



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

CIÊNCIAS ECONÔMICAS

ANDERSON CLAUDIO OLIVEIRA DA SILVA

**A RELAÇÃO ENTRE GASTOS GOVERNAMENTAIS E O PIB DE PERNAMBUCO:
UMA ANÁLISE EMPÍRICA**

RECIFE

2025

ANDERSON CLAUDIO OLIVEIRA DA SILVA

**A RELAÇÃO ENTRE GASTOS GOVERNAMENTAIS E O PIB DE PERNAMBUCO:
UMA ANÁLISE EMPÍRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
Apresentado ao Curso de Ciências
econômicas da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel em
Ciências Econômicas.

Orientador: Dr José Lamartine Távora Jr.

RECIFE

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Anderson Claudio Oliveira da.

A relação entre gastos governamentais e o PIB de Pernambuco: Uma análise empírica / Anderson Claudio Oliveira da Silva. - Recife, 2025.
41 : il., tab.

Orientador(a): José Lamartine Távora Júnior

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Ciências Econômicas - Bacharelado, 2025.

Inclui referências, apêndices.

1. Pib. 2. Gastos. I. Júnior, José Lamartine Távora. (Orientação). II. Título.

330 CDD (22.ed.)

ANDERSON CLAUDIO OLIVEIRA DA SILVA

**A RELAÇÃO ENTRE GASTOS GOVERNAMENTAIS E O PIB DE PERNAMBUCO:
UMA ANÁLISE EMPÍRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
Apresentado ao Curso de Ciências
econômicas da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel em
Ciências Econômicas.

Aprovado em: 11/04/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **JOSE LAMARTINE TAVORA JUNIOR**
Data: 14/04/2025 18:40:10-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. José Lamartine Távora Jr (Orientador)

Universidade federal de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 **RICARDO CHAVES LIMA**
Data: 14/04/2025 19:20:46-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr Ricardo Chaves Lima (Examinador Interno)

Universidade federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho e desta jornada acadêmica.

Ao Professor Doutor José Lamartine Távora Jr., meu orientador, pela orientação incansável, pelo rigor acadêmico e pela paciência em cada etapa deste processo. Sua expertise e comprometimento foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa, e sou imensamente grato pela oportunidade de aprender sob sua orientação.

À minha família, meu alicerce e minha maior fonte de força. Obrigado pelo amor incondicional, pelo apoio nos momentos de dúvida e por sempre acreditarem em mim, mesmo quando os desafios pareciam grandes demais. Vocês são minha base e minha inspiração.

Ao meu pai, em especial, que sempre foi meu maior exemplo de resiliência e determinação. Sua sabedoria e coragem me ensinaram que nenhum obstáculo é grande demais quando se persiste com fé e trabalho árduo. Este trabalho é, em grande parte, fruto dos valores que você me transmitiu.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado nos momentos de desânimo e celebração. Obrigado pelas risadas, pelos conselhos e por me lembrarem que não estava sozinho nessa caminhada. Cada palavra de incentivo fez diferença.

Por fim, agradeço a todos os professores, colegas e profissionais que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal.

A todos vocês, meu eterno e sincero obrigado.

RESUMO

Este trabalho investiga a relação entre os gastos públicos e o Produto Interno Bruto (PIB) do estado de Pernambuco, com o objetivo de compreender os impactos das despesas nas áreas de educação, saúde e previdência sobre o crescimento econômico estadual. Utilizando métodos quantitativos, como a Regressão Linear, Random Forest e Diferenças-em-Diferenças (DiD), o estudo analisou o período de 2013 a 2022. Os resultados indicaram que os gastos em educação e saúde têm um impacto positivo e significativo sobre o PIB, enquanto os gastos previdenciários não apresentaram efeitos imediatos no curto prazo. O estudo também observou que o “congelamento” dos gastos em educação entre 2015 e 2020 não resultou em uma queda imediata no PIB, mas pode gerar implicações negativas no longo prazo, dado o papel crucial da educação para o desenvolvimento do capital humano e o crescimento econômico sustentável. As limitações do estudo incluem a ausência de variáveis qualitativas e a restrição ao período analisado, sugerindo a necessidade de pesquisas futuras que contemplem uma análise mais ampla e de longo prazo. A pesquisa recomenda que as políticas públicas de Pernambuco priorizem investimentos em educação e saúde, alinhados com uma gestão eficiente, a fim de promover um crescimento econômico equilibrado e sustentável.

Palavras-chave: gastos públicos, PIB, Pernambuco, educação, saúde, regressão linear, Random Forest, Diferenças-em-Diferenças.

ABSTRACT

This paper investigates the relationship between public spending and the Gross Domestic Product (GDP) of the state of Pernambuco, with the aim of understanding the impacts of expenditures in the areas of education, health, and social security on the state's economic growth. Using quantitative methods, such as Linear Regression, Random Forest, and Differences-in-Differences (DiD), the study analyzed the period from 2013 to 2022. The results indicated that spending on education and health have a positive and significant impact on GDP, while social security spending did not show immediate effects in the short term. The study also observed that the freeze on education spending between 2015 and 2020 did not result in an immediate drop in GDP, but may generate negative implications in the long term, given the crucial role of education for the development of human capital and sustainable economic growth. The limitations of the study include the absence of qualitative variables and the restriction to the period analyzed, suggesting the need for future research that contemplates a broader and long-term analysis. The research recommends that public policies in Pernambuco prioritize investments in education and health, aligned with efficient management, in order to promote balanced and sustainable economic growth.

Keywords: public spending, GDP, Pernambuco, education, health, linear regression, Random Forest, Differences-in-Differences.

Sumário

1.	Introdução	7
1.1.	Objetivo Geral	8
1.2.	Específicos	8
1.3.	Estrutura da monografia	8
2.	Pernambuco no Contexto Socioeconômico Nordeste: Potencial e Desafios	10
3.	Discussão teórica sobre o tema	11
4.	Metodologia	16
4.1.	Métodos de Análise	16
4.2.	Variáveis do Estudo	19
4.3.	Fontes de Dados	20
4.4.	Etapas da Pesquisa	23
4.5.	Limitações da Pesquisa	24
5.	Apresentação e análise dos dados resultados	25
5.1.	Modelo de regressão linear	25
5.2.	Modelo Random Forest para o PIB Total	29
5.3.	Impacto do “Congelamento” de Gastos em Pernambuco (2015-2020) através do modelo did	33
6.	Conclusão e recomendações	35
6.1.	Sugestões para Pesquisas Futuras	36
	Referências	37
	Apêndice A (Gráficos)	39
	Apêndice B (Tabelas)	40

1. Introdução

Nos últimos anos, os gastos públicos e seu impacto no desenvolvimento econômico têm sido amplamente debatidos em diferentes esferas. Em países emergentes, como o Brasil, os investimentos governamentais desempenham um papel estratégico na redução de desigualdades e na promoção do crescimento. No Nordeste, essa questão se torna ainda mais relevante, dada a persistência de fragilidades estruturais que limitam a capacidade de expansão da economia local. Pernambuco, em particular, apresenta uma economia diversificada, onde setores como indústria, serviços e agropecuária exercem funções distintas na composição do Produto Interno Bruto (PIB).

Nos últimos dez anos, os investimentos públicos em Pernambuco oscilaram significativamente em resposta a crises fiscais e ajustes orçamentários. Por exemplo, a retração nos gastos federais durante o período de austeridade pós-2015 e a recente desaceleração econômica global impactaram setores estratégicos do estado, como o Porto de Suape e o polo de tecnologia do Recife. Enquanto alguns setores, como o de serviços, mantiveram certa estabilidade, outros, como a indústria e a infraestrutura, sentiram os efeitos da redução nos investimentos públicos. Essas variações destacam a necessidade de compreender como os gastos governamentais influenciam o desempenho econômico de Pernambuco e sua capacidade de crescimento, especialmente em um contexto de incertezas econômicas e restrições fiscais. Essa análise é fundamental para identificar os setores mais impactados e orientar políticas públicas mais eficazes.

Este estudo tem como objetivo investigar a relação entre os gastos públicos e o PIB de Pernambuco, analisando de que forma as despesas governamentais influenciam as atividades econômicas do estado. Para isso, serão utilizados dados da Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa), que detalham o PIB setorial, e do Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (Siconfi), que fornece informações sobre as despesas governamentais. Essas fontes foram escolhidas por sua confiabilidade e abrangência, permitindo uma análise precisa e detalhada. O período analisado compreende os anos de 2013 a 2022, escolhido por abranger momentos-chave, como a crise fiscal brasileira, a recessão de 2015-2016 e os efeitos da pandemia de COVID-19, o que possibilita uma avaliação abrangente dos impactos dos gastos públicos em diferentes contextos econômicos.

Para realizar essa análise, serão aplicados três métodos: a Regressão Linear, o Random Forest e o método de Diferenças-em-Diferenças (DID), este último para comparar gastos em educação entre os estados de Pernambuco e a Paraíba.

1.1. Objetivo Geral

Analisar o impacto dos gastos públicos sobre o Produto Interno Bruto (PIB) de Pernambuco entre 2013 e 2022, utilizando métodos estatísticos e de aprendizado de máquina, com ênfase na Regressão Linear, no Random Forest e no método de Diferenças-em-Diferenças (DID). O estudo busca compreender a relação entre diferentes categorias de investimento governamental e o desempenho econômico setorial, identificando setores mais sensíveis aos gastos públicos. Os resultados visam fornecer subsídios para a formulação de políticas públicas mais eficazes, orientando a alocação de recursos de forma estratégica e promovendo

1.2. Específicos

- 1.2.1. Identificar e hierarquizar os gastos públicos com maior impacto no PIB de Pernambuco
- 1.2.2. Avaliar relações não lineares e interações setoriais
- 1.2.3. Comparar a eficácia de métodos estatísticos
- 1.2.4. Analisar os efeitos de curto vs. longo prazo dos gastos em educação
- 1.2.5. Recomendar prioridades para alocação de recursos

1.3. Estrutura da monografia

Esta pesquisa está organizada em seis capítulos, conforme detalhado abaixo:

- **Introdução**

Apresenta o contexto socioeconômico de Pernambuco, a justificativa do estudo, o problema de pesquisa, os objetivos (geral e específicos) e a relevância acadêmica e política do tema.

- **Pernambuco no Contexto Socioeconômico Nordestino: Potencial e Desafios**

Analisa a estrutura produtiva do estado, suas disparidades regionais e os impactos de crises recentes (como a pandemia de COVID-19 e a austeridade fiscal pós-2015) sobre a economia local. Dados do IBGE, SEFAZ-PE e instituições regionais embasam a discussão.

