

INVESTIMENTO EM INFRAESTRUTURA ENERGÉTICA E O CRESCIMENTO ECONÔMICO BRASILEIRO NO PERÍODO DE 2003 A 2018

Andréia Ferreira Prestes¹
Fernanda Mendes Bezerra²
Gilmar Ribeiro de Mello³
Talita Egevardt de Castro³

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná

²Universidade Federal de Pernambuco

³Universidade de São Paulo

DOI: <https://doi.org/10.47168/rbe.v25i2.456>

RESUMO

O desenvolvimento socioeconômico de um país provém de diversos fatores, um deles é o investimento em infraestrutura. Tal afirmativa pode ser resultado de um impacto direto que a infraestrutura causa em, praticamente, todo o processo produtivo, acarretando em retornos crescentes nos insumos (capital e trabalho) e nos investimentos privados, interferindo, assim, na industrialização, na elevação do nível de emprego e na renda da população. A fim de corroborar com essa afirmação, o objetivo deste trabalho é investigar se existe relação entre investimento em infraestrutura e crescimento econômico no Brasil, enfatizando o setor de energia elétrica no período de 2003 a 2018. Para esse propósito, estimou-se o modelo de Vetor Autorregressivo (VAR). Os resultados indicam que existe uma relação significativa entre o consumo de energia elétrica e o crescimento econômico brasileiro. Desta forma, o investimento em infraestrutura energética se torna condição necessária para que o crescimento econômico seja alavancado no Brasil.

Palavras-chave: Crescimento econômico, Infraestrutura energética, Investimento, Setor Industrial, Vetor Autorregressivo (VAR).

ABSTRACT

The socioeconomic development of a country comes from several factors, one of them is the investment in infrastructure. This fact can be a result of a direct impact that infrastructure causes in, practically, the whole productive process, leading to increasing returns to inputs (capital and labor) and to private investments, thus interfering in industrialization,

raising the level of employment and income of the population. In order to corroborate this assertion, the objective of this work is to investigate whether there is a relationship between infrastructure investment and economic growth in Brazil, emphasizing the electric energy sector in the period from 2003 to 2018. For this purpose, it was estimated the Vector Autoregressive (VAR). The results indicate that there is a significant relationship between electricity consumption and Brazilian economic growth, so investment in energy infrastructure becomes a necessary condition for economic growth to be leveraged in Brazil.

Keywords: Economic growth, Energetic infrastructure, Investment, Industrial Sector, Autoregressive Vector (VAR).

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de infraestrutura pode ser um dos fatores determinantes para a geração do crescimento e do desenvolvimento socioeconômico de uma região. Infraestrutura esta que é capaz de dar suporte para as atividades produtivas e para toda a população.

De acordo com Hirschman (1958), investir em infraestrutura é importante para a economia, pois possibilita um ambiente adequado para a instalação e expansão industrial. Medeiros e Ribeiro (2019) relatam que a disponibilidade da infraestrutura resulta na redução de custo, tornando as atividades mais rentáveis, incentivando as indústrias a ampliar e a diversificar suas produções, impulsionando, assim, a geração de renda, emprego e demanda dos consumidores. Além desses fatores, Campos Neto e Moura (2012) relatam que o consumidor também se beneficia nesse processo, devido ao aumento do poder de compra, ao barateamento e a maior disponibilidade de mercadorias, o que resulta em ganhos de bem-estar, reduzindo a pobreza e a desigualdade social.

No mesmo sentido, Frischtak (2013) defende que, para haver aceleração da economia, o investimento em infraestrutura é fundamental, de modo que os setores de energia, transporte, saneamento e telecomunicações apresentam grande relevância, por serem um conjunto de operações fundamentais que viabilizam a maior eficiência do sistema econômico e do desenvolvimento regional. Por isso, a escassez ou a ineficiência na alocação dos recursos voltados para estes setores básicos pode acarretar em problemas setoriais e macroeconômicos, afetando a riqueza regional e nacional.

O Brasil, em seu período histórico, especialmente entre 1930 e 1979, apresentou elevados níveis de investimento em infraestrutura, sendo grande parte no setor público, o qual chegou a representar cerca de 5,42% do Produto Interno Bruto (PIB). Tais aplicações auxiliaram na estruturação e diversificação da economia, mesmo que de forma razoável. No entanto, o Brasil ainda sofre com a carência de oferta e

qualidade de infraestrutura, resultado da redução de investimentos, o qual, no ano de 2017, chegou a 1,5% do PIB, um dos menores da história do país (MEDEIROS; RIBEIRO, 2019).

Por isso, analisar o investimento em infraestrutura se faz importante, visto que está relacionado com praticamente todo o processo produtivo. Nesta pesquisa, o enfoque se dará para a infraestrutura energética, pois, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2008), o consumo de energia elétrica é elemento chave para o aquecimento econômico. Tal investimento reflete tanto no ritmo dos setores industriais, comerciais e de serviços, quanto na capacidade de aumentar o bem-estar populacional.

Conforme a Aneel (2019), nos últimos anos, o consumo de energia está em constante aumento, sendo o setor industrial um dos principais consumidores, juntamente com a região Sudeste, não apenas por ser a mais populosa, mas por ser a mais industrializada do Brasil. Além disso, Gotardo, Barchet e Piffer (2016) defendem que este setor possui papel fundamental, dado que a estrutura industrial reflete, diretamente, no crescimento econômico da região. Por isso, nesta pesquisa, parte-se da hipótese de que a infraestrutura energética é importante no processo de aceleração do crescimento econômico, logo, o investimento contínuo neste segmento se faz necessário.

