



PATENTES EM ENGENHARIA POR ESTADO BRASILEIRO: MODELO DE DADOS EM PAINEL COMO ANÁLISE DA RELAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA GERAÇÃO DE PATENTES (2004 a 2023).

Bruno Renan Borgato¹
Mariane Santos Francoso²
Maurício Paltranieri³
Kimberly Lourenço⁴

Resumo: A ciência e a tecnologia são corpos únicos de conhecimento, mas possuem relações que direcionam suas trajetórias de desenvolvimento. O objetivo desta pesquisa é investigar se a produção científica nas áreas de engenharia contribui para a geração de inovação tecnológica, medida pelo número de patentes em engenharia, no nível estadual. Para isso, foi utilizado uma abordagem econométrica baseada em modelos de dados em painel, explorando a variação temporal e espacial entre os estados brasileiros ao longo do período de 2004 a 2023. Diante da literatura que apresenta a concentração da estrutura universitária e industrial nas regiões Sul e Sudeste no Brasil, a hipótese era de que nos estados das regiões Sul e Sudeste um aumento de publicações na área de engenharia se traduzisse em aumentos de pedidos de patentes. A metodologia de investigação consiste em um modelo de dados em painel com a variável dependente sendo o número de pedidos de patentes nas áreas de engenharia (usando a classificação do INPI) por estado, de 2004 a 2023. A principal variável de interesse é o número de artigos publicados nas áreas de engenharia (usando a classificação ASJC), por estado, de 2004 a 2023. Os resultados mostram que em nível nacional artigos em engenharia não são significativos, e não se traduzem em patentes. Contudo, para os estados das regiões Sul e Sudeste os artigos em engenharia são altamente significativos para explicar os pedidos de patentes em engenharia. Um aumento de 1% na produção de artigos científicos em engenharia está associado a um aumento de aproximadamente 0,47% no número de patentes em engenharia no mesmo ano, nos estados das regiões Sul e Sudeste. Esses resultados vão ao encontro dos resultados já levantados na literatura, as disparidades no território brasileiro quanto aos Sistemas Regionais de Inovação, que estão consolidados e concentrados apenas nas regiões Sul e Sudeste, a contribuição original desse artigo é afunilar a investigação para as áreas de engenharias no Brasil.

Palavras-chave: Modelo de painel; Desenvolvimento regional; Patentes; Engenharia; Indústria e tecnologia.

Código JEL: C2; R1

Área Temática: 4.3 Sistemas de inovação – nacional, regional, setorial, tecnológico.

¹ Mestrando no Programa de Pós Graduação em Economia na UNESP. Email: bruno.borgato@unesp.br

² Professora Assistente Doutora no Departamento de Economia da UNESP. Email: mariane.francoso@unesp.br

³ Mestrando no Programa de Pós Graduação em Economia na UNESP. Email: mauricio.paltranieri@unesp.br

⁴ Mestranda no Programa de Pós Graduação em Economia na UNESP. Email: kimberly.lourenço@unesp.br

ENGINEERING PATENTS BY BRAZILIAN STATE: A PANEL DATA MODEL AS AN ANALYSIS OF THE SCIENCE AND TECHNOLOGY RELATIONSHIP FOR PATENT GENERATION (2004 A 2023).

Abstract: Science and technology are distinct bodies of knowledge, but they maintain relationships that shape their development trajectories. The objective of this research is to investigate whether scientific production in engineering fields contributes to the generation of technological innovation, measured by the number of engineering patents, at the state level. To this end, an econometric approach based on panel data models was employed, exploiting temporal and spatial variation across Brazilian states over the period from 2004 to 2023. Given the literature highlighting the concentration of university and industrial structures in Brazil's South and Southeast regions, the hypothesis was that, in states located in these regions, an increase in engineering publications would translate into increases in patent applications. The empirical strategy consists of a panel data model in which the dependent variable is the number of patent applications in engineering fields (using the INPI classification) by state, from 2004 to 2023. The main variable of interest is the number of scientific articles published in engineering fields (using the ASJC classification) by state over the same period. The results indicate that, at the national level, engineering articles are not statistically significant and do not translate into patents. However, for states in the South and Southeast regions, engineering articles are highly significant in explaining engineering patent applications. A 1% increase in scientific output in engineering is associated with an approximate 0.47% increase in the number of engineering patents in the same year in states located in the South and Southeast regions. These findings are consistent with the existing literature documenting territorial disparities in Brazil's Regional Innovation Systems, which are consolidated and concentrated primarily in the South and Southeast regions. The original contribution of this article is to narrow the investigation specifically to engineering fields in Brazil.

Keywords: Panel data model; Regional development; Patents; Engineering; Industry and technology

1 INTRODUÇÃO

A literatura que investiga ciência e tecnologia aponta que cada uma são um corpo único de conhecimento. Entretanto, a ciência e a tecnologia possuem relações e as trajetórias de desenvolvimento na qual seguem é resultado dessa relação (Rosenberg, 1982). Essa relação pode ser investigada pela interação de agentes públicos e privados dentro de um sistema. Em nível nacional, pela literatura do Sistema nacional de Inovação. Em nível regional, pelo Sistema Regional de Inovação. Que abordam as redes interativas dos agentes, nacionais e regionais (Freeman, 1987; Garcia et al., 2022).

O objetivo dessa pesquisa é investigar se a produção científica nas áreas de engenharia contribui para a geração de inovação tecnológica, medida pelo número de patentes em engenharia, no nível estadual. Para isso, foi utilizada uma abordagem econométrica baseada em modelos de dados em painel, explorando a variação temporal e espacial entre os estados brasileiros ao longo do período de 2004 a 2023.

No modelo a variável dependente são os pedidos de patentes em engenharia, com a principal variável de interesse sendo os artigos publicados em engenharia. As variáveis de controle foram capital humano (doutores em engenharia); população de empresas de engenharia e dispêndio em ciência e tecnologia. O modelo foi especificado em nível nacional e para os estados das regiões Sul e Sudeste.

Os principais resultados mostram que em nível nacional os artigos são poucos significativos. Contudo, nas regiões Sul e Sudeste, os artigos são altamente significativos para explicarem os pedidos de patentes. Os resultados ilustram a disparidade brasileira na área de engenharia e a concentração das patentes, artigos, empresas e doutores no Sul e Sudeste.

Este trabalho está organizado, além da introdução, com uma seção sobre a ciência e tecnologia no Brasil, trazendo os dados coletados pelo autor que foram usados no modelo econométrico. A metodologia, detalhando a coleta/tratamento dos dados e justificando as escolhas metodológicas no modelo de dados em painel. Os resultados, desenvolvendo as discussões e as conclusões.

2 CIENCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL

A literatura que investiga a tecnologia mostra que o conhecimento tecnológico, historicamente, foi adquirido e acumulado de modo empírico e rudimentar, sem nenhum embasamento científico (Whyte, 1975). A falta de conhecimento científico não foi e continua não sendo uma barreira insuperável para o avanço do conhecimento tecnológico (Rosenberg, 1982).

A relação entre as variáveis ciência e tecnologia indica que a tecnologia é que precede o conhecimento científico. Diversos trabalhos que analisam as tecnologias compartilham as conclusões de que os conhecimentos tecnológicos primeiro foram implementados e depois forneceram as bases de observações que vieram a ser objeto de interesse por parte da ciência (Alexander & Street, 1954; Hunsicker & Stumpf, 1965; Kendall, 1966; Whyte, 1975).

Portanto, a primeira constatação importante é que a tecnologia é um corpo de conhecimento único, tal qual a ciência. Nenhum dos dois corpos de conhecimento dependem do outro para avançar. Entretanto, a ciência e a tecnologia possuem relações e as trajetórias de desenvolvimento na qual seguem é resultado dessa relação (Rosenberg, 1982).

O desenvolvimento da tecnologia, e conseqüentemente a acumulação de conhecimentos tecnológicos, forneceram bases de observações que em algum momento se tornam objeto de interesse da ciência. Ou seja, o progresso tecnológico tem influência sobre a agenda de pesquisa da ciência. Melhoramentos tecnológicos, desenvolvidos dentro do corpo de conhecimento da tecnologia, atingem limites para novos melhoramentos. São esses limites definidos que orientam o foco da pesquisa científica, que apresentam novas perspectivas para a continuidade do progresso tecnológico (Rosenberg, 1982).

A conclusão que Rosenberg (1982) apresenta em seu artigo, que fornece as bases para a discussão da relação entre ciência e tecnologia, é que ambas são corpos separados de conhecimento e ambas se influenciam. A pesquisa científica atua na fronteira do conhecimento da tecnologia para avançar no progresso técnico. E a tecnologia influencia a agenda de pesquisa da ciência.