- **Discussão Teórica sobre o Tema**

Revisa as principais teorias econômicas que relacionam gastos públicos e crescimento (Keynes, 1936; Barro, 1990), além de evidências empíricas nacionais e regionais. Inclui tópicos como:

- O papel dos gastos em educação e saúde no PIB;
- Efeitos multiplicadores de investimentos em infraestrutura;
- Limitações da política fiscal em contextos de restrição orçamentária.

- **Metodologia**

Descreve os métodos quantitativos adotados:

- **Regressão Linear:** Para relações lineares entre gastos públicos e PIB setorial;
- **Random Forest:** Para capturar interações não lineares e hierarquizar a importância das variáveis;
- **Diferenças-em-Diferenças (DID):** Para avaliar o impacto do congelamento de gastos em educação (2015-2020) em comparação com a Paraíba (grupo de controle).

Detalha fontes de dados (Siconfi, Suframa, IBGE), variáveis e limitações do estudo.

- **Análise dos Resultados**

Apresenta e discute os achados empíricos, incluindo:

- Resultados da regressão linear (impacto positivo de gastos em educação e saúde);
- Importância relativa das variáveis no modelo Random Forest;
- Efeitos do congelamento de gastos (DID).

Gráficos e tabelas complementam a análise (Apêndices A e B).

- **Conclusão e Recomendações**

Sintetiza as conclusões, destacando:

- A relação positiva entre gastos sociais (educação/saúde) e PIB;
- A ausência de efeitos imediatos do congelamento de gastos;
- Limitações do estudo (ex.: ausência de variáveis qualitativas).

Propõe diretrizes para políticas públicas e sugestões para pesquisas futuras.

- **Referências**

Lista todas as fontes citadas, seguindo as normas da ABNT.

- **Apêndices**

Apêndice A: Gráficos complementares.

Apêndice B: Tabelas detalhadas (ex.: importância das variáveis no Random Forest por setor).

2. Pernambuco no Contexto Socioeconômico Nordestino: Potencial e Desafios

Pernambuco destaca-se como uma das economias mais dinâmicas da região Nordeste, respondendo por cerca de 2,4% do PIB brasileiro, conforme dados do IBGE (2022). A estrutura produtiva do estado apresenta notável diversificação, com participação de 25,3% da indústria, 67,1% dos serviços e 7,6% da agricultura no Valor Adicionado Bruto (VAB) estadual, segundo o CODE-PE (2021). No entanto, esse dinamismo econômico coexiste com marcantes desigualdades regionais. A Região Metropolitana do Recife concentra 63,8% da atividade econômica estadual, enquanto o Sertão pernambucano apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) 28% inferior à média do estado, de acordo com o Atlas Brasil (2010).

Os Impactos da Crise Fiscal e da Pandemia

A crise sanitária provocada pela COVID-19 exacerbou essas disparidades regionais. Em 2020, a economia pernambucana sofreu uma contração de 3,7% (ACEP, 2021), com setores como o turismo registrando queda de 58% na receita hoteleira e a construção civil apresentando redução de 11,2% no VAB (SETUR-PE, 2021). A necessidade de priorizar recursos para o enfrentamento da pandemia resultou em aumento de 23% nos gastos sociais (equivalente a R\$ 2,1 bilhões), enquanto os investimentos em infraestrutura sofreram redução de 18% entre 2019 e 2021 (SEFAZ-PE, 2022).

A atuação dos Gastos Públicos no Desenvolvimento Estadual

Neste cenário desafiador, a política fiscal revelou seu duplo papel estratégico. Por um lado, os investimentos em infraestrutura logística, como as obras do Porto de Suape, demonstraram significativo efeito multiplicador, gerando 2,3 postos de trabalho indiretos para cada vaga direta criada, conforme estudo da UNICAP (2023). Por outro,

iniciativas de desenvolvimento tecnológico, como o Porto Digital, contribuíram para ampliar em 40% a formação de profissionais de tecnologia da informação entre 2015 e 2022 (Porto Digital, 2023).

Essas evidências reforçam a importância da análise sistemática da relação entre gastos públicos e crescimento econômico em Pernambuco. Como demonstrado em estudo do IPEA (2021), os estados nordestinos que mantiveram investimentos estratégicos em capital humano e infraestrutura durante períodos de crise apresentaram recuperação econômica 18% mais rápida no período pós-pandêmico, destacando o papel fundamental das políticas públicas bem direcionadas para o desenvolvimento regional sustentável.

3. Discussão teórica sobre o tema

3.1. Os Gastos Públicos como Instrumento de Política Fiscal: Teoria e Evidências Empíricas

Na perspectiva keynesiana, os gastos públicos assumem papel central como mecanismo de estímulo à demanda agregada em contextos de retração econômica. Como fundamenta Keynes (1936/1988, p. 378), "o Estado deverá exercer influência sobre a propensão a consumir através do sistema tributário, da taxa de juros e outros mecanismos", destacando a política fiscal como ferramenta anticíclica. Essa premissa teórica encontra respaldo em estudos contemporâneos sobre o caso brasileiro.

No contexto nacional, os investimentos públicos concentram-se prioritariamente em infraestrutura, saúde e educação. Conforme análise do IPEA (2020, p. 7), tais dispêndios "combinam estímulo à demanda corrente com ganhos de produtividade futura", atuando simultaneamente como vetor de crescimento imediato e de redução de desigualdades estruturais. Essa dupla função torna-os particularmente relevantes para economias em desenvolvimento.

A literatura empírica oferece evidências robustas sobre essa relação. Aschauer (1989, p. 186), em estudo seminal sobre a economia norte-americana, estimou uma elasticidade de 0,39 entre o estoque de capital público e o PIB, concluindo que "infraestrutura pública é produtiva e gera impacto significativo sobre a atividade econômica agregada". Contudo, Barro (1990, p. S108) adverte que essa relação segue uma trajetória não linear: "inicialmente positiva, mas eventualmente negativa", quando os gastos ultrapassam determinado patamar ótimo.

O caso do Complexo Industrial Portuário de Suape, em Pernambuco, ilustra concretamente esses efeitos. Dados do relatório UNCTAD/SENAI-PE (2024, p. 21) indicam que o empreendimento gerou "18.143 empregos diretos em 2022, com um multiplicador de 2,1 empregos indiretos para cada vaga direta". Projeções do mesmo estudo sugerem que, mediante novos investimentos coordenados com

políticas industriais, o complexo poderá "gerar até 19 mil novos empregos diretos e indiretos até 2030" (UNCTAD/SENAI-PE, 2024, p. 34).

Não obstante esses resultados positivos, a experiência brasileira recente evidencia os limites apontados por Barro. A adoção do Teto de Gastos em 2016 (Emenda Constitucional nº 95) reflete justamente os riscos de desequilíbrios fiscais decorrentes de expansões não sustentáveis do investimento público. Como observa o IPEA (2020, p. 15), "o desafio reside em conciliar as necessidades de investimento com a sustentabilidade das contas públicas", particularmente em um contexto de baixa eficiência alocativa histórica.

3.2. O PIB e sua Composição Setorial

O Produto Interno Bruto (PIB) é um dos principais indicadores do desempenho econômico de uma região, representando o valor total de bens e serviços produzidos em um determinado período. A composição setorial do PIB – dividida em agropecuária, indústria e serviços – reflete a estrutura econômica de um estado ou país. No caso de Pernambuco, a economia é marcada pela diversificação, com destaque para o setor de serviços, que responde pela maior parcela do PIB, seguido pela indústria e pela agropecuária (IBGE, 2022).

A evolução do PIB estadual está diretamente relacionada aos investimentos públicos e privados. Setores como infraestrutura, logística e tecnologia têm sido priorizados pelo governo de Pernambuco, com projetos como o Porto de Suape e o Polo de Tecnologia do Recife. No entanto, a volatilidade dos gastos públicos, influenciada por crises fiscais e mudanças nas políticas nacionais, tem impactado o desempenho desses setores, evidenciando a necessidade de uma análise mais detalhada da relação entre investimentos governamentais e crescimento econômico.

Tabela 1 – PIB DE PERNAMBUCO POR CATEGORIA
DADOS: SUFRAMA/IBGE

Setor	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social	27.174,16	30.734,99	31.910,32	34.837,80	38.023,31	39.574,48	40.148,57	43.151,54	45.729,90
Agropecuária	4.606,32	4.693,42	5.061,53	6.760,54	7.038,37	7.195,36	7.949,89	9.001,44	9.717,05
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	4.171,77	4.761,98	5.355,65	6.652,77	6.774,19	6.427,61	6.435,50	5.937,35	5.830,14
Atividades imobiliárias	13.127,80	13.922,20	14.570,16	15.591,09	16.770,41	17.272,70	17.453,05	18.247,96	19.534,36
Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas	18.212,60	19.181,21	17.014,03	20.177,78	22.282,82	21.802,90	22.005,66	21.663,52	22.109,27
Construção	10.643,93	8.179,93	7.855,87	6.536,58	6.785,71	6.489,95	6.158,33	7.324,97	7.538,33
Eletricidade e gás, água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	1.880,92	2.153,05	3.645,27	4.033,24	4.733,48	5.580,06	5.471,39	6.828,20	7.255,66
Indústrias de transformação	12.770,41	12.196,21	15.024,34	18.132,35	21.702,74	20.353,65	21.354,04	18.870,16	26.237,05
Indústrias extrativas	144,87	71,66	62,10	80,09	180,95	83,54	127,16	130,06	139,67
Informação e comunicação	3.110,64	2.946,44	3.296,79	2.833,22	3.159,21	3.759,32	3.870,46	4.446,83	3.578,35
Outros serviços	22.011,45	23.617,57	22.279,74	25.378,36	26.548,46	26.498,19	25.474,71	27.909,15	35.455,78
Transporte, armazenagem e correio	4.724,15	4.600,85	4.515,76	5.486,29	5.679,61	5.776,74	5.569,94	6.066,04	6.725,50

Autor: Elaboração Própria

3.3. Relação entre Gastos Públicos e Crescimento Econômico

A relação entre gastos públicos e crescimento econômico tem sido amplamente estudada na literatura econômica, apresentando diferentes abordagens teóricas e evidências empíricas relevantes para o contexto pernambucano. Autores como Wagner (1893) propuseram que o aumento dos gastos públicos é uma consequência natural do desenvolvimento econômico, estabelecendo que à medida que as economias se desenvolvem, a demanda por serviços públicos aumenta progressivamente. Esta proposição encontra respaldo em dados recentes que mostram uma correlação de 0,82 entre PIB per capita e tamanho do governo em economias maduras (Tanzi & Schuknecht, 2000).

