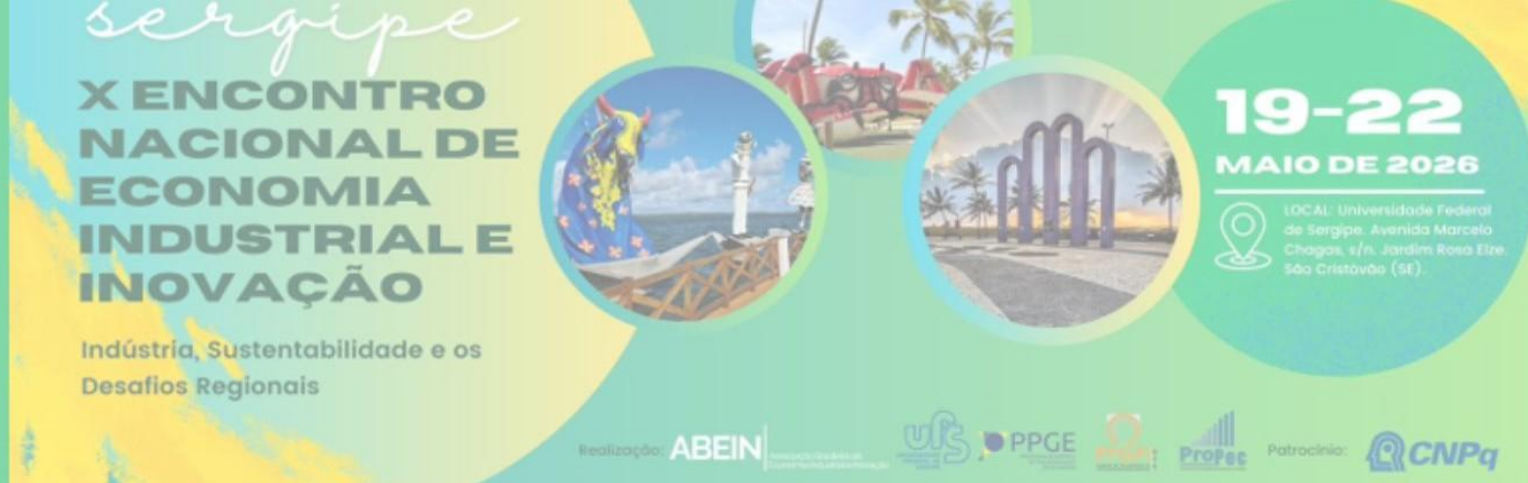




Determinantes do PIB per Capita e o papel da capacidade inovativa e da complexidade produtiva: uma análise para os estados do Nordeste

1Tiago Santos de Almeida;
2José Ricardo de Santana;
3Luiz Carlos de Santana Ribeiro;

Resumo: Este estudo investiga os determinantes do desenvolvimento econômico regional nos estados do Nordeste brasileiro, com ênfase no papel da capacidade inovativa e da complexidade produtiva. A partir de dados em painel para o período 2010–2023, estimou-se um modelo econométrico com efeitos fixos para avaliar o impacto do Índice Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação (IECTI) e do Índice de Complexidade Econômica (ECI) sobre o PIB per capita, controlando por variáveis de capital humano, infraestrutura e gasto público. Os resultados indicam que o IECTI apresenta efeito positivo e estatisticamente significativo sobre a renda regional, corroborando a literatura que atribui à inovação um papel central no desenvolvimento econômico. Em contraste, o ECI não demonstra significância estatística, sugerindo que a sofisticação produtiva medida pela estrutura exportadora não se traduz automaticamente em maior renda per capita na região, possivelmente devido à ausência de fatores complementares como capital humano avançado e sistemas de inovação consolidados. As variáveis de controle associadas ao capital humano básico, à infraestrutura de transporte e à presença de doutores também se mostraram relevantes. Conclui-se que políticas regionais devem adotar uma abordagem integrada, combinando fortalecimento da capacidade inovativa com investimentos em capital humano e infraestrutura, considerando as heterogeneidades estruturais entre os estados nordestinos.

Palavras-chave: Desenvolvimento regional; Inovação; Complexidade econômica; Nordeste; Painel de dados.

Determinants of GDP per capita and the role of innovative capacity and productive complexity: an analysis for the states of Northeast Brazil

Abstract: This study investigates the determinants of regional economic development in the states of the Brazilian Northeast, with emphasis on the role of innovative capacity and productive complexity. Using panel data for the period 2010–2023, an econometric model with fixed effects was estimated to assess the impact of the State Index of Science, Technology and Innovation (IECTI) and the eco on GDP per capita, controlling for human capital, infrastructure, and public spending variables. The results indicate that the IECTI has a positive and statistically significant effect on regional income, corroborating the literature that attributes a In contrast, the ECI does not

¹ Universidade Federal de Sergipe. E-mail: TiagoAlmeida.atuario@gmail.com

² Universidade Federal de Sergipe. E-mail: Santana_joserickardo@gmail.com

³ Universidade Federal de Sergipe. E-mail: Ribeiro.lui84@gmail.com

show statistical significance, suggesting that productive sophistication measured by the export structure does not automatically translate into higher per capita income in the region, possibly due to the absence of complementary factors such as advanced human capital and consolidated innovation systems. Control variables related to basic human capital, transportation infrastructure, and the presence of doctors also proved relevant. It is concluded that regional policies should adopt an integrated approach, combining strengthening innovative capacity with investments in human capital and infrastructure, taking into account structural heterogeneities among Northeastern states.

Keywords: Regional development; Innovation; Economic complexity; Northeast Brazil; Panel data.

1 Introdução

O baixo nível e a elevada heterogeneidade do PIB per capita entre os estados da Região Nordeste brasileira permanecem como um dos principais desafios ao desenvolvimento econômico regional. Apesar de avanços institucionais e de políticas públicas voltadas à redução das desigualdades territoriais, as diferenças de renda entre os estados nordestinos mostram-se persistentes ao longo do tempo, indicando a presença de fatores estruturais que limitam a convergência econômica e a elevação sustentada do bem-estar da população (AZZONI, 1997). Essa persistência sugere que o crescimento regional não depende apenas de estímulos conjunturais ou de políticas de curto prazo, mas de condições econômicas mais profundas associadas à forma como as economias locais se organizam e acumulam capacidades produtivas.

Entre essas condições estruturais, destaca-se a organização da estrutura produtiva estadual. Economias caracterizadas por baixa diversificação produtiva e elevada concentração em atividades de menor intensidade tecnológica tendem a apresentar menor dinamismo econômico, o que se reflete em restrições ao crescimento da produtividade e do PIB per capita. Em contraste, estados com estruturas produtivas mais diversificadas e maior presença de setores intensivos em conhecimento apresentam maior capacidade de sustentar trajetórias de crescimento mais favoráveis no longo prazo, reforçando a associação entre composição setorial e desempenho econômico (AZZONI et al, 2000; AMORIM, SCALCO e BRAGA, 2008). Assim, a estrutura produtiva constitui um dos principais canais por meio dos quais se manifestam as diferenças de renda observadas entre os estados da Região Nordeste.

Nesse contexto, a ciência, tecnologia e inovação (CT&I) assumem papel relevante como determinantes do desempenho econômico. A geração e a difusão de conhecimento tecnológico contribuem para ganhos de produtividade, expansão da base produtiva e aumento do valor agregado, o que explica a centralidade atribuída às políticas de CT&I nas estratégias contemporâneas de desenvolvimento econômico (OLIVEIRA et al, 2015). No entanto, a relação entre inovação e crescimento da renda não é automática, especialmente em economias subnacionais marcadas por heterogeneidade estrutural.

A capacidade de transformar esforços inovativos em resultados econômicos depende de condições pré-existentes relacionadas ao ambiente produtivo, institucional e econômico de cada estado. Estados com bases produtivas distintas, níveis diferenciados de capital humano e capacidades institucionais desiguais tendem a responder de forma heterogênea a níveis semelhantes de investimento em CT&I, o que limita os efeitos dessas políticas sobre o PIB per capita (CRUZ et al, 2015). Esse aspecto reforça que a inovação atua como um determinante condicionado, cuja eficácia depende da compatibilidade entre os esforços inovativos e as características estruturais do território.

A articulação entre agentes econômicos, instituições e estrutura produtiva emerge, assim, como elemento fundamental para a tradução do conhecimento em renda. Economias capazes de integrar esses elementos de forma consistente apresentam maior capacidade de absorção tecnológica, adaptação a mudanças estruturais e diversificação produtiva, ampliando seu potencial de geração de renda. Nessa perspectiva, a complexidade econômica pode ser compreendida como um indicador sintético das capacidades produtivas acumuladas de um

território, refletindo o grau de sofisticação da estrutura produtiva e o potencial de conversão da inovação em ganhos de produtividade e de PIB per capita (AZZONI et al, 2000; AMORIM, SCALCO e BRAGA, 2008).