A relação entre ciência e tecnologia é mediada pela interação de agentes públicos e privados dentro de um sistema. Essas interações, em nível nacional, são abordadas na literatura como Sistema Nacional de Inovação (SNI). Segundo Freeman (1987, p.1), o SNI é “a rede de instituições nos setores público e privado cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem novas tecnologias”. Portanto, para analisar as relações entre ciência e tecnologia e como elas podem gerar resultados econômicos, é necessário olhar para a rede destes agentes.

Para uma análise em nível regional, que propõe a pesquisa, a literatura emprega o conceito de Sistema Regional de Inovação (SRI), que pode ser entendido, de maneira simplificada, como a aplicação do conceito de SNI em nível regional. A ideia central é que a proximidade espacial facilita aprendizado interativo e difusão de conhecimento tácito, produzindo trajetórias tecnológicas e de desenvolvimento distintas entre regiões de um mesmo país (Garcia et al., 2022).

No que tange ao Brasil, seu SNI é classificado como “imaturo”, por conta da baixa densidade de interações entre empresas, universidades e governo (Albuquerque, 1996). Em estudos mais recentes, são apontados os avanços a partir dos 1990, com a expansão da pós-graduação, aumento da produção científica e mecanismos de apoio à inovação. Contudo, os estudos também apontam as lacunas em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na infraestrutura de pesquisa e continuidade dos financiamentos (Melo, Santana & Silva, 2019; Vargas & Silva, 2021).

A literatura que aborda as questões regionais, do Sistema Regional de Inovação, aponta para as desigualdades geográficas no Brasil. As regiões do Sul e Sudeste possuem uma capacidade maior em transformar recursos públicos em resultados científicos e tecnológicos, quando comparadas com Centro-oeste, Norte e Nordeste (Melo, Santana & Silva, 2019). Ademais, a produção científica e tecnológica se concentram no Sul e Sudeste, pois são nessas regiões que se concentram as universidades e as indústrias (Albuquerque, 1996; Melo, Santana & Silva, 2019).

Para analisar os Sistemas de Inovação Regionais, o trabalho de Gonçalves et al. (2019) reúne em um modelo de dados em painel variáveis que influenciam a atividade de patenteamento no Brasil, para as cinco macrorregiões. Os autores concluíram que o financiamento público; empresas inovadoras; empresas inovadoras beneficiadas através de incentivo fiscal à Pesquisa e desenvolvimento; total de empresas; dispêndios realizados nas atividades inovativas; capital humano são variáveis que explicam as patentes nas regiões.

A ciência e a tecnologia coevoluem e geram inovações como resultados, como investigado por Murray (2002) na área de engenharia de tecidos da biomedicina. Segundo a autora as inovações não acontecem de forma direta, mas através de redes interativas que ligam os agentes: a comercialização e a transferência de tecnologia entre as empresas e as universidades.

Dentro do debate da coevolução de áreas científicas e tecnológicas, a política industrial aparece como fundamental. Com objetivo de conectar os agentes que produzem ciência aos que produzem tecnologia para que a coevolução ocorra e, por conseguinte, estimule a inovação (Amsden, 2001; Bernardes e Albuquerque, 2003).

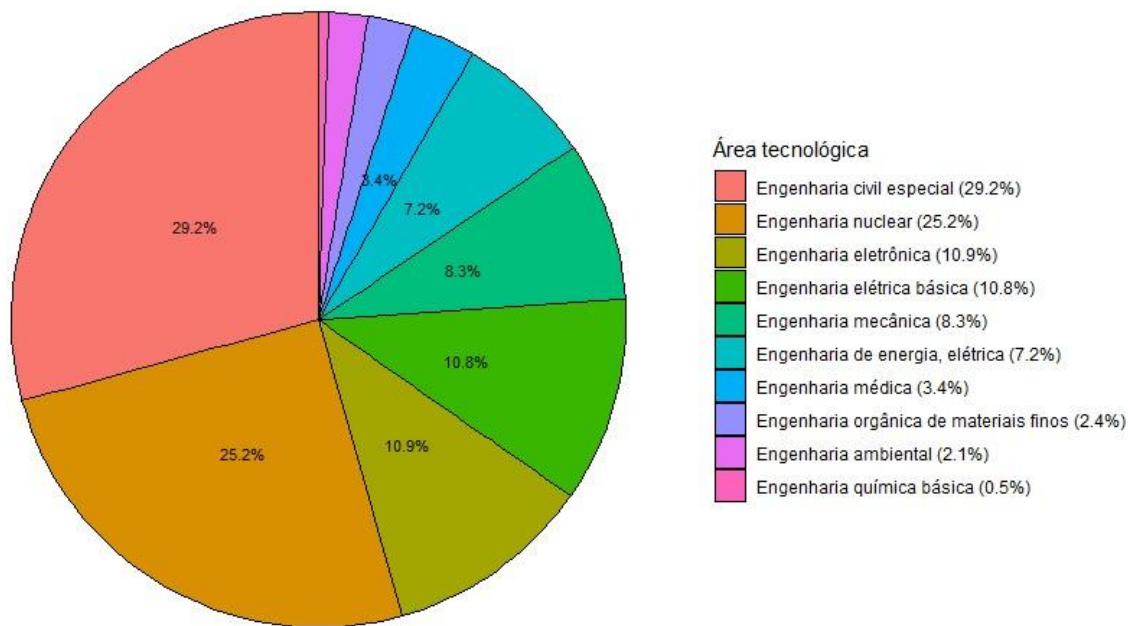
Diante disso, este artigo se propõe investigar se a produção científica nas áreas de engenharia contribui para a geração de inovação tecnológica, medida pelo número de patentes em engenharia, no nível estadual. Permitindo verificar, portanto, se a área científica e tecnológica de engenharia no Brasil está coevoluindo dentro dos sistemas regionais de inovação. As próximas subseções apresentam as variáveis usadas no modelo de dados em painel desse artigo. Nas quais foram selecionadas e adaptadas com base no trabalho de Gonçalves et al. (2019).

2.1 VARIÁVEL EXPLICADA (PATENTES)

A variável a ser explicada no modelo de dados em painel são o número de pedidos de patentes nas áreas tecnológicas de engenharia. As áreas foram classificadas pela classificação WIPO/IPC (que separa as patentes em 35 áreas tecnológicas) já disponível nos documentos de patentes compilados no BADEPI. As áreas identificadas como pertencentes a engenharia foram dez: engenharia ambiental, engenharia química básica, engenharia civil especial, engenharia de energia elétrica, engenharia elétrica básica, engenharia eletrônica, engenharia mecânica, engenharia médica, engenharia nuclear, engenharia

orgânica de materiais finos. Nesta subseção são apresentados os dados referentes à evolução dos pedidos de patentes em engenharia no Brasil, com dados coletados de 2004 a 2023.

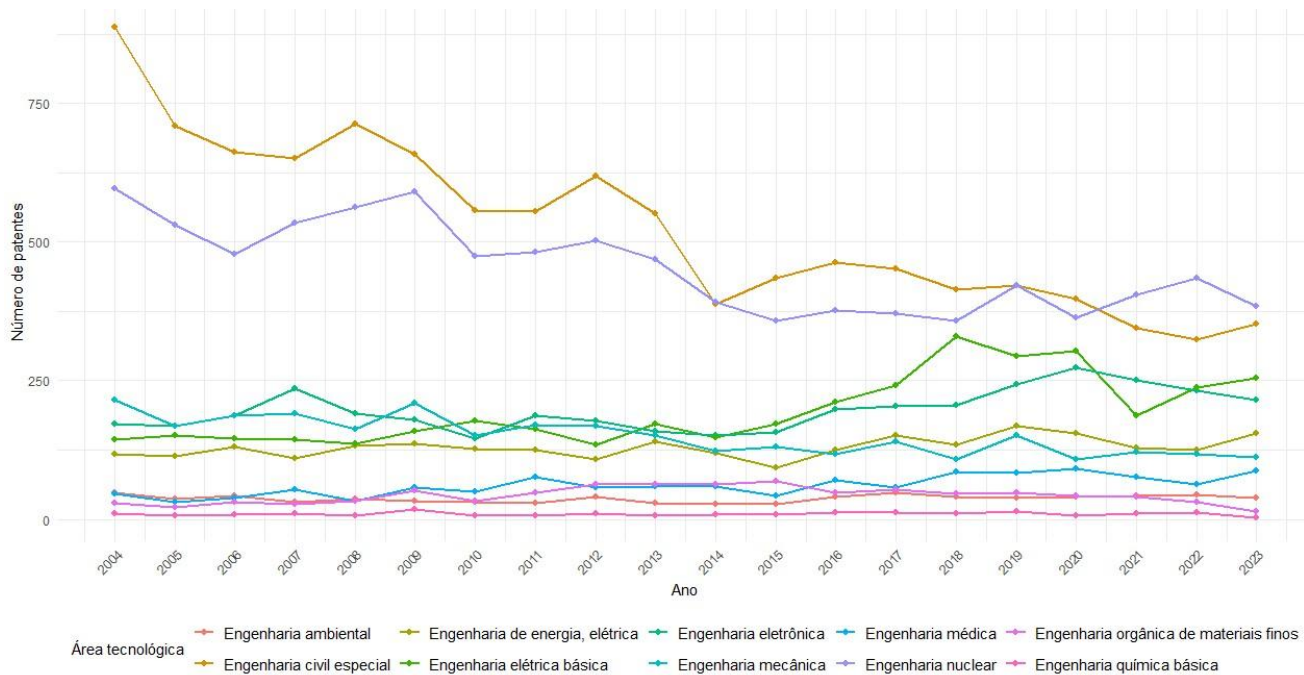
Figura 1: Distribuição das patentes de engenharia por área tecnológica do INPI (com dados agregados de 2004 a 2023).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Figura 1 analisa a distribuição dos pedidos de patentes, com dados agregados do período de 2004 a 2023, torna possível a visualização da área da engenharia que mais teve pedidos ao longo deste período. As áreas de engenharia civil especial (29,2%) e a engenharia nuclear (25,2%) somadas dizem respeito a mais da metade dos pedidos de patentes em engenharia no Brasil (54,4%). A quantidade de patentes em cada área e as suas evoluções ao longo do tempo, também é um dado relevante para entender o comportamento de cada área da engenharia, no período analisado, no Brasil.