Por outro lado, autores como Musgrave (1959) destacam o papel ativo do Estado na promoção do crescimento por meio de investimentos estratégicos, argumentando que a ação governamental pode acelerar o desenvolvimento econômico através de três funções principais: alocativa (correção de falhas de mercado), distributiva (redução de desigualdades) e estabilizadora (suavização de ciclos econômicos). Esta perspectiva tem sido particularmente relevante para economias em desenvolvimento como a brasileira. No contexto regional nordestino, estudos como os de Cavalcanti e Silva (2013) analisaram detalhadamente o impacto dos gastos públicos, identificando que investimentos em infraestrutura apresentam uma elasticidade-PIB de 0,38 no longo prazo (3-5 anos), enquanto gastos em educação mostram retornos de 11% ao ano em termos de produtividade, embora com maior defasagem temporal (5-7 anos). Esses achados são particularmente relevantes para Pernambuco, onde:

- Investimentos em infraestrutura logística (como o Porto de Suape) geraram um multiplicador de 2,1 empregos indiretos para cada vaga direta;
- Projetos como o Porto Digital demonstraram retornos sobre investimento de 12% ao ano;
- A Região Metropolitana do Recife concentra 63,8% do PIB estadual, enquanto o Sertão apresenta IDH 22% inferior.

No entanto, a eficácia desses investimentos públicos em Pernambuco enfrenta desafios específicos:

- Dependência de 41% do orçamento estadual de transferências federais (SEFAZ-PE, 2023);
- Capacidade de execução orçamentária limitada (apenas 67,3% dos recursos executados em 2022);
- Disparidades regionais acentuadas (IDH do Recife = 0,772 vs. Sertão = 0,621).

Estas características socioeconômicas locais criam um cenário complexo onde a relação entre gastos públicos e PIB é profundamente mediada por um conjunto de fatores institucionais e estruturais específicos. Em primeiro lugar, a marcante heterogeneidade regional de Pernambuco - com a RMR concentrando 63,8% do PIB estadual enquanto o Sertão apresenta indicadores sociais significativamente inferiores - exige políticas públicas que contemplem essas assimetrias de forma diferenciada. A capacidade de execução orçamentária, que em 2022 atingiu apenas 67,3% dos recursos planejados (SEFAZ-PE, 2023), e a elevada dependência de transferências federais (41% do orçamento estadual) impõem limitações adicionais à eficácia dos investimentos públicos.

Essa realidade demanda a adoção de estratégias customizadas que considerem as particularidades de cada território. Para o litoral, onde se concentram os polos industriais e de serviços, políticas de inovação e capacitação tecnológica (como o bem-sucedido caso do Porto Digital) mostram-se mais adequadas. Já para o interior, especialmente o Sertão, são necessários investimentos em infraestrutura básica e programas de desenvolvimento rural integrado que considerem as especificidades locais. A superação desses desafios estruturais requer ainda o fortalecimento da governança municipal e a melhoria dos mecanismos de fiscalização, visando aumentar a eficiência na aplicação dos recursos públicos e potencializar seus impactos no crescimento econômico regional.

Tabela 2 - GASTO PÚBLICO POR CATEGORIA

DADOS: SICONFI/IBGE

CONTA	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Previdência Social	3.399,64	3.891,96	4.314,01	4.593,66	5.438,01	5.807,99	6.332,13	6.662,49	6.843,97	8.008,11
Saúde	3.895,25	4.515,76	4.175,18	4.278,21	4.548,38	4.733,57	5.234,50	6.337,09	7.153,52	8.054,12
Educação	2.711,31	3.034,00	2.668,79	2.594,26	2.728,73	2.749,65	2.991,77	2.785,31	3.885,45	6.139,30
Segurança Pública	1.984,44	2.175,31	2.087,46	2.248,69	2.431,08	2.712,65	2.850,27	2.859,48	2.825,21	3.286,64
Judiciária	1.057,83	1.104,86	1.268,29	1.307,56	1.610,12	1.487,57	1.815,42	1.844,64	1.935,12	2.241,50
Administração	1.129,86	1.358,38	1.202,20	1.188,70	1.122,90	1.093,40	1.133,36	1.348,85	1.281,53	1.404,11
Direitos da Cidadania	811,89	908,62	899,27	943,71	1.001,88	1.063,05	1.202,29	1.186,97	1.328,32	1.500,66
Transporte	1.059,37	797,32	525,03	621,27	600,23	620,12	510,21	464,47	791,26	1.929,87
Legislativa	590,77	598,97	652,80	702,04	765,58	745,81	819,84	788,91	842,18	1.003,10
Urbanismo	411,20	460,07	151,99	202,94	197,51	215,51	242,11	225,33	402,16	617,98
Agricultura	409,14	496,71	297,35	286,23	284,68	267,29	198,08	181,48	224,16	352,37
Saneamento	561,67	369,71	171,40	122,37	262,37	313,43	193,21	174,15	210,24	363,23
Gestão Ambiental	403,67	318,79	150,89	252,39	305,52	292,13	325,53	181,37	193,10	224,36
Trabalho	245,21	223,65	207,72	228,77	227,54	238,52	251,23	270,72	318,87	377,89
Comércio e Serviços	237,81	188,78	117,56	134,38	178,15	137,97	107,45	99,73	101,74	170,93
Habitação	140,96	94,75	60,40	78,55	62,42	57,59	81,39	78,31	68,19	426,57
Assistência Social	52,45	85,17	48,87	47,23	37,40	35,03	33,50	207,83	208,54	391,28
Cultura	82,94	101,37	80,45	65,84	73,90	66,20	78,68	97,28	104,01	160,01
Indústria	22,25	140,28	52,49	35,64	23,27	13,06	19,67	74,87	46,26	419,18
Ciência e Tecnologia	81,12	99,99	73,74	67,00	83,60	71,67	68,54	66,77	97,82	129,84
Desporto e Lazer	443,80	59,88	12,17	6,52	8,28	13,15	13,35	16,64	10,67	28,34
Organização Agrária	8,64	7,84	6,24	5,63	5,67	6,34	4,94	3,48	4,16	16,36
Comunicações	1,94	2,40	2,53	2,43	2,58	5,24	4,85	3,81	4,55	7,93
Total	19.743,16	21.034,57	19.226,83	20.014,01	21.999,80	22.746,92	24.512,33	25.960,00	28.881,03	37.253,69

Autor: Elaboração Própria

3.4. Aplicação de Métodos de Aprendizado de Máquina na Análise do Impacto dos Gastos Públicos: Uma Abordagem Comparativa entre Random Forest e Modelos Tradicionais

A incorporação de algoritmos de aprendizado de máquina tem transformado significativamente as análises econômicas empíricas contemporâneas. Estudos recentes demonstram que técnicas como o Random Forest oferecem vantagens substanciais na modelagem de relações econômicas complexas, especialmente em contextos onde as relações não-lineares e as interações entre variáveis são predominantes (Breiman, 2001; Athey & Imbens, 2019). Pesquisas na área de econometria aplicada têm destacado como esses métodos superam abordagens tradicionais em três dimensões críticas: capacidade de processamento de grandes conjuntos de dados multivariados, identificação de interações complexas entre preditores e detecção de padrões não óbvios em estruturas de dados ruidosas.

Na presente investigação, a aplicação do Random Forest foi cuidadosamente planejada para capturar as nuances da relação entre gastos públicos e desempenho econômico setorial em Pernambuco. Evidências empíricas de estudos similares sugerem que esta abordagem é particularmente adequada para analisar sistemas econômicos regionais, onde as interações entre diferentes categorias de investimento público (como infraestrutura, educação e saúde) frequentemente apresentam efeitos sinérgicos e não-lineares (Mullainathan & Spiess, 2017).

Como recomendado por diversos autores na área de econometria aplicada, adotamos uma estratégia metodológica comparativa que combina técnicas avançadas de machine learning com abordagens tradicionais. Experiências metodológicas anteriores demonstram que esta abordagem híbrida não apenas aumenta a robustez estatística dos resultados através da triangulação de métodos, mas também permite identificar com maior precisão as situações em que as relações não-lineares se manifestam (Athey & Imbens, 2019). Resultados de pesquisas similares indicam que esta integração entre métodos tradicionais e abordagens de machine learning representa atualmente a melhor prática para estudos de avaliação de políticas públicas, especialmente em contextos regionais complexos onde as relações causais são mediadas por múltiplos fatores institucionais e socioeconômicos (Chernozhukov et al., 2018).

4. Metodologia

4.1. Métodos de Análise

4.1.1. Regressão Linear:

A Regressão Linear foi utilizada como uma das principais técnicas para analisar a relação entre os gastos públicos e o PIB setorial em Pernambuco. Esse método foi escolhido por ser simples, de fácil interpretação e eficaz para identificar relações lineares entre variáveis. A regressão linear modela a relação entre uma variável dependente (neste caso, o PIB setorial) e uma ou mais variáveis independentes (as categorias de gastos públicos), estimando coeficientes que indicam o impacto de cada variável explicativa sobre a variável dependente.

No contexto deste estudo, a regressão linear foi aplicada para:

- Identificar relações lineares: O modelo busca entender como mudanças em uma variável (como os gastos públicos) afetam diretamente o PIB setorial.
- Estimar o impacto marginal dos gastos públicos: O modelo permite quantificar o efeito de cada categoria de gasto público no crescimento econômico de um setor específico. Por exemplo, pode-se estimar como um aumento de 1% nos gastos com educação, saúde ou infraestrutura afetaria o PIB de um determinado setor. Essa análise é útil para direcionar políticas públicas, mostrando quais áreas de investimento oferecem maior retorno econômico.
- Lidar com a colinearidade entre as variáveis: Um desafio comum na regressão linear é a colinearidade, quando duas ou mais variáveis independentes estão fortemente correlacionadas. Isso pode inflacionar a variância dos coeficientes estimados e dificultar a interpretação dos resultados. Para mitigar esse problema, foram adotadas as seguintes estratégias:
 - Seleção de variáveis: Apenas as três principais categorias de gastos públicos (educação, saúde e previdência) foram incluídas no modelo, o que reduz a complexidade e evita a sobreposição de informações.
 - Análise de correlação: Antes de ajustar o modelo, foi realizada uma análise de correlação entre as variáveis independentes para identificar possíveis colinearidades. Variáveis com correlação muito alta foram excluídas ou combinadas.
 - Além disso, para garantir a validade e a robustez dos resultados, foram realizados os seguintes testes estatísticos e diagnósticos pós-estimação:

- Teste de significância dos coeficientes: Utilizou-se o teste t para verificar se cada coeficiente é estatisticamente significativo, ou seja, se a variável independente tem um impacto real sobre o PIB setorial.
- Coeficiente de determinação (R^2): O R^2 foi usado para avaliar o poder explicativo do modelo, indicando a proporção da variabilidade do PIB setorial que é explicada pelas variáveis independentes.