No caso específico da Região Nordeste, essa discussão assume particular relevância. Embora a região tenha apresentado avanços em indicadores educacionais, institucionais e de investimento público nas últimas décadas, sua estrutura produtiva permanece, em grande medida, concentrada em atividades de menor intensidade tecnológica e menor valor agregado. Esse padrão pode restringir a capacidade dos estados nordestinos de transformar esforços em inovação em aumentos significativos e sustentados do PIB per capita, reforçando a importância de se analisar conjuntamente os fatores estruturais que condicionam o desempenho econômico regional.

Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo investigar os determinantes do PIB per capita nos estados da Região Nordeste brasileira no período de 2010 a 2023, com a complexidade econômica e da capacidade inovativa, controlando por fatores estruturais adicionais, como educação, infraestrutura e nível de renda inicial dentre outros. Para tanto, utiliza-se um painel de dados estadual-anual e estimam-se modelos econométricos com efeitos fixos, permitindo avaliar a contribuição relativa desses fatores para as diferenças observadas no desempenho econômico dos estados nordestinos.

2 Debate sobre os Determinantes do Desenvolvimento Regional

Esta seção tem como objetivo apresentar os principais referenciais teóricos e empíricos que fundamentam a análise dos determinantes do desenvolvimento regional. Parte-se de contribuições clássicas da economia do desenvolvimento, que enfatizam processos cumulativos e desequilíbrios estruturais, avançando para abordagens contemporâneas da geografia econômica evolutiva e da complexidade econômica, as quais destacam o papel do conhecimento, da diversidade produtiva e da capacidade inovativa no crescimento econômico.

2.1 Debate sobre desenvolvimento regional e inovação

A literatura clássica do desenvolvimento econômico sustenta que o crescimento não ocorre de forma homogênea no espaço. Myrdal (1957) argumenta que os efeitos de causação circular e cumulativa tendem a reforçar vantagens iniciais das regiões mais dinâmicas, ampliando desigualdades regionais ao longo do tempo. De forma complementar, Hirschman (1958) defende que o desenvolvimento é inerentemente desequilibrado, sendo impulsionado por investimentos estratégicos capazes de gerar encadeamentos produtivos e efeitos de difusão sobre o restante da economia.

O debate contemporâneo sobre desenvolvimento regional tem se deslocado de abordagens estritamente setoriais para perspectivas territorializadas, nas quais o espaço assume papel ativo na dinâmica econômica. Nessa direção, Brandão (2004) argumenta que as teorias e políticas regionais recentes exigem a construção de uma agenda voltada ao desenvolvimento territorializado, articulando escalas, instituições e atores sociais. O território deixa de ser apenas suporte físico da produção e passa a ser compreendido como construção social, política e econômica, cuja governança influencia diretamente os resultados do desenvolvimento.

No mesmo horizonte analítico, a noção de desenvolvimento endógeno ganha centralidade ao enfatizar a mobilização de recursos internos, produtivos, institucionais e sociais, como base da competitividade regional. Barquero (2001) sustenta que, em tempos de globalização, a inserção competitiva das regiões depende da capacidade de organizar redes locais de inovação e fortalecer sistemas produtivos próprios. De maneira complementar, do Amaral Filho (2001) destaca que a endogeneização do desenvolvimento econômico regional pressupõe o fortalecimento das estruturas locais e a criação de mecanismos institucionais capazes de internalizar os efeitos do crescimento.

A dimensão institucional e relacional do desenvolvimento é aprofundada pela abordagem do capital social. Durston (2000) define o capital social comunitário como o conjunto de normas, redes de confiança e

práticas de cooperação que facilitam a ação coletiva. Sob essa ótica, o desenvolvimento não depende apenas de investimentos físicos ou financeiros, mas também da qualidade das relações sociais que sustentam a coordenação entre os agentes econômicos.

A partir dessas contribuições, abordagens evolucionárias passam a enfatizar o papel da estrutura produtiva e da acumulação de capacidades como elementos centrais do desenvolvimento regional. Cimoli, Dosi e Stiglitz (2009) destacam que políticas industriais e institucionais são fundamentais para a construção dessas capacidades, sobretudo em economias em desenvolvimento, nas quais o mercado tende a reforçar especializações produtivas pouco dinâmicas.

Mais recentemente, a geografia econômica evolutiva incorpora o conhecimento e a complexidade produtiva como fatores-chave para explicar diferenças regionais de desempenho econômico. Balland e Rigby (2017) argumentam que o conhecimento econômico possui forte dimensão espacial, sendo produzido e difundido de maneira localizada. Kogler, Rigby e Tucker (2013) mostram que a proximidade tecnológica entre atividades condiciona a capacidade das regiões de diversificar sua base produtiva.

Nesse contexto, o conceito de *relatedness* torna-se central. Castaldi, Frenken e Los (2017) demonstram que regiões tendem a se diversificar mais facilmente em atividades tecnologicamente relacionadas à sua estrutura produtiva existente, enquanto diversificações não relacionadas apresentam maior risco, ainda que possam gerar inovações mais radicais.

A teoria da complexidade econômica consolida essas contribuições ao propor que o nível de sofisticação produtiva de uma economia reflete o conjunto de capacidades produtivas nela incorporadas. Gala (2020) destaca que economias mais complexas tendem a apresentar maior crescimento e resiliência. Evidências para o Brasil indicam que a estrutura produtiva nacional permanece marcada por fortes heterogeneidades regionais (Pereira, Silva e Larruscaim, 2023).

Por fim, a discussão sobre arranjos produtivos e indicações geográficas amplia o entendimento das estratégias territoriais ao evidenciar a importância da identidade local e da valorização de ativos específicos. Caldas, Cerqueira e Perin (2007) argumentam que as indicações geográficas protegidas podem funcionar como instrumentos de desenvolvimento local ao articular tradição, mercado e governança territorial. Assim, tais mecanismos reforçam a integração entre produção, cultura e território, consolidando uma abordagem que compreende o desenvolvimento como processo enraizado nas especificidades locais.

2.2 Estudos empíricos sobre desenvolvimento regional

Em perspectiva internacional, Lima (2024) investiga os determinantes econômicos e institucionais dos fluxos de investimento direto externo (IDE), comparando países desenvolvidos e em desenvolvimento. A autora evidencia que variáveis macroeconômicas, qualidade institucional e estabilidade econômica influenciam significativamente a atração de IDE, destacando que a inserção internacional das economias periféricas está condicionada a fatores estruturais e institucionais.

A dimensão tecnológica do desenvolvimento é discutida por de Carvalho e Romero (2022), que, sob a ótica da Economia Evolucionária, analisam os determinantes do progresso tecnológico em países centrais e periféricos. O estudo evidencia que a dinâmica da inovação apresenta trajetórias distintas conforme a posição estrutural das economias no sistema internacional, enfatizando a importância de políticas voltadas à diversificação tecnológica, especialização inteligente e resiliência regional.

Em contexto africano, Embaló (2023) investiga os determinantes do crescimento econômico nos países da UEMOA entre 1990 e 2020. Utilizando modelos em painel (OLS, efeitos fixos e aleatórios), o estudo demonstra que crédito ao setor privado e investimento direto estrangeiro exercem impacto positivo sobre o crescimento, enquanto a inflação apresenta efeito negativo, corroborando a literatura macroeconômica sobre estabilidade e expansão econômica.

A literatura empírica tem buscado operacionalizar os determinantes do desenvolvimento regional por

meio de modelos econométricos aplicados a dados regionais. Cruz et al. (2015) analisam os fatores que explicam o PIB per capita dos estados brasileiros entre 1991 e 2009, utilizando dados do IBGE e métodos de painel com correção para heterocedasticidade e autocorrelação (PCSE e FGLS). Os resultados indicam que o capital humano exerce efeito positivo e estatisticamente significativo sobre o nível de renda estadual, fornecendo suporte empírico à teoria do capital humano e justificando o uso de indicadores educacionais e de qualificação avançada como determinantes do desenvolvimento regional.

No campo da relação entre educação e desenvolvimento regional, Gelmini (2021) analisam o papel do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG no Norte de Minas Gerais, destacando a interiorização do ensino superior como instrumento de geração de capital humano, social e cultural. A partir de *survey*, pesquisa documental e entrevistas, os autores evidenciam que a formação qualificada e o enraizamento regional dos estudantes contribuem para transformações qualitativas no território. Contudo, apontam a necessidade de maior articulação com o setor produtivo e de acompanhamento dos egressos, indicando que o impacto educacional depende de sua integração com a dinâmica econômica local.

No âmbito das finanças públicas subnacionais, Sousa et al (2016) investigam a produtividade dos gastos públicos estaduais no período de 1995 a 2010, utilizando modelos em painel inspirados na abordagem de Devarajan, Swaroop e Zou. Os resultados indicam que, de forma agregada, os gastos apresentam relação positiva com o crescimento econômico; entretanto, quando desagregados por natureza econômica, evidenciam baixa produtividade, especialmente nos componentes corrente e de capital. Para estados menos desenvolvidos, os gastos em bens públicos mostram impacto positivo, enquanto despesas com bens semipúblicos apresentam efeito negativo, reforçando a importância da composição qualitativa do gasto.