Apesar da visível importância deste setor, o Brasil ainda sofre com crises elétricas. A despeito de 70% da produção total no ano de 2017 ser originada de fonte limpas, cerca de 65% advêm da geração hídrica, deixando o país dependente desse meio de geração. E, por isso, para suprir a demanda de energia elétrica em períodos de escassez de chuva, as termoeletricas são ligadas a um custo mais elevado, devido ao alto valor da matéria prima utilizada para a geração de energia. Este procedimento acarreta em aumentos na conta de energia elétrica dos consumidores, levando as indústrias a obterem um custo maior de produção, o que acaba por encarecer o seu produto, perdendo competitividade externa, reduzindo a produção e, assim, gerando desemprego (ANEEL, 2019).

Dado este cenário, esta pesquisa pretende contribuir com o tema, discutir com a literatura e auxiliar nas tomadas de decisões de políticas públicas. Desta forma, o objetivo deste trabalho é investigar a existência da relação entre o investimento em infraestrutura e o crescimento econômico no Brasil, com ênfase no setor de energia elétrica, para o período de 2003 a 2018.

Este trabalho encontra-se dividido em cinco seções, além desta introdução, referencial teórico e revisão de literatura com trabalhos teóricos e empíricos sobre a relação entre investimento em infraestrutura, crescimento econômico e energia elétrica. A terceira e quarta seção apresentam a metodologia e a análise dos resultados estimados e, por fim, as considerações finais. para o período de 2003 a 2018.

2. CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS E EMPÍRICAS

2.1 Infraestrutura e crescimento econômico

O investimento local e o provimento em infraestrutura são fatores que agem de maneira incentivadora para outros investimentos, por meio do efeito encadeamento setorial e regional. Uma das teorias que defende a importância do investimento no desenvolvimento e no crescimento regional é a de Albert Hirschman.

Para Hirschmann (1958), o investimento é fundamental para alavancar a economia da região, uma vez que expande a produção, aumenta o emprego e a renda e, também, estimula novos investimentos em setores adicionais, a jusante ou a montante da base produtiva. Por isso, o autor defende que, devido a essa complementariedade, deve-se tomar decisões estratégicas, investindo, primeiro, em setores com maior efeito encadeamento, ou seja, para frente e para trás, capaz de gerar investimentos adicionais na economia da região.

No entanto, decidir uma ordem ótima para os investimentos não é tarefa fácil. Por isso, um dos setores que Hirschmann (1958) defende é o da infraestrutura, composto pelo emprego de capital em energia, transporte, telecomunicação, saneamento básico, entre outros setores capazes de expandir as atividades produtivas. Dessa forma, a disponibilidade de infraestrutura pode gerar efeitos multiplicadores e de expansão no restante da economia, contribuindo para o crescimento e desenvolvimento econômico e social.

À vista disso, existem inúmeras pesquisas teóricas e empíricas que abordam esse tema. Para avaliar a contribuição da infraestrutura no crescimento da América Latina, Calderón e Servén (2010) analisaram 136 países no período entre 1960 a 2005. Nos resultados, os autores relataram que um baixo nível de infraestrutura é visto como um obstáculo importante para a economia em desenvolvimento. Assim, as inadequadas condições básicas de uma sociedade na América Latina estão atrasando o crescimento e a redução da pobreza. Por esse motivo, tal questão tornou-se uma das principais prioridades na agenda política.

Zackseski (2012) buscou determinar a relação de causalidade entre investimento em infraestrutura e crescimento econômico para o Brasil no período 1947-2009, através do modelo VAR. Os resultados demonstraram evidências de que o crescimento precede o investimento. Porém, o teste de causalidade de SIMS (1972), mencionado no referido trabalho, apresentou correlação negativa entre as variáveis. política.

Castro (2014) também pesquisou a respeito da infraestrutura pública sobre o crescimento econômico das cidades brasileiras, porém, para o período de 1970 a 2010 e, por meio da utilização de dados em painel com dependência espacial. Os resultados apontaram que os setores da infraestrutura afetam positivamente o crescimento econômico regional, sendo o acesso à energia elétrica e à telefonia os de maior impacto. Para o autor, o resultado já era esperado, uma vez que os componentes da infraestrutura são pré-condição para a atividade produtiva.

Schettini e Azzoni (2015) avaliaram o papel da infraestrutura sobre a produtividade das indústrias brasileiras e constataram o aumento de 1% de rodovias, o que eleva a eficiência produtiva em 0,12%. Na mesma lógica, o aumento de infraestrutura urbana eleva 0,24% e a telefonia 0,14%, significando que a infraestrutura afeta positivamente a eficiência das indústrias.

Medeiros e Teixeira (2016) analisaram no longo prazo as relações entre infraestrutura, competitividade e os demais investimentos no Brasil. Inferiram que, a partir de 1980, o país não conseguiu manter o nível de investimento em infraestrutura, de forma a perder competitividade e limitando os investimentos adicionais na economia brasileira. Além disso, os autores evidenciaram, empiricamente, uma relação a longo prazo entre infraestrutura, competitividade e investimentos, indicando a necessidade de maior planejamento nesses setores.

