

Atenuação das economias de aglomeração no Brasil

Edilberto Tiago de ALMEIDA¹

edilberto.almeida@ufpe.br |  <https://orcid.org/0000-0002-3965-6555>

Diana Lúcia Gonzaga da SILVA²

dlgsilva@ufba.br |  <https://orcid.org/0000-0002-6087-918X>

Raul da Mota SILVEIRA NETO¹

raul.silveirant@ufpe.br |  <https://orcid.org/0000-0003-0328-4806>

Resumo

As externalidades positivas da aglomeração no mercado de trabalho podem desaparecer com a distância geográfica. O objetivo deste estudo é analisar a extensão espacial dos efeitos da aglomeração do emprego sobre os salários individuais nas regiões metropolitanas do Brasil. A partir dos microdados georreferenciados da RAIS, a localização exata dos estabelecimentos permitiu estabelecer micro unidades espaciais de análise intra-urbana baseadas em critérios exógenos. Para identificar os efeitos da aglomeração do emprego, o modelo econométrico faz uso de variável instrumental e de um conjunto de características dos trabalhadores, dos estabelecimentos e da localização do emprego. As evidências encontradas mostram que os efeitos positivos de aglomeração sobre os salários individuais são localizados, ocorrendo principalmente numa escala espacial de até 1 km.

Palavras-chaves

Economias de aglomeração, Atenuação, Localização industrial, Regiões metropolitanas, Salários.

Attenuation of agglomeration economies in Brazil

Abstract

This paper examines the spatial extent of employment agglomeration effects on individual wages within Brazil's metropolitan regions. Utilizing georeferenced microdata from the RAIS database, we were able to pinpoint the exact locations of establishments, thereby defining micro spatial units for intra-urban analysis based on exogenous criteria. To isolate the impacts of employment agglomeration, our econometric model employs instrumental variables along

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Economia, Recife, PE, Brasil.

² Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Economia, Salvador, BA, Brasil.

Recebido: 01/03/2023.

Revisado: 02/02/2024.

Aceito: 08/07/2024.

DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-53575445edr>



This Article is Distributed Under the Terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

gside a comprehensive set of worker, establishment, and employment location characteristics. The findings indicate that the positive externalities of agglomeration on individual wages are geographically limited, with significant effects predominantly observed within a spatial radius of up to 1 km.

Keywords

Economics of agglomeration, Attenuation, Industrial location, Metropolitan regions, Wages

JEL Classification

R1, R3, L60

1. Introdução

A concentração geográfica da atividade econômica e os ganhos decorrentes sobre a produtividade são fatos consolidados nos estudos empíricos em Economia Urbana (Ciccone e Hall 1996; Combes *et al.* 2011). Estudos mais recentes têm buscado entender em quais escalas os efeitos de aglomeração podem ser observados, a sua extensão espacial e as implicações sobre a estrutura urbana e as políticas públicas. As evidências existentes indicam que os efeitos de aglomeração são observados em diversos níveis de agregação espacial, já que emergem de microfundamentos¹ operando em diferentes escalas (Rosenthal e Strange, 2020). Nesse sentido, torna-se fundamental entender a extensão espacial dos efeitos positivos da aglomeração e se estes efeitos são atenuados com a distância.

As cidades, em geral, possuem maiores custos de vida e de produção, a exemplo dos custos de habitação e de trabalho. Sendo assim, os produtores só aceitariam arcar com os custos maiores da localização urbana em troca de uma compensação suficiente em ganhos de produtividade. Estudos anteriores mostraram que os efeitos de aglomeração ocorrem em diferentes escalas e podem afetar de maneira heterogênea os setores industriais (Rosenthal e Strange 2003; Rosenthal e Strange 2008; Li *et al.* 2022). Nesse contexto, este estudo propõe contribuir com evidências empíricas para a literatura de economias de aglomeração urbana e produtividade, a partir de um conjunto de dados georreferenciados dos estabelecimentos industriais de um

¹ Marshall (1890) identifica três fontes de economias de aglomeração: compartilhamento de insumos (*input sharing*), compartilhamento de trabalhadores especializados (*labor market pooling*) e externalidades de conhecimentos (*knowledge spillovers*). Por sua vez, Duranton e Puga (2004) distinguem três microfundamentos para as economias de aglomeração urbana: *sharing*, *matching* e *learning*. Esses podem ser relacionados às fontes marshallianas de aglomeração.

país em desenvolvimento. Em particular, o objetivo do estudo é analisar a extensão espacial dos efeitos da aglomeração do emprego sobre os salários individuais nas regiões metropolitanas do Brasil, a partir dos microdados pareados de trabalhadores e firmas identificados nos registros da Relação Anual de Informações Sociais - RAIS.

As evidências para os países desenvolvidos mostram um ganho salarial atribuído à aglomeração (*urban wage premium*) em torno de 3 a 8% (Rosenthal e Strange 2004). Para os países em desenvolvimento, as evidências sugerem maiores magnitudes do prêmio salarial urbano, que podem chegar a cerca de 20% (Silva e Azzoni 2022). No entanto, estudos sobre a existência e magnitude do prêmio urbano em escala microgeográfica ainda são escassos, especialmente para os países em desenvolvimento (Duranton e Puga 2004). Portanto, este estudo propõe contribuir com as evidências sobre o prêmio urbano em uma escala microgeográfica. De maneira mais ampla, as contribuições desse estudo podem ser estendidas à literatura empírica que busca entender os mecanismos e escalas a partir dos quais os ganhos salariais atribuídos à aglomeração urbana podem ser observados.

Em primeiro lugar, a literatura sobre a extensão espacial dos efeitos de aglomeração ainda é relativamente nova e grande parte das evidências disponíveis cobre apenas os países desenvolvidos ou os países de renda média da Europa. Por exemplo, Fu (2007) avaliou o escopo espacial de diferentes tipos de externalidades locais na Região Metropolitana de Boston e constatou que os efeitos gerados pela concentração de trabalhadores altamente qualificados são extremamente localizados (consistente com a ideia de interação *face-to-face*), ocorrendo de forma mais forte dentro de um raio de 2,4 km. Rosenthal e Strange (2008) encontraram resultados similares para os EUA como um todo, as externalidades de capital humano são mais fortes dentro de um raio de 8 km a partir do local de trabalho individual quando comparadas com os efeitos gerados pela concentração de trabalhadores qualificados mais distante. Avaliando a escala espacial das externalidades de urbanização na Itália, Addario e Patacchini (2008) encontraram que os efeitos são mais fortes até 4 km e são atenuados até 12 km. Para a Suécia, Håkansson e Isacson (2019) encontraram que as externalidade de urbanização são atenuadas até 25 km e que os efeitos são assimétricos de acordo com distribuição de salários. Mais recentemente, Eppelsheimer *et al.* (2022) apresentaram evidências sobre a escala espacial dos *spillovers* de capital humano na Alemanha destacando que essas externalidades são atenuadas rapidamente com a distância e desaparecem completamente após 25 km.

Os estudos sobre as externalidades positivas de aglomeração no mercado de trabalho dos países em desenvolvimento mostram evidências de efeitos mais intensos do que aqueles observados nos países desenvolvidos (Duranton 2016; Barufi *et al.* 2016; Chauvin *et al.* 2017; Combes *et al.* 2020; Silva e Azzoni 2022). Apesar do crescimento no número de evidências para os países em desenvolvimento, os estudos sobre a extensão espacial dos efeitos de aglomeração, baseados em unidades microgeográficas, ainda são escassos para estes países (Campos 2018; Almeida *et al.* 2022; Li *et al.* 2022). Li *et al.* (2022) avaliou a velocidade de atenuação dos efeitos de aglomeração com dados dos estabelecimentos industriais da China. Os resultados mostraram que os efeitos de aglomeração diminuem rapidamente com a distância e variam entre indústrias. A velocidade de atenuação encontrada foi positivamente relacionada com os *spillovers* de conhecimento e o *labor market pooling* e negativamente relacionada com o compartilhamento de insumos. Campos (2018) buscou identificar o efeito da aglomeração do emprego sobre os salários na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e sua atenuação espacial na vizinhança da localização do emprego dentro de uma célula de 1 km². Os resultados confirmam a hipótese de atenuação espacial do efeito de aglomeração para os trabalhadores da RMSP. Além da escassez de evidências anteriores, a experiência brasileira é bastante adequada para a investigação: o país apresenta uma taxa de urbanização muito alta (em torno de 85%) quando comparado com outros países em desenvolvimento (Chauvin *et al.* 2017) e, diferentemente da China, não há barreiras institucionais à mobilidade interna da mão de obra entre cidades e regiões.

Em segundo lugar, ainda existem lacunas na literatura empírica sobre os canais através dos quais os microfundamentos das externalidades positivas de aglomeração operam. Em particular, os estudos sobre a escala geográfica de atuação desses mecanismos ainda são escassos. Overman e Puga (2010) analisaram o *labor pooling* como uma fonte de aglomeração para os estabelecimentos industriais do Reino Unido e encontraram uma maior concentração espacial entre os setores expostos a choques idiossincráticos de volatilidade no emprego, indicando a importância dos polos de emprego nos mercados de trabalho locais para a suavização dos choques. Almeida *et al.* (2022) analisaram o efeito das forças de aglomeração, associadas ao custo de transporte, ganhos de escala, *labor pooling*, ligações inter-setoriais, grau de competição e *spillover* de capital humano sobre o padrão de localização das indústrias no Brasil. Os mecanismos de aglomeração se mostraram mais intensos a distâncias mais longas (entre 200 km e 300 km), levando os autores a concluir que as externalidades de aglomeração seriam mais efetivas no nível regional.

Ademais, estudos sobre os padrões de aglomeração e desenvolvimento urbano para os países em desenvolvimento são fundamentais, ao permitirem a incorporação das particularidades que envolvem esses países (Glaeser e Henderson 2017; Chauvin *et al.* 2017). O conhecimento sobre as vantagens de aglomeração para as cidades dos países em desenvolvimento ainda é escasso, o que motivou o surgimento de uma agenda de pesquisa em economia urbana focada nos problemas enfrentados nesses países, a exemplo da informalidade, da baixa oferta e qualidade de infra-estrutura de transporte, da violência, da baixa qualidade institucional, da pobreza e da restrição de recursos financeiros (Glaeser e Henderson 2017).