A análise institucional das políticas regionais é aprofundada por Monteiro (2023), ao sistematizar a experiência recente da Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR). O autor destaca os desafios de governança, coordenação federativa e desenho institucional das políticas territoriais no Brasil, evidenciando que o desenvolvimento regional depende não apenas de instrumentos econômicos, mas também da capacidade política e administrativa do Estado em articular atores e estratégias em múltiplas escalas.

No campo da estrutura produtiva, Bueno et al. (2023) examinam o impacto da realocação intrasetorial de micro e pequenas firmas sobre a diversificação produtiva das microrregiões brasileiras entre 2003 e 2015. Utilizando modelos econométricos em painel (FGLS e Driscoll-Kraay), os autores demonstram que a dinâmica dessas firmas exerce efeito positivo sobre a diversificação econômica regional. O estudo reforça o papel das pequenas empresas como agentes centrais na transformação estrutural e na promoção do desenvolvimento regional.

No contexto dos estados brasileiros, Costa et al. (2023) analisam os determinantes macroeconômicos do investimento produtivo no período de 2008 a 2018, utilizando modelo Dynamic GMM. Os resultados indicam que complexidade econômica, crédito, corrente de comércio e PIB per capita impactam positivamente o investimento, enquanto juros reais e concentração de mercado exercem efeito negativo. O estudo também evidencia a heterogeneidade estrutural entre as economias estaduais.

A dinâmica de convergência regional é examinada por Sousa (2024), que analisa a convergência de renda e os fluxos migratórios entre os estados brasileiros no período de 1970 a 2022, por meio de dados em painel. O trabalho destaca que migração e crescimento regional estão interligados, sendo fundamentais para compreender os mecanismos de redução, ou perpetuação, das desigualdades territoriais.

No campo da ciência, tecnologia e inovação, Gonçalves e Santana (2023) investigam a influência dos investimentos públicos estaduais em CT&I sobre o desenvolvimento regional, utilizando dados estaduais brasileiros no período de 2000 a 2012 e modelos de dados em painel com efeitos fixos. Os autores encontram evidências de que maiores esforços em ciência e tecnologia estão associados a melhores indicadores de desenvolvimento econômico, reforçando a importância da capacidade tecnológica e inovativa como determinante do PIB per capita regional.

Vaz, Carvalho e Kroenke (2017) analisam os determinantes da inovação nos estados brasileiros a partir

de dados estaduais e modelos econométricos multivariados. Os resultados evidenciam que fatores estruturais, institucionais e econômicos exercem influência significativa sobre a capacidade inovativa regional, corroborando a abordagem sistêmica da inovação e justificando a inclusão de indicadores sintéticos de capacidade tecnológica nos modelos de crescimento regional.

Por fim, Nogueira (2023) analisa a relação entre educação profissionalizante e desenvolvimento regional a partir da atuação do IFMA em municípios do Maranhão. A pesquisa evidencia que a simples oferta de cursos técnicos não garante impacto no desenvolvimento local, sendo fundamental a aderência entre formação profissional e estrutura produtiva regional. O estudo reforça que políticas educacionais precisam dialogar com as vocações econômicas do território para gerar efeitos concretos sobre emprego e renda.

A construção de indicadores subnacionais de ciência, tecnologia e inovação tem sido objeto de crescente atenção na literatura brasileira, especialmente diante da necessidade de mensurar a capacidade inovativa dos estados.

Santos (2011) propõe um Índice Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação como instrumento de aprimoramento da capacidade de gestão pública, argumentando que a mensuração sistemática desses fatores contribui para maior eficiência na formulação de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento tecnológico.

A proposta metodológica de construção de indicadores também é aprofundada por Silva, Quintino e Santana (2018), que desenvolvem indicadores subnacionais aplicados aos estados brasileiros, ressaltando a importância de variáveis relacionadas à produção científica, esforços tecnológicos e capacidade institucional. Segundo os autores, a mensuração adequada desses elementos permite avaliar de forma comparativa o estágio de desenvolvimento dos sistemas regionais de inovação.

Em linha semelhante, Beneli, Carvalho e Furtado (2022) elaboram o Indicador Composto Estadual de Inovação (ICEI), propondo metodologia estruturada para avaliação dos sistemas regionais de inovação. O estudo reforça a ideia de que a inovação não deve ser analisada isoladamente, mas sim como resultado da interação entre empresas, universidades e governo.

Mais recentemente, Mendonça et al. (2023) apresentam o Índice de Inovação dos Estados Brasileiros, consolidando múltiplas dimensões relacionadas à capacidade tecnológica e ao desempenho inovador. O trabalho contribui ao atualizar a análise comparativa entre unidades federativas, oferecendo subsídios para a formulação de políticas públicas voltadas ao fortalecimento da competitividade regional. A relação entre complexidade econômica e crescimento regional é explorada por Smolski et al. (2024), que utilizam dados das micror-regiões brasileiras e modelos econométricos espaciais para o período recente. Os autores demonstram que regiões com maior complexidade econômica e maior proximidade tecnológica apresentam taxas de crescimento mais elevadas, reforçando a relevância da estrutura produtiva local como condicionante do desenvolvimento econômico.

No âmbito do comércio exterior, Souza et al. (2020) analisam a relação entre crescimento econômico e exportações classificadas por intensidade tecnológica nas microrregiões nordestinas, utilizando métodos de econometria espacial para o período de 2010 a 2016. Os resultados indicam que a inserção em setores exportadores tecnologicamente mais intensivos está associada a melhor desempenho econômico regional, evidenciando a importância da sofisticação produtiva para o crescimento.

Em conjunto, o referencial teórico e empírico sustenta a escolha de variáveis associadas à complexidade econômica, ao capital humano, à capacidade tecnológica, à infraestrutura e às condições de bem-estar como determinantes do PIB per capita dos estados nordestinos, bem como a utilização de modelos de dados em painel para capturar a heterogeneidade regional e a dependência de trajetória ao longo do tempo.

2.3 Situação do Nordeste Brasileiro

A Região Nordeste brasileira apresenta, historicamente, desempenho econômico inferior à média nacional, caracterizado por baixos níveis de PIB per capita e elevada desigualdade socioeconômica entre seus

estados. Segundo Barros et al. (2015), tais disparidades decorrem de fatores estruturais persistentes associados à composição produtiva, à atuação do setor público e às limitações de infraestrutura econômica.

No contexto regional nordestino, Pinto (2014) analisa o esforço dos estados na construção de capacidades para inovação, destacando que diferenças institucionais e estruturais explicam parte significativa das disparidades no desempenho inovativo. O estudo evidencia que a consolidação de sistemas estaduais de inovação depende da articulação entre investimentos públicos, formação de capital humano e infraestrutura tecnológica.

Ao investigar os determinantes do crescimento econômico dos estados nordestinos no período de 2002 a 2012, Barros et al. (2015) utilizam dados em painel e identificam que variáveis relacionadas ao capital físico, aos gastos públicos e à estrutura produtiva exercem influência significativa sobre o crescimento regional, indicando que a insuficiência de investimentos estruturais contribui para a manutenção das desigualdades inter-regionais.

No que se refere à infraestrutura, Oliveira e Porto Junior (2015) analisam os impactos dos gastos públicos em infraestrutura sobre o PIB per capita das regiões Sul e Nordeste por meio de modelos econométricos comparativos. Os autores demonstram que esses investimentos possuem efeitos positivos sobre o crescimento econômico, embora com intensidade distinta entre as regiões, sugerindo que déficits infraestruturais no Nordeste limitam seu potencial de desenvolvimento.

A relevância das economias de aglomeração e do tamanho do mercado é evidenciada por Giovanini e Almeida (2025), que analisam os determinantes do PIB municipal brasileiro. Os resultados indicam que municípios com maior densidade econômica e maior integração espacial apresentam melhor desempenho econômico, o que impõe restrições adicionais às regiões com menor concentração produtiva, como grande parte do Nordeste.

No âmbito do desenvolvimento urbano e local, Vasconcelos, Silva e El-Aouar (2022) identificam forte concentração setorial e baixa diversificação econômica nas capitais nordestinas. Segundo os autores, essa estrutura produtiva limita a geração de emprego e renda e compromete o dinamismo econômico regional.

A desigualdade de renda constitui elemento central na caracterização socioeconômica do Nordeste brasileiro. Silva (2022), ao utilizar dados em painel para os estados brasileiros no período de 2012 a 2020, evidencia que fatores como educação, mercado de trabalho e políticas públicas explicam parte relevante das disparidades na distribuição de renda.

A relação entre crescimento econômico e redução da pobreza nos estados nordestinos é analisada por Carneiro (2025), que estima elasticidades renda-pobreza e desigualdade-pobreza para o período de 2012 a 2023. Os resultados indicam que o crescimento econômico não se traduz automaticamente em redução proporcional da pobreza, revelando entraves estruturais persistentes.