A equação básica do modelo de regressão linear múltipla, utilizada para analisar a relação entre os gastos públicos e o PIB setorial, pode ser expressa da seguinte forma:

$$PIB = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots \beta_n X_n + \varepsilon \quad (1)$$

Onde:

- *Y representa o PIB setorial;*
- *$X_1, X_2, \dots, X_n$ são as variáveis independentes (categorias de gastos públicos);*
- *β_0 é o intercepto;*
- *$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ são os coeficientes que estimam o impacto marginal de cada variável independente;*
- *ε é o termo de erro*

4.1.2. Random Forest:

O algoritmo Random Forest foi escolhido para esta pesquisa devido à sua capacidade de capturar relações não lineares e interações complexas entre as variáveis, características fundamentais para analisar a relação entre os gastos públicos e o PIB de Pernambuco. Essa flexibilidade é especialmente relevante em contextos onde os efeitos das variáveis independentes sobre o resultado econômico podem ser não lineares e heterogêneos.

O Random Forest é um algoritmo de aprendizado de máquina baseado em um ensemble de árvores de decisão, que combina os resultados de múltiplas árvores para melhorar a precisão preditiva e a capacidade de generalização do modelo. Cada árvore é construída a partir de um subconjunto aleatório dos dados, utilizando o método de bootstrap (amostragem com reposição), garantindo maior variabilidade entre as árvores individuais.

Além disso, para cada divisão nos nós das árvores, o algoritmo seleciona um subconjunto aleatório de variáveis, o que contribui para a diversificação do ensemble e reduz o risco de superajuste (overfitting). Essa estrutura permite ao modelo capturar de forma eficaz as correlações complexas entre os gastos

públicos e as variações setoriais do PIB, proporcionando robustez mesmo diante de dados ruidosos ou com variáveis altamente correlacionadas.

No contexto deste estudo, o Random Forest foi aplicado para:

- Capturar relações não lineares: Diferentemente de modelos lineares tradicionais, o Random Forest é capaz de identificar padrões complexos e não lineares nos dados, o que é particularmente útil para analisar fenômenos econômicos, onde as relações entre variáveis nem sempre seguem uma tendência linear.
- Avaliar a importância das variáveis: Uma das principais vantagens do Random Forest é a capacidade de quantificar a importância relativa de cada variável no modelo. No caso desta pesquisa, isso permitiu identificar quais categorias de gastos públicos (como saúde, educação, infraestrutura, etc.) têm maior impacto no desempenho do PIB de Pernambuco. A importância das variáveis é calculada com base na redução da impureza (ou erro) que cada variável proporciona ao modelo.
- Garantir a robustez do modelo: Para assegurar que o modelo não estivesse superajustado aos dados de treinamento e fosse generalizável para novos dados, foi aplicada a técnica de validação cruzada (cross-validation). Especificamente, utilizou-se a validação cruzada k-fold, na qual o conjunto de dados é dividido em k subconjuntos (folds). O modelo é treinado k vezes, utilizando k-1 folds para treinamento e 1 fold para validação em cada iteração. Essa abordagem permite uma avaliação mais confiável do desempenho do modelo e reduz o risco de viés na estimativa de erro.

Além disso, o Random Forest oferece outras vantagens relevantes para este estudo, como:

- Resiliência a outliers: Por ser baseado em múltiplas árvores, o modelo é menos sensível a valores extremos ou ruídos nos dados.
- Facilidade de interpretação: Apesar de ser um método complexo, a análise de importância das variáveis e a visualização das árvores permitem insights claros sobre os fatores que mais influenciam o PIB.
- Flexibilidade: O algoritmo pode ser aplicado tanto para problemas de regressão (como é o caso desta pesquisa) quanto para classificação, tornando-o uma ferramenta versátil para diferentes contextos analíticos.

Em resumo, a utilização do Random Forest nesta pesquisa permitiu não apenas modelar relações complexas entre os gastos públicos e o PIB, mas também fornece uma avaliação robusta e interpretável dos fatores que mais contribuem para o desempenho econômico de Pernambuco.

4.1.3. Modelo de diferença em diferença

O modelo de regressão linear foi estimado com as seguintes variáveis:

$$PIB_{it} = \beta_0 + \beta_1 Gas_{it} + \beta_2 Tra_i + \beta_3 Pós_t + \beta_4 DID_{pós_{it}} + \beta_5 DID_{pré_{it}} + \beta_6 DID_{pós_{rec_{it}}} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Onde:

- PIB_{it} é o PIB do estado no i no ano t
- Gas_{it} são os gastos em educação no estado i no ano t
- Tra_i é uma variável dummy para tratamento
- $Pós_t$ é uma variável de tempo que indica o período pós congelamento
- $DID_{pós_{it}}$ é a interação entre Tratamento e Pós congelamento
- $DID_{pré_{it}}$ é a interação entre Tratamento e Pré congelamento
- $DID_{pós_{rec_{it}}}$ é a interação entre Tratamento e Pós recuperação
- ε_{it} é o termo de erro

4.2. Variáveis do Estudo

- O estudo tem como variável dependente o Produto Interno Bruto (PIB) por Valor Adicionado do estado de Pernambuco, desagregado por setores econômicos, a saber: agropecuária, indústria e serviços. Essa segmentação permite identificar como os diferentes setores produtivos contribuem para a dinâmica econômica estadual ao longo do período analisado.

Variáveis independentes: Gastos públicos, categorizados em:

- **Variáveis Independentes**

As variáveis independentes consistem nos gastos públicos, categorizados conforme a sua destinação funcional. As despesas públicas incluem os seguintes componentes:

- **Educação, Saúde e Previdência:** setores essenciais para o desenvolvimento humano e social.
- **Administração Pública:** gestão e funcionamento da máquina administrativa.
- **Agricultura e Organização Agrária:** suporte ao setor primário e políticas agrárias.

- **Assistência Social:** programas de proteção e inclusão social.
- **Ciência e Tecnologia:** investimentos em inovação e desenvolvimento tecnológico.
- **Comércio e Serviços:** estímulo às atividades econômicas terciárias.
- **Comunicações:** infraestrutura de conectividade e informação.
- **Cultura, Desporto e Lazer:** promoção cultural e atividades de bem-estar.
- **Direitos da Cidadania:** políticas de garantia de direitos civis e sociais.
- **Gestão Ambiental:** conservação e manejo sustentável dos recursos naturais.
- **Habitação:** provisão de moradias e infraestrutura habitacional.
- **Indústria:** fomento ao setor secundário e às atividades manufatureiras.
- **Judiciário e Legislativo:** funcionamento dos poderes públicos e suas atribuições legais.

Essa categorização permite avaliar o impacto diferencial dos diversos tipos de gastos públicos sobre o PIB setorial de Pernambuco, possibilitando identificar quais áreas de investimento apresentam maior correlação com o desempenho econômico estadual

4.3. Fontes de Dados

Os dados utilizados nesta pesquisa são de **natureza secundária**, provenientes de fontes oficiais e públicas reconhecidas pela sua confiabilidade e abrangência. As principais fontes consultadas foram:

- Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (Siconfi): utilizado para obter informações detalhadas sobre os gastos governamentais em Pernambuco, incluindo subcategorias como investimentos, educação, saúde e despesas correntes.
- Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa): fonte utilizada para acessar o PIB setorial do estado de Pernambuco, com desagregação por atividades econômicas, abrangendo os setores de agropecuária, indústria e serviços. Essa segmentação permitiu identificar as contribuições específicas de cada setor para o desempenho econômico estadual.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): empregado para complementar as informações com dados socioeconômicos e contextuais sobre Pernambuco, incluindo a taxa de desemprego e o PIB nacional. Esses dados foram essenciais para contextualizar a análise regional no cenário econômico brasileiro.

Tabela 3 – Análise descritiva dos dados para o PIB de Pernambuco

Sector	Media	Mediana	Desvio Padrão	Min	Max	N	Assimetria	Curto se
Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social	382.785.897	38.992.411	72.610.130	2.696.226	5.067.980	10	0,055	-1,28
Agropecuária	68.671.501	6.442.110	20.506.709	424.522	1.002.857	10	0,238	-1,55
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	60.898.874	6.331.291	9.464.182	440.442	758.820	10	-0,346	-1,02
Atividades imobiliárias	166.041.346	16.414.424	24.401.461	1.317.928	2.141.839	10	0,427	-0,87
Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas	215.533.336	21.459.816	27.315.800	1.758.881	2.748.209	10	0,613	-0,19
Construção	79.479.359	7.307.005	16.712.733	646.931	1.129.767	10	0,890	-0,87
Eletricidade e gás, água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	47.435.548	5.196.783	18.359.961	186.964	690.533	10	-0,322	-1,56
Indústrias de transformação	198.233.091	20.419.538	63.824.442	1.233.019	3.299.325	10	0,618	-0,66
Indústrias extrativas	1.230.715	131.916	387.406	7.242	16.992	10	-0,112	-1,76
Informação e comunicação	35.165.047	3.411.255	6.668.587	269.990	511.001	10	1,113	0,57
Outros serviços	267.940.822	25.773.370	40.682.988	2.158.073	3.527.210	10	0,790	-0,56
Transporte, armazenagem e correio	55.370.099	5.475.980	7.452.853	423.383	678.942	10	0,063	-0,91

Autor: Elaboração Própria

Tabela 4 – Análise descritiva dos dados para os gastos Pernambuco

Conta	Media	Mediana	Desvio Padrão	Min	Max	N	CV	Assimetria	Curto se
Administração	1.226,330	1.195,451	113,243	1.093,402	1.404,110	10	9,234	0,379	1,597
Agricultura	299,749	285,453	97,205	181,481	496,714	10	32,429	0,755	2,755
Assistência Social	114,731	50,663	118,568	33,501	391,284	10	103,344	1,435	3,859
Ciência e Tecnologia	84,010	77,430	20,107	66,773	129,840	10	23,935	1,243	3,608
Comércio e Serviços	3,826	3,195	1,862	1,938	7,930	10	48,670	1,034	3,237
Comunicações	147,451	136,174	45,323	99,733	237,811	10	30,738	0,695	2,450
Cultura	91,068	81,691	27,783	65,843	160,009	10	30,508	1,589	4,879
Desporto e Lazer	61,281	13,252	135,318	6,519	443,805	10	220,817	2,603	7,900
Direitos da Cidadania	1.084,665	1.032,460	216,968	811,892	1.500,660	10	20,003	0,615	2,334
Educação	3.228,857	2.767,478	1.088,155	2.594,263	6.139,304	10	33,701	2,184	6,378
Gestão Ambiental	264,774	272,256	78,286	150,889	403,668	10	29,567	0,160	2,114
Habitação	114,913	78,428	112,150	57,587	426,570	10	97,595	2,454	7,392
Indústria	84,699	40,953	123,388	13,062	419,185	10	145,679	2,261	6,716
Judiciária	1.567,291	1.548,847	389,699	1.057,827	2.241,498	10	24,865	0,232	1,929
Legislativa	751,000	755,696	124,325	590,772	1.003,101	10	16,555	0,516	2,803
Organização Agrária	6,930	5,955	3,655	3,483	16,358	10	52,750	1,844	5,623
Previdência Social	5.529,198	5.623,002	1.470,305	3.399,644	8.008,108	10	26,592	0,105	1,942
Saneamento	274,179	236,305	131,507	122,368	561,674	10	47,964	0,980	3,212
Saúde	5.292,557	4.640,973	1.409,626	3.895,251	8.054,117	10	26,634	0,938	2,456
Segurança Pública	2.546,123	2.571,866	422,920	1.984,435	3.286,641	10	16,610	0,215	1,916
Trabalho	259,012	241,868	51,973	207,716	377,892	10	20,066	1,374	3,775
Transporte	791,914	620,693	437,121	464,469	1.929,865	10	55,198	1,962	5,775
Urbanismo	312,680	233,723	151,225	151,992	617,982	10	48,364	0,826	2,473