Ao contrário dos autores supracitados, Ansar et al. (2016) rejeitam a hipótese de que o investimento intensivo em infraestrutura provoca o crescimento econômico. Analisando o caso da China, os autores observaram gastos em infraestrutura mal gerenciados, projetos improdutivos, qualidade inferior, com custos acima do estimado, prejudicando a prosperidade da economia, uma vez que isso gera dívidas e fragilidades nos diversos sistemas. Por isso, os autores alegam que o modelo da China não deve ser seguido por outros países, mas sim evitado.

2.2 Energia elétrica e crescimento econômico

Dentre os setores de infraestrutura, o destaque desta pesquisa é dado para a energia elétrica, a qual é considerada uma das principais variáveis indutoras do crescimento do PIB. Para Bernardy et al. (2014), a infraestrutura energética promove a diversificação das atividades produtivas, a interação entre as regiões, além de promover novas oportunidades econômicas. Por isso, inúmeras pesquisas analisam esse tema.

Karanfil e Li (2014) examinaram a dinamicidade do consumo de eletricidade e do crescimento econômico de 160 países, no período

de 1980 a 2010. Os autores concluíram que o crescimento econômico é altamente sensível às diferenças regionais e ao nível de renda.

Por sua vez, Bhattacharya et al. (2016) investigaram os efeitos do consumo de energia renovável para o crescimento econômico, entre os anos de 1991 a 2012, para os 38 países que mais consomem tal energia. Apesar da não homogeneidade entre os locais, evidenciaram que o consumo de energia renovável impacta positivamente no crescimento econômico em 57% dos países da amostra.

A dependência hídrica para a geração de energia elétrica também pode ser evidenciada em outros países. Segundo Bekoe e Logah (2013), Gana também é dependente das hidrelétricas, e a seca neste país está causando problemas graves, como por exemplo, o racionamento de energia, o qual afetou todos os setores da economia, resultando em uma redução na produção, mão de obra ociosa, encolhimento das receitas passadas para o estado, entre outros fatores. Por isso, os autores sugerem utilizar os recursos da melhor maneira agora, para não sofrer ainda mais no futuro.

No que tange o Brasil, Pires (2012) relata que o país tem uma das energias mais caras do mundo. Segundo o autor, estudos realizados pelas associações e federações industriais mostram a perda de competitividade do produto brasileiro e a queda nos investimentos por parte das indústrias internacionais. Esta situação encontra-se interligada com os altos preços da energia no país, fazendo com que o investimento obtenha um retorno mais baixo, ou seja, se tornando menos atrativo para o capital estrangeiro.

Carminati e Scalco (2013) buscaram encontrar as relações causais do PIB com consumo e oferta de energia no Brasil, no período de 1970-2007. Os resultados demonstraram que alterações positivas no produto afetam o consumo de energia diretamente, o contrário também é válido, além do PIB aumentar a demanda de energia. Uma vez que, o crescimento do produto pode orientar as decisões políticas no fornecimento de infraestrutura energética, políticas públicas que visam estimular o investimento em infraestrutura, dentre elas a energética, podem servir como instrumentos para promoção do crescimento econômico, no longo prazo. Caso contrário, interrupções na oferta de energia podem causar sérias perdas econômicas e financeiras ao país.

Vizioli (2014) fez uma análise da relação entre o investimento público em energia e o crescimento econômico no Brasil, no período de 2000 a 2012. Os resultados mostraram que existe uma associação forte e consistente entre o crescimento do PIB per capita brasileiro e os investimentos públicos em energia, confirmando a tese de que o Estado tem papel fundamental nesse setor para a promoção do crescimento econômico.

A importância do investimento em infraestrutura energética para o crescimento econômico fica clara na literatura. Segundo a Aneel (2019), a demanda energética só vem aumentando, em torno de 85% de 2003 para 2017. Para prevenir futuras crises e permitir que o país continue crescendo é necessário ter uma infraestrutura que suporte tal elevação, para isso, é imprescindível planejamento e, para executar, é preciso investimento.

Neste contexto, esta pesquisa busca investigar a relação entre o investimento em infraestrutura energética e o crescimento econômico brasileiro, cujo método e variáveis de análise encontram-se descritos na próxima seção.

3. METODOLOGIA

Esta seção tem como finalidade apresentar a forma pela qual será respondido o objetivo do estudo, por isso encontra-se dividida em duas subseções, na primeira constam as variáveis, o período, as fontes dos dados, o tratamento, entre outros fatores e, na segunda, o método a ser utilizado.

3.1 Fontes de dados e tratamento

A abordagem empregada nesta pesquisa é de caráter quantitativa, mediante a utilização de séries temporais, baseada em autores, tais como Zackseski (2012), Carminat e Scaldo (2013), Karanfil e Li (2014), Bhattacharya et al. (2016) e Medeiros e Teixeira (2016).

Os dados são de periodicidade trimestral, a partir de janeiro de 2003 até setembro de 2018, a nível nacional, totalizando 63 observações. A escolha deste período é decorrente da disponibilidade dos dados encontrados, juntamente com as alterações estruturais ocorridas nesse segmento. Conforme a Aneel (2019), no período de 2003 a 2018, o Brasil, em termos gerais, teve aumento da demanda por energia elétrica quase que contínuo ao longo de sua trajetória, com reduções apenas nas crises energéticas, uma vez que o país, em pouco mais de uma década, enfrentou três crises de abastecimento de energia, resultando em apagões e impactando nos setores e regiões.