No campo das políticas públicas, Abreu et al. (2025) analisam o impacto do investimento público sobre o desenvolvimento da educação fundamental nas capitais nordestinas entre 2017 e 2023, destacando o papel central da educação na formação de capital humano. De forma complementar, Amariz, Pessanha e Campos (2025) evidenciam a importância da infraestrutura de transporte escolar para o desempenho educacional.

De forma complementar, de Souza e Feistel (2023) identificam padrões espaciais significativos entre exportações de maior intensidade tecnológica e crescimento econômico no Nordeste, reforçando a presença de efeitos de transbordamento espacial no desenvolvimento regional.

Cavalcanti Jr. e Lima (2025) analisam as transformações estruturais da economia nordestina nas primeiras décadas do século XXI. Os autores destacam avanços importantes, mas ressaltam que a persistência de baixa diversificação produtiva e reduzida complexidade econômica ainda limita o crescimento de parte significativa da região, reforçando a necessidade de análises empíricas focadas nos determinantes estruturais do PIB per capita estadual.

As características do mercado de trabalho nordestino são analisadas por Mendonça, Neves e Batista (2023), que apontam a persistência de elevados níveis de informalidade e baixa produtividade como fatores que limitam o crescimento econômico regional.

Por fim, Ribas et al. (2024) avaliam os efeitos do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste

sobre a desigualdade de renda e demonstram que o instrumento contribui para sua redução, embora seus efeitos dependam da articulação com outras políticas estruturais.

3 Metodologia

Esta seção descreve os procedimentos metodológicos adotados para investigar os determinantes do PIB per capita nos estados da Região Nordeste brasileira. A estratégia empírica fundamenta-se na utilização de modelos econométricos em painel, os quais permitem explorar simultaneamente a variação temporal e as diferenças estruturais entre os estados, controlando fatores não observáveis que influenciam o desempenho econômico regional.

3.1 Modelo, variáveis e testes

A variável dependente do modelo é o PIB per capita estadual (*PIB_perc*), utilizado como indicador do nível médio de renda e do desenvolvimento econômico. A escolha dessa variável se justifica por sua ampla utilização na literatura como *proxy* do bem-estar econômico e da capacidade de geração de renda das economias regionais.

As variáveis explicativas contemplam diferentes dimensões associadas aos determinantes do PIB per capita, incluindo inovação, estrutura produtiva, capital humano, infraestrutura, condições sociais e fatores demográficos. A tabela 1 apresenta a descrição das variáveis utilizadas, o sinal esperado de seus coeficientes, os principais referenciais teóricos e empíricos que fundamentam sua inclusão no modelo e as respectivas fontes de dados.

Tabela 1: Descrição das variáveis utilizadas, sinais esperados e referenciais teóricos

Variável	Sinal	Referencial Teórico e Empírico	Fonte
PIB_perc	n/d	Ferreira e Diniz (1995); Azzoni (1997); Azzoni et al. (2000); Monteiro Neto (2023); Sousa (2024)	IBGE / IPEADATA
IECTI	+	Santos (2011); Santana et al. (2022); Gonçalves e Santana (2023); de Carvalho e Romero (2022); Costa et al. (2023)	Base IECTI
ECI	+	Hidalgo e Hausmann (2009); Gala (2020); Pereira et al. (2023); Bueno et al. (2023); Costa et al. (2023)	Elaboração própria
gasto_transporte	+	Howells (2005); Cimoli, Dosi e Stiglitz (2009); Monteiro Neto (2023); Costa et al. (2023)	IPEADATA
aprov_em	+	Myrdal (1957); Amorim, Scalco e Braga (2008); Nogueira (2023); de Carvalho e Romero (2022)	INEP
qtd_Dr	+	Asheim e Isaksen (2002); Oliveira et al. (2015); de Carvalho e Romero (2022); Costa et al. (2023)	CGEE
pop	+	Hirschman (1958); Neffke et al. (2011); Bueno et al. (2023); Sousa (2024)	IBGE

Fonte: Elaboração própria.

Espera-se que variáveis associadas à inovação e ao conhecimento, como o IECTI, o ECI e a quantidade de doutores e as demais variáveis, exerçam efeito positivo sobre o PIB per capita, ao refletirem maior capacidade de geração de produtividade e valor agregado. Da mesma forma, indicadores de infraestrutura, capital humano

e condições sociais são incluídos para capturar canais estruturais que influenciam o desempenho econômico regional.

A relação entre o PIB per capita e seus determinantes é estimada a partir de um modelo econométrico em painel, conforme a seguinte especificação geral:

$$PIB_perc_{it} = \alpha + \beta_1 IECT_{lit} + \beta_2 EC_{lit} + \beta_3 gasto_trans_{it} + \beta_4 aprov_em_{it} + \beta_5 qtd_Dr_{it} + \beta_6 Pop_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

em que i representa o estado e t o período. O termo μ_i captura os efeitos específicos não observáveis e invariantes no tempo de cada estado, enquanto λ_t representa choques comuns a todos os estados ao longo do tempo. O termo de erro ε_{it} é assumido como não correlacionado com as variáveis explicativas condicionais aos efeitos fixos.

Os modelos são estimados prioritariamente por meio de regressões em painel com efeitos fixos, considerando a possibilidade de correlação entre os efeitos não observáveis dos estados e as variáveis explicativas. A adequação dessa escolha é avaliada por meio do teste de Hausman, comparando-se os estimadores de efeitos fixos e aleatórios.

Para assegurar a robustez dos resultados, os erros-padrão são ajustados para heterocedasticidade e autocorrelação serial dentro das unidades federativas. Adicionalmente, são realizadas estatísticas descritivas, análises de correlação e estimações alternativas do modelo, com o objetivo de verificar a estabilidade dos coeficientes e a sensibilidade dos resultados a diferentes especificações.

3.2 Construção do Indicador IECTI

A construção dos indicadores apresentados na Tabela 2 baseou-se na aplicação da análise fatorial, com o objetivo de reduzir a dimensionalidade do conjunto original de variáveis e sintetizar as informações em dimensões compostas. Conforme destacam Hair et al. (2014), a análise fatorial busca condensar múltiplas variáveis observáveis em um número menor de fatores latentes, minimizando a perda de informação e preservando o conteúdo explicativo do conjunto original.

No presente estudo, os pesos atribuídos às dimensões, subdimensões e indicadores correspondem às cargas fatoriais obtidas a partir da Análise de Componentes Principais. Esse procedimento permite a construção de combinações lineares das variáveis originais, de modo que o primeiro componente extraia a maior parcela possível da variância total dos dados, enquanto os componentes subsequentes explicam a variância residual remanescente. Diferentemente da regressão linear múltipla, cuja finalidade é estimar o comportamento de uma variável dependente a partir de variáveis explicativas, a análise fatorial possui caráter essencialmente exploratório e explicativo. Seu propósito central é identificar estruturas subjacentes nos dados, agrupando variáveis correlacionadas em fatores comuns. Assim, os pesos apresentados na coluna correspondente refletem a importância relativa de cada indicador na composição das dimensões sintéticas de Insumos e Resultados.

Dessa forma, a estrutura hierárquica do índice, organizada em dimensões, subdimensões e indicadores, decorre diretamente da estrutura fatorial identificada empiricamente, garantindo coerência estatística na agregação das variáveis e maior robustez na construção do indicador final.

Com base nos valores obtidos para os indicadores que compõem cada subdimensão, procedeu-se Piauí se à agregação das informações para a construção do IECTI dos estados. O índice final foi obtido por meio da média aritmética simples entre as duas dimensões, assegurando igual relevância à capacidade instalada e ao desempenho observado. Posteriormente, os valores foram reescalados mediante multiplicação por 100, de modo que o indicador assumisse variação compreendida no intervalo de 0 a 100. Os resultados permitiram estabelecer a posição relativa dos estados, considerando simultaneamente sua estrutura de suporte à inovação e seu desempenho efetivo em termos de produção científica, propriedade

Tabela 2: Variáveis, pesos e fontes de dados dos indicadores

Dimensão	Peso	Subdimensão	Peso	Indicador	Fonte
Insumos	0,500	Dispêndio em atividades CT&I	0,294	Dispêndio em bolsas por mil habitantes	CNPq/CAPES
				Part. (%) Gastos em C&T estadual na Receita Corrente	MCTI/IPEADATA
				Part. (%) Gastos em P&D estadual na Receita Corrente	MCTI/IPEADATA
				Dispêndio não reembolsável por mil habitantes	FINEP
		Disponibilidade de recursos humanos	0,332	Dispêndio reembolsável por mil habitantes	FINEP/BNDES
				Nº de Programas de Pós-Graduação por milhão de habitantes	CAPES
				Nº de Discentes matriculados em Pós-Graduação por milhão de habitantes	CAPES
				Nº de Docentes de Pós-Graduação por milhão de habitantes	CAPES
				Nº de Titulados em Pós-Graduação por milhão de habitantes	CAPES
				Part. (%) de Mestres e Doutores no emprego total da Indústria	RAIS
Resultados	0,500	Produção científica	0,270	Artigos	CAPES
		Propriedade Intelectual	0,240	Nº de Pedidos de Patentes por milhão de habitantes	INPI
				Nº de Modelos de Utilidade por milhão de habitantes	INPI
				Nº de Desenhos Industriais por milhão de habitantes	INPI
				Nº de Registros de Software por milhão de habitantes	INPI
				Nº de Registro de Marca por milhão de habitantes	INPI
		Recursos humanos vinculados ao setor produtivo	0,216	Part. (%) de Mestres e Doutores nos Setores Intensivos em Conhecimento (SICs)	RAIS

3.3 Base de Dados

A base de dados utilizada neste estudo foi construída a partir da integração de diferentes fontes oficiais e institucionais, organizadas em um painel estadual-anual balanceado para os estados da Região Nordeste do Brasil, no período de 2010 a 2023. A unidade de análise corresponde às Unidades da Federação nordestinas: Alagoas (AL), Bahia (BA), Ceará (CE), Maranhão (MA), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Piauí (PI), Rio Grande do Norte (RN) e Sergipe (SE), totalizando nove estados observados ao longo de quatorze anos. O painel é balanceado, contendo observações completas para todas as variáveis e unidades no período analisado.