Para mensurar os efeitos da aglomeração neste estudo, foi utilizada a distribuição espacial do emprego industrial em cinco círculos concêntricos em torno da localização do emprego do trabalhador, com escalas variando de 0-1 km até 20-40 km. A concentração do emprego setorial é uma medida tradicionalmente usada para mensurar os ganhos de aglomeração derivados das externalidades de localização (Li *et al.* 2022). A localização do emprego utilizada neste estudo é definida pelas coordenadas geográficas do endereço de cada estabelecimento da indústria manufatureira, representando um avanço em relação a Rosenthal e Strange (2008), o que permite obter estimativas mais consistentes dos efeitos de aglomeração em uma escala microgeográfica. Após corrigir a endogeneidade do emprego com o uso de variável instrumental, observou-se um efeito positivo para a aglomeração do emprego, o que desaparece a distâncias maiores do que 1 km. As evidências permitem sugerir que a proximidade à curtas distâncias importa para a absorção das externalidades positivas de aglomeração nos setores industriais. Além disso, o escopo espacial das externalidades são heterogêneos de acordo com o nível tecnológico dos setores o que reforça a ideia de que os mecanismos que geram os ganhos de aglomeração atuam de forma diferente dependendo da intensidade tecnológica.

Este estudo contribui para a literatura ao analisar a existência e extensão espacial dos benefícios de aglomeração do emprego sobre os salários em uma escala microgeográfica para a indústria do Brasil. A partir da estratégia empírica de Rosenthal e Strange (2008) e utilizando o local exato do emprego, as evidências neste estudo mostram que as externalidades positivas de aglomeração no Brasil são fortemente concentradas, com efeitos positivos sobre os salários em até 1 km de distância do local do emprego. Esse resultado é compatível com as evidências na literatura sobre a atenuação dos efeitos de aglomeração (Rosenthal e Strange 2008; Addario e Patacchini 2008; Håkansson e Isacson 2019; Li *et al.* 2022; Campos 2018). Após substituir o emprego total pelo

emprego qualificado (trabalhadores com ensino superior) para mensurar os efeitos de aglomeração, Rosenthal e Strange (2008) concluem que os benefícios de aglomeração resultam da proximidade aos trabalhadores qualificados, uma vez que não foi encontrado efeito positivo para a aglomeração de trabalhadores com baixa qualificação. Com base nessa evidência, os autores sugerem que os *spillovers* de conhecimento podem ser o canal mais relevante por trás dos efeitos positivos de aglomeração geograficamente concentrados.

De modo similar, este estudo para o Brasil buscou entender se as externalidades de conhecimento podem explicar os efeitos de aglomeração do emprego ao avaliar o padrão de atenuação por nível tecnológico dos setores industriais. Os resultados mostram que os efeitos da aglomeração do emprego industrial variam de acordo com a intensidade tecnológica, sendo positivo e estatisticamente significativo nos dois primeiros círculos concêntricos apenas nos setores de média e alta tecnologia. Esses setores, em geral, são intensivos em mão de obra qualificada, o que permite sugerir que o canal mais relevante para explicar o prêmio salarial microgeográfico encontrado neste estudo seja a difusão de conhecimentos e inovações associada à proximidade geográfica do capital humano. Portanto, as evidências são compatíveis com Rosenthal e Strange (2008).

Além desta introdução, este estudo possui mais três seções. A segunda seção apresenta o banco de dados e a estratégia empírica adotada no estudo. A seção três apresenta os resultados e discussões baseadas na literatura. Por fim, a última seção apresenta as conclusões do estudo.

2. Estratégia Empírica e Dados

2.1. Especificação Econométrica

O objetivo deste estudo é analisar a extensão espacial das externalidades de aglomeração sobre os salários dos trabalhadores em uma escala microgeográfica intra-urbana. A literatura em Economia Urbana mostra que os efeitos positivos da proximidade geográfica podem ser atenuados a longas distâncias. Portanto, a proposta deste estudo é estimar os efeitos da aglo-

meração do emprego a diferentes distâncias espaciais intra-urbanas, a partir do local de trabalho (estabelecimentos industriais) dos trabalhadores nas regiões metropolitanas do Brasil.

Usando um conjunto de dados georreferenciados único, descrito na próxima subseção, foi possível identificar precisamente cada estabelecimento no espaço, o que por sua vez permite que os efeitos das externalidades de aglomeração sejam explorados em uma escala espacial muito pequena, por exemplo, numa escala menor do que a de bairros. Neste estudo o uso de uma escala microgeográfica intra-urbana é importante por duas razões: (i) como apresentado anteriormente, algumas externalidades de aglomeração são extremamente localizadas e, portanto, os seus efeitos não podem ser tratados como homogêneos dentro de uma cidade; (ii) o uso de uma escala microgeográfica minimiza os problemas potencialmente associados à auto-seleção de trabalhadores para as áreas mais densas dentro das cidades, a exemplo dos subcentros de empregos.

Neste sentido, esta pesquisa utiliza um conjunto de subunidades microgeográficas definidas de forma exógena. Precisamente, o território brasileiro foi convertido em um conjunto de aproximadamente 8,5 milhões de células de 1 km². Obviamente, nem todas essas células possuem algum tipo de atividade manufatureira e, uma parte delas, na verdade, corresponde à áreas de florestas, lagos e rios. Assim, com o objetivo de eliminar as células irrelevantes para o problema de pesquisa, foram consideradas apenas as células dentro das áreas metropolitanas que possuem pelo menos um estabelecimento formal de manufatura ativo. Foram consideradas as 30 áreas metropolitanas existentes no Brasil em 2006.

Para capturar parte dos efeitos (uma vez que são considerados apenas os setores da indústria manufatureira) gerados pela massa econômica em torno do local de trabalho individual, seguindo uma estratégia similar a de Rosenthal e Strange (2008),² usa-se cinco círculos concêntricos de 0-1, 1-5, 5-10, 10-20 e 20-40 km definidos³ a partir do local de trabalho individual.

² Uma diferença importante entre a nossa abordagem e a de Rosenthal e Strange (2008) está relacionada com o pressuposto de que o emprego está uniformemente distribuído em cada PWPUMA. Para cada círculo concêntrico, os autores obtiveram uma aproximação do número real de trabalhadores ponderando as áreas das PWPUMA que formam o círculo concêntrico. Com os nossos dados, podemos associar cada planta ao círculo concêntrico exato a que pertence. Assim, a variável de aglomeração é medida com maior precisão.

³ Rosenthal e Strange (2008) definiram 4 círculos concêntricos entre 0-1 milha (0-1,6 km), 1-5 milhas (1,6-8 km), 5-10 milhas (8-16 km) e 10-15 milhas (16-24 km). Estratégias similares também foram adotadas em outros estudos com objetivo de estimar a atenuação das economias de aglomeração. Por

Para cada uma dessas faixas de distâncias, r , o total de trabalhadores na indústria de manufatura é calculado, $D_{r(z)}$, e associado ao centroide da célula z . Formalmente, a equação estimada ao nível do trabalhador é dada por:

$$w_{iz} = \alpha + \sum_r \beta_r D_{r(z)} + \mathbf{X}_i \lambda + \gamma H_j + \mathbf{T}_z \tau + \psi_p + \mu_c + \epsilon_{iz} \quad (4)$$

onde w_{iz} é o logaritmo natural do salário real por hora do trabalhador i na célula z (no estabelecimento j , indústria p , região metropolitana c); $D_{r(z)}$ é a variável explicativa de interesse e representa o total de trabalhadores em cada círculo concêntrico $r = 1, \dots, 5$; $\mathbf{X}_i$ é uma matriz de variáveis de controle para as características individuais do trabalhador como idade, idade ao quadrado, experiência, educação e ocupação; H_j é o tamanho do estabelecimento j medido pela quantidade de trabalhadores; $\mathbf{T}_z$ é uma matriz de variáveis de controle ao nível da célula com características geográficas e da infraestrutura de transporte em torno na local de trabalho individual; ψ_p e μ_c são efeitos fixos de indústria e região metropolitana, respectivamente; e ϵ_{iz} é o termo de erro.

O salário real⁴ por hora, w_{iz} , foi calculado pela divisão da remuneração mensal pela quantidade de horas trabalhadas por mês, considerando apenas os trabalhadores do sexo masculino com idade de 18 a 56 anos que trabalharam pelo menos 20 horas por semana. O resultado das imposições é uma amostra com trabalhadores remanescentes mais homogêneos, o que reduz o conjunto de heterogeneidades não observadas que podem afetar as decisões individuais sobre a quantidade de horas trabalhadas (Rosenthal e Strange 2008; Håkansson e Isacsson 2019).

Os coeficientes β_r com $r = 1, \dots, 5$ na equação 1 podem ser interpretados como um teste da escala espacial das economias de aglomeração, mais especificamente, das externalidades geradas pelo mix de trabalhadores em diferentes setores de manufatura, algumas das quais inclusive têm sinais opostos como os efeitos de congestionamento. A motivação para a escolha dos tamanhos dos círculos concêntricos é baseada em dois pontos, um teórico e outro técnico: i) como apresentado anteriormente, os mecanismos pelos quais as externalidades de aglomeração ocorrem atuam em diferen-

exemplo, Fu (2007) definiu 4 círculos concêntricos entre 0-1,5 milha (0-2,4 km), 1,5-3 milhas (2,4-4,8 km), 3-6 milhas (4,8-9,6 km) e 6-9 milhas (9,6-14,4 km); Addario e Patacchini (2008) definiram 4 círculos concêntricos entre 0-4 km, 4-8 km, 8-12 km e 12-16 km; Håkansson e Isacsson (2019) definiram 4 círculos concêntricos entre 0-5 km, 5-25 km, 25-50 km e 50-100 km.

⁴ Salário nominal deflacionado pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA (2017 = 100).

tes escalas espaciais, neste sentido espera-se que nos círculos concêntricos mais próximos do local de trabalho individual sejam capturados os efeitos altamente localizados, enquanto nos círculos mais afastados sejam capturados os efeitos que atuam em escalas espaciais maiores e ii) o tamanho das regiões metropolitanas brasileiras é considerado uma vez que, enquanto os três círculos mais próximos do local de trabalho individual (0-1, 1-5 e 5-10 km) cobrem as interações numa escala espacial menor do que os bairros e dentro da capital, respectivamente, os dois círculos mais afastados (10-20 e 20-40 km) cobrem as interações da capital com os municípios vizinhos, englobando as interações ao nível de região metropolitana (ver Figura 1). Além disso, o aumento da largura das faixas de distâncias, na medida em que se afastam do centroide, minimiza o problema de multicolinearidade (Verstraten *et al.* 2019; Eppelsheimer *et al.* 2022).