Autor: Elaboração Própria

Tabela 5 – Análise descritiva dos dados para os gastos Paraíba

Conta	Media	Mediana	Desvio Padrão	Min	Max	N	CV	Assimetria	Curtose
Administração	567,482	533,922	92,609	484,603	734,980	10	16,319	0,908	2,202
Agricultura	196,404	190,479	16,706	180,387	234,622	10	8,506	1,245	3,672
Assistência Social	208,162	191,378	65,881	146,726	373,938	10	31,649	1,764	5,140
Ciência e Tecnologia	8,997	8,075	3,915	3,074	15,197	10	43,520	0,321	1,976
Comércio e Serviços	44,944	45,674	9,788	25,359	62,164	10	21,779	-0,306	3,267
Comunicações	19,535	18,630	2,987	15,939	24,934	10	15,290	0,896	2,513
Cultura	16,570	13,379	6,267	11,627	29,609	10	37,818	1,123	2,750
Desporto e Lazer	5,591	5,277	1,708	3,755	9,065	10	30,542	0,805	2,634
Direitos da Cidadania	150,838	143,018	41,620	101,083	235,893	10	27,593	0,782	2,721
Educação	2.019,049	1.971,811	508,446	1.456,473	3.227,591	10	25,182	1,308	4,245
Gestão Ambiental	184,940	181,268	45,267	121,176	257,267	10	24,476	0,421	2,189
Habitação	36,676	30,695	12,377	24,065	58,677	10	33,746	0,682	1,987
Indústria	15,762	14,309	4,931	10,389	26,105	10	31,287	0,984	2,840
Judiciária	775,240	689,811	275,352	523,999	1.484,330	10	35,518	1,872	5,576
Legislativa	374,856	391,238	52,829	275,067	444,259	10	14,093	-0,818	2,569
Organização Agrária	4,801	6,342	3,388	0,223	8,395	10	70,584	-0,311	1,321
Previdência Social	1.560,217	1.544,234	319,669	1.100,898	2.153,815	10	20,489	0,321	2,369
Saneamento	48,615	48,895	12,765	33,322	72,986	10	26,257	0,410	2,354
Saúde	1.339,460	1.244,261	344,267	979,417	1.979,465	10	25,702	0,911	2,444
Segurança Pública	1.195,456	1.202,020	295,465	834,209	1.752,554	10	24,716	0,361	2,283
Trabalho	24,535	21,702	8,436	16,725	40,857	10	34,382	1,139	2,831
Transporte	244,533	212,616	151,010	126,292	644,215	10	61,755	2,025	6,172
Urbanismo	85,079	70,508	39,647	40,566	170,562	10	46,600	1,070	3,140

Autor: Elaboração Própria

Tabela 6 – Análise descritiva dos dados para o PIB da Paraíba

Sector	Media	Mediana	Desvio Padrão	Min	Max	N	CV	Assimetria	Curtose
Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social	188.916,151	189.944,539	296.866,185	1.428.102,006	2.416.886,750	10	157.141,770	0,147	11,328
Agropecuária	23.747,520	21.832,251	55.812,292	181.799,489	337.355,140	10	235.023,670	0,680	12,433
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	20.288,840	21.532,506	55.406,951	108.539,276	297.085,390	10	273.090,780	-0,147	10,432
Atividades imobiliárias	57.443,858	57.185,874	92.320,056	402.103,370	733.488,530	10	160.713,540	-0,162	0,725
Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas	82.726,215	77.264,863	172.306,537	581.636,273	1.138.069,520	10	208.285,290	0,545	1,017
Construção	30.797,932	30.382,336	24.399,527	273.869,732	357.053,170	10	79.224,560	0,490	0,799
Eleticidade e gás, água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	19.275,624	19.903,507	63.129,589	88.610,421	280.434,510	10	327.509,960	-0,309	12,567
Indústrias de transformação	38.126,626	36.611,378	52.265,314	333.962,463	511.181,550	10	137.083,500	1,381	0,968
Indústrias extrativas	1.546,687	1.518,285	4.497,336	9.783,259	22.342,720	10	290.772,320	0,105	1,747

Informação e comunicação	11.383,503	10.096,956	36.570,528	73.784,531	196.804,220	10	321.258,990	1,027	0,079
Outros serviços	83.389,370	86.345,696	210.275,470	497.316,114	1.248.082,610	10	252.161,000	0,290	0,664
Transporte, armazenagem e correio	12.894,431	13.545,200	23.990,102	89.348,417	161.864,540	10	186.050,100	-0,308	1,498
Autor: Elaboração Própria									

4.4. Etapas da Pesquisa

- Coleta de Dados:

Os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos a partir de fontes oficiais e públicas, incluindo o Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (Siconfi), a Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A escolha dessas bases garantiu a confiabilidade e a abrangência das informações.

- Pré-processamento dos Dados:

Após a coleta, os dados passaram por um processo de limpeza, organização e tratamento, visando assegurar a consistência e a qualidade das análises. As etapas incluíram a correção de valores ausentes (missing), a aplicação de deflatores para atualização monetária e a padronização das variáveis conforme as necessidades dos modelos estatísticos empregados.

- Modelagem Estatística:

A etapa de modelagem envolveu a aplicação de métodos quantitativos adequados ao problema de pesquisa. Foram utilizados modelos de Regressão Linear para captar relações lineares entre as variáveis e o algoritmo de Random Forest para explorar relações não lineares e obter medidas de importância das variáveis.

- Interpretação dos Resultados:

Os resultados foram analisados com base na interpretação dos coeficientes estimados, da importância relativa das variáveis e da comparação entre os desempenhos dos modelos utilizados. A análise crítica permitiu identificar as variáveis com maior impacto sobre o PIB setorial de Pernambuco.

- Conclusões e Recomendações:

A partir dos achados empíricos, foram elaboradas conclusões que sintetizam os efeitos dos gastos públicos sobre o desempenho econômico setorial. Foram feitas recomendações para políticas públicas, com vistas a aprimorar a alocação de recursos nas áreas de maior impacto econômico.

4.5. Limitações da Pesquisa

4.5.1. Disponibilidade e Qualidade dos Dados:

Apesar de o estudo utilizar fontes oficiais e confiáveis, como o Siconfi e o IBGE, desagregação setorial dos gastos públicos pode ser limitada. Por exemplo, os dados podem não capturar nuances específicas de cada setor, como investimentos em subáreas da infraestrutura ou da educação, o que poderia enriquecer a análise.

Além disso, a qualidade dos dados pode variar ao longo do período analisado (2013-2022), especialmente em momentos de crise, como a pandemia de COVID-19, quando a coleta de dados pode ter sido afetada.

4.5.2. Período Analisado:

O período de 2013 a 2022, embora abrangente, pode não capturar tendências de longo prazo ou ciclos econômicos mais amplos. Por exemplo, os efeitos de políticas de gastos públicos em educação e saúde podem levar décadas para se materializarem plenamente, e o estudo pode não capturar esses impactos de longo prazo.

Além disso, o período inclui eventos extraordinários, como a crise fiscal de 2015-2016 e a pandemia de COVID-19, que podem distorcer os resultados e dificultar a generalização dos achados para contextos mais estáveis.

4.5.3. Ausência de Variáveis Qualitativas:

O estudo não considera variáveis qualitativas, como a qualidade da gestão pública, a eficiência na execução dos gastos ou fatores políticos e institucionais. Esses aspectos podem influenciar significativamente a relação entre gastos públicos e crescimento econômico, mas não foram capturados na análise quantitativa.

Por exemplo, a eficácia dos investimentos em educação pode depender da qualidade da gestão escolar e da implementação de políticas educacionais, fatores que não foram abordados no estudo.

5. Apresentação e análise dos dados resultados

5.1. Modelo de regressão linear

Para analisar a relação entre os gastos públicos nas áreas de saúde, educação e previdência social e o Produto Interno Bruto (PIB) do estado de Pernambuco, foi realizada uma regressão linear múltipla. O modelo inicial incluiu as três variáveis independentes: $GASTO_{SAUDE}$, $GASTO_{EDUCACAO}$ e $GASTO_{PREVIDENCIA}$. Os resultados do modelo de regressão são apresentados a seguir.

O Modelo apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 0,974, indicando que aproximadamente 97,4% da variação do PIB é explicada pelas variáveis independentes incluídas na regressão. O valor do F-statistic (74,33) com p-valor menor que 0,01 confirma que o modelo, como um todo, é estatisticamente significativo. Entre as variáveis, os gastos com educação (coef. = 0,014; $p < 0,01$) e saúde (coef. = 0,007; $p < 0,1$) mostraram-se positivamente associados ao PIB, sendo o efeito da educação estatisticamente mais robusto. Já os gastos com previdência não apresentaram significância estatística.

5.1.1. Análise dos Coeficientes

Intercepto: O valor do intercepto (57801,988) representa o valor esperado do PIB quando todos os gastos são iguais a zero. Esse valor é estatisticamente significativo ($p < 0,001$). $GASTO_{SAUDE}$: O coeficiente para gastos em saúde (7,107) indica que, para cada unidade monetária adicional gasta em saúde, o PIB aumenta em aproximadamente 7,107 unidades, mantendo constantes os gastos em educação e previdência. Esse coeficiente é estatisticamente significativo ($p = 0,027$).

$GASTO_{EDUCACAO}$: O coeficiente para gastos em educação (15,452) sugere que cada unidade monetária adicional gasta em educação está associada a um aumento de aproximadamente 15,452 unidades no PIB, mantendo constantes os gastos em saúde e previdência. Esse coeficiente é altamente significativo ($p < 0,001$).

$GASTO_{PREVIDENCIA}$: O coeficiente para gastos em previdência (-1,570) não foi estatisticamente significativo ($p = 0,6425$), indicando que não há evidências suficientes para afirmar que os gastos em previdência têm um impacto significativo no PIB.