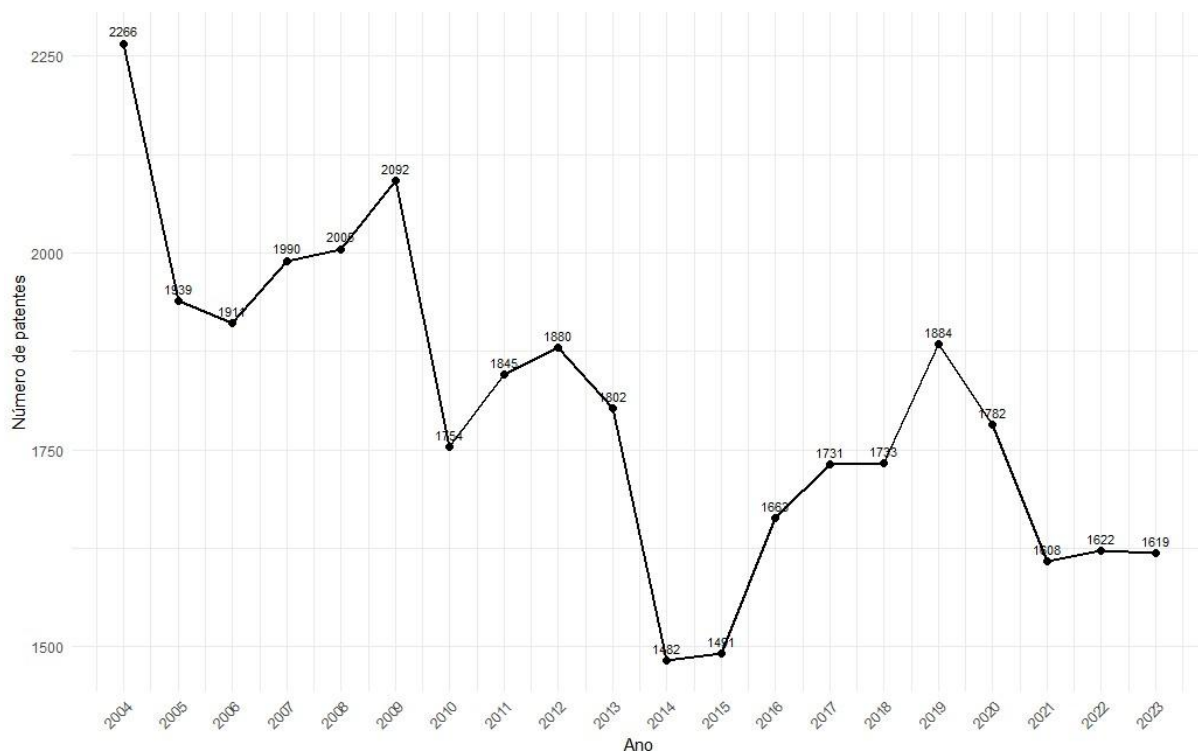
Figura 2: Evolução das patentes em engenharia por área tecnológica (de 2004 a 2023).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Figura 2 apresenta a evolução de cada uma das dez áreas de engenharia da classificação WIPO/IPC dos dados de pedidos de patentes compilados no BADEPI. O gráfico apresenta como a área de engenharia civil especial e a engenharia nuclear estavam ligadas, no começo do período analisado, com a principal atividade de patenteamento da engenharia no Brasil. Contudo, ao longo dos anos estas áreas diminuem a atividade inovadora, mas ainda assim, permanecem sendo a principal atividade da engenharia com patenteamentos no Brasil até 2023. Engenharia eletrônica e engenharia mecânica a partir de 2015 apresentam um crescimento no número de pedidos de patentes, mas até o período analisado nesta pesquisa, não se tornaram a principal área da engenharia em termos de patenteamento no Brasil.

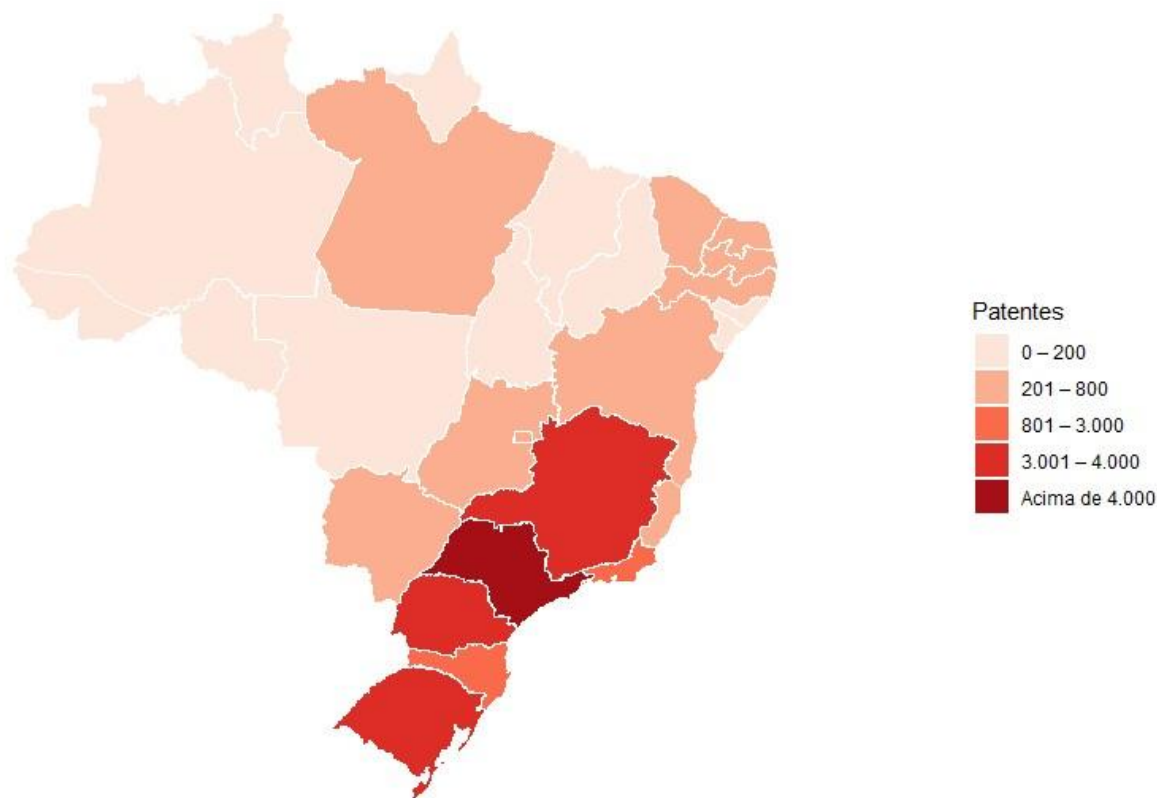
Figura 3: Evolução do número de patentes em engenharia no Brasil (2004 a 2023).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Quando analisado a evolução do número de patentes em engenharia, considerando por ano a soma das dez áreas WIPO/IPC analisadas na pesquisa, o número de pedidos de patentes em engenharia apresenta uma considerável diminuição no período de 2004 a 2023. O total de pedidos de patentes segue linhas próximas dos pedidos de patentes nas áreas de engenharia civil especial e a engenharia nuclear, o que ilustra como as duas áreas impactaram a atividade inovadora da engenharia no Brasil durante o período.