O conjunto de dados reúne informações socioeconômicas, produtivas, educacionais e demográficas, permitindo examinar os determinantes do Produto Interno Bruto per capita em nível estadual. O PIB per capita (*PIBpcit*) é adotado como variável dependente do modelo econométrico, sendo amplamente utilizado como *proxy* do nível de desenvolvimento econômico. Os dados de PIB e população foram obtidos junto ao IPEADATA, estando o PIB expresso em valores correntes.

A principal variável explicativa é o Índice Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação (IECTI), que sintetiza diferentes dimensões associadas à capacidade inovativa dos estados brasileiros. O índice abrange aspectos relacionados à produção científica, tecnológica e institucional e encontra-se disponível para todo o período analisado (2010–2023).

Adicionalmente, incorpora-se o Índice de Complexidade Econômica, utilizado como indicador do grau de sofisticação produtiva das economias estaduais, construído a partir da estrutura das exportações. O ECI foi calculado com base em dados do *Comex Stat* disponibilizados pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), seguindo a metodologia proposta por Hidalgo e Hausmann (2009). O índice é padronizado, apresentando média zero e desvio padrão unitário.

O modelo inclui ainda um conjunto de variáveis de controle associadas a capital humano, infraestrutura, escala econômica e condições socioeconômicas. A taxa de aprovação no ensino médio (*aprov_em*), obtida a partir do Censo Escolar do INEP, é utilizada como indicador de capital humano básico. O gasto estadual com transporte foi extraído do IPEADATA e convertido em proporção do PIB estadual. A população estadual corresponde a estimativas intercensitárias do IBGE. A quantidade de doutores por 100.000 habitantes, obtida junto ao CGEE, é utilizada como *proxy* de capital humano altamente qualificado. Por fim, a esperança de vida até os cinco anos de idade, extraída do IPEADATA, é incluída como indicador sintético das condições socioeconômicas.

Ressalta-se que todas as variáveis monetárias encontram-se expressas em valores nominais. A Tabela 3 apresenta o resumo das variáveis utilizadas, suas descrições e respectivas fontes.

Tabela 3: Descrição das variáveis utilizadas no estudo

Variável	Descrição	Fonte
estado	Sigla da UF (AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE)	IBGE
ano	Ano (2010–2023)	Dados anuais
aprov_em	Taxa de aprovação no ensino médio (%)	INEP
gasto_trans_per	Gasto estadual com transporte (R\$ nominais)	IPEADATA
pib_total	PIB estadual (mil R\$ nominais)	IPEADATA
iecti	Índice Estadual de CT&I	Base IECTI
ECI	Economic Complexity Index	Elaboração própria
pop	População estadual estimada	IPEADATA
qtd_Dr	Doutores por 100.000 hab.	CGEE/IPEADATA

Fonte: Elaboração própria.

1 Análise de resultados

Esta seção apresenta e discute os principais resultados empíricos obtidos ao longo do estudo. Inicialmente, são analisadas as relações entre as variáveis por meio de estatísticas descritivas e medidas de correlação, buscando identificar padrões e associações relevantes.

1.1 Análise Descritiva dos Dados

O Quadro 1 apresenta as estatísticas descritivas do painel completo, incluindo média, desvio padrão, valores mínimo e máximo, bem como o coeficiente de variação.

Quadro 1: Estatísticas descritivas do painel (2010–2023)

Variável	Unidade	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx.	CV (%)
PIB per capita	R\$	16.724	5.168	6.994	29.608	30,9
IECTI (Inovação)	índice	0,363	0,115	0,118	0,715	31,8
População média	milhões	6,17	3,87	2,09	14,83	62,7
Aprovação no ensino médio	%	82,7	8,2	70,4	99,2	10,0

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se elevada heterogeneidade regional, especialmente nas variáveis população e PIB per capita, refletida pelos altos coeficientes de variação. Por outro lado, a taxa de aprovação no ensino médio apresenta menor dispersão, sugerindo maior homogeneidade educacional relativa entre os estados analisados.

O Quadro 2 apresenta o ranking dos estados com base nas médias anuais das variáveis selecionadas ao longo do período 2010–2023.

Quadro 2: Estatísticas descritivas do painel (2010–2023)

Variável	Unidade	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx.	CV (%)
PIB per capita	R\$	16.724	5.168	6.994	29.608	30,9
IECTI (Inovação)	índice	0,363	0,115	0,118	0,715	31,8
População média	milhões	6,17	3,87	2,09	14,83	62,7
Aprovação no ensino médio	%	82,7	8,2	70,4	99,2	10,0

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se elevada heterogeneidade regional, especialmente nas variáveis população e PIB per capita, refletida pelos altos coeficientes de variação. Por outro lado, a taxa de aprovação no ensino médio apresenta menor dispersão, sugerindo maior homogeneidade educacional relativa entre os estados analisados.

O Quadro 3 apresenta o ranking dos estados com base nas médias anuais das variáveis selecionadas ao longo do período 2010–2023.

Quadro 3: Ranking dos estados — médias anuais (2010–2023)

Posição	Estado	PIB per capita (R\$)	IECTI	População (milhões)	Aprovação EM (%)
1	RN	19.065	0,349	3,34	76,9
2	PE	18.822	0,476	9,26	89,9
3	SE	18.798	0,333	2,20	79,6
4	BA	18.476	0,499	14,54	78,6
5	AL	16.523	0,390	3,19	81,1
6	CE	16.329	0,397	8,89	89,1
7	PB	15.249	0,222	3,97	81,9

8	PI	14.056	0,319	3,28	83,2
9	MA	13.199	0,282	6,85	83,9

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados indicam que estados com maior PIB per capita tendem a apresentar melhores indicadores de inovação e capital humano, ainda que persistam diferenças estruturais relevantes, sobretudo relacionadas ao porte populacional e à base produtiva.

O Quadro 4 compara os valores médios das variáveis entre o primeiro e o último ano da amostra. Ressalta-se que os valores correspondem à média dos estados em cada ano.

Quadro 4: Evolução temporal das variáveis — média dos estados

Variável	Unidade	2010	2023	Variação (%)
PIB per capita	R\$	9.606	26.192	+172,7
IECTI (Inovação)	índice	0,239	0,409	+71,1
População média	milhões	5,97	6,33	+6,1
Aprovação no ensino médio	%	75,3	91,4	+21,3

Fonte: Elaboração própria.

Os dados evidenciam crescimento expressivo do PIB per capita no período, acompanhado por avanços consistentes em inovação e educação, sugerindo melhorias estruturais graduais na região analisada.

O Quadro 5 apresenta a variação do PIB per capita entre 2010 e 2023 para cada estado, mostrando que Piaruí e Alagoas lideram o ranking de maior PIB per capita.

Quadro 5: Crescimento do PIB per capita por estado (2010–2023)

Estado	PIB pc 2010 (R\$)	PIB pc 2023 (R\$)	Crescimento (%)	Classificação
PI	6.999	24.040	+243,5	Alto crescimento
AL	8.664	27.866	+221,6	Alto crescimento
MA	6.994	21.308	+204,7	Alto crescimento
CE	9.292	25.253	+171,8	Alto crescimento
PB	8.793	23.509	+167,4	Alto crescimento
BA	10.884	29.064	+167,0	Alto crescimento
RN	11.298	29.608	+162,1	Alto crescimento
PE	10.884	28.428	+161,2	Alto crescimento
SE	12.648	26.651	+110,7	Alto crescimento

Fonte: Elaboração própria.

O Quadro 6 apresenta a matriz de correlação de Pearson entre o PIB per capita, o Índice Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação (IECTI), a população, o número de doutores, o gasto em transporte e o Índice de Complexidade Econômica (ECI), considerando 126 observações no período de 2010 a 2023.

Observa-se que o PIB per capita apresenta correlação positiva moderada com o IECTI (0,40) e com o número de doutores (0,55), indicando que níveis mais elevados de inovação e, sobretudo, de capital humano qualificado tendem a estar associados a maiores níveis de renda. Em contraste, a correlação entre PIB per capita e população é fraca (0,11), sugerindo que o tamanho populacional, por si só, não constitui um fator determinante do nível de renda per capita.