Considerando tais fatores, juntamente com a literatura (ZACKSESKI, 2012; MEDEIROS; TEIXEIRA, 2012; CARMINAT; SCALDO, 2013; VIZIOLI, 2014; KARANFIL; LI, 2014; BHATTACHARYA et al., 2016), a análise empírica se baseia nas variáveis PIB, consumo de energia elétrica do setor industrial e preço médio de energia elétrica. Gotardo, Barchet e Piffer (2016) também corroboraram na escolha, pois defendem que o padrão de crescimento econômico está associado

à estrutura industrial. Por isso, os dados selecionados estão voltados para a indústria brasileira.

A Tabela 1 expõe o conjunto dos dados, juntamente com a sigla de cada variável, unidade de valor e a fonte extraída.

Tabela 1 - Dados da pesquisa

Variável	Sigla	Unidade	Fonte
Consumo Energia Elétrica Industrial	CEEI	MWh	ANEEL
Produto Interno Bruto (valor corrente)	PIB	Milhões	IBGE
Tarifa de Energia Elétrica	TEE	Valor	ANEEL

Basicamente, as fontes utilizadas foram o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Aneel, ambos são órgãos governamentais, em que, o primeiro disponibiliza informações demográficas e socioeconômicas e, o segundo dispõe dos dados relacionados desde a produção até o consumo de energia elétrica para os vários segmentos econômicos e regiões.

Como a metodologia baseia-se em séries temporais, todos os dados foram deflacionados com base no Índice Geral de Preço – Disponibilidade Interna (IGP-DI), da Fundação Getúlio Vargas (FGV) e extraídos no IpeaData, com período base de janeiro de 2003. Além disso, como as variáveis possuem unidades de medidas diferentes, os coeficientes poderiam não representar de maneira adequada a relação entre elas, em vista disso, optou-se por utilizar os dados como forma de logarítmicos naturais.

3.2 Modelo econométrico

Como destacado, a análise empírica da relação entre o PIB, CEEI e a TEE analisa-se por meio de séries temporais e, um dos modelos que permite fazer essa estimação é o VAR. Segundo Caiado (2002), o referido modelo leva em consideração a existência de relações de interdependência entre as variáveis, permitindo avaliar o impacto das perturbações aleatórias sobre o sistema de equações. Dessa forma, torna-se possível verificar a inter-relação e o comportamento das variáveis em resposta a choques individuais nos componentes do sistema, bem como, a obtenção de elasticidades entre as variáveis em séries temporais futuras.

Além disso, segundo Alves e Bacchi (2004), a metodologia VAR permite fazer a decomposição histórica da variância dos erros de previsões futuras, analisando os choques sofridos em cada uma das variáveis ocorridas no passado. Podendo, assim, explicar os desvios das variáveis em relação à previsão realizada no início do período considerado. Portanto, os impactos no PIB podem ser analisados mediante a função impulso-resposta, que demonstra o efeito corrente e futuro sobre as variáveis endógenas.

Segundo Alves e Bacchi (2004), de forma geral, o modelo VAR pode ser expresso conforme descrito na Equação (1), em que B_0 é matriz de relações contemporâneas, γ_t é o vetor da variável de interesse, B_j são matrizes de parâmetros de ordem $(n \times n)$ e e_t é o termo de erro.

$$B_0\gamma_t = B_1\gamma_{t-1} + B_2\gamma_{t-2} + \dots + B_\rho\gamma_{t-\rho} + e_t \quad (1)$$

Para fazer a estimação do modelo VAR, uma condição necessária é que a série temporal seja estacionária no período analisado. Caso contrário, a utilização de séries não estacionárias pode ocasionar na obtenção de coeficientes e desvios-padrão inconsistentes, acarretando em resultados não confiáveis (GUJARATI, 2006).

Desta forma, para verificar se a série é estacionária, deve-se examinar a existência ou não de raiz unitária. Caso a série não seja estacionária, deve-se diferenciá-la até que se torne estacionária. Para este propósito, aplica-se o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), que se trata de uma extensão do teste de Dickey-Fuller (DF), em que u_t passou de não correlacionado para correlacionado.

Segundo Gujarati (2006), de forma geral o teste ADF é dado pela Equação (2), em que γ_t é um passeio aleatório com deslocamento em torno de uma tendência determinística.

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Se, na Equação (2), $\delta = 0$, a variável possui raiz unitária e a série caracteriza-se como não estacionária. Porém, se a hipótese alternativa é $\delta < 0$, a série é estacionária e não possui raiz unitária.

As séries que não são estacionárias por nível podem se transformar em estacionárias na primeira, $I(1)$, ou na segunda, $I(2)$, diferença. Se as variáveis apresentarem estacionariedade com ordens diferentes, aplica-se o modelo VAR.

Segundo Gujarati (2006), a principal dificuldade do referido modelo está na escolha do número de Lags (quantidade de defasagem), porém, para não ocorrer problema na estimação, deve-se incluir uma quantidade de defasagem suficiente para que os erros não sejam serialmente correlacionados. Outra opção para a escolha da defasagem é por meio do critério de informação de Akaike (AIC) ou Schwarz (SC).

No caso da aplicação do teste em software, as defasagens já vêm indicadas. Contudo, mesmo assim, é preciso verificar qual conjugação dos critérios de informação apresentam menores valores. O número de Lags escolhido deve atender os pressupostos de estabilidade, normalidade dos resíduos, ausência de autocorrelação residual e a homocedasticidade.