O principal desafio é identificar a variação nos salários associada exclusivamente à concentração de trabalhadores em torno do local de trabalho individual, dadas as limitações impostas à validade da hipótese de exogeneidade de $D_{r(z)}$. Para lidar com esses problemas, faz-se uso das características da base de dados georreferenciada única e das características geológicas do solo nas regiões metropolitanas do Brasil como variável instrumental para a variável explicativa de interesse.

Primeiro, a divisão exógena e numa escala geográfica muito pequena do território nacional ajuda a lidar com o *sorting* espacial. É factível pensar que os trabalhadores podem escolher as cidades onde querem trabalhar, mais que isso, também é factível pensar que os trabalhadores podem escolher o bairro onde querem trabalhar. Por outro lado, é improvável que os trabalhadores sejam capazes de escolher a célula de 1 km² específica que desejam trabalhar e, conseqüentemente, a distância da concentração de trabalhadores nas proximidades. Ainda neste aspecto, um amplo conjunto de variáveis, com características dos trabalhadores, dos estabelecimentos e das células, que são relevantes nesse contexto, foi incluído nas estimações. Para os trabalhadores foram incluídas idade, idade ao quadrado, experiência, experiência ao quadrado, *dummies* para os diferentes níveis de educação⁵ e *dummies* para as diferentes ocupações a 2 dígitos da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO 2002). Ao nível de estabelecimentos foram incluídas *dummies* para os diferentes tamanhos de acordo com a quantidade de trabalhadores (variável disponível nos dados da RAIS). Também

⁵ Analfabeto, ensino fundamental incompleto, do ensino fundamental completo até o ensino médio incompleto, do ensino médio completo até o superior incompleto e ensino superior completo ou mais.

foram incluídas variáveis para controlar os efeitos da infraestrutura de transporte e as características geográficas em torno local de trabalho individual. A infraestrutura local de transporte pode influenciar a produtividade e a escolha locacional das empresas (Holl, 2004a; Holl 2004b; Holl 2016; Mayer e Trevien 2017; Gibbons *et al.* 2019) e o tempo de *commuting* dos trabalhadores (Baum-Snow 2010; Haas e Osland 2014; Mayer e Trevien 2017; Gao *et al.* 2019) e, portanto, pode afetar simultaneamente a produtividade e a concentração local de trabalhadores. Já as características geográficas podem influenciar tanto a localização das empresas, principalmente das indústrias intensivas em recursos naturais (Ellison e Glaeser 1999; Rosenthal e Strange 2001; Ellison *et al.* 2010), quanto o *sorting* espacial dos trabalhadores, em decorrência das amenidades (Roback 1982; Combes *et al.* 2008; Fajgelbaum e Gaubert 2020; Gaigné *et al.* 2022). Para separar estes efeitos dos ganhos de aglomeração, foram incluídas a distância Euclidiana do centroide da célula até a rodovia federal, rodovia estadual, porto público, aeroporto e rio/lago mais próximos.

Segundo, além dos controles descritos acima, também foram incluídas *dummies* para as regiões metropolitanas, o que permite controlar as diferenças de produtividade entre as regiões metropolitanas, bem como o conjunto de características específicas e condições que podem atrair os trabalhadores, como estrutura industrial, localização, clima e condições gerais do mercado de trabalho. Também foram incluídas *dummies* para as indústrias a 2 dígitos da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0) para controlar as diferenças de produtividade e as especificidades de cada um dos setores de manufatura.

Finalmente, mesmo considerando uma divisão geográfica exógena e o amplo conjunto de controles, qualquer fator não observável que afete simultaneamente o salário dos trabalhadores e a concentração espacial dos trabalhadores de manufatura (por exemplo, choques de produtividade que aumentam os salários e atraem os trabalhadores) pode tornar as estimativas dos β 's viesadas. Por este motivo, não garante-se que a quantidade de trabalhadores em cada um dos círculos concêntricos seja exógena. Para lidar com este problema em potencial, usa-se variáveis instrumentais. Uma forma de lidar com a causalidade reversa na relação entre produtividade e a concentração local de trabalhadores é o uso de instrumentos históricos e/ou geológicos (Ciccone e Hall 1996; Combes *et al.* 2008; Combes *et al.* 2010). Nesta pesquisa, foram usadas as características do solo como instrumento para total de trabalhadores de manufatura em cada uma das faixas

de distância definidas previamente. Mais especificamente, foram usados os dados sobre as características geológicas fornecidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (Serviço Geológico do Brasil - SGB) e sobre os tipos de solo fornecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) para calcular: a fração da área do círculo concêntrico formada por rocha sedimentar e a fração da área classificada como solo argiloso (argissolo).

Essas características do solo estão associadas à oferta de edificações afetando a estrutura e, conseqüentemente, a distribuição espacial das atividades econômicas dentro das cidades (Combes *et al.* 2010). A presença de rocha sedimentar tem uma influência direta na fundação da construção civil. Por exemplo, Rosenthal e Strange (2008) citaram o caso de Manhattan em Nova Iorque e explicaram que as características geológicas, em particular onde o leito rochoso é relativamente acessível, estão associadas à altura dos edifícios. Por outro lado, as propriedades físicas dos argissolos são comumente favoráveis para a maioria dos usos agrícolas e não agrícolas (West *et al.* 1997). Nesse contexto, as propriedades do solo provavelmente impulsionavam a localização da população quando a agricultura era a principal atividade econômica, mas é difícil estabelecer algum efeito dessas características sobre os salários atuais no setor manufatureiro (Combes *et al.* 2011). A ideia é que essas variáveis afetam os salários apenas indiretamente por meio do número de trabalhadores dentro de cada anel concêntrico.

2.2. Dados e Estatísticas Descritivas

A principal base de dados deste estudo é gerada a partir dos microdados identificados da Relação Anual de Informações Sociais - RAIS, para o ano de 2010, fornecidos pelo Ministério do Trabalho. Os dados da RAIS representam um censo do mercado de trabalho formal no Brasil e contêm informações detalhadas dos trabalhadores e das firmas, a exemplo da escolaridade, experiência no emprego, setor de atividade, ocupação e endereço do emprego. Cada estabelecimento e trabalhador possui uma identificação única, representadas pelo Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica - CNPJ e Cadastro de Pessoas Físicas - CPF (ou Programa de Integração Social - PIS), respectivamente, o que permite identificar as características específicas de cada registro. Como descrito anteriormente, além dos dados da RAIS, também foram usados os dados da CPRM e da Embrapa sobre características do solo para a construção das variáveis instrumentais.

A partir das informações sobre a localização do emprego disponíveis nos dados, os endereços dos estabelecimentos foram georreferenciados, ou seja, a cada CNPJ foram atribuídas as suas respectivas coordenadas geográficas.⁶ A amostra usada na pesquisa engloba apenas os trabalhadores da indústria da transformação. Reconhece-se que os ganhos de aglomeração podem ocorrer em outros setores da atividade econômica, mas são três as razões para o recorte amostral. Primeiro, no momento das estimações, dados georreferenciados para outros setores não estavam disponíveis, impossibilitando a análise microgeográfica. Segundo, a indústria da transformação é o setor menos informal no Brasil, o que contribui para a representatividade do estudo, uma vez que são usados os dados do mercado de trabalho formal. Terceiro, historicamente, grande parte das políticas regionais no Brasil tem como foco principal a indústria da transformação. Portanto, os resultados informam sobre o escopo espacial dos ganhos de aglomeração no incentivo, por exemplo, a clusters industriais. Além disso, outra característica importante é que evidências empíricas para o Brasil mostraram que os efeitos positivos gerados pelas economias de aglomeração podem ser maiores para o setor de manufatura (Barufi *et al.* 2016).

Na Tabela 1 reporta-se as estatísticas descritivas da amostra com 497.259 trabalhadores distribuídos em 9.515 células localizadas dentro das regiões metropolitanas do Brasil em 2010. A dispersão observada dos salários e demais características dos trabalhadores refletem a heterogeneidade dentro e entre as regiões metropolitanas brasileiras. Como destacado na seção anterior, estes dados representam uma amostra restrita e mais homogênea do setor manufatureiro.

⁶ Como pode ser observado na Tabela 6 do Apêndice A, foram georreferenciados mais de 96% dos dados oficiais da RAIS para a indústria de manufatura, tanto para o total de firmas quanto para o total de emprego.

Tabela 1 - Estatísticas Descritivas

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Salário real por hora (log)	2,974	0,773	0,218	6,803
Idade	37,140	7,722	18	56
Experiência (meses)	95,688	76,566	0	483,50
Educação				
Analfabeto	0,004	0,065	0	1
Fundamental Incompleto	0,150	0,358	0	1
Médio Incompleto	0,224	0,417	0	1
Superior Incompleto	0,498	0,500	0	1
Superior Completo ou mais	0,123	0,329	0	1
# de trabalhadores em cada faixa de distância				
0 - 1 km	3.078,507	3.625,032	1	21.228
1 - 5 km	19.738,72	21.620,58	0	93.355
5 - 10 km	39.947,96	43.075,57	0	228.979
10 - 20 km	107.164,30	112.707,40	0	379.171
20 - 40 km	161.502,70	151.210,60	0	597.374
# de estabelecimentos em cada faixa de distância				
0 - 1 km	71,662	141,505	1	1526
1 - 5 km	876,1797	1102,305	0	6457
5 - 10 km	1950,957	2279,444	0	10724
10 - 20 km	5252,324	5536,555	0	17183
20 - 40 km	6663,462	6496,995	0	26847
# de células de 1 km ²		9.515		
Observações		497.259		

Fonte: elaboração dos autores a partir dos dados da RAIS.

Uma possível limitação associada à definição da largura das faixas de distâncias, principalmente na menor, é a garantia de que ao definir uma faixa de distância tão pequena, a variância dos dados não seja comprometida. Como pode ser observado na parte inferior da Tabela 1, a definição das larguras não compromete a variação nos dados, tanto da quantidade de emprego quanto da quantidade de estabelecimentos.