Figura 4: Concentração de patentes em engenharia por estado (com dados agregados de 2004 a 2023).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

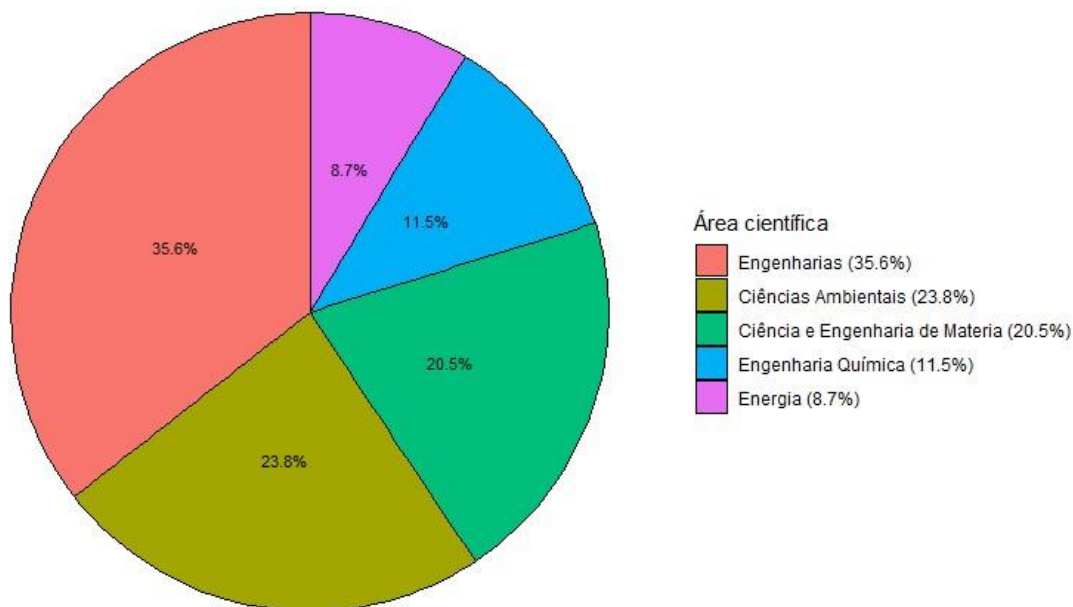
A Figura 4 apresenta como os pedidos de patentes, discutidas ao longo da subseção, estão distribuídas pelo território brasileiro. Os dados mostram uma forte concentração da atividade inovadora na região Sul e Sudeste. Essa análise espacial vai ao encontro dos resultados levantados por Melo, Santana e Silva (2019) que argumentam que o Sul e Sudeste possuem uma capacidade maior em transformar recursos públicos em resultados científicos e tecnológicos, se comparadas com outras regiões brasileiras.

Em suma, os dados apresentados referente aos pedidos de patente em engenharia no Brasil, de 2004 a 2023, indicam uma relevância da área de engenharia civil especial e a engenharia nuclear na atividade inovadora de engenharia. Apresentam uma queda no número de pedidos de patente ao longo dos anos. E, mapeia as disparidades regionais no território brasileiro quanto a atividade de patenteamento em engenharia, indicando uma especialização na área de engenharia pelo Sul e Sudeste. Essa mesma concentração também aparece nos dados de publicações científicas.

2.2 PRINCIPAL VARIÁVEL EXPLICATIVA (ARTIGOS)

A variável explicativa principal do modelo de dados em painel é o número de produção de artigos científicos na área de engenharia. Os artigos foram coletados na Scopus usando a classificação ASJC (que possui 27 classificações para áreas científicas). Destas, foram selecionados artigos que correspondessem as cinco área de engenharia da ciência: ciências ambientais, ciência e engenharia de materiais, energia, engenharias e engenharia química. Nesta subseção serão apresentados os dados referentes à evolução desta variável, com dados coletados de 2004 a 2023.

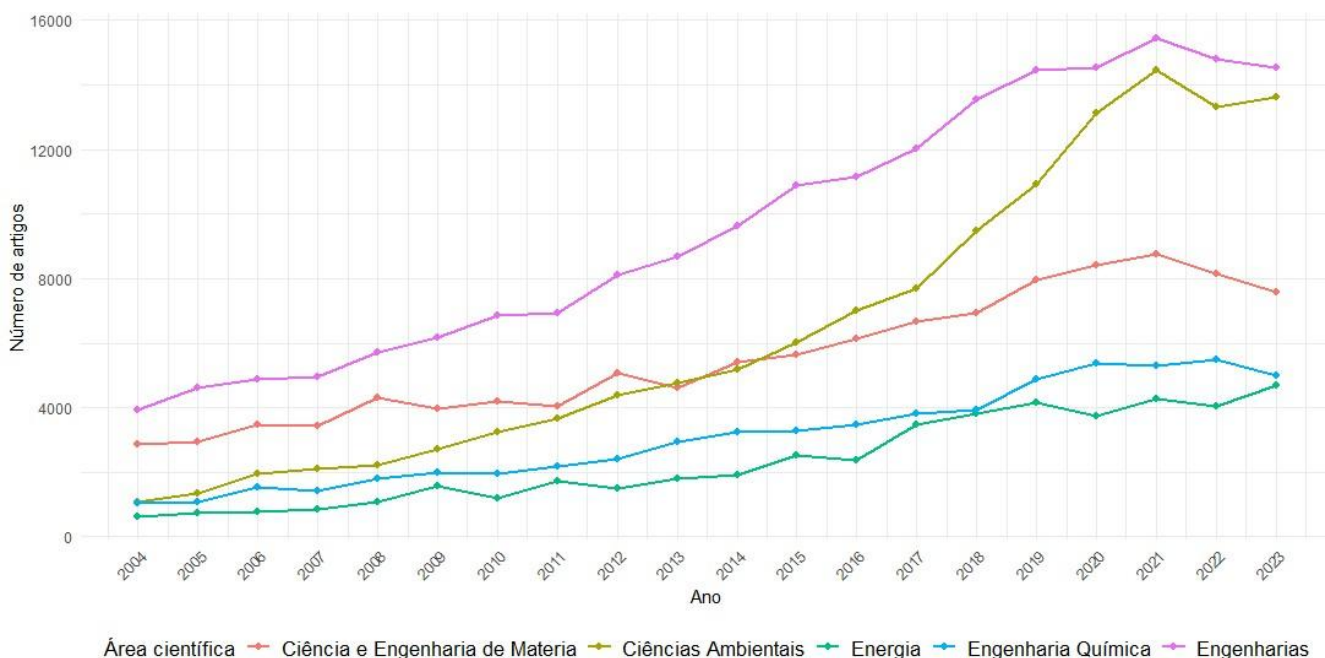
Figura 5: Distribuição de artigos por área científica da engenharia (com dados agregados de 2004 a 2023).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Na Figura 5 está analisado a distribuição dos artigos que envolvem a área de engenharia com dados agregados do período de 2004 a 2023, usando as classificações do ASJC. A área com mais dados é engenharias (35,6%) no qual a sua classificação é mais ampla, abrangendo diversas áreas da engenharia. Ciências ambientais aparece em segundo lugar (23,8%) apesar da área não ter no seu nome uma relação com a engenharia, a descrição da área no ASJC envolvia engenharia ambiental.

Figura 6: Evolução da produção científica em engenharia por área tecnológica (de 2004 a 2023).