Segundo Gujarati (2006), o teste de autocorrelação é necessário nas variáveis da série, pois em caso de presença de autocorrelação há um viés nos estimadores, ou seja, subestima-se a variância residual, o desvio padrão e, além disso, leva a problemas de interpretação dos testes de significância. Ao considerar um nível de significância de 5%, se p-valor for maior que 0,05 a hipótese nula de inexistência de autocorrelação não é rejeitada. Por outro lado, se o p-valor for menor existe autocorrelação na série.

Segundo Corrar, Paulo e Dias Filho (2012), o teste de homocedasticidade é satisfeito quando os resíduos se distribuem, aleatoriamente, em torno da reta de regressão e de forma constante, ou seja, a variância dos resíduos é igual a uma constante para todos os valores de x .

Atendido aos pressupostos, parte-se para a análise do VAR, a qual é realizada via função impulso resposta e a decomposição da variância. A função impulso resposta demonstra como a estrutura dinâmica das variáveis se comporta. Para isso, apresenta-se, graficamente, como um choque em uma variável afetará a outra, isto é, qual a resposta impulso desse choque em um determinado período de tempo. Já a decomposição da variância demonstra, em termos percentuais, quanto uma variável explica a outra.

Para deixar a pesquisa mais completa, optou-se por estimar o teste de Causalidade de Granger, o qual foi utilizado por Zackseski (2012), Carminat e Scaldo (2013) e Karanfil e Li (2014), por este ser capaz de explicar a relação entre as variáveis do estudo. Segundo Gujarati (2006), para estudar esse teste é importante fazer a seguinte pergunta: A variação de X é o que causa variação em Y ou é a variação de Y que causa o X ?

Para calcular o modelo e todos os testes utiliza-se o software Eviews 9. A análise dos resultados está disposta na próxima seção.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A primeira etapa do trabalho consistiu em verificar a estacionariedade das séries temporais. Para esse propósito foi aplicado o teste ADF, a fim de identificar se as séries são estacionárias em nível ou em diferença e, assim, poder identificar se o modelo mais apropriado é o VAR. Os resultados encontram-se expostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Teste ADF

Variável	Diferenciação	T	5%	P- Valor
CEEI	I (0)	-2,17	-1,94	0.0297
PIB	I (2)	-4,38	-1,94	0.0000
TEE	I (1)	-2,99	-1,94	0.0033

Considerando um nível de significância de 5%, é possível rejeitar a hipótese nula, para CEEI em nível, para PIB com duas diferenciações e para TEE com uma diferença, todas se tornaram estacionárias sem tendência e constante.

Como as séries não são estacionárias de mesma ordem, o VAR é o modelo adequado. Segundo Einfeld et al. (2007), no modelo VAR, as variáveis são endógenas e dependem das próprias defasagens e também das demais séries, em que a escolha ocorre de forma arbitrária. Portanto, para prosseguir com a análise é indispensável a escolha do número ótimo de defasagens. Conforme os resultados dispostos na Tabela (3), todos os critérios apontaram para Lag 3, dessa maneira, foi o modelo escolhido e será chamado de VAR (3).

Tabela 3 - Escolha ótima dos lags – VAR

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
3	364.7185	104.4129*	1.97e-09*	-11.54202*	-10.47627*	-11.12689*

* Indica a ordem da defasagem pelo critério de seleção. AIC: Critério de Informação de Akaike; SC: Critério de Informação de Schwarz e HQ: Critério de Informação de Hannan-Quinn.

Todavia, para prosseguir as estimações com propriedade, é necessário testar a estabilidade e alguns pressupostos do VAR (3). O resultado da estabilidade está representado na Figura 1. Nota-se que todas as representações se encontram dentro do círculo que indica a

delimitação da raiz unitária. Assim, o modelo VAR (3) satisfaz a condição de estabilidade.

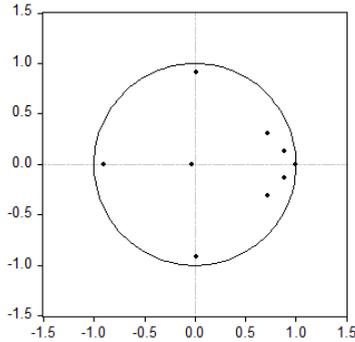


Figura 1 - Estabilidade do modelo VAR (3)

Para atender aos pressupostos do VAR (3), foi considerado como critério um nível de significância de 95%. No teste de normalidade Skewness, a hipótese nula não foi rejeitada, dado um p-valor de 0,30, maior que 0,05, confirmando a normalidade dos resíduos. O teste de autocorrelação LM mostra ausência de autocorrelação residual, devido ao p-valor ser 0,31, sendo maior que 0,05 garante a confiabilidade das estatísticas e eficiência do modelo. O teste de homocedasticidade apresentou um p-valor de 0,12, como maior que 0,05 a hipótese nula de variância homocedástica não é rejeitada.

Verificado o atendimento dos pressupostos, o próximo passo é interpretar o VAR (3) através da análise da função impulso resposta e da decomposição da variância. A função impulso resposta representada na Figura 2 pela linha do meio (contínua) demonstra o comportamento de uma variável endógena quando sofre um choque de outra variável endógena e as linhas dos extremos (pontilhadas) demonstram dois desvios padrão.