Como ilustração da heterogeneidade dos dados entre os anéis concêntricos, a Figura 1 apresenta a densidade de Kernel para a distribuição espacial dos trabalhadores da indústria da transformação nas quatro maiores regiões metropolitanas do país (São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Porto Alegre). Os pontos mais escuros, dentro de cada uma das figuras,

representam densidades do emprego mais elevadas. Nota-se que o padrão de concentração também ocorre fora da cidade principal, refletindo o padrão de localização da indústria manufatureira no entorno dos grandes centros urbanos. Consistente com a ideia de que os municípios vizinhos da capital (*core city*) são atraentes para a localização das grandes indústrias, pois ainda estão próximos do *Central Business District* (CBD), de modo que os estabelecimentos industriais ainda podem se beneficiar das externalidades positivas, evitando a maioria dos efeitos de congestionamento. Padrão consistente com a literatura sobre a estrutura espacial das cidades (Anas *et al.* 1998; Anderson e Bogart 2001; Coffey e Shearmur 2002; Billings e Johnson 2012).

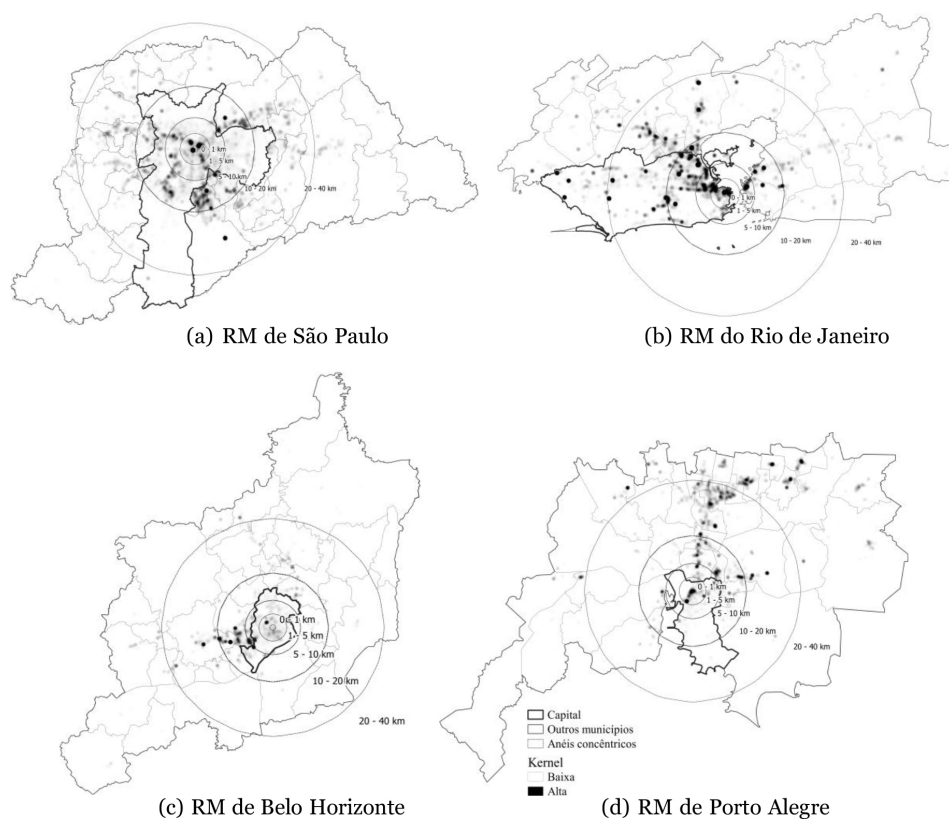


Figura 1 – Distribuição do emprego da indústria da transformação nas quatro maiores regiões metropolitanas em 2010

Notas: Densidade Kernel Quártica estimada usando a localização dos estabelecimentos ponderada pela quantidade de trabalhadores em 2010. Para ilustrar a construção dos anéis concêntricos, selecionou-se uma célula dentro da cidade central de cada uma das RMs a partir da qual foram definidos cinco anéis concêntricos ao redor de seu centroide. Fonte: elaboração dos autores.

3. Resultados e Discussões

2.1. Atenuação das Externalidades de Aglomeração

A Tabela 2 apresenta os resultados para os potenciais efeitos de aglomeração sobre os salários individuais no nível microgeográfico, obtidos a partir da estimação da equação 1 e mensurados com base no total de empregos do setor manufatureiro em cada círculo concêntrico em torno das células (unidades espaciais de análise) definidas nas regiões metropolitanas do Brasil. Novamente, cabe ressaltar que, apenas as células com a presença de ao menos um estabelecimento formal do setor manufatureiro foram consideradas na estimação. Além disso, a medida de aglomeração utilizada neste estudo permite captar apenas uma parcela das externalidades positivas associadas ao tamanho do mercado de trabalho em torno da localização do emprego, uma vez que o efeito total deveria considerar os empregos observados nos demais setores de atividade econômica. Ademais, todas as análises e interpretações realizadas neste estudo, a partir dos resultados encontrados, são restritas aos trabalhadores empregados em setores da indústria manufatureira nas regiões metropolitanas do Brasil. Nesse sentido, efeitos positivos do emprego manufatureiro em torno da localização do emprego podem ser interpretados, em parte, como benefícios da aglomeração setorial local, a exemplo dos benefícios de proximidade que podem ser gerados a partir da especialização produtiva e também como benefícios da diversificação setorial local dentro do setor de manufatura.

As colunas de (1) a (3) apresentam os resultados obtidos a partir da equação 1 usando o estimador *ordinary least squares* (OLS). As diferenças espaciais de salários podem refletir diferenças na composição de trabalhadores, nas dotações produtivas locais e nas interações espaciais. Nesse sentido, as estimativas obtidas em cada coluna buscam mensurar as diferenças que podem ser observadas ao incluir cada grupo de fatores relacionados à variação salarial. As dotações e interações locais podem explicar a variação espacial de salários a partir dos seus efeitos sobre a produtividade local. A proximidade à aglomeração do emprego pode gerar efeitos positivos sobre a produtividade local e os salários (economias de aglomeração) ou negativos (deseconomias urbanas, a exemplo dos congestionamentos). Nesse sentido, embora seja possível estimar os efeitos de aglomeração sobre os diferenciais

de salários espaciais, a identificação dos canais exatos através dos quais estes efeitos operam ainda é um desafio na literatura sobre as economias de aglomeração urbana (Duranton e Puga 2004; Rosenthal e Strange 2004; Combes *et al.* 2008).

As evidências encontradas, ao controlar as características observadas dos trabalhadores e estabelecimentos, as dotações locais e as heterogeneidades setoriais e regionais, mostram um efeito positivo da concentração do emprego sobre os salários à distâncias de até 5 km em torno do local do emprego. As evidências para as distâncias acima de 5 km são heterogêneas. No círculo entre 10 e 20 km em torno do local do emprego, o efeito se mostrou negativo na especificação mais básica e positivo nas especificações mais completas do modelo OLS (colunas 2 e 3). Os resultados sobre a relação positiva da concentração espacial do emprego com os salários estão de acordo com a literatura. Além disso, observa-se um padrão persistente de atenuação dos efeitos entre os círculos de 0-1 km e de 1-5 km em torno da localização do emprego. No entanto, uma parte desses efeitos pode estar relacionada à endogeneidade presente na variável utilizada para mensurar os efeitos de aglomeração.

Tabela 2 - Atenuação das externalidades de aglomeração

Variável dependente: salário individual real por hora (em log)				
# de trabalhadores	OLS (1)	OLS (2)	OLS (3)	IV (4)
0 to 1 km	1,08e-05*** (2,58e-07)	6,04e-06*** (2,67e-07)	6,27e-06*** (2,67e-07)	1,28e-04*** (3,43e-05)
1 to 5 km	7,15e-07*** (5,67e-08)	8,92e-07*** (5,61e-08)	5,25e-07*** (5,83e-08)	2,45e-07 (3,62e-06)
5 to 10 km	9,55e-07*** (3,75e-08)	7,13e-07*** (3,79e-08)	7,41e-07*** (3,91e-08)	-5,00e-06* (2,99e-06)
10 to 20 km	-7,87e-08*** (1,70e-08)	5,85e-08*** (1,92e-08)	2,32e-07*** (2,05e-08)	6,20e-07 (8,10e-07)
20 to 40 km	6,03e-07*** (6,89e-09)	2,17e-07*** (1,82e-08)	2,21e-07*** (1,88e-08)	7,87e-08 (6,84e-07)
Controles trabalhador	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles estabelecimento	Sim	Sim	Sim	Sim
EF de indústria		Sim	Sim	Sim
EF de RM		Sim	Sim	Sim
Infraestrutura de Transporte			Sim	Sim
Características Geográficas			Sim	Sim
Teste J de Hansen ^[a]				3,89
Kleibergen-Paap rk F ^[b]				1,34
Kleibergen-Paap rk LM ^[c]				4,25
F -est. 1° estágio 0 - 1 km				27,93
F -est. 1° estágio 1 - 5 km				59,66
F -est. 1° estágio 5 - 10 km				48,43
F -est. 1° estágio 10 - 20 km				14,83
F -est. 1° estágio 20 - 40 km				68,09
F	11.076,93	8.058,685	7.710,197	—
R^2	0,5582	0,6239	0,6252	—
Observações	497.259	497.259	497.259	497.259

Notas: Esta tabela apresenta as estimações obtidas a partir da equação 1, ao considerar o total de trabalhadores na indústria manufatureira em cada círculo concêntrico. Controles no nível do trabalhador incluem as características individuais detalhadas na metodologia. No nível do estabelecimento são incluídas *dummies* para o tamanho da planta. EF de Indústria são *dummies* para os setores industriais em dois dígitos da CNAE. EF de RM são *dummies* para as regiões metropolitanas. Infraestrutura de Transporte inclui a distância, em quilômetros, do centroide da célula para a ferrovia, as rodovias federal e estadual, o aeroporto e o porto mais próximos. Características geográficas incluem a distância, em quilômetros, do centroide da célula para o rio ou lago mais próximos. Erros-padrão robustos entre parênteses. A estatística F do primeiro estágio é o teste F de instrumentos excluídos. [a]: H_0 - todos os instrumentos são válidos. [b]: H_0 - modelo fracamente identificado. [c]: H_0 - modelo subidentificado. Níveis de significância: * $p < 0.10$, *** $p < 0.01$. Fonte: elaboração dos autores.