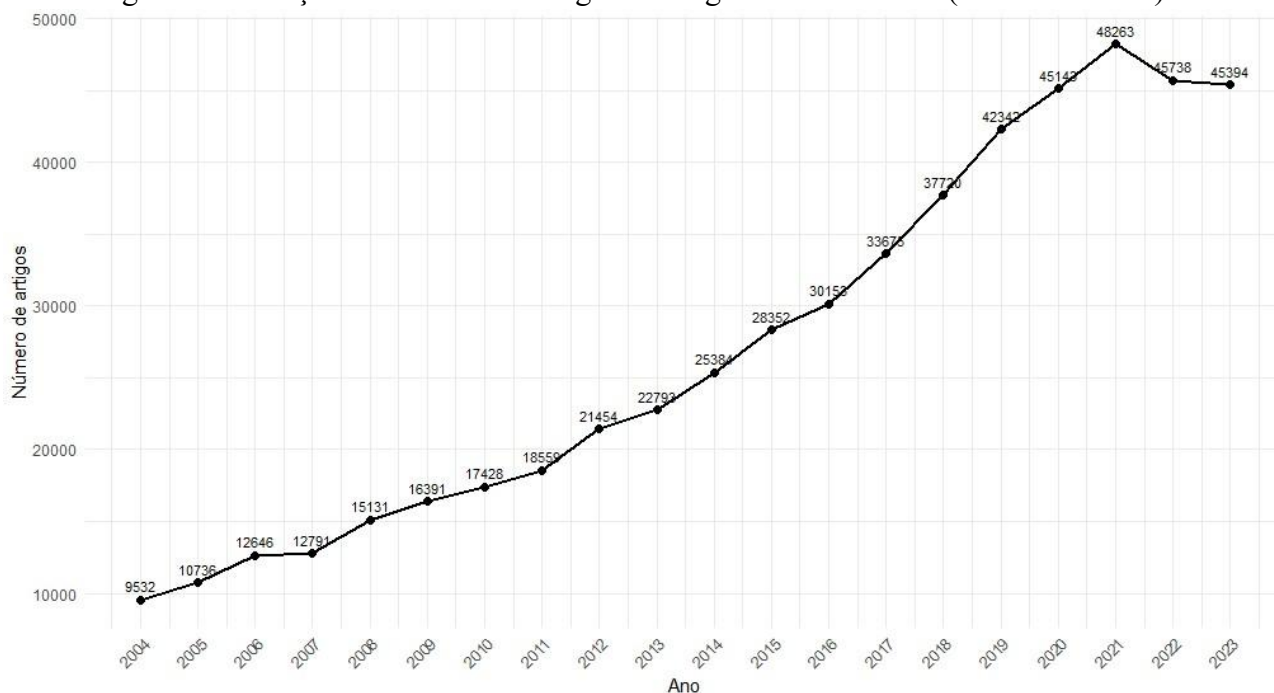


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Figura 6 faz uma análise sobre a evolução, de 2004 a 2023, de cada área científica relacionada a engenharia. A área de engenharias é a que aparece em destaque durante todo o período, esse resultado era esperado visto que engenharias é uma classificação ampla, e a maioria dos artigos de engenharia se enquadrarão nela. Ciências ambientais é segunda área com mais artigos publicados, e que a partir de 2013 teve um “boom” de publicações. Contudo, todas as áreas científicas de engenharia aumentaram

ao longo do ano a quantidade de publicações. O resultado vai ao encontro da argumentação de Melo, Santana & Silva (2019) e Vargas & Silva (2021) sobre o desenvolvimento recente da pós-graduação no Brasil, e, consequentemente, o aumento da produção científica e mecanismos de financiamento da pesquisa científica.

Figura 7: Evolução do número de artigos em engenharia no Brasil (de 2004 a 2023).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Figura 7 apresenta a evolução do número de artigos publicados em engenharia, de 2004 a 2023. As áreas científicas relacionadas a engenharia apresentaram um crescimento exponencial no Brasil, com uma diminuição de 2021 a 2023. Esta diminuição abre um questionamento, que não é objetivo desta pesquisa responder, se essa queda artigos representa algo momentâneo ou contínuo ao longo dos anos que estende o período aqui analisado.

Figura 8: Concentração de artigos em engenharia por estado (com dados agregados de 2004 a 2023).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Quando os dados de publicações na engenharia são analisados pela distribuição territorial em que foram publicados, como ilustra a Figura 8, a concentração na região Sul e Sudeste aparecem. Tal qual nos pedidos de patentes, os resultados mostram uma disparidade regional sobre a produção de artigos para engenharia. Essa análise espacial vai ao encontro dos resultados levantados por Melo, Santana e Silva (2019) que argumentam que o Sul e Sudeste possuem uma capacidade maior em transformar recursos públicos em resultados científicos e tecnológicos, se comparadas com outras regiões brasileiras.

De modo geral, os dados indicam a área de engenharias e ciências ambientais como as áreas relacionadas a engenharia, na classificação ASJC, que mais publicaram artigos no Brasil durante o período analisado, de 2004 a 2023. Contudo, todas as áreas relacionadas a engenharia apresentaram um crescimento no número de publicações.

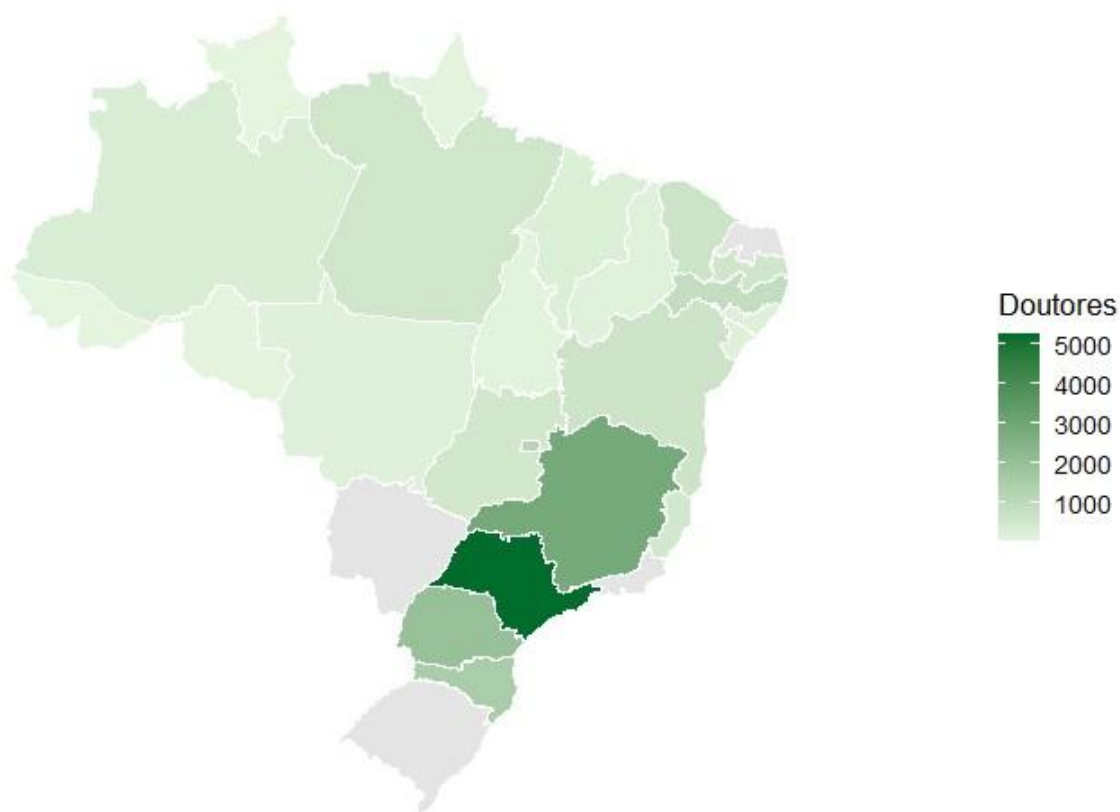
2.3 VARIÁVEIS DE CONTROLE

Com o modelo de dados em painel especificado, foram adicionados três variáveis de controle. Número de doutores em engenharia; População de empresas na atividade econômica de engenharia; dispêndio estatal em ciência e tecnologia. Tais variáveis são uma adaptação do modelo econométrico desenvolvido por Gonçalves et al. (2019) sobre determinantes regionais de inovação que explicam as variações do número de patentes no Brasil.

2.3.1 Número de doutores em engenharia

Esta variável é uma proxy para capital humano. Mensurando o número de doutores em engenharia que estão ativos e atuando em algum cargo na área de engenharia, por ano. Os dados foram coletados no Painel Lattes. O número de doutores em engenharia atuando na engenharia cresceu no período analisado, de 434 doutores em 2004 para 1.767 doutores em 2023.

Figura 9: Concentração de doutores ativos em engenharia por estado (com dados agregados de 2004 a 2023).