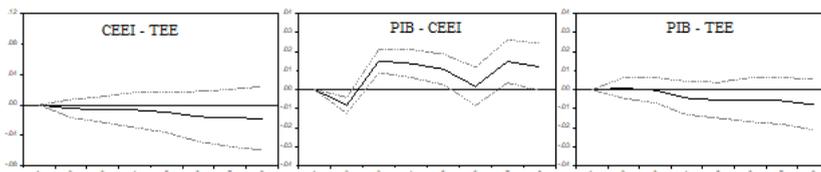


Figura 2 - Análise da função de resposta ao impulso

Como pode-se observar, no primeiro gráfico da Figura 2, a linha contínua se posiciona abaixo de zero, demonstrando que um choque na tarifa da energia elétrica afeta o consumo industrial negativamente, ou seja, se houver um aumento no preço, as indústrias, imediatamente, reduzem o consumo, o que, conseqüentemente, reduz a produção. Conforme mensurado por Schettini e Azzoni (2015), a infraestrutura afeta positivamente na produtividade e na eficiência das indústrias. Dessa forma, um aumento no preço reduz a produção e torna a região menos competitiva.

O segundo gráfico representa que o PIB, após um choque no consumo industrial de energia elétrica, responde de forma negativa até o segundo trimestre. Este primeiro reflexo pode ser explicado pelo fato dos dados serem comparados no mesmo período em que as indústrias utilizam da energia elétrica para produzir, porém, não efetivam a venda no mesmo momento. Com isso, primeiramente, afeta o consumo e, somente após a venda do produto, contabiliza-se no PIB. Mas, após esse período, além dos reflexos serem significantes, se mostram positivos, na maior parte do tempo, pois a linha contínua se localiza acima de zero. Portanto, um aumento no consumo de energia elétrica pelas indústrias irá afetar o PIB positivamente, gerando crescimento econômico.

O último gráfico comprova os dois primeiros, demonstrando que o processo funciona como um círculo, isto é, se o preço da energia elétrica afeta o consumo desta no setor industrial e, se este consumo afeta o PIB, logo, alterações na tarifa impactam o PIB negativamente. Em outras palavras, um aumento no preço da energia elétrica desacelera a economia.

Para verificar o impacto, em termos percentuais, utiliza-se a decomposição da variância que está expressa na Tabela (4). Tais dados demonstram que no oitavo período houve uma variação no consumo de energia elétrica do setor industrial, a qual impactou o PIB em 18,46% e uma variação na tarifa influenciou 10,01% no PIB, ambos os resultados são positivos e de grande significância. Dessa forma, confirmou-se o resultado do trabalho de Zackseski (2012), o qual utilizou o mesmo modelo para verificar esta relação, porém para um período diferente, 1947-2009.

Tabela 4 - Decomposição da variância - VAR (3)

CEEI		PIB		TEE	
PIB (-2)	TEE (-1)	CEEI (0)	TEE (-1)	CEEI (0)	PIB (-2)
18,46%	3,37%	27,97%	5,07%	7,893%	10,01%

De forma geral, os resultados encontrados pela aplicação do modelo VAR indicam que os fatores CEEI e TEE são importantes determinantes para o crescimento da economia brasileira, explicando, respectivamente, 27,97% e 5,07%. Estes resultados deixam claro a necessidade de uma estrutura energética que suporte a crescente demanda de eletricidade, para evitar crises de abastecimento elétrico, além de garantir uma energia barata e de qualidade.

No que tange o teste de Causalidade de Granger, os resultados encontram-se descritos na Tabela (5). Considerando um nível de significância de 5%, a hipótese nula é rejeitada devido à relação entre o PIB e o CEEI serem menor que 0,05, o inverso também é válido. Portanto, no sentido de Granger, há evidências de que quando o desempenho do cenário econômico está favorável, gerando crescimento no PIB, o consumo de energia elétrica industrial responde de forma positiva e, o inverso também acontece.

Tabela 5 - Teste de causalidade de Granger

Hipótese nula	P-valor
PIB não causa CEEI	0,0000
CEEI não causa PIB	0,0000
TEE não causa CEEI	0,4597
CEEI não causa TEE	0,0982
TEE não causa PIB	0,7860
PIB não causa TEE	0,7250

Carminati e Scalco (2013) chegaram ao mesmo resultado em relação ao consumo final energético com o PIB e o PIB com consumo, implicando assim em uma bi-causalidade entre essas duas variáveis PIB e CEEI, em longo prazo. Mediante este resultado, os autores defendem que políticas públicas devem ser tomadas para estimular o investimento em infraestrutura (energética), promovendo, assim, o crescimento em um período de tempo extenso.

No entanto, observa-se que as demais relações não são, estatisticamente, significativas, por isso, no sentido de Granger, nada se pode inferir sobre a relação entre TEE com o CEEI e com o PIB. Dessa maneira, os resultados divergem, parcialmente, dos encontrados no modelo VAR.

Contudo, observa-se que o objetivo desta pesquisa se comprova mediante a relação positiva entre o CEEI e o PIB, tanto no modelo VAR como no teste de Causalidade de Granger, ou seja, o consumo

de energia elétrica do setor industrial impacta diretamente o crescimento da economia. Dessa maneira, a hipótese deste estudo de que a infraestrutura energética afeta o crescimento da economia pode ser confirmada. Esta confirmação vai de encontro com a discussão de Castro (2014), o qual defende a importância de uma infraestrutura de qualidade para gerar crescimento e desenvolvimento econômico.

Em contrapartida, Ansar et al. (2016) chegaram a resultados opostos, isto é, que investimento em infraestrutura não leva ao crescimento econômico. No entanto, os autores se depararam com um cenário de projetos mal gerenciados e improdutos. Por isso, Hirschman (1958) defende que o investimento deve ser planejado, além de ser aplicado em setores estratégicos para gerar encadeamento da economia e tornar um ambiente propício para novos investimentos.