No que se refere ao IECTI, a Quadro 4 evidencia correlação positiva moderada com a população (0,52) e com o ECI (0,38), o que sugere que sistemas estaduais de ciência, tecnologia e inovação tendem a se estruturar com maior intensidade em economias de maior escala e com maior complexidade produtiva. Por outro lado, a

correlação entre o IECTI e o número de doutores é praticamente nula (0,05), indicando que a simples presença de capital humano altamente qualificado não garante, necessariamente, maior desempenho inovativo, possivelmente refletindo limitações na articulação entre o sistema acadêmico e o setor produtivo.

Por fim, o ECI apresenta correlação positiva moderada com a população (0,53) e com o IECTI (0,38), mas uma associação relativamente fraca com o PIB per capita (0,20), indicando que maior complexidade econômica nem sempre se reflete diretamente em níveis mais elevados de renda, especialmente em contextos marcados por heterogeneidade estrutural.

Quadro 6: Matriz de correlação

	PIBpc	IECTI	Pop	Doutores	GastoTransp	ECI
PIBpc	1,00					
IECTI	0,40	1,00				
Pop	0,11	0,52	1,00			
Doutores	0,55	0,05	-0,10	1,00		
GastoTransp	-0,06	-0,08	-0,15	-0,38	1,00	
ECI	0,20	0,38	0,53	0,12	-0,24	1,00

Nota: Valores de correlação de Pearson. N = 126 observações (2010-2023).

Fonte: Elaboração própria.

1.1 Análise de Resultados do Modelo

O Quadro 7 apresenta a comparação entre os modelos Pooled OLS, Efeitos Fixos (FE) e Efeitos Aleatórios (RE) para estimar o impacto do IECTI sobre o PIB dos estados do Nordeste no período analisado. O coeficiente do IECTI é positivo e estatisticamente significativo em todas as especificações. No modelo Pooled OLS, o coeficiente estimado é de 15.140, enquanto no modelo de Efeitos Fixos reduz-se para 6.723,56, mantendo significância ao nível de 5%. No modelo de Efeitos Aleatórios, o valor estimado é de 10.409,82, significativo a 1%.

A redução substancial na magnitude do coeficiente ao se passar do modelo pooled para o modelo de Efeitos Fixos sugere a presença de heterogeneidade não observada entre os estados. O modelo Pooled OLS não controla características estruturais invariantes no tempo, como fatores institucionais, históricos e geográficos, o que pode gerar viés de variável omitida e superestimação do efeito da inovação sobre o produto. Conforme argumenta Cruz (2015), a utilização de efeitos fixos tende a produzir estimativas mais conservadoras e consistentes quando há correlação entre efeitos individuais e regressoras.

Os resultados obtidos corroboram a literatura que atribui à inovação papel central no desenvolvimento regional. Gonçalves (2023) e Oliveira (2015) destacam que investimentos em ciência, tecnologia e inovação influenciam positivamente o dinamismo econômico subnacional. Entretanto, os achados também indicam que, no contexto nordestino, o impacto do IECTI é condicionado por heterogeneidades estruturais. Santos (2011) e Santana et al. (2022) ressaltam que a capacidade de absorção tecnológica varia entre unidades federativas. Essa interpretação dialoga com a perspectiva de causalidade cumulativa proposta por Myrdal (1957) e com as evidências de concentração regional discutidas por Azzoni (1997).

O elevado coeficiente de determinação within do modelo de Efeitos Fixos ($R^2 = 0,881$) indica forte capacidade explicativa das variações intraestaduais ao longo do tempo. Tal resultado está alinhado com evidências empíricas apresentadas por Gonçalves (2023) e Vaz (2017), que identificam efeitos positivos de investimentos em CT&I sobre o crescimento regional.

Entre as variáveis de controle, observa-se que a população apresenta significância estatística apenas no modelo de Efeitos Fixos, indicando que sua variação temporal dentro das unidades federativas contribui para explicar o crescimento econômico. Neffke, Henning e Boschma (2011) demonstram que a estrutura produtiva e o tamanho do mercado local influenciam as trajetórias regionais de desenvolvimento, o que ajuda a interpretar

esse resultado.

O gasto com transporte como proporção do PIB torna-se estatisticamente significativo nos modelos com efeitos individuais, sugerindo que a infraestrutura exerce impacto relevante quando se controla a heterogeneidade estrutural. Sousa (2016) e Oliveira (2015) argumentam que investimentos logísticos aumentam produtividade e integração regional, reforçando a consistência do achado. A variável referente à quantidade de doutores mantém coeficiente positivo e altamente significativo em todas as especificações, evidenciando a importância do capital humano avançado. Gelmini (2021) e Carvalho (2022) destacam que a formação de recursos humanos qualificados está associada à geração de conhecimento e à elevação da produtividade regional.

Por sua vez, o ECI não apresentou significância estatística nos modelos estimados. Esse resultado sugere que a variação da complexidade econômica no período pode não ter sido suficiente para produzir efeitos de curto prazo sobre o PIB. Gala (2020), Pereira (2023) e Smolski (2024) argumentam que, em economias com baixa diversificação produtiva, a tradução da complexidade em renda pode ocorrer de forma gradual.

Quadro 7: Comparação entre Modelos: Pooled OLS, Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios

Variável	Pooled OLS	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios
Constante	-11.500,00***	-109.697,93***	-16.381,60***
IECTI	15.140,00***	6.723,56**	10.409,82***
População	-0,0002	0,0175***	0,0000
ECI	671,40	223,45	247,59
Gasto Transporte (%)	1.106,20	3.788,75***	2.409,14***
Aprovação EM	241,92***	111,20**	275,62***
Doutores	583,50***	791,28***	893,43***
R ²	0,596	0,881 (within)	0,696
Observações	126	126	126
Estados	9	9	9

Notas: Erros-padrão robustos. *** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,10.

Fonte: Elaboração própria.

O resultado do teste de Hausman, apresentado no Quadro 8, avalia a hipótese nula (H_0) de ausência de correlação entre os efeitos individuais não observados e as variáveis explicativas do modelo. Sob H_0 , o estimador de Efeitos Aleatórios é consistente e eficiente.

Contudo, o valor da estatística χ^2 (17,43) e o p-valor de 0,0148 indicam rejeição da hipótese nula ao nível de 5%. Esse resultado sugere a existência de correlação entre os efeitos específicos dos estados e as regressoras, tornando o estimador de Efeitos Aleatórios inconsistente.

Dessa forma, opta-se pelo modelo de Efeitos Fixos, que controla a heterogeneidade não observada invariável no tempo e se mostra mais adequado para a análise.

Quadro 8: Teste de Hausman: Efeitos Fixos vs. Efeitos Aleatórios

Estatística χ^2	17,43
Graus de liberdade	7
P-valor	0,0148

Fonte: Elaboração própria.

A Quadro 9 apresenta uma bateria de testes de robustez com o objetivo de verificar a estabilidade do efeito do IECTI sobre o PIB per capita. A especificação base confirma coeficiente positivo e estatisticamente significativo ao nível de 5%, com R² within de 0,881.

Ao introduzir a defasagem do IECTI (coluna 2), o coeficiente permanece positivo e significativo ao nível de 10%, sugerindo que os impactos da inovação podem ocorrer com defasagem temporal. Esse resultado

é consistente com a literatura de crescimento endógeno, que enfatiza efeitos dinâmicos da acumulação de conhecimento, conforme argumentam Barquero (2001) e Amaral Filho (2001).

A exclusão do estado da Bahia não altera substancialmente a magnitude nem a significância do coeficiente, indicando que os resultados não são conduzidos por uma única unidade federativa de maior peso econômico, em linha com as evidências sobre concentração regional discutidas por Azzoni (1997).

De forma semelhante, ao restringir a amostra aos cinco estados de menor PIB per capita, o coeficiente do IECTI aumenta em magnitude, sugerindo que o impacto da inovação pode ser relativamente mais intenso em economias regionais menores. Esse achado dialoga com a hipótese de convergência condicionada apresentada por Sousa (2024).

Por fim, a exclusão de variáveis de controle reduz o poder explicativo do modelo, mas preserva o sinal e a significância estatística da variável principal. Em conjunto, os testes de robustez confirmam a estabilidade do efeito positivo do IECTI, reforçando a consistência empírica do resultado principal, conforme discutido metodologicamente por Cruz (2015) e empiricamente por Gonçalves (2023).

Quadro 9: Testes de Robustez – Efeito do IECTI sobre o PIB per capita nos Estados do Nordeste

Variáveis	(1) Base FE	(2) IECTI Lag	(3) Sem Bahia	(4) 5 Menores	(5) Sem Maior IECTI	(6) Sem Controles
IECTI	6,724** (0,019)		6,795** (0,027)	10,756* (0,060)	6,795** (0,027)	9,845** (0,013)
IECTI (t-1)		4,481* (0,081)				
População	0,0175*** (0,000)	0,0190*** (0,000)	0,0181*** (0,000)	0,0278*** (0,000)	0,0181*** (0,000)	0,0275*** (0,000)
Efeitos Fixos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Observações	126	117	112	70	112	126
Estados	9	9	8	5	8	9
R ² (within)	0,881	0,885	0,876	0,892	0,876	0,714

Notas: P-valores entre parênteses. Erros-padrão robustos clusterizados por estado.

*** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,10.

Fonte: Elaboração própria.

1 CONCLUSÃO

O presente estudo analisou os determinantes do PIB per capita nos estados da Região Nordeste do Brasil entre 2010 e 2023, com ênfase no papel da capacidade inovativa, medida pelo Índice Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação (IECTI), e da complexidade econômica, representada pelo Índice de Complexidade Econômico (ECI). A partir de um modelo econométrico com dados em painel e efeitos fixos, os resultados indicaram que a inovação exerce impacto positivo e estatisticamente significativo sobre a renda regional, corroborando a literatura que atribui à ciência, tecnologia e inovação um papel central no desenvolvimento econômico (GONÇALVES e SANTANA, 2023; OLIVEIRA et al, 2015). Em contraste, o Índice de Complexidade Econômica não apresentou significância estatística nos modelos estimados, sugerindo que a sofisticação produtiva medida pela estrutura exportadora não se traduz automaticamente em maior PIB per capita no contexto nordestino. Esse achado indica que, em economias marcadas por heterogeneidade estrutural e baixa diversificação produtiva, a complexidade econômica pode demandar fatores complementares, como capital humano avançado, infraestrutura consolidada e sistemas de inovação maduros, para gerar impactos efetivos sobre a renda (Gala, 2020; Pereira, G. J. d. Silva e Larruscain,2023). Entre as variáveis de controle, destacaram-se a quantidade de

doutores, a taxa de aprovação no ensino médio e os gastos com infraestrutura de transporte, reafirmando a importância do capital humano e da logística como pilares do desenvolvimento regional. O teste de Hausman confirmou a adequação do modelo de efeitos fixos, e os testes de robustez, incluindo defasagem da variável de inovação, exclusão de estados influentes e restrição amostral, atestaram a estabilidade e consistência dos resultados.

Apesar das contribuições, o estudo apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Embora o modelo de efeitos fixos controle para heterogeneidade não observada, não é possível descartar completamente a existência de causalidade reversa entre inovação e PIB per capita, uma vez que estados mais ricos podem investir mais em ciência, tecnologia e inovação. Além disso, a análise não incorporou explicitamente interações espaciais entre os estados, o que pode ser relevante dado que o conhecimento e a inovação tendem a transbordar entre regiões vizinhas (SOUZA et al, 2020). O período analisado, de 2010 a 2023, inclui choques econômicos significativos, como a crise pós-2014 e a pandemia de COVID-19, que podem ter afetado a dinâmica das variáveis. A análise agregada por estados também pode ocultar heterogeneidades intramunicipais ou setoriais relevantes. Por fim, o IECTI, embora robusto, é um indicador sintético que pode não capturar integralmente inovações incrementais ou informais, comuns em economias periféricas.

Recomenda-se que estudos futuros utilizem modelos dinâmicos ou variáveis instrumentais para tratar a endogeneidade entre inovação e crescimento, incorporem a dimensão espacial por meio de modelos econométricos espaciais, ampliem a análise para outras regiões do Brasil ou para recortes municipais, testem diferentes defasagens e especificações não lineares, utilizar indicadores qualitativos ou setoriais de inovação e avaliem o impacto de políticas públicas específicas, como fundos constitucionais, programas de ciência, tecnologia e inovação ou investimentos em educação superior, sobre a capacidade inovativa e a renda regional.

Os achados reforçam a necessidade de políticas regionais integradas, que combinem fortalecimento dos sistemas estaduais de inovação, investimentos contínuos em capital humano avançado, melhoria da infraestrutura logística para integração dos mercados e estímulo à articulação entre universidades, setor produtivo e governo. A ausência de efeito direto da complexidade econômica sobre a renda sugere que não basta diversificar a pauta exportadora: é preciso garantir que essa diversificação esteja associada a ganhos de produtividade, encadeamentos produtivos locais e absorção tecnológica. Em síntese, o estudo contribui para o debate sobre desenvolvimento regional ao evidenciar que a inovação importa, mas seu impacto é condicionado por fatores estruturais e institucionais. Superar as desigualdades históricas do Nordeste brasileiro exige, portanto, uma estratégia de desenvolvimento de longo prazo, ancorada no conhecimento, na capacitação tecnológica e na transformação produtiva do território.

Referências

- ABREU, André Luiz Silva de. **Investimento público e desenvolvimento da educação fundamental: relação analisada nas capitais do Nordeste entre 2017 e 2023**. Universidade Estadual do Piauí, 2025.
- AMARAL FILHO, J. do. A endogeneização no desenvolvimento econômico regional e local. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 23, 2001.
- AMARIZ, S. L.; PESSANHA, G. R. G.; CAMPOS, C. L. O. **Transporte escolar no Brasil e sua influência no desempenho ou indicadores educacionais dos estudantes: Uma revisão sistemática da literatura (2015-2024)**. **Revista Exitus**, Universidade Federal do Oeste do Pará-UFOPA, v. 15, 2025.
- AMORIM, A. L.; SCALCO, P. R.; BRAGA, M. J. Crescimento econômico e convergência de renda nos estados brasileiros: uma análise a partir dos grandes setores da economia. **Revista Econômica do Nordeste** v. 39, n. 3, p. 359–370, 2008
- ASHEIM, B. T.; ISAKSEN, A. Regional Innovation Systems: The Integration of Local 'Sticky' and Global 'Ubiquitous' Knowledge. **Journal of Technology Transfer**, v. 27, p. 77–86, 2002.
- AZZONI, C.; MENEZES, T.; MENEZES, N.; NETO, R. Geografia e convergência da renda entre os estados brasileiros. In: HENRIQUES, R. (ed.). **Desigualdade e pobreza no Brasil**. Rio de Janeiro: Ipea, 2000. p. 299–343.
- AZZONI, C. R. Concentração regional e dispersão das rendas per capita estaduais: análise a partir de séries históricas

estaduais de PIB, 1939-1995. **Estudos Econômicos**, v. 27, n. 3, p. 341–93, 1997.

BAHIA, D. S.; SAMPAIO, A. V. Diversificação e Especialização Produtiva na Geração de Inovação Tecnológica: Uma Aplicação para os Estados Brasileiros. **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 109–134, 2015.

BALLAND, P.-A.; BOSCHMA, R.; CRESPO, J.; RIGBY, D. L. Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification. **Regional studies**, Taylor & Francis, v. 53, n. 9, p. 1252–1268, 2019.

BALLAND, P.-A.; RIGBY, D. **The geography of complex knowledge. Economic geography**, Taylor & Francis, v. 93, n. 1, p. 1–23, 2017.

BARQUERO, A. Desenvolvimento endógeno em tempos de globalização (Fundação d). **Porto Alegre**, 2001.

BARROS, Felipe Rocha Presado Menezes. Fatores determinantes do crescimento econômico dos estados da região Nordeste–2002-2012. Universidade Federal de Alagoas, 2015.

BENELI, D. S.; CARVALHO, S. A. D.; FURTADO, A. T. Indicador composto estadual de inovação (ICEI): uma metodologia para avaliação dos sistemas regionais de inovação. **Nova Economia**, v. 32, n. 2, 2022.

BRANDÃO, C. Teorias, estratégias e políticas regionais e urbanas recentes: anotações para uma agenda do desenvolvimento territorializado. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, n. 107, p. 57–76, 2004.

BUENO, A.; CARDOSO, B. H.; HARTMANN, D.; FERRAZ, D. **Diversificação econômica e realocação setorial de pequenas firmas: uma análise empírica para as microrregiões brasileiras**. Curitiba: ANPEC Sul, 2023.

CALDAS, A. d. S.; CERQUEIRA, P. d. S.; PERIN, T. d. F. Mais além dos arranjos produtivos locais: as indicações geográficas protegidas como unidades de desenvolvimento local. **RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 7, n. 11, 2007.

CARNEIRO, N. d. A. **Elasticidades renda-pobreza e desigualdade-pobreza nos estados do Nordeste: uma abordagem com dados em painel (2012-2023)**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2025.

CARVALHO, D. E. de; ROMERO, J. P. Determinantes do progresso tecnológico em países centrais e periféricos na perspectiva da Economia Evolucionária. **Economia Ensaios**, 2022.

CASTALDI, C.; FRENKEN, K.; LOS, B. **Related variety, unrelated variety and technological breakthroughs: an analysis of US state-level patenting. In: EVOLUTIONARY economic geography**. [S. l.]: Routledge, 2017. p. 63–77.

CAVALCANTI JR, C. A. A.; LIMA, J. P. R. desempenho e mudanças da economia do nordeste nas primeiras décadas do século. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 56, n. 1, p. 160–179, 2025.