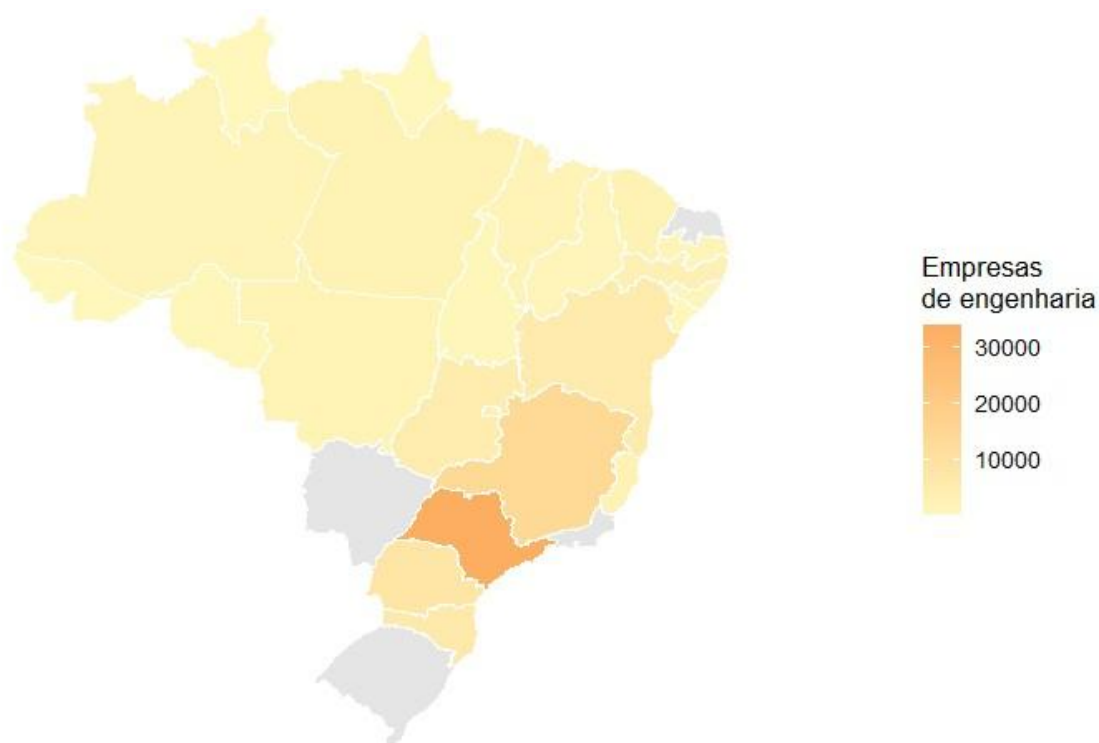
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Contudo, os dados de concentração espacial da Figura 9 ilustra uma forte concentração desses doutores em engenharia atuando principalmente em São Paulo, Minas Gerais, e Paraná. Isso indica que os cargos para a área de engenharia estão concentrados nessas regiões. E que as empresas localizadas nessas regiões tendem a possuir uma capacidade de absorção de conhecimento melhor, quando comparadas com outros estados brasileiros.

2.3.2 Empresas na atividade econômica de engenharia

Essa variável mensura a população de empresas ativas cadastradas na atividade econômica de engenharia. Os dados foram coletados nos Painéis do mapa de empresas, disponibilizados no portal do Gov. Foram selecionadas todas as empresas que se classifiquem na área de engenharia, com produtos ou serviços, independentemente do tamanho ou faturamento. O número de empresas nesta atividade econômica cresceu durante o período analisado, de 1.171 empresas em 2004 para 17.389 empresas em 2023.

Figura 10: Concentração de empresas na atividade de engenharia por estado (com dados agregados de 2004 a 2023).



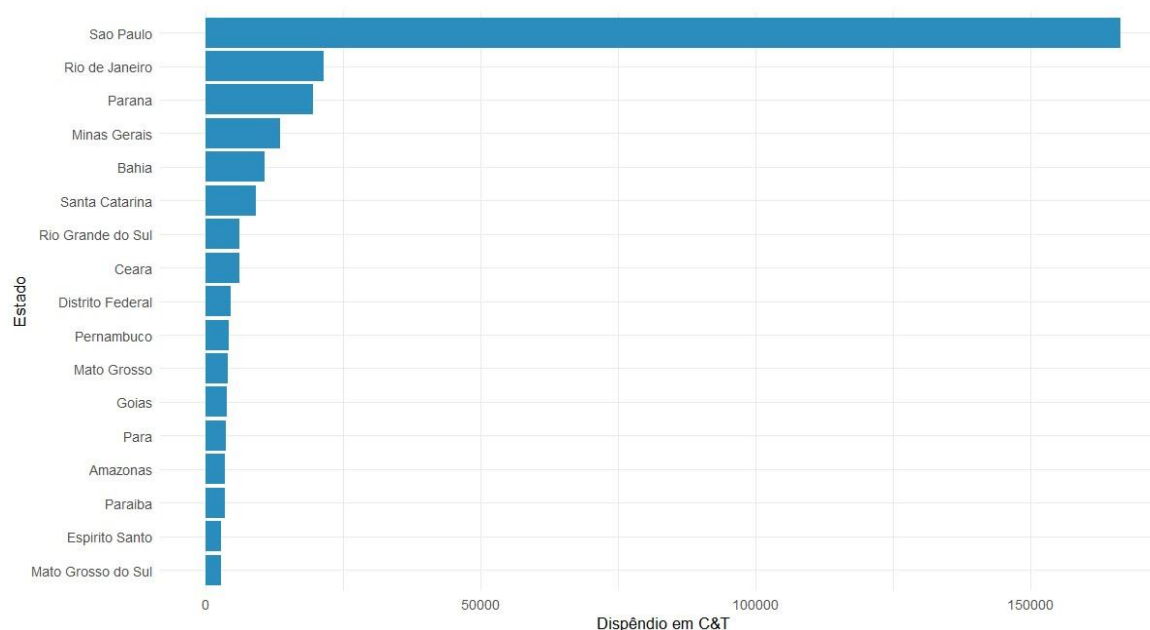
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O aumento da quantidade de empresas dentro da atividade econômica de engenharia cresceu drasticamente no Brasil. A Figura 10 analisa, com os dados agregados da quantidade de empresas, a concentração espacial destas. Os resultados ilustram que elas estão localizadas principalmente em São Paulo.

2.3.3 Dispêndio com ciência e tecnologia

Essa variável representa os dispêndios estaduais com ciência e tecnologia no Brasil. Com dados coletados no Geocapes.

Figura 11: Dispêndio com ciência e tecnologia por estado >2700 (com dados agregados de 2004 a 2023).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

3 METODOLOGIA

O objetivo desta pesquisa é investigar se a produção científica nas áreas de engenharia contribui para a geração de inovação tecnológica, medida pelo número de patentes em engenharia, no nível estadual. Para isso, foi utilizado uma abordagem econométrica baseada em modelos de dados em painel, explorando a variação temporal e espacial entre os estados brasileiros ao longo do período de 2004 a 2023.

$$\ln(\text{patentes}_{it}) = \sum_{k=0}^K \beta_k \ln(\text{artigos}_{i,t-k}) + \sum_{k=0}^K \gamma_k \mathbf{X}_{i,t-k} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

onde:

- i denota o estado;
- t denota o ano;
- $\mathbf{X}_{i,t-k}$ representa o vetor de variáveis de controle;
- μ_i são os efeitos fixos de estado;
- λ_t são os efeitos fixos de ano;
- ε_{it} é o termo de erro.

A análise foi realizada para todos os estados brasileiros e, separadamente, para os estados das regiões Sul e Sudeste (regiões onde se concentra a maior parte dos dados). Em cada um dos dois modelos também foram incluídas defasagens t-1 ; t-2 ; t-3 ; t-4. As defasagens se justificam pela tentativa de mensurar os impactos para até 4 anos depois.

O modelo de dados em painel foi escolhido para esta investigação por duas razões principais: primeiro, essa abordagem permite controlar a heterogeneidade não observada entre os estados, que pode estar correlacionada tanto com a produção científica quanto com a atividade inovativa. Segundo Jaffe (1989), em estudos acerca da transformação de conhecimento científico em inovação tecnológica, a heterogeneidade não observada é particularmente crítica. Segundo, possibilita capturar a dinâmica temporal do processo de inovação, especialmente relevante quando se analisa a transformação do conhecimento científico em resultados tecnológicos. A transformação do conhecimento científico em resultados tecnológicos não pode ser observada em seção cruzada pura ou série temporal isolada (Ferreira, Garcia e Araújo, 2024).

3.1 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

A escolha das variáveis do modelo de dados em painel é primeiramente baseada nos objetivos da pesquisa, portanto, dados de pedidos de patentes de engenharia por estado e de publicações de artigos em engenharia por estado. As variáveis de controle são uma adaptação do trabalho de Gonçalves et al. (2019) sobre determinantes regionais de inovação.

Quadro 1: Variáveis, descrição e fonte dos dados.

Variáveis	Descrição	Fonte
Patentes	Número de pedidos de patentes na área de engenharia, por estado brasileiro, de 2004 a 2023.	BADEPI v.8.0
Artigos	Número de artigos publicados nas áreas de engenharia, por estado brasileiro, de 2004 a 2023.	SciVal da Scopus
Capital humano	Mensurado por uma proxy do número de doutores em engenharia atuando como engenheiro, por estado brasileiro, de 2004 a 2023.	Painel Lattes
População de empresas	Número de empresas ativas que operam na atividade econômica de engenharia, por estado brasileiro, de 2004 a 2023.	Painéis do mapa de empresas
Dispêndio em ciência e tecnologia	Dispêndio estatal em ciência e tecnologia, para todas as áreas, por estado brasileiro, de 2004 a 2023.	Geocapes

Elaborado pelo autor.