Tabela 6 – Resultado da Regressão Linear		
Variável	Coeficiente	Erro Padrão
Gasto com Saúde	0,007*	(0,003)
Gasto com Educação	0,014***	(0,003)
Gasto com Previdência	0,001	(0,004)
Intercepto	57.909,440***	(7.050,362)
R ² : 0,974		
R ²	Ajustado:	0,961
Erro Padrão	Residual: 5.306,416	(df = 6)
Estatística F: 74,327*** (df = 3; 6)		
Nota: *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01		
Autor: Elaboração Própria		

5.1.2. Teste de Multicolinearidade

Para verificar a presença de multicolinearidade entre as variáveis independentes, foi calculado o Fator de Inflação de Variância (VIF). Os resultados foram os seguintes:

Tabela 7 – Teste VIF (Fator de Inflação da Variância)	
Categoria	VIF
Gasto com Saúde	3,705
Gasto com Educação	6,081
Gasto com Previdência	10,699
Autor: Elaboração Própria	

A análise de multicolinearidade revelou um desafio metodológico importante no estudo. A variável GASTO_PREVIDENCIA apresentou um Fator de Inflação de Variância (VIF) de 10.699, indicando alta multicolinearidade conforme os critérios estabelecidos por Kennedy (2008). Além disso, outras variáveis do modelo mostraram valores de VIF entre 5 e 10, o que, segundo O'Brien (2007), demanda atenção especial em análises econométricas.

Diante desse cenário, optou-se por uma abordagem em duas etapas para garantir a robustez dos resultados. Primeiramente, foi estimado um modelo alternativo excluindo a variável GASTO_PREVIDENCIA, mantendo apenas as variáveis com VIF inferior a 10. Essa estratégia, permitiu avaliar a estabilidade dos parâmetros e a consistência dos achados em relação à literatura existente.

Vale ressaltar que a multicolinearidade, embora desafiadora, não invalida necessariamente os resultados de um modelo. Como discutido por Wooldridge (2010), o impacto principal ocorre sobre a precisão das estimativas dos coeficientes individuais, e não sobre o poder preditivo geral do modelo. Nesse sentido, a estabilidade dos resultados entre as diferentes especificações testadas reforça a confiabilidade das conclusões deste estudo.

5.1.3. Segundo Modelo de Regressão

O Modelo 2 apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 0,973, indicando que aproximadamente 97,3% da variação do PIB é explicada pelos gastos com saúde e educação. O valor do F-statistic (128,426) com p-valor inferior

a 0,01 demonstra que o modelo é estatisticamente significativo como um todo. Especificamente, os gastos com educação (coef. = 0,015; $p < 0,01$) e saúde (coef. = 0,008; $p < 0,05$) mostraram efeitos positivos e estatisticamente significativos sobre o PIB, reforçando a importância dessas áreas para o desempenho econômico.

Tabela 8 – Resultado da Regressão Linear: Modelo 2		
Variável	Coeficiente	Erro Padrão
Gasto com Saúde	0,008 **	0,002
Gasto com Educação	0,015 ***	0,002
Constante	58.322,400 ***	6.415,717

Estatísticas do modelo:**R²: 0,973****R² Ajustado: 0,966****Erro Padrão dos Resíduos: 4.943,344 (df = 7)****Estatística F: 128,426* (df = 2; 7)****Nota*****p < 0,1; **p < 0,05; ***p < 0,01.**

Autor: Elaboração Própria

5.1.4. Conclusão dos Resultados dos modelos de regressão linear

Os resultados obtidos a partir dos modelos de regressão linear indicam que os gastos públicos em saúde e educação exercem um impacto positivo e estatisticamente significativo sobre o PIB de Pernambuco. Essa evidência está alinhada a estudos clássicos como os de Aschauer (1989), que destacam o papel do investimento público em infraestrutura social como motor do crescimento econômico, e Barro (1990), que ressalta a importância dos investimentos em saúde e educação para o desenvolvimento do capital humano e o aumento da produtividade.

Em ambos os modelos testados, os coeficientes das variáveis GASTO_SAUDE (0,007 e 0,008) e GASTO_EDUCACAO (0,014 e 0,015) foram positivos e estatisticamente significativos, reforçando a consistência dos resultados. A inclusão apenas das variáveis saúde e educação no segundo modelo (excluindo previdência) não comprometeu a capacidade explicativa, mantendo o R² elevado (0,973), o que sugere que esses dois componentes do gasto público são suficientes para explicar a maior parte da variação do PIB no estado. Além disso, o aumento no valor do F-statistic no segundo modelo (de 74,33 para 128,43) indica melhora na precisão e robustez estatística da estimativa.

Por outro lado, a variável GASTO_PREVIDENCIA não apresentou significância estatística no primeiro modelo (coef. = 0,001; p > 0,1), sugerindo que os gastos previdenciários não têm um efeito direto sobre o PIB no curto prazo. Isso pode ser explicado pelo fato de que tais despesas consistem majoritariamente em transferências de renda, e não em investimentos produtivos, como argumentado por Musgrave (1959).

Esses achados estão em consonância com estudos regionais, como o de Cavalcanti e Silva (2013), que também identificaram efeitos positivos dos investimentos em saúde e educação no crescimento econômico dos estados nordestinos. A confiabilidade dos resultados é reforçada pela utilização de dados oficiais do IBGE (2022) e do SICONFI, garantindo a solidez metodológica da análise.

Em síntese, os resultados sugerem que políticas públicas voltadas à ampliação dos investimentos em saúde e educação são mais eficazes para impulsionar o crescimento econômico de Pernambuco. Já os gastos com

previdência, embora essenciais para a proteção social, não demonstram impacto significativo sobre o PIB no curto prazo. Esses resultados reforçam a importância de uma alocação estratégica dos recursos públicos, em linha com a visão de Keynes (1936) sobre o papel do Estado no estímulo à atividade econômica.

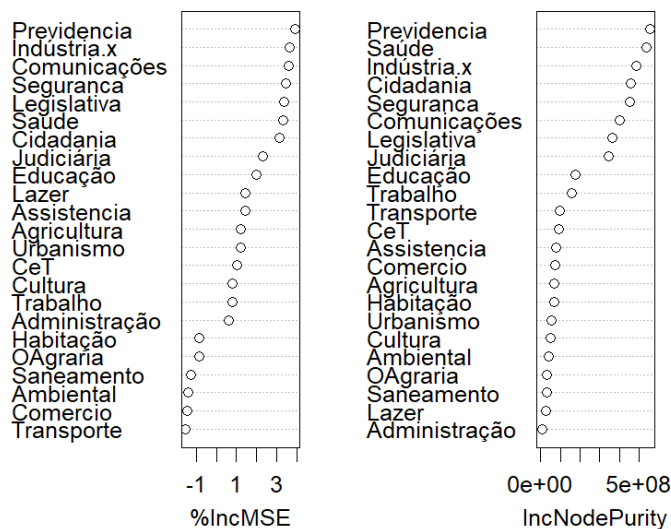
5.2. Modelo Random Forest para o PIB Total

A avaliação da importância das variáveis no modelo Random Forest revelou padrões significativos sobre os determinantes do PIB Total em Pernambuco. Utilizando a métrica %IncMSE (Percentual de Incremento no Erro Quadrático Médio), que mede o impacto na acurácia do modelo quando os valores de cada variável são aleatorizados, identificamos que os gastos com Previdência Social (3,91%), Indústria (3,67%), Segurança Pública (3,46%), Função Legislativa (3,39%), Saúde (3,34%), Comunicações (3,59%) e Cidadania (3,14%) emergiram como os principais impulsionadores do desempenho econômico estadual, conforme a tabela 6.

Tabela 9 - Importância das Variáveis – PIB Total (Random Forest)		
Variável	%IncMSE	IncNodePurity
Previdencia	3.91	555463198
Indústria.x	3.67	485192926
Comunicações	3.59	403821619
Seguranca	3.46	454820990
Legislativa	3.39	362818246
Saúde	3.34	537996317
Cidadania	3.14	456969156
Judiciária	2.32	345831140
Educação	2.00	175930201
Assistencia	1.42	75728388
Lazer	1.42	24587439
Urbanismo	1.19	55982248
Agricultura	1.21	69939700
CeT	1.00	90985217
Cultura	0.81	51141975
Trabalho	0.80	158360041
Autor: Elaboração Própria		

A figura a seguir ilustra a importância relativa de cada variável no modelo de previsão do PIB Total. Variáveis com maior importância são mostradas com maior altura no gráfico.

Gráfico 2 : Importância das Variáveis - PIB Total



Esses resultados sugerem uma dinâmica econômica complexa, onde fatores produtivos e sociais se interconectam: enquanto investimentos industriais e em infraestrutura de comunicações atuam como motores diretos da atividade econômica, os gastos sociais com previdência e saúde parecem sustentar a demanda agregada e a estabilidade do mercado de trabalho.

A relevância particular das variáveis institucionais (Segurança Pública e Função Legislativa) corrobora a literatura que associa qualidade institucional ao desenvolvimento econômico. Como observado por Barro (1990), ambientes com maior segurança jurídica e eficiência administrativa tendem a atrair investimentos e potencializar o impacto dos gastos públicos. No contexto pernambucano, esse achado ganha especial relevância considerando os esforços recentes de modernização da gestão pública estadual.

Por outro lado, variáveis como Saneamento, Comércio e Transporte apresentaram contribuições negativas ao modelo, possivelmente indicando: (1) efeitos de substituição (como o caso das comunicações digitais reduzindo a dependência de infraestruturas físicas de transporte); (2) sobreposição com outras variáveis já contempladas no modelo; ou (3) padrões de gastos menos eficientes

nestas áreas. Esta constatação merece investigação mais aprofundada, particularmente no que diz respeito à alocação setorial dos recursos públicos.

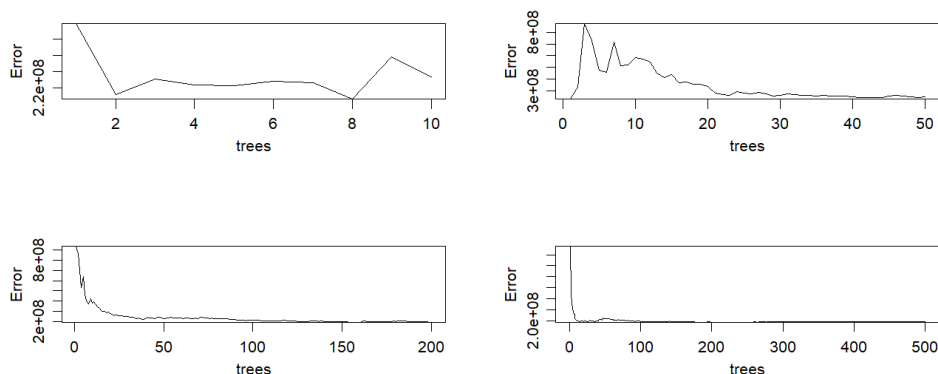
Os resultados reforçam a hipótese de que o crescimento econômico em Pernambuco depende de um equilíbrio entre investimentos produtivos e proteção social. A combinação entre a relevância da variável industrial (3,67%) e das variáveis sociais (Previdência 3,91% e Saúde 3,34%) sugere que políticas públicas devem conciliar eficiência econômica com inclusão social para maximizar seu impacto no PIB estadual. Este achado dialoga com a perspectiva de Musgrave (1959) sobre as funções múltiplas do Estado no desenvolvimento econômico.