CIMOLI, M.; DOSI, G.; STIGLITZ, J. E. Industrial policy and development: The political economy of capabilities accumulation. **New York: Oxford**, p. 113–137, 2009.

COSTA, J. E. A. B.; ESPERIDIÃO, F.; MISSIO, F. J.; FRAGA, J. S.; MOURA, F. R. de. **Uma análise dos determinantes macroeconômicos do investimento produtivo dos estados brasileiros**. [S. l.: s. n.], 2023.

CRUZ, I. S. d.; MOURA, F. R. d.; SANTANA, J. R. d.; RIBEIRO, L. C. d. S. Fatores de influência do PIB per capita dos Estados Brasileiros: uma análise de painel com o uso dos métodos PCSE e FGLS (1991–2009). **Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 33, n. 63, p. 229–257, 2015.

DURSTON, J. **¿Qué es el capital social comunitario?** [S. l.], 2000.

EMBALÓ, U. **Determinantes de crescimento económico nos países da UEMOA: uma análise em dados de painel**. 2023. Diss. (Mestrado) – Instituto Politécnico de Santarém, Portugal.

FERREIRA DE ALMEIDA, E. R.; CASTRO ARAUJO, V. de. **TEORIA DA COMPLEXIDADE ECONÔMICA E DESIGUALDADE DE RENDA: EVIDÊNCIAS PARA A REGIÃO DO GRANDE ABC (2000-2010)**. **Gestão e Regionalidade**, v. 36, n. 108, 2020.

FRENKEN, K.; VAN OORT, F.; VERBURG, T. Related variety, unrelated variety and regional economic growth. **Regional studies**, Taylor & Francis, v. 41, n. 5, p. 685–697, 2007.

GALA, P. **Complexidade econômica: uma nova perspectiva para entender a antiga questão da riqueza das nações**. [S. l.]: Contraponto Editora, 2020.

GELMINI, E. L.; ANJOS AUGUSTO, H. dos. O ensino como fator de desenvolvimento regional: uma análise empírica. **OLIVEIRA, Robson José de (org.). Extensão rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura. Guarujá, SP: Científica Digital, 2021. v. 1.**, Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

GIOVANINI, A.; ALMEIDA, H. J. F. Economias de aglomeração e tamanho do mercado: Determinantes do PIB municipal. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 19, n. 3, p. 393–417, 2025.

GONÇALVES, B. S.; SANTANA, J. R. D. A influência dos investimentos públicos estaduais em ciência, tecnologia e inovação no desenvolvimento regional: uma análise em painel no período de 2000 a 2012. **P2P e inovação**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 274–292, 2023.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. **Multivariate Data Analysis**. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2014.

HIDALGO, C. A.; HAUSMANN, R. The Building Blocks of Economic Complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 26, p. 10570–10575, 2009. DOI: 10.1073/pnas.0900943106.

HIRSCHMAN, A. O. The strategy of economic development. New Haven, Conn.: Yale University, 1958.

KOGLER, D. F.; RIGBY, D. L.; TUCKER, I. Mapping knowledge space and technological relatedness in US cities. **European planning studies**, Taylor & Francis, v. 21, n. 9, p. 1374–1391, 2013.

LIMA, L. D. D. **Determinantes econômicos e institucionais dos fluxos de investimento direto externo: evidência empírica para países desenvolvidos e em desenvolvimento**. 2024. Tese (Doutorado).

MENDONÇA, E. F. L. d.; COELHO, D. G.; SILVA, P. M. N. M.; PEREIRA, O. L. F. P.; COSTA, R. A.; DUARTE, S. P. d. S.; OLIVEIRA, A. d. S. **Índice de Inovação dos Estados Brasileiros (2023)**. In: 51º Encontro Nacional de Economia. Rio de Janeiro: [s. n.], 2023. Anais... Acesso em: 10 abr. 2024.

MONEA, G. K. A. **A complexidade econômica no Brasil: uma análise das diferentes estruturas regionais**. 2020. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

MONTEIRO NETO, A. **Desenvolvimento regional no Brasil: contribuições do Ipea para uma economia política das políticas regionais**. [S. l.]: IPEA, 2023.

MYRDAL, G.; SITOANG, P. Economic theory and under-developed regions. G. Duckworth London, 1957.

NASCIMENTO MENDONÇA, I. do; NEVES, O. J. F.; BATISTA, C. R. políticas econômicas recentes e as características do mercado de trabalho na região nordeste do Brasil. **Reflexões Econômicas**, v. 7, n. 1, p. 70–94, 2023.

NEFFKE, F.; HENNING, M.; BOSCHMA, R. How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions. **Economic geography**, Taylor & Francis, v. 87, n. 3, p. 237–265, 2011.

NOGUEIRA, P. N. **Educação profissionalizante, mercado de trabalho e desenvolvimento regional: um estudo da relação entre as atividades econômicas locais e a capacitação a partir do IFMA em 4 municípios das regiões gerais de Balsas e Tocantins Maranhense–MA**. 2023. Tese (Doutorado).

OLIVEIRA, M. C.; JUNIOR, S. d. S. P. **gastos públicos com infraestrutura e disparidades regionais: impactos no PIB per capita das regiões sul e nordeste do Brasil, 2015**.

OLIVEIRA, M. A. C.; MENDES, D. R. F.; MOREIRA, T. B. S.; CUNHA, G. H. d. M. Análise Econométrica dos Dispendios em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) no Brasil. **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 268–286, 2015.

PEREIRA, A. J.; SILVA, G. J. d.; LARRUSCAIM, I. d. M. **complexidade econômica e a estrutura produtiva brasileira: o padrão de exportação e o desenvolvimento econômico nacional no século XXI**. *Revista de Economia Contemporânea*, SciELO Brasil, v. 27, e232717, 2023.

PINTO, L. C. T. **O esforço dos Estados nordestinos na construção de capacitações para a inovação: Uma análise para 2010**. 2014. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Alagoas, Brasil.

RIBAS, M. M. *et al.* **Efeitos do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE) sobre a redução da desigualdade de renda do Nordeste: uma abordagem quantitativa**. Universidade Federal da Paraíba, 2024.

SANTANA, J. R.; FREITAS, E. E.; SILVA, D. S.; QUINTINO, H. M. S.; LIMA, N. V. A.; SOUZA, M. E. V. **Análise e proposição de indicador estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação (IECTI), 2022**. Enaber.

SANTOS, E. C. C. Índice estadual de ciência, tecnologia e inovação como contribuição à melhoria da capacidade de gestão pública. **Nova Economia**, p. 399–421, 2011.

SANTOS, E. C. D. C. Índice estadual de ciência, tecnologia e inovação como contribuição à melhoria da capacidade de gestão pública. **Nova Economia**, v. 21, p. 399–421, 2011.

SILVA, D. S.; QUINTINO, H. M. S.; SANTANA, J. R. Proposição de indicadores subnacionais de ciência, tecnologia e inovação: uma aplicação aos estados brasileiros. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, Salvador, v. 3, n. 41, p. 100–129, 2018.

SILVA, V. P. d. **Determinantes da desigualdade de renda no Brasil: um estudo econométrico de dados em painel para os estados do país, no período 2012-2020**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022.

SMOLSKI, F. M. d. S.; RUFFONI, J.; MASCARINI, S. O efeito da complexidade econômica e relatedness sobre o crescimento econômico das microrregiões brasileiras. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, SciELO Brasil, v. 54, e53575442, 2024.

SOUSA, R. G.; PAULO, E. Produtividade dos Gastos Públicos dos Estados Brasileiros. Um Estudo Empírico no Período de 1995 a 2010. **Desenvolvimento em Questão**, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, v. 14, n. 36, p. 187–219, 2016.

SOUSA, T. H. T. D. **Convergência de renda e migração entre os estados brasileiros: uma análise por dados em painel (1970–2022)**. 2024. Tese (Doutorado).

SOUZA, A. E. de; FEISTEL, P. R. Análise espacial do crescimento econômico e das exportações por intensidade

tecnológica das microrregiões nordestinas no período de 2010 a 2016. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 17, n. 4, p. 485–513, 2023.

SOUZA, A.; FEISTEL, P. R.; SILVA, M.; CORONEL, D. A. Crescimento econômico e exportações classificadas por níveis de intensidade tecnológicas: uma análise espacial a partir das microrregiões nordestinas no período de 2010 a 2016. **XVIII Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, 2020.

TACCHELLA, A.; CRISTELLI, M.; CALDARELLI, G.; GABRIELLI, A.; PIETRONERO, L. A new metrics for countries' fitness and products' complexity. **Scientific reports**, Nature Publishing Group UK London, v. 2, n. 1, p. 723, 2012.

VASCONCELOS, C. R. M.; SILVA, A. G. F. da; EL-AOUAR, W. A. empreendimentos em capitais do nordeste brasileiro: diagnósticos sobre segmentos e desenvolvimento local. **HOLOS**, v. 4, 2022.

VAZ, E.; CARVALHO, L. C. de; KROENKE, A. análise dos fatores determinantes da inovação nos estados brasileiros, 2017