Os dados de pedidos de patentes são classificados no banco de dados do BADEPI v.8.0 com áreas teológicas, de acordo com a classificação do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). As áreas selecionadas nesta pesquisa foram dez: Engenharia orgânica e de materiais finos; Engenharia química básica; Engenharia elétrica básica; Engenharia eletrônica; Engenharia de energia, eletrônica; Engenharia mecânica; Engenharia nuclear; Engenharia civil especial; Engenharia ambiental.

Os dados de publicação de artigos científicos são compilados no SciVal da Scopus, e classificados em áreas científicas de acordo com a classificação do All Science Journal Classification (ASJC). As áreas selecionadas nesta pesquisa foram: Ciência e engenharia de materiais; Ciências ambientais¹, Engenharia química; Engenharias; Energia.

Os dados foram organizados no banco *painel* dentro do Rstudio, contendo as colunas: estado; ano; número de patentes; número de artigos; número de doutores; número de empresas; valor do dispêndio em ciência e tecnologia (em milhões). Cada variável também possui uma coluna com seu valor em log, seguida de colunas com defasagens temporais t-1 ; t-2 ; t-3 ; t-4.

As variáveis do modelo de dados em painel foram transformadas em logaritmos pois os coeficientes estimados podem ser interpretados como elasticidades. A variação percentual no número de patentes associada a um aumento de 1% na produção científica e nas variáveis de controle. Essa escolha metodológica se justifica também pois estados brasileiros diferem muito no valor de cada variável. Com os valores em log, melhora a comparação entre estados.

RESULTADOS

O objetivo desta pesquisa é investigar se a produção científica nas áreas de engenharia contribui para a geração de inovação tecnológica, medida pelo número de patentes em engenharia, no nível estadual. Portanto, os modelos apresentados nessa seção têm como variável explicada o número de patentes em engenharia. O Quadro 2 apresenta a legenda das variáveis apresentadas ao longo da seção.

¹ Existem sub-áreas com temáticas de engenharia nesta área.

Quadro 2: Legenda das variáveis.

ln_artigos	Número de artigos publicados na área de engenharia (em log)
ln_doutores	Número de doutores ativos na área de engenharia (em log)
ln_empresas	Número de empresas ativas na atividade econômica de engenharia (em log)
ln_disp_ct	Valor do dispêndio em ciência e tecnologia (em log)
Lag (1,2,3 ou 4)	Corresponde aos anos de defasagens que a variável possui

O primeiro resultado apresentado, na Tabela 1, é o modelo de dados em painel com dados dos 27 estados brasileiros, separados por ano, de 2004 a 2023. O modelo de painel estimado para o conjunto completo dos estados brasileiros é desbalanceado, pois, em determinados anos, alguns estados não apresentaram produção de artigos científicos ou de patentes na área de engenharia.

Em vez de restringir a amostra apenas aos estados e períodos com observações completas, optou-se pela utilização de um painel desbalanceado, de modo a preservar a maior quantidade possível de informação disponível e evitar a perda de variação relevante, especialmente entre estados com menor atividade científica e tecnológica. Essa escolha é metodologicamente justificada, pois modelos de efeitos fixos podem ser estimados de forma consistente em painéis desbalanceados, desde que a ausência de observações não esteja correlacionada com o termo de erro (Wooldridge, 2014).

Tabela 1: Modelo de painel com dados do Brasil.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
ln_artigos	0.083907	0.116584	0.719717	0.47812
ln_doutores	-0.014532	0.061134	-0.237705	0.81397
ln_empresas	0.100875	0.181984	0.554310	0.58410
ln_disp_ct	0.031639	0.076249	0.414934	0.68159

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

RMSE: 0.413658

Adj. R2: 0.914933

Within R2: 0.00968

(Fixed-effects: estado: 27, ano: 18). 450 observações

Neste primeiro modelo apresentado, é possível concluir que para os dados de todos os 27 estados, as variáveis explicativas não explicam a geração de patentes em engenharia. É possível, com esse resultado, formular a hipóteses de que a produção de artigos precisa ser analisada por defasagens temporais para verificar se impactam na geração de patentes. O modelo de painel desbalanceado da Tabela 2 se propõe a analisar se com defasagens de t-1 ; t-2 ; t-3 e t-4 as variáveis explicativas são significativas.

Tabela 2: Modelo de painel com dados do Brasil com defasagens de 4 anos.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
ln_artigos_lag1	0.011792	0.209401	0.056312	0.955524
ln_artigos_lag2	-0.324350	0.147017	-2.206212	0.036407 *
ln_artigos_lag3	0.168373	0.180009	0.935356	0.358212
ln_artigos_lag4	-0.055347	0.096842	-0.571518	0.572556
ln_doutores_lag1	-0.029203	0.090690	-0.322013	0.750018
ln_doutores_lag2	0.076205	0.079670	0.956515	0.347622
ln_doutores_lag3	0.007467	0.078902	0.094632	0.925332
ln_doutores_lag4	0.043542	0.078322	0.555937	0.583007
ln_empresas_lag1	0.231464	0.148919	1.554287	0.132205
ln_empresas_lag2	0.256372	0.130124	1.970213	0.059551 .
ln_empresas_lag3	0.107241	0.085743	1.250731	0.222171
ln_empresas_lag4	0.083161	0.160096	0.519445	0.607845
ln_disp_ct_lag1	0.061883	0.087666	0.705899	0.486528
ln_disp_ct_lag2	-0.000385	0.104748	-0.003676	0.997095
ln_disp_ct_lag3	0.025095	0.077303	0.324631	0.748058
ln_disp_ct_lag4	0.073406	0.084270	0.871085	0.391680

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 0.388446 Adj. R2: 0.914332 Within R2: 0.075048
(Fixed-effects: estado: 27, ano: 16). 396 observações.

Esse resultado indica que, no painel nacional, um aumento de 1% na produção de artigos em engenharia em um estado está associado, em média, a uma redução de aproximadamente 0,32% no número de patentes dois anos depois. Mantendo constantes as demais variáveis do modelo e os efeitos fixos de estado e ano.

Contudo, o painel analisa os dados nacionais, e o efeito agregado pode resultar em um coeficiente negativo médio. Para ilustrar esse problema: o modelo analisa um grupo de estados que aumentam suas publicações de artigos, mas não geram patentes. E outro grupo, menor, que aumenta as publicações e geram patentes. Um modelo que faz uma análise com os dados agregados está propenso a gerar um coeficiente negativo.

Para contornar esse problema, o modelo apresentado na tabela 3 filtra os dados das regiões Sul e Sudeste. Tais regiões são as que apresentam na estatística descritiva uma maior concentração dos dados coletados. Uma análise apenas das regiões que possui mais dados pode descrever melhor a relação entre artigos e patentes, apresentando um coeficiente positivo ou negativo.

O modelo para as regiões Sul e Sudeste também passa por uma mudança, visto que não existem dados com valor zero em nenhum estado ou ano em todas as variáveis. O modelo de dados em painel passa a ser balanceado na Tabela 3.

Tabela 3: modelo de painel com dados das regiões Sul e Sudeste.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
ln_artigos	0.466715	0.060366	7.731450	0.00024579 ***
ln_doutores	-0.018820	0.082423	-0.228338	0.82696678
ln_empresas	-0.309893	0.137657	-2.251193	0.06533399 .
ln_disp_ct	-0.024090	0.092527	-0.260358	0.80329248

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
RMSE: 0.138813 Adj. R2: 0.966885 Within R2: 0.233785
(Fixed-effects: estado: 7, ano: 20). 140 observações

No modelo com dados das regiões Sul e Sudeste, artigos é uma variável altamente significativa. Um aumento de 1% na produção de artigos científicos em engenharia está associado a um aumento de aproximadamente 0,47% no número de patentes em engenharia no mesmo ano, nos estados das regiões Sul e Sudeste, mantendo constantes os efeitos fixos e as variáveis de controle.

Esse resultado confirma uma relação positiva entre a variável explicada (patentes) e a principal explicativa (artigos). Sendo um forte indício de que o coeficiente negativo de *ln_artigos_lag2* na tabela 2 era um problema da agregação de dados de estados que não produziam patentes em engenharia.

A Tabela 4 apresenta um modelo com os dados das regiões Sul e Sudeste com defasagens de 2 anos. Com o objetivo de analisar, para esse conjunto de dados, o coeficiente e significância de *ln_artigos_lag2* que apresentou coeficiente negativo na tabela 3.