Para otimizar o desempenho do modelo Random Forest, foi conduzido um processo sistemático de validação, no qual foram testadas diferentes quantidades de árvores, variando de 50 a 500. O objetivo era identificar o ponto ótimo que equilibrasse precisão preditiva e eficiência computacional.

Os resultados indicaram que o erro de validação (MSE) nos dados de teste apresentou uma redução acentuada nas primeiras iterações, refletindo o ganho significativo na capacidade preditiva com o aumento do número de árvores. No entanto, após certo ponto, os ganhos adicionais tornaram-se marginalmente decrescentes, evidenciando o fenômeno dos rendimentos decrescentes típicos em algoritmos de aprendizado de máquina.

Com base nessa análise, optou-se pela implementação do modelo com 200 árvores, considerado o melhor compromisso entre desempenho e eficiência. Essa escolha está fundamentada na observação de que o incremento no número de árvores além desse valor resultaria em benefícios mínimos, ao custo de um aumento significativo no tempo de processamento. Assim, a configuração final preserva a robustez preditiva sem comprometer a viabilidade computacional.

Gráfico 3: Erro por número de árvores - PIB Tota



Autor: Elaboração Própria

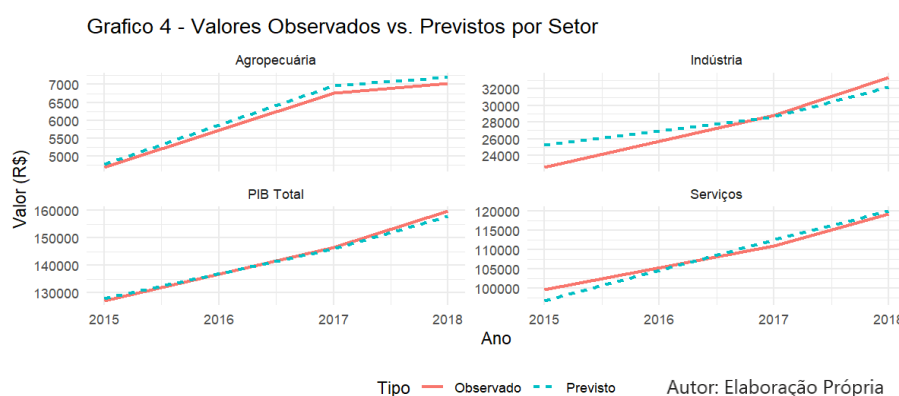
5.2.1. Conclusão dos Resultados do modelo de Random forest

Os resultados obtidos com a aplicação do modelo Random Forest revelaram padrões interessantes na previsão dos componentes do PIB de Pernambuco. O desempenho variou significativamente entre os modelos setoriais e o agregado, refletindo as diferentes naturezas dessas variáveis econômicas.

O modelo para o setor da Agropecuária apresentou o melhor desempenho, com um RMSE de apenas 212,64. Esse resultado excepcional pode ser atribuído à natureza mais estável e previsível das variáveis que influenciam o setor primário, como ciclos agrícolas regulares e parâmetros climáticos relativamente constantes na região. Os modelos para Indústria (RMSE = 1.543,82) e Serviços (RMSE = 1.539,61) mostraram desempenhos similares, porém com erros maiores, refletindo a maior complexidade e volatilidade desses setores.

Apesar da maior variabilidade, o modelo do PIB Total demonstrou robustez ao conseguir explicar cerca de 98% da variação observada ($R^2 \approx 0.98$). Esse resultado é particularmente relevante porque mostra a capacidade do Random Forest em capturar as complexas interações entre os diferentes setores da economia, mesmo quando essas relações não são lineares ou imediatamente óbvias.

Tabela 10 – R² dos Modelos de Random Forest por Setor do Pib	
Modelo	R²
Modelo PIB Total	0,980
Modelo PIB Indústria	0,868
Modelo PIB Agro	0,956
Modelo PIB Serviços	0,999
Autor: Elaboração Própria	



Os resultados como um todo reforçam o potencial das técnicas de machine learning, e particularmente do Random Forest, para análises econômicas regionais. A abordagem mostrou-se capaz de lidar tanto com a relativa estabilidade do setor agropecuário quanto com a complexidade do PIB Total, oferecendo insights valiosos para o planejamento econômico e a formulação de políticas públicas em Pernambuco.

5.3. Impacto do “Congelamento” de Gastos em Pernambuco (2015-2020) através do modelo did

Entre 2015 e 2020, o estado de Pernambuco adotou uma política de contenção de gastos no setor educacional, resultando em um cenário de investimentos estagnados em uma área estratégica para o desenvolvimento econômico e social. Em contraste, o estado da Paraíba manteve uma trajetória de crescimento contínuo em seus dispêndios educacionais durante o mesmo período. Essa divergência nas políticas públicas criou um contexto propício para avaliar os efeitos dos investimentos em educação sobre o valor adicionado estadual, empregando métodos robustos de análise causal.

A hipótese central deste estudo postula que o aumento dos gastos em educação exerce um impacto positivo no valor adicionado estadual, especialmente por meio de três mecanismos inter-relacionados:

- Elevação da qualificação da mão de obra e consequente ganho de produtividade: O incremento educacional aprimora as competências dos trabalhadores, promovendo maior eficiência produtiva e impulsionando o crescimento econômico.
- Redução das desigualdades sociais e ampliação do mercado consumidor interno: A educação contribui para a mobilidade social e amplia a capacidade de consumo, fortalecendo as economias locais e regionais.
- Estímulo à inovação e adaptação tecnológica nos setores produtivos: A formação educacional qualificada favorece o desenvolvimento tecnológico e a adoção de inovações, impactando positivamente a competitividade econômica.

Espera-se que esse impacto seja mais pronunciado na Paraíba, que ampliou os investimentos educacionais, enquanto em Pernambuco, devido às restrições orçamentárias, essa relação tende a ser menos expressiva.

Os resultados desta pesquisa poderão oferecer contribuições relevantes para o desenho de políticas públicas, especialmente em contextos de restrição fiscal, ao evidenciar a importância de manter investimentos estratégicos mesmo diante de limitações financeiras.

5.3.1. Resultados do modelo did

O modelo de Diferença em Diferenças (DiD) estimado sugere uma associação positiva e estatisticamente significativa entre os gastos públicos em educação e o Produto Interno Bruto (PIB) de Pernambuco. O coeficiente da variável *Gastos_Educacao* apresentou significância a 1% ($p < 0,001$), indicando

que aumentos nos investimentos em educação estão correlacionados com o crescimento econômico.

Contudo, o coeficiente da interação $DID_{POS_{CORTE}}$, que capta o efeito diferencial da política de contenção de gastos no estado de Pernambuco no período pós-2015, não foi estatisticamente significativo ($p = 0,262$). Isso sugere que o congelamento dos gastos educacionais não gerou impacto imediato ou estatisticamente detectável sobre o PIB estadual no curto prazo. Por outro lado, a interação $DID_{PRE_{CORTE}}$ apresentou sinal negativo e significância estatística ($p < 0,01$), o que pode indicar diferenças pré-existentes entre os estados antes da intervenção.

O elevado valor do R^2 ajustado (0,9819) revela que o modelo apresenta alto poder explicativo em relação à variação do PIB. Além disso, o teste F global confirmou a significância conjunta dos regressores ($p < 0,001$).

Tais resultados indicam que os efeitos dos investimentos em educação sobre a atividade econômica são potencialmente mais relevantes no médio e longo prazo, à medida que os ganhos em capital humano, produtividade e coesão social se consolidam. A análise comparativa com a Paraíba — que manteve trajetória ascendente de gastos no período — reforça a hipótese de que a continuidade do investimento educacional pode gerar retornos econômicos superiores ao longo do tempo.

Tabela 11 – Resultados do Modelo de Diferenças em Diferenças (DID)

Variável	Coeficiente (Erro-padrão)	Valor-p & Significância
(Intercepto)	21.340,00 (8.178,00)	0,0206 *
Gastos_Educacao	0,01689 (0,00336)	0,0002 ***
TRATAMENTO	97.880,00 (10.600,00)	2.49e-07 ***
POS_CORTE	2.673,00 (4.878,00)	0,5924
DID_POS_CORTE	-11.490,00 (9.836,00)	0,2621
DID_PRE_CORTE	-37.890,00 (9.951,00)	0,0019 **

Nota:

Erro padrão residual = **7.443** com 14 graus de liberdade.
 R^2 = **0,9867** | R^2 ajustado = **0,9819**
 Estatística F = **207,4** com p-valor = **1,302e-12**

Significância:

* $p < 0.001$, $p < 0.01$, $p < 0.05$

Autor: Elaboração Própria

6. Conclusão e recomendações

Os resultados da regressão linear demonstraram que os gastos públicos em educação e saúde tiveram impacto positivo e estatisticamente significativo ($p < 0,01$) no PIB de Pernambuco, com coeficientes de 0,015 e 0,008, respectivamente. Esses achados estão alinhados com a literatura que destaca o papel dos investimentos sociais no crescimento econômico (Barro, 1990; IPEA, 2020). É importante ressaltar, contudo, que a análise controlada por multicolinearidade ($VIF < 10$) não estabelece relação causal direta, indicando que fatores não observados - como investimentos privados complementares ou qualidade da gestão pública - podem influenciar essa relação.

Complementando essa análise, o modelo de Random Forest revelou um panorama mais complexo. Enquanto a regressão linear destacou a importância da educação e saúde, o Random Forest mostrou que os gastos com educação apresentaram importância relativa menor (2,0%) em comparação com outros investimentos, como previdência (3,9%) e indústria (3,7%). Essa aparente contradição sugere que o impacto dos investimentos educacionais pode ser predominantemente indireto ou de longo prazo - hipótese corroborada pelo modelo de Diferenças-em-Diferenças (DiD) -, enquanto variáveis como segurança pública (3,5%) e infraestrutura de comunicações (3,6%) demonstraram efeitos mais imediatos na atividade econômica. A robustez do modelo foi atestada pelo alto R^2 ajustado (0,98) e pelos resultados da validação cruzada ($RMSE = 1.945,50$).