Para Calderón e Servén (2010), o baixo nível de infraestrutura é um obstáculo para as economias em desenvolvimento, gerando atraso no crescimento econômico. Além disso, os autores verificaram que dentre os países da América Latina, de 1981 a 2001, apenas o Chile teve aumento no investimento em infraestrutura, não obstante, o Brasil é o país com maior redução, representando menos de 3% do PIB. Conforme Medeiros e Teixeira (2016), baixos investimentos em infraestrutura contribuíram para a perda de competitividade, além de limitar os investimentos adicionais na economia.

No setor energético, fica evidente a relação positiva entre o consumo e o crescimento. Os resultados encontrados são favoráveis aos evidenciados por Pires (2012) e Vizioli (2014), Karanfil e Li (2014) além dos outros autores já discutidos anteriormente. Bhattacharya et al. (2016) chegaram a mesma conclusão na maioria dos países analisados, apesar de analisarem apenas as fontes renováveis de energia. No entanto, o Brasil faz parte da minoria, ou seja, não obteve dados significativos de que as fontes de energias renováveis são condutoras ou barreiras para o crescimento econômico. Como justificativa, os autores destacam que o Brasil não utiliza as fontes de energias renováveis de maneira eficaz no processo de produção, de forma a impactar na economia como um todo.

Para Bernardy et al. (2014), o setor de energia elétrica está relacionado, não somente em termos econômicos, como por meio da interação entre as regiões e a diversificação produtiva, mas também socialmente por meio do surgimento de novas oportunidades para a população. Por esse motivo, quando ocorre um acréscimo no consumo de energia elétrica, em contrapartida, deve haver o investimento neste setor, caso contrário, o mercado elétrico poderá ficar deficitário no abastecimento de energia, levando a contenção do consumo. Nessa conjectura, investir em infraestrutura é um fator decisivo para a reestruturação do país, em que gargalos referentes ao investimento

insuficiente devem ser resolvidos.

Desta forma, fica visível a importância do planejamento e o investimento em fontes alternativas de energia, com o objetivo de deixar de ser dependente apenas das hidrelétricas, como destacado por Bekoe e Logah (2013) em Gana. Evitando, assim, racionamentos, apagões e elevação do custo, ocasionados pela falta de energia, o que acaba por deixar os produtos e serviços com um preço ainda mais elevado.

Segundo informações disponíveis no site da ANEEL (2019), esta precaução já está em andamento, pois 161 usinas se encontram em construção, destas, 66 eólicas e 17 solares, além de 425 usinas com a construção não iniciada, sendo 151 eólicas e 46 solares. Quanto às termoeletricas, 37 usinas estão em construção e 107 não estão iniciadas, apesar de ser uma fonte alternativa para a geração de eletricidade, encarece a conta do consumidor devido ao alto custo para manter em funcionamento. Contudo, para atender a demanda não suprida por outras fontes, as termoeletricas são eficientes por gerarem uma potência maior.

Dessa forma, o planejamento e o investimento são de extrema importância para que o setor sempre esteja bem estruturado, suprindo a demanda dos setores, principalmente, o industrial, refletindo na aceleração da economia e no aumento da competitividade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Grande parte da literatura econômica enfatiza que um dos fatores chave que proporciona o crescimento econômico é a infraestrutura de um país, pois se trata de um instrumento básico que norteia todo o processo produtivo da economia, além de ser fonte necessária para o desenvolvimento e bem-estar da população. Dessa forma, o investimento nos setores de energia, transporte, telecomunicação e saneamento básico deve ser contínuo, pois possibilita aumento da produtividade, qualidade dos bens e serviços, redução nos custos de produção, tornando, assim, o país mais competitivo, resultando em maior crescimento econômico.

O presente trabalho teve como base de estudo o setor de energia elétrica, por se caracterizar como um dos mais relevantes na infraestrutura. Com o intuito de verificar se existe relação entre o investimento na infraestrutura energética e o crescimento econômico, aplicou-se o modelo VAR e, para examinar se uma variável causa à outra no sentido de Granger, utilizou-se o teste de Causalidade de Granger.

Os resultados mostraram que existe uma relação significativa

entre o consumo de energia elétrica do setor industrial com o crescimento econômico brasileiro. No teste de Causalidade de Granger fica ainda mais evidente, pois além do consumo causar o PIB, o inverso também é válido.

Diante da confirmação da hipótese de que o consumo de eletricidade afeta o crescimento da economia, é importante que este setor sempre esteja bem estruturado para suprir futuras eventualidades de consumo. Além de garantir um preço baixo, principalmente, para a indústria que é o maior consumidor e considerado uma das chaves para a aceleração econômica. Desta forma, o investimento em infraestrutura energética é essencial para manter o funcionamento do sistema produtivo do país, fazendo com que o crescimento se concretize.

Entretanto, como os investimentos neste setor exigem uma grande quantidade de capital, um incentivo governamental faz-se necessário, seja na elaboração de programas de estímulo, na concessão de subsídios ou até mesmo uma linha mais facilitada de crédito para as empresas privadas. Contudo, para que o crescimento ocorra de forma contínua, é necessário que o investimento seja aplicado com qualidade e não apenas em quantidade, de forma contínua e expressiva, para assim levar ao crescimento sustentado da economia.