Tabela 4: Pannel com dados das regiões Sul e Sudeste com defasagens de 2 anos.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
ln_artigos_lag1	0.142244	0.143494	0.991290	0.359822
ln_artigos_lag2	0.337685	0.135512	2.491931	0.047039 *
ln_doutores_lag1	0.074985	0.070323	1.066298	0.327304
ln_doutores_lag2	0.035386	0.111355	0.317777	0.761423
ln_empresas_lag1	-0.057347	0.153329	-0.374012	0.721256
ln_empresas_lag2	-0.239631	0.126376	-1.896180	0.106734
ln_disp_ct_lag1	0.027999	0.092296	0.303360	0.771860
ln_disp_ct_lag2	-0.080794	0.042047	-1.921512	0.103050

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

RMSE: 0.133146 Adj. R2: 0.967111 Within R2: 0.264484 (Fixed-effects: estado: 7, ano: 18). 126 observações

Para as regiões Sul e Sudeste, artigos continua sendo uma variável significativa com 2 anos de defasagem, porém, com coeficiente positivo. Um aumento de 1% na produção científica em engenharia em um estado, das regiões Sul e Sudeste, está associado, em média, a um aumento de aproximadamente 0,34% no número de patentes em engenharia dois anos depois, mantendo constantes os demais fatores.

5 CONCLUSÃO

O objetivo desta pesquisa é investigar se a produção científica nas áreas de engenharia contribui para a geração de inovação tecnológica, medida pelo número de patentes em engenharia, no nível estadual. Para isso, foi utilizado uma abordagem econométrica baseada em modelos de dados em painel, explorando a variação temporal e espacial entre os estados brasileiros ao longo do período de 2004 a 2023.

Os resultados estão divididos em duas análises, primeiro um modelo de dados em painel desbalanceado, com defasagens, com os dados por estado e ano dos 27 estados brasileiros. O segundo, um modelo de dados em painel balanceado, com defasagens, com os dados por estado e ano dos 7 estados das regiões Sul e Sudeste. A escolha metodológica é de primeiro trabalhar com dados nacionais, e, posteriormente, verificar o modelo para as duas regiões onde se concentra a maior parte dos dados.

Em nível nacional, a variável principal artigos, apresentou uma baixa significância, com coeficiente negativo. Indicando uma relação inversa entre artigos e patentes. Contudo, as disparidades de produção de artigos e patentes entre estado das regiões Sul e Sudeste com as demais regiões brasileiras eram grandes. O coeficiente negativo do modelo poderia ser um problema de trabalhar com dados agregados, contendo mais estados que aumentavam sua produção científica, mas não aumentavam as patentes, do que estados que aumentavam a produção científica e de patentes. Quando o modelo foi especificado somente para os dados das regiões Sul e Sudeste, a variável artigos foi altamente significativa.

Portanto, a principal conclusão dessa pesquisa é que em nível nacional os artigos científicos publicados na área de engenharia não se traduzem em patentes. Contudo, para os 7 estados da regiões Sul e Sudeste é possível afirmar que os artigos científicos publicados se traduzem em patentes. Esses

resultados apontam para uma disparidade no território brasileiro, quanto as capacidades de absorção de conhecimento e da relação universidade-indústria na área de engenharia.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. "National innovation system in Brazil: an introductory analysis from available data on science and technology," **Brazilian Journal of Political Economy**, Center of Political Economy, vol. 16(3), pages 387-404. 1996
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. Patentes segundo a abordagem neo-Schumpeteriana: uma discussão introdutória. **Brazilian Journal of political economy**. 1998.
- ALEXANDER W. & Street A. Metals in the Service of man (penguin Books, Harmondsworth, 1954)
- BADEPI. Base de Dados de Propriedade Intelectual. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e serviços**. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/inpi-data/dados-e-seriestemporais/badepi>. Acesso em: 16 jan. 2026
- BERNARDES, A. T., & ALBUQUERQUE, E. M. (2003). Cross-over: o papel da ciência no processo de catch-up tecnológico. In E. M. Albuquerque, A. T. Bernardes, M. C. Britto & C. G. S. Freitas (Orgs.), *Desenvolvimento econômico e inovação: uma introdução*. Belo Horizonte: UFMG/FACE.
- BRITTO, G., Albuquerque, E. M., & Pessoa, L. M. B. (2021). Transbordamentos de tecnologia e capacidade de absorção: evidências para os estados brasileiros. *Revista de Economia Contemporânea*, 25(1), e21002.
- CATALÁN, P., Navarrete, C., & Figueroa, F. (2020). The scientific and technological cross-space: Is technological diversification driven by scientific endogenous capacity? *Research Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104016>
- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. São Paulo: São Paulo em Perspectiva, v. 19, n.1, p.p.34-45, 2005.
- COOKE, P. Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy. *Industrial and Corporate Change*, v. 10, n. 4, p. 945-974, 2001.
- FERREIRA, Sarah; GARCIA, Renato; ARAÚJO, Veneziano. Determinants of university and industrial patents in Brazilian regions: a Spatial Panel Approach. 2026.
- FISCHER, B. B., SCHAEFFER, P. R., & VONORTAS, N. S. (2019). Evolution of university-industry collaboration in Brazil from a technology upgrading perspective. *Technological Forecasting and Change*. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.05.001>
- FRANÇOSO, M. S. (2025). Science-technology relatedness and regional diversification prospects: evidence from a developing country. *Area Development and Policy*, 10(4), 553–571. <https://doi.org/10.1080/23792949.2025.2508184>
- FRANÇOSO, Mariane Santos, Boschma, R., & Vonortas, N. (2024). Regional diversification in Brazil: The role of relatedness and complexity. *Growth and Change*, 55(1), Article 22.06. <https://doi.org/10.1111/grow.12702>
- FREEMAN, C. Technology policy and economic performance: lessons from Japan. Pinter Publishers. 1987
- GARCIA, Renato de Castro *et al.* Revisitando os Sistemas Regionais de Inovação: teoria, prática, políticas e agenda para o Brasil. **Nova Economia**. 2022.

GEOCAPES. Balanços Gerais dos Estados e levantamentos realizados pelas Secretarias Estaduais de Ciência e Tecnologia ou instituições afins. Disponível em: <https://geocapes.capes.gov.br/geocapesds/>;

GONÇALVES, B.S. et al. O Mecanismo de Patenteamento como Estímulo à Inovação Tecnológica no Brasil. R. Gest. Industr., Ponta Grossa, v. 15, n. 3, p. 237-252, Jul./Set. 2019. Disponível em: <http://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi>

JAFFE, Adam B. "Real Effects of academic Research," American Economic Review, 79, 957- 970. 1989

LATTES, Painei. **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**. Disponível em: <https://www.gov.br/cnpq/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/paineis-de-dados/painel-lattes>

LUNDVALL, B.-Å. (1992). National systems of innovation towards a theory of innovation and interactive learning. Towards a theory of innovation and interactive learning. In London, Pinter.

MELO, J. N. de, Santana, J. R. de, & Silva, G. F. da. CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NO BRASIL: UMA ANÁLISE INTER-REGIONAL POR MEIO DE INDICADORES. Revista Brasileira De Gestão E Desenvolvimento Regional, 15(1). (2019). Acesso em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/4321>

NELSON, Richard R. Sistemas nacionais de inovação: retrospecto de um estudo. In: NELSON, Richard R. As fontes de crescimento econômico. Campinas: Editora Unicamp, 2006. cap. 10, p. 427-462. ISBN 85-268-0732-3.

PAINÉIS DO MAPA DE EMPRESAS. Empresas e negócios (gov.br) disponível em: <https://www.gov.br/empresas-e-negocios/pt-br/mapa-de-empresas/painel-mapa-de-empresas>

RIBEIRO, L. C., RUIZ, R. M., BERNARDES, A. T., & ALBUQUERQUE, E. M. (2010). Matrices of science and technology interactions and patterns of structured growth: Implications for development. Scientometrics, 83(1). <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0020-3>

ROSENBERG, Nathan. Inside the black box, Publish by The Press Syndicate of the university of Cambridge, 1982.

SCIVAL, base de dados da Scopus. Disponível em: <https://www.scival.com/home>

TATUM, C.T.S et al. Patentes do Brasil: História e Atualidades. Em: RUSSO, S.L, SILVA, M.B da e SANTOS, V.M.L dos. Propriedade Intelectual e Gestão de tecnologias. Aracaju: Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual, 2018.

VILLELA, T. N.; MAGACHO, L. A. M. Abordagem histórica do Sistema Nacional de Inovação e o papel das Incubadoras de Empresas na interação entre agentes deste sistema. Seminário Nacional de Parques Tecnológicos e Incubadoras de Empresas, v. 19, 2009.

VINHA, J. F. de S. C. (2015). A PESQUISA E A UNIVERSIDADE NO BRASIL: organização e institucionalização dos grupos de pesquisa em Geografia. Revista Brasileira De Educação Em Geografia, 5(9), 29–55. Recuperado de <https://revistaedugeo.com.br/revistaedugeo/article/view/173>

WHYTE R. R. (ed.), Engineering progress through trouble (The Institution of Mechanical Engineers, London, 1975)

WOOLDRIDGE, J. M. Introdução a Econometria: uma abordagem moderna. Tradução da 4ª edição Norte-Americana. São Paulo: Cengage Learning, 2014.