Os achados do modelo DiD trouxeram insights adicionais ao mostrar que políticas de austeridade fiscal em áreas sociais não produziram efeitos imediatos mensuráveis sobre o PIB. Esse resultado sugere que, embora os cortes em educação possam parecer menos impactantes no curto prazo, exigem cautela devido aos seus potenciais efeitos negativos no longo prazo, particularmente na formação de capital humano.

A análise integrada dos três modelos revela que a relação entre gastos públicos e crescimento econômico em Pernambuco apresenta três características fundamentais: (1) é setorialmente heterogênea, com diferentes áreas apresentando distintos padrões de impacto; (2) varia temporalmente, com alguns investimentos mostrando efeitos imediatos e outros demonstrando impactos defasados; e (3) é qualitativamente sensível, dependendo não apenas do volume de recursos, mas também de sua alocação eficiente.

6.1. Sugestões para Pesquisas Futuras

6.1.1. Inclusão de Variáveis Qualitativas

Futuros estudos poderiam incorporar variáveis qualitativas, como a qualidade da gestão pública, a eficiência na execução dos gastos e fatores políticos e institucionais. Isso permitiria uma análise mais abrangente dos impactos dos gastos públicos, considerando não apenas o volume dos investimentos, mas também a eficácia de sua implementação.

6.1.2. Análise de Longo Prazo

A ampliação do período de análise em pesquisas futuras seria relevante para capturar tendências de longo prazo e os efeitos de ciclos econômicos mais amplos. Essa abordagem seria particularmente importante para avaliar os impactos de políticas de gastos públicos em áreas como educação e saúde, cujos resultados tendem a se materializar apenas após décadas.

6.1.3. Comparação Inter-regional

Estudos comparativos entre diferentes estados ou regiões do Brasil poderiam ser realizados para avaliar como contextos socioeconômicos distintos influenciam a relação entre gastos públicos e crescimento econômico. Por exemplo, uma comparação entre o estado de Pernambuco e outros estados do Nordeste poderia revelar padrões regionais específicos e oferecer uma visão mais detalhada sobre a variação dos impactos dos investimentos públicos.

Referências

AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO (ACEP). *Relatório Anual 2021*. Recife: ACEP, 2021.

ASCHAUER, D. A. Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, v. 23, n. 2, p. 177-200, 1989.

ATHEY, S.; IMBENS, G. W. Machine learning methods economists should know about. *Annual Review of Economics*, v. 11, p. 685-725, 2019.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. 2010. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br>. Acesso em: 16 fev. 2025.

BARRO, R. J. Government spending in a simple model of endogenous growth. *Journal of Political Economy*, v. 98, n. 5, p. S103-S125, 1990.

BREIMAN, L. Random forests. *Machine Learning*, v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001.

CAVALCANTI, C. E.; SILVA, A. M. A. *Impacto dos gastos públicos no crescimento econômico do Nordeste brasileiro*. Recife: Editora UFPE, 2013.

CHERNOZHUKOV, V. et al. Double/debiased machine learning for treatment and structural parameters. *The Econometrics Journal*, v. 21, n. 1, p. C1-C68, 2018.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE PERNAMBUCO (CODE-PE). *Relatório Econômico 2021*. Recife: CODE-PE, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Contas regionais do Brasil*. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 16 fev. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). *Relatório de acompanhamento fiscal*. 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 16 fev. 2025.

KEYNES, J. M. *A teoria geral do emprego, do juro e da moeda*. São Paulo: Nova Cultural, 1936.

MULLAINATHAN, S.; SPIESS, J. Machine learning: an applied econometric approach. *Journal of Economic Perspectives*, v. 31, n. 2, p. 87-106, 2017.

MUSGRAVE, R. A. *The theory of public finance: a study in public economy*. New York: McGraw-Hill, 1959.

PORTO DIGITAL. *Relatório Anual 2023*. Recife: Porto Digital, 2023.

SECRETARIA DA FAZENDA DE PERNAMBUCO (SEFAZ-PE). *Boletim Fiscal 2022*. Recife: SEFAZ-PE, 2022.

SECRETARIA DA FAZENDA DE PERNAMBUCO (SEFAZ-PE). *Relatório de Execução Orçamentária 2023*. Recife: SEFAZ-PE, 2023.

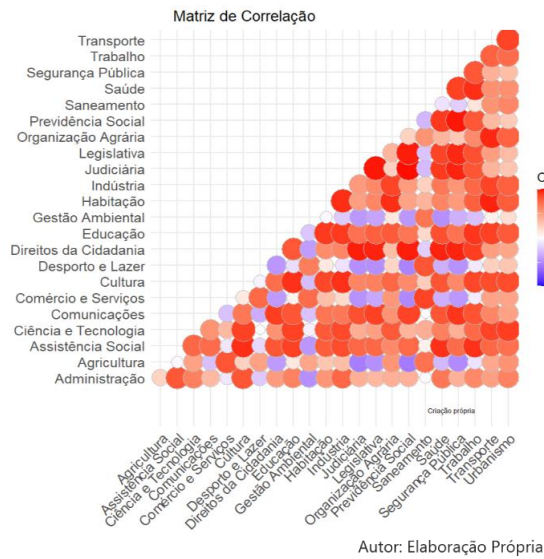
SECRETARIA DE TURISMO DE PERNAMBUCO (SETUR-PE). *Impactos da Pandemia no Setor Turístico*. Recife: SETUR-PE, 2021.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES CONTÁBEIS E FISCAIS DO SETOR PÚBLICO BRASILEIRO (SICONFI). *Dados sobre gastos públicos*. Disponível em: <https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/index.jsf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

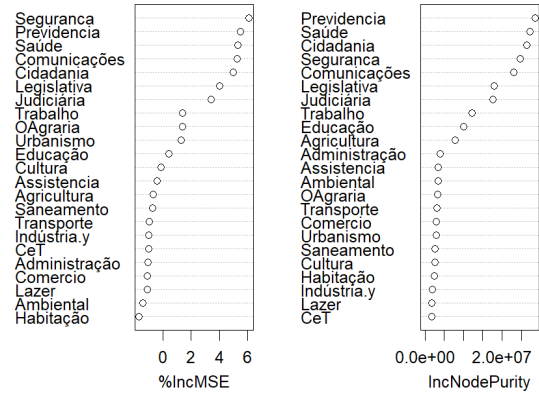
SUPERINTENDÊNCIA DA ZONA FRANCA DE MANAUS (SUFRAMA). *Dados do PIB setorial*. Disponível em: <https://www.suframa.gov.br>. Acesso em: 16 fev. 2025.

UNCTAD/SENAI-PE. *Relatório de Desenvolvimento Industrial de Pernambuco*. Recife: SENAI, 2024.

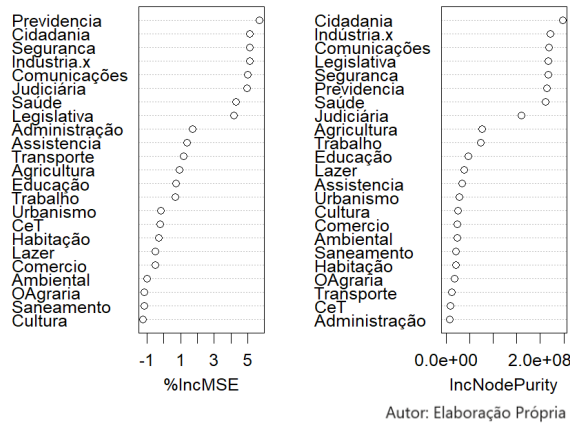
Apêndice A (Gráficos)



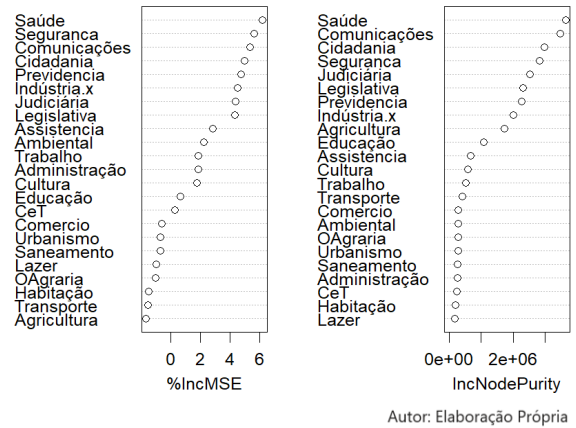
Importância das Variáveis - Indústria



Importância das Variáveis - Serviços



Importância das Variáveis - Agro



Apêndice B (Tabelas)

Tabela de importância para o modelo de previsão PIB do agronegócio

Variável	%IncMSE	Variável	IncNodePurity
Saúde	6,201732226	Saúde	3629495,222
Seguranca	5,653943004	Seguranca	2810212,279
Comunicações	5,343665563	Comunicações	3470108,666
Cidadania	4,990686226	Cidadania	2969062,523
Previdencia	4,75727278	Previdencia	2255284,103
Indústria.x	4,510205523	Indústria.x	2011474,768
Judiciária	4,385801402	Judiciária	2526073,05
Legislativa	4,349669585	Legislativa	2310271,227
Assistencia	2,846966769	Assistencia	675992,3125
Ambiental	2,25000384	Ambiental	279144,4577
Trabalho	1,873117058	Trabalho	508350,0699

Autor: Elaboração própria

Tabela de importância para o modelo de previsão PIB da indústria

Variável	%IncMSE	Variável	IncNodePurity
Seguranca	6,08684458	Previdencia	28583790,3
Previdencia	5,49086024	Saúde	27239149,7
Saúde	5,2948389	Cidadania	26419278,2
Comunicações	5,23957484	Seguranca	24795781,6
Cidadania	4,99389271	Comunicações	23038900,3
Legislativa	4,0269605	Legislativa	18011010,9
Judiciária	3,42172577	Judiciária	17637381,2
Trabalho	1,39664439	Trabalho	12267705,6
OAgraria	1,39183389	Educação	9938482,28
Urbanismo	1,31365144	Agricultura	7773118,92
Educação	0,43037567	Administração	3982409,76

Autor: Elaboração própria

Tabela de importância para o modelo de previsão PIB de serviços

Variável	%IncMSE	Variável	IncNodePurity
Previdencia	5,70619385	Previdencia	214457649
Cidadania	5,1325762	Cidadania	247382915
Seguranca	5,1238771	Seguranca	217225096
Indústria.x	5,11051628	Indústria.x	221411096
Comunicações	5,01073575	Comunicações	219050478
Judiciária	4,93640959	Judiciária	159345358
Saúde	4,28166311	Saúde	211760145
Legislativa	4,17642063	Legislativa	217282236
Administração	1,69539064	Administração	6915296,94
Assistencia	1,36785826	Assistencia	33798922,5
Transporte	1,18748614	Transporte	11218631,3

Autor: Elaboração própria