Não	Não	Desagregação dos investimentos em capital no setor público para transportes	Políticas públicas aliadas a pauta de transportes atuam como ferramentas para o crescimento regional - elasticidade de 0,31 para estradas
Aschauer (1989)	Estados Unidos	1949-1985	MQO	Não	Não	Não	Desagregação dos investimentos em capital no setor público para transportes	Efeitos do capital público são positivos em relação a infraestrutura - elasticidade total de 0,24
Munnel e Cook (1990)	Estados Unidos	1970-1986	MQO	Não	Não	Não	Desagregação dos investimentos em capital no setor público para transportes	Efeitos do capital público são positivos em relação a infraestrutura – autoestradas, água e esgoto
Shah (1992)	México	1970-1987	MQO	Não	Não	Não	Desagregação dos investimentos em capital no setor público para transportes	Apesar de pequeno, os efeitos de investimento em infraestrutura observados foram positivos
Prud'homme (1993)	França	1981-1988	MQO	Não	Não	Não	Desagregação dos investimentos em capital no setor público para transportes	A elasticidade encontrada (0,08) indicou que o investimento em infraestrutura de transportes agiu de maneira positiva no crescimento econômico das regiões francesas
Canning e Fay (1993)	96 países	1960-1985	MQO/MQ2E	Não	Sim	Sim	Quilômetros de estradas pavimentadas e ferrovias	A infraestrutura de transportes apresentou taxas de retorno moderadas para países desenvolvidos e subdesenvolvidos, enquanto que em países em desenvolvimento as taxas foram elevadas
Finn (1993)	Estados Unidos	1950-1989	GMM	Não	Não	Sim	Cômputo dos gastos do governo em rodovias, ruas, pontes, túneis, viadutos, iluminação e associação e estruturas de controle de erosão	Investimentos em transportes, sobretudo na construção de estradas, foram significativamente produtivos com elasticidade de 0,16
Ferreira (1996)	Brasil	1970-1993	Vetor de Co-Integração	Não	Não	Não	Séries de investimento e de medidas físicas do setor de transportes	Detectaram que transportes e energia elétrica influenciam fortemente o PIB, por intermédio da elasticidade renda

Autor	Unidades Geográficas	Período	Tipo de Estimador	Controle Espacial?	Controle de Efeitos Fixos?	Controle de Simultaneidade?	Medida de Infraestrutura	Resultados
Malliagros (1997)	Brasil	1950-1995	Vetor de Co-Integração	Não	Não	Não	Séries de investimento e de medidas físicas do setor de transportes	Detectaram que transportes e energia elétrica influenciam fortemente o PIB, por intermédio da elasticidade renda
Kelejian e Robinson (1997)	Estados Unidos	1969-1986	Vários Estimadores	Sim	Sim	Sim	Computada de diferentes maneiras	Foi visto que a produtividade da infraestrutura regional envolveu <i>spillovers</i> espaciais relativos a variáveis observáveis e aos termos de erro. Também houve indicação de que estimativas dos coeficientes foram muito sensíveis às especificações dos modelos.
Ferreira e Malliagros (1998)	Brasil	1950-1995	Vetor de Co-Integração	Não	Não	Não	Séries de investimento e de medidas físicas do setor de transportes	Detectaram que transportes e energia elétrica influenciam fortemente o PIB, por intermédio da elasticidade renda
Sturm <i>et al.</i> (1999)	Holanda	1853-1913	VAR	Não	Não	Não	Gastos com as ferrovias principais, as pequenas ferrovias, os bondes urbanos, os canais, rios navegáveis, portos, docas e as estradas pavimentadas	Evidência de um impacto positivo no investimento em infraestrutura de transportes e o crescimento do PIB. Os efeitos encontrados, neste caso, foram de curto e médio prazos
Pereira e Roca-Sagales (2003)	Espanha	1970-1995	VAR	Não	Não	Não	Montante destinado às estradas, portos, aeroportos e ferrovias	Capital instalado na região de análise e fora da região foram relevantes, com destaque para a pauta de transportes
Pereira e Andraz (2007)	Portugal	1976-1998	VAR	Não	Não	Não	Gastos em estradas nacionais, estradas municipais, portos, aeroportos e ferrovias	Investimento público tem sido um instrumento relevante para melhorar o desempenho econômico português, no longo prazo
Rocha e Giuberti (2007)	Estados brasileiros	1986-2002	Painel	Não	Sim	Sim	Gastos públicos com transportes/gastos totais	Despesas com transporte apresentaram coeficientes positivos e estatisticamente significantes. Além disto, o valor do coeficiente para estados considerados menos desenvolvidos foi maior

Autor	Unidades Geográficas	Período	Tipo de Estimador	Controle Espacial?	Controle de Efeitos Fixos?	Controle de Simultaneidade?	Medida de Infraestrutura	Resultados
Barreto (2007)	Ceará	1996-2003	Dados em Painel Espacial	Sim	Sim	Sim	Rede rodoviária pavimentada relativa à área do município	O modelo econométrico de convergência condicional mostrou que o crescimento do PIB <i>per capita</i> foi afetado negativamente pelas variáveis de infraestrutura
Cruz (2010)	Brasil	1980-2008	Equações Simultâneas (GMM)	Não	Não	Sim	Quilômetros pavimentados no Brasil	Entre os vários componentes de infraestrutura, a qualidade das estradas afetou o rendimento <i>per capita</i> e a produtividade da economia (PTF), o que de forma indireta, leva a inclusão social
Amarante (2011)	Região Sul do Brasil	1970-2008	Dados em Painel	Não	Sim	Sim	Idade das rodovias	Taxas de crescimento adicionais do PIB e das atividades econômicas do grupo de adjacentes e do grupo de cortados pelas estradas interestaduais foram maiores que a média, quando comparadas aos municípios não tratados pelas rodovias federais, o que ressalta o papel positivo do investimento em infraestrutura de transportes
Guimarães (2012)	Abordagem Multinível no Brasil	1999-2005	Modelos Hierárquicos Espaciais	Sim	Sim	Sim	Quilômetros de rodovias pavimentadas	O estoque de infraestrutura (rodoviária) foi uma variável condicional relevante na equação de convergência.
Dias e Simões (2012)	Municípios de Minas Gerais	2002-2010	Diferenças-em-Diferenças	Não	Sim	Sim	Municípios participantes do ProAcesso	Detectaram que, pelos investimentos revertidos do ProAcesso, setores que vendem para outras localidades e compram insumos produzidos em outras localidades foram impactados positivamente, enquanto o setor de serviços foi impactado negativamente

Fonte: Elaborado própria.

Quadro 1: Resumo dos trabalhos empíricos revisados