O importante é não deixar de monitorar este setor, pois quando se tem uma infraestrutura de qualidade, as empresas se sentem motivadas a investir em seus negócios, levando a uma aceleração industrial que irá gerar mais empregos. Com o aumento da remuneração, as empresas e as pessoas adquiram bens tecnologicamente mais avançados, acarretando em um aumento no consumo de energia elétrica, formando assim um círculo virtuoso.

Apesar da relação positiva do consumo de energia elétrica industrial e do PIB, a correlação entre a tarifa com o consumo e o PIB apresentou divergência do modelo VAR para o de Causalidade de Granger. Desta forma, deixa-se uma opção de pesquisa para maior investigação desta relação, seja por meio de outros métodos, regiões diferentes, períodos ou até mesmo outra classe de consumo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. R. A.; BACCHI, M. R. P. Oferta de exportação de açúcar do Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 42, n. 1, p. 09-33, 2004.

ANSAR, A.; FLYVBJERG, B.; BUDZIER, A.; LUNN, D. Does infrastructure investment lead to economic growth or economic fragility? Evidence from China. *Oxford Review of Economic Policy*, Volume 32, Number 3, pp. 360–390, 2016.

ANEEL – Agência Nacional de energia Elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/> . Acesso em: 23 Jan. 2019.

ANEEL - Agência Nacional de energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 3ª edição. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf> . Acesso em: 03 Jan. 2019.

BEKOE, E. O.; LOGAH, F. Y. The Impact of Droughts and Climate Change on Electricity Generation in Ghana. *Environmental Sciences*, Vol. 1, no. 1, 13 – 24, 2013.

BERNARDY, R. J.; FELIPPIM, E. S. ; ZUANAZZI, J. ; RAMMÉ, J. . Análise da influência dos empreendimentos hidrelétricos sobre as receitas municipais, no entorno do Rio Uruguai. *Desenvolvimento em Questão*, v. 12, p. 155-187, 2014.

BHATTACHARYA, M.; PARAMATI, S. R.; OZTURK, I.; BHATTACHARYA, S. The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, 162, p. 733–741, 2016.

CAIADO, J. Modelos VAR, taxas de juro e inflação. In: *Literacia e Estatística* (Ed. P. Brito, A. Figueiredo, F. Sousa, P. Teles e F. Rosado), Actas do X Congresso da Sociedade Portuguesa de Estatística, p. 215-228, 2002.

CALDERÓN, C. A.; SERVÉN, L. Infrastructure in Latin America. *World Bank Policy Research Working Paper*, n. 5317, p. 01-54, May. 2010.

CAMPOS NETO, C.; MOURA, F. Investimentos na infraestrutura econômica: avaliação do desempenho recente. *Radar: tecnologia, produção e comércio exterior*, Brasília, DF, n. 2, p. 9-20, 2012.

CARMINATI, J. G. O.; SCALCO, P. R. Relações de causalidade entre energia e crescimento econômico no Brasil. *Revista Brasileira de Energia*, v. 19, p. 355-374, 2013.

CASTRO, G. M. C. O impacto dos componentes da infraestrutura pública sobre o crescimento das cidades brasileiras: uma análise espacial do período de 1970 a 2010. 146 f. *Dissertação (Mestrado em Economia)*, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto-USP, São Paulo, 2014.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia. 1ª. Edição – 4ª. Reimpressão. São Paulo: Atlas, 2012.

EISFELD, C. L.; NUÑEZ, B. H. C; ALMEIDA, A. N.; SOUZA, V. S. Análise do poder de previsão do modelo de vetores auto regressivos (VAR) para a quantidade de madeira serrada exportada pelo Estado do Paraná. In: V Encontro de Economia Paranaense - ECOPAR, Curitiba, p. 1-70, 2007.

FRISCHTAK, C. R. Infraestrutura e desenvolvimento no Brasil. In: VELLOSO, F. et al. Desenvolvimento Econômico uma perspectiva brasileira. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 313-337, 2013.

GOTARDO, D. M.; BARCHET, I.; PIFFER, M. Padrões de Crescimento Econômico no Estado do Rio Grande do Sul entre 1996-2010. Desenvolvimento em Questão, v. 14, p. 273-300, 2016.

GUJARATI, D. N. Econometria básica. 4º ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 924 p., 2006.

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

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 15 fev. 2019.

KARANFIL, F.; LI, Y. Electricity consumption and economic growth: Exploring panel-specific differences. Energy Policy, 2014.

MEDEIROS, V.; RIBEIRO, R. S. M. Investimento em infraestrutura: uma estrada para o desenvolvimento. Valor Econômico, 2019.

MEDEIROS, V.; TEIXEIRA, E. C. Relações de longo prazo entre infraestrutura econômica, competitividade e investimentos no Brasil: Uma análise do período 1970-2011. Revista de Economia, v. 43, n. 2 (ano 40), mai./ago. 2016.

PIRES, A. Porque a energia é cara no Brasil. Economia & Negócio – Estadão. São Paulo, 2012.

SCHETTINI, D.; AZZONI, C. R. Determinantes regionais da produtividade industrial: O papel da infraestrutura. Texto para Discussão Nº 2137, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2015.

VIZIOLI, T. R. Infraestrutura energética e crescimento econômico: o caso brasileiro de 2000 a 2012. 60 f. Monografia (graduação em Ciências Econômicas), Universidade de Brasília-UNB. 2014.

ZACKSESKI, N. Investimentos e crescimento econômico: o caso brasileiro. 66 f. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Economia, Porto Alegre, 2012.