A causalidade reversa decorrente da relação de simultaneidade entre a concentração de trabalhadores e a produtividade local (salários) pode gerar uma sobrestimação (subestimação) dos efeitos associados às externalidades positivas da aglomeração urbana, se os choques que afetam a produtividade local são positivamente (negativamente) correlacionados com o emprego. Como já foi detalhado na estratégia empírica, este estudo faz uso de variável instrumental geológica para lidar com a causalidade reversa entre o emprego e o salário em cada círculo concêntrico em torno da localização do emprego. O instrumento foi construído a partir das características geológicas de cada círculo, que permitem indicar a qualidade do solo para a construção de edifícios e a consequente distribuição espacial da população e das atividades econômicas. Considerando a escala migrogeográfica de análise utilizada neste estudo, espera-se que estabelecimentos e trabalhadores sejam incapazes de escolher a célula de 1 km² específica aonde desejam trabalhar e localizar o estabelecimento, em torno do qual são definidas as concentrações de emprego a diferentes faixas de distâncias. Portanto, o instrumento deve explicar a distribuição espacial do emprego, enquanto afeta os salários apenas indiretamente.

Alguns estudos empíricos da literatura sobre a extensão espacial das economias de aglomeração usaram as características do solo local como variável instrumental para o emprego local (Rosenthal e Strange 2008; Håkansson e Isacson 2019; Li *et al.* 2022). Por sua vez, uma limitação imposta pelo uso desse tipo de instrumento é que ele não apresenta variação temporal. Portanto, o tipo de instrumento usado neste estudo restringe a análise à estimação de modelos para dados em *cross-section*. Por esse motivo, todos os modelos apresentados neste estudo foram estimados com dados em *cross-section*, mais especificamente, utilizando os dados da RAIS para 2010.⁷

Na parte inferior da Tabela 2 (coluna 4) são apresentados os resultados dos testes de diagnóstico dos instrumentos. Para testar a condição de sobreidentificação, usa-se o teste *J* de Hansen. Como pode ser visto, as restrições de superidentificação não são rejeitadas sendo, portanto, consistentes com a ideia de que os instrumentos são exógenos. Para detectar instrumentos fracos, observa-se as estatísticas *F* parciais do primeiro estágio dos instrumentos excluídos (Stock *et al.* 2002). Estes testes medem se os coeficientes

⁷ O modelo com variáveis instrumentais também foi estimado para outros anos para os quais os dados georreferenciados da RAIS estavam disponíveis, precisamente para 2006, 2008 e 2012. Os resultados podem ser observados na Tabela 6 no Apêndice B e indicam que o principal resultado sobre o efeito a curtas distâncias das economias de aglomeração permanece válido, indicando que a evidência encontrada não representa apenas um ano específico da amostra.

dos instrumentos excluídos são significativamente diferentes de zero. Como “regra geral”, espera-se que tenham valores altos (Staiger e Stock 1997). Como pode ser visto, as estatísticas F do primeiro estágio atendem às condições estabelecidas. Também reporta-se um teste mais rigoroso de relevância do instrumento, a F estatística de Kleibergen-Paap Wald, que é válido na presença de erros não homocedásticos. Conforme relatado em Rosenthal e Strange (2008), essas estatísticas de teste são sensíveis à maneira como os erros padrão do modelo são agrupados. Neste estudo, o agrupamento os erros-padrão ao nível da região metropolitana reduziu muito a estatística F de Kleibergen-Paap, aumentando a tendência de classificar os instrumentos como fracos. A estatística F de Kleibergen-Paap foi menor do que a “regra geral” geralmente adotada na literatura, segundo a qual a estatística F deve ser no mínimo 10 para que a identificação fraca não seja um problema (Baum *et al.* 2007). O mesmo se aplica aos testes de subidentificação. Para isso foi utilizado o teste multiplicador de Kleibergen-Paap Lagrange, que é válido sob heterocedasticidade (Kleibergen e Paap 2006).

A coluna (4) apresenta os resultados da estimação em dois estágios, após a correção da endogeneidade do emprego industrial em cada distância em torno da localização do emprego, usando as variáveis geológicas como instrumentos. Os resultados permitem concluir que existem evidências de efeitos positivos da aglomeração do emprego industrial sobre os salários individuais entre os setores manufatureiros nas RMs do Brasil. No entanto, o efeito é observado apenas à distância de 0-1 km em torno da localização do emprego. Para a RMSP, Campos (2018) encontrou um padrão similar após corrigir a endogeneidade, ou seja, o emprego total apresentou um efeito positivo sobre os salários apenas na célula de 1 km² aonde estava localizado o emprego. Portanto, os resultados observados para os setores industriais sugerem que as externalidades positivas de aglomeração operam apenas na menor escala geográfica. Nesse sentido, a evidência encontrada neste estudo pode indicar que os *spillovers* de conhecimento e as trocas que envolvem o contato *face-to-face* seriam os canais mais relevantes de aglomeração operando por trás dos efeitos positivos observados nos setores considerados. A evidência se mostra particularmente consistente com o perfil do setor analisado neste estudo, uma vez que as ocupações industriais requerem algum nível de conhecimento formal especializado, cujo aprendizado pode envolver rotinas de *learning by doing* e a interação com profissionais mais experientes. Além disso, a proximidade pode facilitar as interações intra-setoriais, o que potencialmente aumenta a produtividade.

Após a correção da endogeneidade na concentração espacial do emprego industrial, é possível observar alguns padrões nos resultados. Primeiro, o efeito de aglomeração sobre os salários estava subestimado no modelo OLS (coluna 3), indicando a existência de um viés negativo na estimação do efeito ao desconsiderar a endogeneidade. Ao adicionar 1.000 empregos à distância de 0-1 km em torno da localização do emprego, é possível estimar um aumento de 12,8%, em média, nos salários individuais no modelo com variável instrumental, enquanto o modelo OLS mais completo gera um efeito estimado de apenas 0,6%, ou seja, o efeito era cerca de 20 vezes menor sem a correção da endogeneidade. Evidência da subestimação do efeito de aglomeração do emprego sobre os salários, no modelo OLS, também foi encontrada em Campos (2018) para a RMSP. Além disso, o modelo com variável instrumental passa a apresentar um efeito negativo associado ao emprego no terceiro círculo concêntrico (5-10 km). Esse resultado pode indicar que as externalidades positivas da concentração do emprego não estariam compensando as possíveis forças de dispersão existentes, embora este efeito só seja observado no nível de significância estatística de 10%. Vale lembrar que, em grande parte das RMs analisadas, este círculo pode contemplar as relações entre os municípios da região. Nesse sentido, o efeito negativo observado no círculo de 5-10 km pode resultar de algum possível efeito competição espacial entre os círculos concêntricos, como foi observado em Håkansson e Isacson (2019) para a Suécia.

Por fim, ressalta-se que, as evidências na literatura para outros países sugerem um padrão similar de atenuação dos efeitos de aglomeração baseados na população e no emprego, a partir da distância ao local de trabalho. Para os Estados Unidos, Rosenthal e Strange (2008) encontraram efeitos de aglomeração mais intensos a uma distância de até 8 km em relação ao local do trabalho, com atenuação até a distância de 80 km. Addario e Patacchini (2008) encontraram efeitos mais fortes da aglomeração populacional até 4 km e uma atenuação até 12 km para a Itália. Em um estudo mais recente para a Suécia, Håkansson e Isacson (2019) encontraram um efeito positivo da massa econômica (emprego total) sobre os salários para distâncias de até 25 km do local do estabelecimento. Ademais, o estudo mostrou efeitos negativos para as distâncias de 50-100 km em relação ao emprego, em algumas especificações relacionadas ao maior percentil da massa de emprego, sugerindo uma possível competição entre atividades econômicas de diferentes localizações. Para o Brasil, o presente estudo encontrou um padrão de atenuação mais forte para o efeito de aglomeração do emprego industrial, considerando a velocidade observada da atenuação (o efeito negativo é observado à distâncias de 5-10 km).

Esse comportamento permite concluir que, considerando o caso brasileiro, as externalidades locais geradas pela concentração espacial de trabalhadores parecem mais localizadas do que aquelas observadas entre os países desenvolvidos.

3.2. *Evidências por Nível Tecnológico*

Nesta subseção são apresentadas evidências do escopo espacial das externalidades de aglomeração sobre os salários, considerando as diferenças de intensidade tecnológica entre os setores da indústria da transformação. Para classificar os setores, usa-se a adaptação fornecida por Cavalcante (2014), a partir da correspondência entre a CNAE 2.0 e a classificação tecnológica da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE (ver Tabela 5 no Apêndice 4). A classificação tecnológica proposta por Hatzichronoglou (1997) para os países da OCDE, e as suas revisões mais recentes (ISIC 2011), é baseada nos gastos em P&D divididos pelo valor adicionado e nas despesas com P&D divididas pela produção. Mais especificamente, a classificação das indústrias de manufatura em alta, média-alta, média-baixa e baixa tecnologia é feita com base na classificação das indústrias de acordo com os valores médios dos indicadores descritos ao longo do tempo. As indústrias classificadas como intensivas em tecnologia têm médias maiores para os dois indicadores do que as indústrias menos intensivas, ou seja, a classificação de intensidade tecnológica é relativa.

A Tabela 3 apresenta os resultados quando são consideradas as heterogeneidades tecnológicas entre as indústrias da transformação. Dois pontos principais emergem. Primeiro, os resultados são sensíveis a correção da pontencial endogeneidade da concentração de trabalhadores nas diferentes faixas de distância, o que indica, assim como apresentado na subseção anterior, a presença de viés nas estimativas obtidas por OLS. Segundo, os resultados mostram que o escopo espacial das externalidades de aglomeração, nos modelos estimados com variáveis instrumentais, é heterogêneo entre as indústrias. Sendo não significativo estatisticamente para as indústrias de baixa tecnologia, significativo e positivo a curtas distâncias (0-1 km) e negativo para os círculos concêntricos mais afastados (5-10 e 20-40 km) para as indústrias de média-baixa tecnologia, e significativo e positivo nas duas primeiras faixas de distância (0-1 e 1-5 km) e na última (20-40 km) para as indústrias intensivas em tecnologia (aqui são considerados intensivos em tecnologia os setores da CNAE 2.0 classificados como sendo de média-alta e alta tecnologia).⁸

⁸ Apenas 3,65% dos trabalhadores da amostra estão empregados em setores classificados como de alta tecnologia. Em termos absolutos isto é equivalente a 18.149 trabalhadores, o que reduz muito a

Após a correção da endogeneidade na concentração do emprego, os resultados mostram um padrão de atenuação das externalidades positivas sobre os salários individuais nas indústrias intensivas em tecnologia, com o aumento da distância em relação ao local do emprego (coluna 6). Essas evidências conformam com o padrão de localização da indústria da transformação no Brasil encontrado por Almeida *et al.* (2022) que mostram que os setores intensivos em tecnologia estão localizados a curtas distâncias enquanto os setores de baixa tecnologia estão localizados também a distâncias mais longas. Além disso, como encontrado por Almeida *et al.* (2022), os mecanismos tradicionais de aglomeração atuam de forma heterogênea na determinação da concentração espacial da indústria por nível tecnológico, onde a participação de trabalhadores mais qualificados é mais importante para as indústrias de média-alta e alta tecnologia enquanto o *labor pooling* é mais importante para as indústrias de média-baixa e baixa tecnologia. Padrão consistente com o escopo espacial das externalidades de aglomeração apresentados na Tabela 3.

Os resultados encontrados para o Brasil estão em linha com os padrões encontrados para outros países. Por exemplo, Arauzo-Carod e Viladecans-Marsal (2009) para Espanha também observaram um efeito de atenuação mais intenso para os setores intensivos em tecnologia. Esse resultado é consistente com a maior necessidade de interação local para a geração e difusão de conhecimentos nos setores intensivos em tecnologias. A partir do teste de Wald constata-se que a hipótese nula de que os coeficientes no primeiro círculo concêntrico (0-1 km) nas colunas 4 e 6 são iguais estatisticamente não é rejeitada. Esse resultado pode sugerir que os benefícios de aglomeração entre os setores relativamente mais intensivos em trabalho (como é o caso dos setores de média-baixa tecnologia, por exemplo, fabricação de produtos de borracha e de material plástico - CNAE 22 e fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos - CNAE 23) podem ser derivados da maior disponibilidade de trabalhadores nas proximidades. O resultado é similar ao que foi observado em Hansen (1987), em relação à escolha locacional industrial no estado de São Paulo, no qual o emprego se mostrou mais relevante para os setores tradicionais (intensivos em mão de obra de baixa qualificação) enquanto o emprego qualificado foi mais relevante para os setores modernos (intensivos em tecnologia e trabalho qualificado). O comportamento observado também se mostra compatível com as evidências em Rosenthal e Strange (2001), que indicaram efeitos positivos do *labor market pooling* em todas as escalas espaciais (desde o nível de *zipcode* até o nível de *states*) analisadas para explicar a concentração espacial das indústrias nos Estados Unidos.

amostra afetando as estimações. Por este motivo optou-se pela agregação.

Tabela 3 - Atenuação das externalidades de aglomeração por nível tecnológico

Variável dependente: salário individual real por hora (em log)						
# de trabalhadores	Classificação Tecnológica					
	Baixa		Média-Baixa		Média-Alta e Alta	
	OLS (1)	IV (2)	OLS (3)	IV (4)	OLS (5)	IV (6)
0 to 1 km	5,29e-06*** (5,53e-07)	3,45e-05 (4,71e-05)	8,23e-06*** (4,68e-07)	5,94e-05** (2,68e-05)	4,83e-06*** (4,20e-07)	5,38e-05** (2,18e-05)
1 to 5 km	-4,94e-07*** (1,37e-07)	-1,11e-06 (3,97e-06)	-4,87e-07*** (1,01e-07)	6,85e-06 (5,55e-06)	1,46e-06*** (8,50e-08)	4,40e-06** (2,14e-06)
5 to 10 km	2,07e-07** (8,43e-08)	1,17e-06 (2,67e-06)	5,59e-07*** (6,65e-08)	-7,63e-06* (4,01e-06)	8,33e-07*** (5,90e-08)	1,21e-06 (1,52e-06)
10 to 20 km	2,27e-07*** (4,37e-08)	-5,86e-07 (6,48e-07)	1,81e-07*** (3,49e-08)	2,42e-07 (5,00e-07)	3,66e-07*** (3,14e-08)	-1,11e-06*** (3,41e-07)
20 to 40 km	1,07e-07*** (3,95e-08)	-1,35e-07 (2,54e-07)	-3,33e-08 (3,23e-08)	-1,78e-06* (1,03e-06)	4,27e-07*** (2,83e-08)	1,30e-06*** (2,36e-07)
Teste J de Hansen ^[a]		5,07		5,99		1,65
Kleibergen-Paap rk F ^[b]		0,43		0,65		3,37
Kleibergen-Paap rk LM ^[c]		2,90		3,48		2,66
F -est. 1° estágio 0 - 1 km		3,69		23,04		24,28
F -est. 1° estágio 1 - 5 km		22,70		94,47		394,59
F -est. 1° estágio 5 - 10 km		6,90		68,84		803,96
F -est. 1° estágio 10 - 20 km		3,73		54,06		340,94
F -est. 1° estágio 20 - 40 km		13,87		207,82		512,29
F -est.	1.514,27	-		-	3.423,63	-
R^2	0,5539	-	0,5708	-	0,6044	-
Observações	140.184	140.184	162.790	162.790	194.285	194.285

Notas: Esta tabela apresenta as estimações obtidas a partir da equação 1, ao considerar a heterogeneidade tecnológica dos setores manufatureiros. Todos os modelos foram estimados considerando os controles no nível do trabalhador descritos previamente; *dummies* para o tamanho da planta; *dummies* para os setores industriais a dois dígitos da CNAE 2.0; e *dummies* para as regiões metropolitanas. Também foram considerados os controles para a infraestrutura de transporte que incluem a distância, em quilômetros, do centroide da célula para a ferrovia, as rodovias federal e estadual, o aeroporto e o porto mais próximos; e para as características geográficas que incluem a distância, em quilômetros, do centroide da célula para o rio ou lago mais próximos. Erros-padrão robustos entre parênteses. A estatística F do primeiro estágio é o teste F de instrumentos excluídos. [a]: H_0 - todos os instrumentos são válidos. [b]: H_0 - modelo fracamente identificado. [c]: H_0 - modelo subidentificado. Níveis de significância: * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. Fonte: elaboração dos autores.

4. Considerações Finais

O objetivo deste estudo foi analisar a extensão espacial dos efeitos de aglomeração do emprego sobre os salários individuais entre os trabalhadores da indústria manufatureira das RMs do Brasil. Para isso, o endereço dos estabelecimentos da indústria manufatureira foi utilizado para georreferenciar a localização exata dos empregos. Nesse sentido, uma importante contribuição do estudo é utilizar uma área microgeográfica como unidade espacial de análise dos efeitos de aglomeração, baseada em um recorte territorial exógeno das RMs em células de 1 km². A partir do recorte espacial considerado, foram definidos círculos concêntricos de distâncias em torno do local do emprego (0-1 km, 1-5 km, 5-10 km, 10-20 km e 20-40 km) e o número de empregos em cada um deles. A atenuação foi, então, mensurada a partir da medida de aglomeração espacial baseada na distribuição do emprego em cada faixa de distância em torno da localização do emprego. A atenuação do efeito de aglomeração é observada sempre que o ganho salarial atribuído à concentração do emprego desaparece com a distância em relação ao local do trabalho.

Para mensurar os efeitos de aglomeração do emprego sobre os salários individuais na indústria, foram utilizados os microdados pareados e identificados de trabalhadores e estabelecimentos na RAIS, em 2010, para as RMs. Considerando os objetivos da pesquisa e a análise em uma *cross-section*, foram selecionados apenas os trabalhadores do sexo masculino, com vínculos em tempo integral e em idade produtiva. A restrição permitiu trabalhar com uma amostra mais homogênea e controlar potenciais vieses de características não observadas. Ademais, o modelo incluiu um conjunto de variáveis relacionadas à características dos trabalhadores, dos estabelecimentos e das unidades microgeográficas de análise, além de controles setoriais e regionais. A restrição ao setor manufatureiro permite lidar, ainda, com os potenciais vieses relacionados à presença do setor informal, uma vez que este setor de atividade possui menor informalidade em relação aos demais.

Para a identificação do efeito de aglomeração, utilizou-se um modelo de variável instrumental para corrigir a endogeneidade do emprego em cada faixa de distância em relação ao local do trabalho. O instrumento utilizado correspondeu a um conjunto de características geológicas associadas à qualidade do solo para a construção de edificações, o qual permite identificar a distribuição espacial dos estabelecimentos e empregos. Ressalta-se

que, estratégia similar tem sido adotada em outros estudos da literatura empírica relacionada (Rosenthal e Strange 2008; Håkansson e Isacson 2019; Li *et al.* 2022).

Os resultados encontrados neste estudo mostram um efeito positivo da aglomeração do emprego sobre os salários individuais na indústria manufatureira das RMs. No modelo OLS, o padrão de atenuação do efeito positivo foi observado entre as distâncias de 0-1 e de 1-5 km em relação ao local do emprego, a partir das quais surgem padrões heterogêneos relacionados ao efeito do emprego. Após a correção da endogeneidade do emprego com o uso de variável instrumental, indentificou-se um efeito positivo da aglomeração do emprego apenas na faixa de distância mais próxima em relação ao local do emprego, ou seja, o ganho salarial atribuído à concentração do emprego estaria restrito aos trabalhadores dentro da faixa de distância de 0-1 km em relação ao local do emprego. Por fim, testou-se a heterogeneidade do efeito de aglomeração entre as indústrias manufatureiras com diferentes níveis de intensidade de uso da tecnologia, a partir da classificação proposta por Cavalcante (2014). Os resultados mostram efeitos positivos sobre os salários dos setores de média-baixa e de média-alta e alta intensidades tecnológicas. Os efeitos são estatisticamente iguais nos setores de média-baixa e de média-alta e alta intensidade tecnológica na faixa de 0-1 km, porém desaparece nas distâncias seguintes nos setores de média-baixa, enquanto o efeito positivo permanece nos setores de média-alta e alta intensidade tecnológica até a faixa de 1-5 km.

As evidências encontradas no estudo permitem gerar algumas conclusões. Os resultados sugerem que os efeitos de aglomeração na indústria manufatureira do Brasil estariam restritos às menores escalas geográficas (até 1 km, neste estudo). Esse padrão pode estar associado aos canais de aglomeração que requerem maior interação e contatos *face-to-face*, a exemplo dos *spillovers* de conhecimento. O padrão observado parece consistente com o perfil dos setores analisados, cujo aprendizado requer algum nível de conhecimento especializado e interação com trabalhadores mais experientes. Por outro lado, a análise intra-setorial, baseada nos níveis tecnológicos de cada indústria, mostrou efeitos de aglomeração igualmente intensos, nessa escala, para os segmentos de média-baixa intensidade tecnológica, nos quais o fator trabalho é mais relevante. Nesse sentido, é possível que o *labor pooling* seja um dos canais a partir dos quais as externalidades positivas de aglomeração operam, uma vez que a disponibilidade de trabalhadores especializados pode gerar benefícios para os estabelecimentos ao facilitar a *matching* entre trabalhadores e vagas.

Por sua vez, apenas nos setores de média-alta e alta intensidades tecnológicas foi possível observar efeitos positivos da aglomeração do emprego à distâncias de até 5 km em torno do local do emprego, com atenuação entre as faixas de 0-1 km e de 1-5 km. A evidência sugere que os setores mais intensivos em tecnologia parecem extrair benefícios da aglomeração que extrapolam aqueles observados à distâncias mais curtas (0-1 km). Esse resultado pode ser explicado pelas vantagens da especialização setorial, que envolvem o compartilhamento de insumos, trabalhadores e infraestrutura específicos aos segmentos relacionados, uma vez que as indústrias intensivas em tecnologia apresentam um padrão de forte concentração espacial.

É importante ressaltar que, o estudo traz importante contribuição para a literatura de atenuação espacial dos efeitos de aglomeração focada nos países em desenvolvimento. Isso se mostra particularmente relevante ao considerar a dimensão territorial do Brasil, as fortes heterogeneidades regionais existentes e a intensa concentração populacional e do emprego em torno das regiões metropolitanas. A evidência encontrada no estudo mostra um padrão de atenuação dos efeitos de aglomeração, na indústria manufatureira, mais forte do que aquele observado nos estudos empíricos para os países desenvolvidos, sugerindo efeitos de aglomeração fortemente localizados. Nesse sentido, as limitações relacionadas a infraestrutura urbana e de transporte dos países em desenvolvimento podem explicar uma parte das diferenças em relação aos efeitos observados nos países desenvolvidos.

Por fim, as contribuições deste estudo podem ser estendidas para o campo da formulação e avaliação de políticas públicas intra-urbanas, especialmente aquelas focadas nos problemas urbanos das grandes cidades dos países em desenvolvimento. Os resultados fornecidos neste estudo ajudam a entender o padrão de distribuição espacial do emprego na indústria manufatureira e as causas potenciais da sua concentração espacial dentro do território das RMs do Brasil. Com base no comportamento observado, é possível avaliar os custos e benefícios associados à manutenção do padrão atual de concentração espacial ou os mecanismos que podem ser eficazes para gerar uma maior dispersão espacial do emprego, buscando aumentar o bem-estar social a partir das externalidades positivas geradas nas grandes cidades.

Referências

- Addario, S. D., and Eleonora Patacchini. 2008. Wages and the city. evidence from Italy. *Labour Economics*, Elsevier, v. 15, n. 5, p. 1040–1061. <<https://doi.org/10.1016/j.labeco.2007.09.003>>.
- Almeida, E. T., Raul da Mota Silveira Neto, e Roberta de Moraes Rocha. 2022. Manufacturing location patterns in Brazil. *Papers in Regional Science*, Wiley Online Library, v. 101, n. 4, p. 839–873. <<https://doi.org/10.1111/pirs.12672>>.
- Anas, A., Richard Arnott and Kenneth A. 1998. Small Urban spatial structure. *Journal of Economic Literature*, JSTOR, v. 36, n. 3, p. 1426–1464.<<https://www.jstor.org/stable/2564805>>.
- Anderson, N. B., and William T. Bogart. 2001. The structure of sprawl: Identifying and characterizing employment centers in polycentric metropolitan areas. *American Journal of Economics and Sociology*, Wiley Online Library, v. 60, n. 1, p. 147–169.<<https://doi.org/10.1111/1536-7150.00058>>.
- Arauzo-Carod, J.-M., and Elisabet Viladecans-Marsal. 2009. Industrial location at the intra-metropolitan level: The role of agglomeration economies. *Regional Studies*, Taylor & Francis, v. 43, n. 4, p. 545–558.
- Barufi, A. M. B., Eduardo Amaral Haddad, and Peter Nijkamp . 2016. Industrial scope of agglomeration economies in Brazil. *The Annals of Regional Science*, Springer, v. 56, n. 3, p. 707–755. <<https://doi.org/10.1007/s00168-016-0768-3>>.
- Baum, C. F.; Mark E. Schaffer, and Steven Stillman. 2007. Enhanced routines for instrumental variables/generalized method of moments estimation and testing. *The Stata Journal*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 7, n. 4, p. 465–506.
- Baum-Snow, N. 2010. Changes in transportation infrastructure and commuting patterns in US metropolitan areas, 1960–2000. *American Economic Review*, v. 100, n. 2, p. 378–82. <DOI:10.1257/aer.100.2.378>.
- Billings, S. B., and Erik B. Johnson. 2012. A non-parametric test for industrial specialization. *Journal of Urban Economics*, Elsevier, v. 71, n. 3, p. 312–331.<<https://doi.org/10.1016/j.jue.2011.12.001>>.
- Campos, R. B. A. 2018. *Subcentralidades e prêmio salarial intra-urbano na região metropolitana de São Paulo*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo.
- Cavalcante, L. R. 2014. Classificações tecnológicas: uma sistematização. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).
- Chauvin, J. P., Edward Glaeser, Yueran Ma, and Kristina Tobio. 2017. What is different about urbanization in rich and poor countries? cities in Brazil, China, India and the United States. *Journal of Urban Economics*, Elsevier, v. 98, p. 17–49. <<https://doi.org/10.1016/j.jue.2016.05.003>>.
- Ciccone, A.; and Robert E. Hall. 1996. Productivity and the density of economic activity. *American Economic Review*, Citeseer, v. 86, n. 1, p. 54–70. <<https://doi.org/10.3386/w4313>>.
- Coffey, W. J., and Richard G. Shearmur. 2002. Agglomeration and dispersion of high-order service employment in the Montreal metropolitan region, 1981–96. *Urban studies*, Sage Publications Sage UK: London, England, v. 39, n. 3, p. 359–378.<DOI:10.1080/00420980220112739>.
- Combes, P.-P., Sylvie Démurger, Shi Li, and Jianguo Wang. 2020. Unequal migration and urbanisation gains in China. *Journal of Development Economics*, Elsevier, v. 142, p. 102328. <<https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2019.01.009>>.
- Combes, P.-P., Gilles Duranton, and Laurent Gobillon. 2008. Spatial wage disparities: Sorting matters! *Journal of Urban Economics*, Elsevier, v. 63, n. 2, p. 723–742.<<https://doi.org/10.1016/j.jue.2007.04.004>>.
- Combes, P.-P., Gilles Duranton, and Laurent Gobillon. 2011. The identification of agglomeration economies. *Journal of Economic Geography*, Oxford University Press, v. 11, n. 2, p. 253–266. <<https://doi.org/10.1093/jeg/lbq038>>.
- Combes, P.-P., Gilles Duranton, Laurent Gobillon, and Sébastien Roux. 2010. Estimating agglomeration economies with history, geology, and worker effects. In: *Agglomeration economics*. [S.l.]: University of Chicago Press. p. 15–66. <<https://ssrn.com/abstract=1141634>>.

- Duranton, G. Agglomeration effects in Colombia. 2016. *Journal of Regional Science*, WileyOnline Library, v. 56, n. 2, p. 210–238. <<https://doi.org/10.1111/jors.12239>>.
- Duranton, G., and Diego Puga. 2004. Micro-foundations of urban agglomeration economies. In: *Handbook of Regional and Urban Economics*. [S.l.]: Elsevier. v. 4, p. 2063–2117. <[https://doi.org/10.1016/S1574-0080\(04\)80005-1](https://doi.org/10.1016/S1574-0080(04)80005-1)>.
- Ellison, G., and Edward L. Glaeser. 1999. The geographic concentration of industry: does natural advantage explain agglomeration? *American Economic Review*, v. 89, n. 2, p. 311–316. <DOI:10.1257/aer.89.2.311>.
- Ellison, G., Edward L. Glaeser, and William R. Kerr. R. 2010. What causes industry agglomeration? evidence from coagglomeration patterns. *American Economic Review*, v. 100, n. 3, p. 1195–1213. <DOI:10.1257/aer.100.3.1195>.
- Eppelsheimer, J., Elke J. Jahn, and Christoph Rust. 2022. The spatial decay of human capital externalities—a functional regression approach with precise geo-referenced data. *Regional Science and Urban Economics*, Elsevier. <<https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2022.103785>>.
- Fajgelbaum, P. D., and Cecile Gaubert. 2020. Optimal spatial policies, geography, and sorting. *The Quarterly Journal of Economics*, Oxford University Press, v. 135, n. 2, p. 959–1036. <<https://doi.org/10.1093/qje/qjaa001>>.
- Fu, S. 2007. Smart café cities: Testing human capital externalities in the Boston metropolitan area. *Journal of Urban Economics*, Elsevier, v. 61, n. 1, p. 86–111. <<https://doi.org/10.1016/j.jue.2006.06.002>>.
- Gaigné, C., Hans R.A. Koster, Fabien Moizeau, and Jacques-François Thisse. 2022. Who lives where in the city? amenities, commuting and income sorting. *Journal of Urban Economics*, Elsevier, v. 128, p. 103394. <<https://doi.org/10.1016/j.jue.2021.103394>>.
- Gao, Q.-L., Qing-Quan Li, Yan Zhuang, Yang Yue, Zhen-Zhen Liu, Shui-Quan Li, and Daniel Sui. 2019. Urban commuting dynamics in response to public transit upgrades: A big data approach. *Plos one*, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 14, n. 10. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223650>>.
- Gibbons, S., Teemu Lyytikäinen, Henry G. Overman, Rosa Sanchis-Guarner. 2019. New road infrastructure: the effects on firms. *Journal of Urban Economics*, Elsevier, v. 110, p.35–50. <<https://doi.org/10.1016/j.jue.2019.01.002>>.
- Glaeser, E., and J. Vernon Henderson. 2017. Urban economics for the developing world: An introduction. *Journal of Urban Economics*, Elsevier, v. 98, p. 1–5. <<https://doi.org/10.1016/j.jue.2017.01.003>>.
- Haas, A., and Liv Osland. 2014. Commuting, migration, housing and labour markets: Complex interactions. *Urban Studies*, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 51, n. 3, p. 463–476. <<https://doi.org/10.1177/0042098013498285>>.
- Håkansson, J., and Gunnar Isacson. 2019. The spatial extent of agglomeration economies across the wage earnings distribution. *Journal of Regional Science*, Wiley Online Library, v. 59, n. 2, p. 281–301. <<https://doi.org/10.1111/jors.12411>>.
- Hansen, E. R. 1987. Industrial location choice in São Paulo, Brazil: a nested logit model. *Regional science and Urban economics*, Elsevier, v. 17, n. 1, p. 89–108. <[https://doi.org/10.1016/0166-0462\(87\)90070-6](https://doi.org/10.1016/0166-0462(87)90070-6)>.
- Hatzichronoglou, T. 1997. Revision of the high-technology sector and product classification. OECD.
- Holl, A. 2004. Manufacturing location and impacts of road transport infrastructure: empirical evidence from Spain. *Regional Science and Urban Economics*, Elsevier, v. 34, n. 3, p. 341–363. <[https://doi.org/10.1016/S0166-0462\(03\)00059-0](https://doi.org/10.1016/S0166-0462(03)00059-0)>.
- Holl, A. 2004. Transport infrastructure, agglomeration economies, and firm birth: empirical evidence from Portugal. *Journal of Regional Science*, Wiley Online Library, v. 44, n. 4, p. 693–712. <<https://doi.org/10.1111/j.0022-4146.2004.00354.x>>.
- Holl, A. 2016. Highways and productivity in manufacturing firms. *Journal of Urban Economics*, Elsevier, v. 93, p. 131–151. <<https://doi.org/10.1016/j.jue.2016.04.002>>.

- Isic. 2011. Rev.3 technology intensity definition. *Classification of manufacturing industries into categories based on R&D intensities*. Eurostat.
- Kleibergen, F., and Richard Paap. 2006. Generalized reduced rank tests using the singular value decomposition. *Journal of Econometrics*, Elsevier, v. 133, n. 1, p. 97–126. <<https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.02.011>>.
- Li, J., Liyao Li, and Shimeng Liu. 2022. Attenuation of agglomeration economies: Evidence from the universe of Chinese manufacturing firms. *Journal of Urban Economics*, Elsevier, p. 103458. <<https://doi.org/10.1016/j.jue.2022.103458>>.
- Marshall, A. 1890. *Principles of Economics*. [S.l.]: Macmillan London.
- Mayer, T., and Corentin Trevien. 2017. The impact of urban public transportation evidence from the Paris region. *Journal of Urban Economics*, Elsevier, v. 102, p. 1–21. <<https://doi.org/10.1016/j.jue.2017.07.003>>.
- Overman, H. G., and Diego Puga. 2010. Labor pooling as a source of agglomeration: An empirical investigation. In: *Agglomeration Economics*. [S.l.]: University of Chicago Press. p. 133–150.
- Roback, J. Wages, rents, and the quality of life. 1982. *Journal of Political Economy*, The University of Chicago Press, v. 90, n. 6, p. 1257–1278. <<https://doi.org/10.1086/261120>>.
- Rosenthal, S. S., and William C. Strange. 2001. The determinants of agglomeration. *Journal of Urban Economics*, Academic Press, v. 50, n. 2, p. 191–229. <<https://doi.org/10.1006/juec.2001.2230>>.
- Rosenthal, S. S., and William C. Strange. 2003. Geography, industrial organization, and agglomeration. *Review of Economics and Statistics*, MIT Press, v. 85, n. 2, p. 377–393. <<https://doi.org/10.1162/003465303765299882>>.
- Rosenthal, S. S., and William C. Strange. 2004. Evidence on the nature and sources of agglomeration economies. In: *Handbook of regional and urban economics*. [S.l.]: Elsevier. v. 4, p. 2119–2171. <[https://doi.org/10.1016/S1574-0080\(04\)80006-3](https://doi.org/10.1016/S1574-0080(04)80006-3)>.
- Rosenthal, S. S., and William C. Strange. 2008. The attenuation of human capital spillovers. *Journal of Urban Economics*, Elsevier, v. 64, n. 2, p. 373–389. <<https://doi.org/10.1016/j.jue.2008.02.006>>.
- Rosenthal, S. S., and William C. Strange. 2020. How close is close? the spatial reach of agglomeration economies. *Journal of Economic Perspectives*, v. 34, n. 3, p. 27–49. <DOI:10.1257/jep.34.3.27>.
- Silva, D., and Carlos R. Azzoni. 2022. Worker and firm heterogeneity, agglomeration, and wages in Brazil. *Papers in Regional Science*, Wiley Online Library, v. 101, n. 1, p. 107–133. <<https://doi.org/10.1111/pirs.12637>>.
- Staiger, D., and James H. Stock. 1997. Instrumental variables regression with weak instruments. *Econometrica*, v. 65, n. 3, p. 557–586.
- Stock, J. H., Jonathan H. Wright, and Motohiro Yogo. 2002. A survey of weak instruments and weak identification in generalized method of moments. *Journal of Business & Economic Statistics*, Taylor & Francis, v. 20, n. 4, p. 518–529. <<https://doi.org/10.1198/073500102288618658>>.
- Verstraten, P., Gerard Verweij, and Peter J. Zwaneveld. 2019. Complexities in the spatial scope of agglomeration economies. *Journal of Regional Science*, Wiley Online Library, v. 59, n. 1, p. 29–55. <<https://doi.org/10.1111/jors.12391>>.
- West, L., F.H. Beinroth, M. E. Sumner, and B.T. Kang. 1997. Ultisols: Characteristics and impacts on society. *Advances in Agronomy*, Elsevier, v. 63, p. 179–236. <[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60244-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60244-8)>.

Apêndice A - Tabelas adicionais

Tabela 4 - Firms e empregos georreferenciados por ano

Total firmas	Total emprego	Firmas geo	Emprego geo	% Firms geo	% Emprego geo	ano
248789	6253684	239679	6059652	96.34	96.90	2006
264214	6905074	254313	6692968	96.25	96.93	2008
289189	7516523	278051	7276690	96.15	96.81	2010
309596	7754545	296719	7502956	95.84	96.76	2012

Notas: A principal fonte são os microdados oficiais da RAIS ao nível de firma. Por meio de técnicas de geocodificação, foram obtidas as coordenadas geográficas para as firmas da indústria de transformação no país. Fonte: elaboração dos autores.

Tabela 5 - Classificação das divisões da indústria da transformação por nível tecnológico

Divisão CNAE 2.0	Descrição	Classificação tecnológica
10	Fabricação de produtos alimentícios	Baixa
11	Fabricação de bebidas	Baixa
12	Fabricação de produtos do fumo	Baixa
13	Fabricação de produtos têxteis	Baixa
14	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	Baixa
15	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados	Baixa
16	Fabricação de produtos de madeira	Baixa
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Baixa
18	Impressão e reprodução de gravações	Baixa
19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	Média-baixa
20	Fabricação de produtos químicos	Média-Ita
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	Alta
22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	Média-baixa
23	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	Média-baixa
24	Metalurgia	Média-baixa
25	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	Média-baixa
26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	Alta
27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	Média-alta
28	Fabricação de máquinas e equipamentos	Média-alta
29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	Média-alta
30	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	Média alta
31	Fabricação de móveis	Baixa
32	Fabricação de produtos diversos	Baixa
33	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	Média-baixa

Fonte: Cavalcante (2014).

Apêndice B - Resultados adicionais

Tabela 6 - Atenuação das externalidades de aglomeração - 2006, 2008 e 2012

Variável dependente: salário individual real por hora (em log)			
# de trabalhadores	2006	2008	2012
0 to 1 km	2,28e-04*** (5,69e-05)	1,85e-04*** (6,04e-05)	3,33e-04*** (1,00e-04)
1 to 5 km	-6,08e-06 (4,11e-06)	-2,79e-06 (3,41e-06)	1,69e-07 (3,62e-06)
5 to 10 km	-5,74e-06 (3,95e-06)	-3,70e-06 (3,88e-06)	-1,74e-05** (7,53e-06)
10 to 20 km	2,41e-07 (8,37e-07)	4,92e-08 (1,12e-06)	1,17e-06 (8,73e-07)
20 to 40 km	-9,68e-07 (8,72e-07)	5,34e-07 (1,08e-06)	-2,23e-06 (1,52e-06)
Controles trabalhador	Sim	Sim	Sim
Controles estabelecimento	Sim	Sim	Sim
EF de indústria	Sim	Sim	Sim
EF de RM	Sim	Sim	Sim
Infraestrutura de Transporte	Sim	Sim	Sim
Características Geográficas	Sim	Sim	Sim
Teste J de Hansen ^[a]	6,91	7,16	2,51
Kleibergen-Paap rk F ^[b]	0,53	0,52	1,71
Kleibergen-Paap rk LM ^[c]	3,34	3,52	5,82
F -est. 1° estágio 0 - 1 km	14,21	17,66	19,48
F -est. 1° estágio 1 - 5 km	25,21	26	101,30
F -est. 1° estágio 5 - 10 km	44,08	37,87	52,32
F -est. 1° estágio 10 - 20 km	48,56	49,06	15,26
F -est. 1° estágio 20 - 40 km	43,99	44,39	60,79
Observações	500.397	497.032	493.929

Notas: Esta tabela apresenta as estimações obtidas a partir da equação 1, ao considerar o total de trabalhadores na indústria manufatureira em cada círculo concêntrico. Controles no nível do trabalhador incluem as características individuais detalhadas na metodologia. No nível do estabelecimento são incluídas *dummies* para o tamanho da planta. EF de Indústria são *dummies* para os setores industriais em dois dígitos da CNAE. EF de RM são *dummies* para as regiões metropolitanas. Infraestrutura de Transporte inclui a distância, em quilômetros, do centroide da célula para a ferrovia, as rodovias federal e estadual, o aeroporto e o porto mais próximos. Características geográficas incluem a distância, em quilômetros, do centroide da célula para o rio ou lago mais próximos. Erros-padrão robustos entre parênteses. A estatística F do primeiro estágio é o teste F de instrumentos excluídos. [a]: H_0 - todos os instrumentos são válidos. [b]: H_0 - modelo fracamente identificado. [c]: H_0 - modelo subidentificado. Níveis de significância: * $p < 0.10$, *** $p < 0.01$. Fonte: elaboração dos autores.

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram não terem quaisquer conflitos de interesse.

EDITOR-CHEFE

Dante Mendes Aldrighi  <https://orcid.org/0000-0003-2285-5694>

Professor - Department of Economics University of São Paulo (USP)

Fernando Salgueiro Perobelli  <https://orcid.org/0000-0003-2364-8865>