Infraestrutura, exportações e déficit comercial: evidências empíricas para países da América Latina[a]

Infrastructure, Exports, and Trade Deficits: Empirical Evidence for Latin American Countries

Jefferson Souza Fraga[b]
Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Economia, Aracaju (SE), Brasil

Marco Flávio Cunha Resende[c]
Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Economia, Belo Horizonte (MG), pesquisador do CNPq, Brasil

Eduardo Strachman[d]
Universidade Estadual Paulista, Departamento de Economia, Araraquara (SP), Brasil

Resumo: Este artigo investiga o efeito de curto e longo prazo do estoque de infraestrutura física sobre exportações e déficits comerciais para uma amostra de países da América Latina, no período 1980-2017, empregando o estimador Pooled Mean Group (PMG) e técnicas de cointegração de Pedroni e Westerlund. Os resultados indicam um impacto significativo de longo prazo dos índices agregados e dos subíndices de infraestrutura (energia, telecomunicação e transporte) nas exportações e déficits comerciais. Sugerem, também, que uma melhor infraestrutura promove aumento das exportações e queda no déficit comercial. Assim, o investimento em infraestrutura preconiza, para as economias da América Latina, um caminho válido para estimular o volume de exportações, devendo estar inserido no planejamento de *catch-up* desses países. As variáveis de controle – taxa de câmbio, capital humano, PIB *per capita* e qualidade institucional – aumentam as exportações, no longo prazo, mas possuem resultados mistos, em relação ao déficit comercial. Além disso, os testes de Pedroni e Westerlund indicam evidência de cointegração entre as variáveis selecionadas. Os estimadores Fully Modifed Ordinary Least

Editora responsável: Andreza Palma
[a] Submissão: 29/11/2021 | Aprovação: 27/04/2023 | DOI: 10.22456/2176-5456.120418
[b] jsfraga@yahoo.com.br
[c] resende@cedeplar.ufmg.br
[d] eduardo.strachman@gmail.com

Todos os autores foram responsáveis pela concepção, pesquisa de dados e/ou documentos, análise dos dados e/ou documentos, participação ativa na discussão dos resultados e revisão e aprovação da versão final.

Esta publicação está licenciada sob os termos de Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

Square (FMOLS) e Dynamic Ordinary Least Square (DOLS), suportes de robustez, apresentaram resultados consistentes com o modelo principal. Por fim, os resultados apontam que, no longo prazo, os índices agregados de infraestrutura e os seus subíndices promovem exportações e reduzem déficits comerciais, para a amostra de países da América Latina.

Palavras-chave: Infraestrutura. Exportação. Déficit comercial. América Latina.

Abstract: This article investigates the short and long-term effect of physical infrastructure stock on exports and trade deficits for a sample of Latin American countries in the period 1980-2017, using the Pooled Mean Group (PMG) estimator and Pedroni and Westerlund cointegration techniques. The results indicate the existence of a significant long-term impact of aggregate indices and infrastructure sub-indices (energy, telecommunication and transport) on exports and trade deficits. They also suggest that infrastructure promotes an increase in exports and a decrease in trade deficits. Thus, investment in infrastructure advocates, for Latin American economies, a valid path to stimulate the volume of exports and should be included in catch-up planning for these countries. The control variables – exchange rate, human capital, GDP *per capita* and institutional quality – increase exports in the long run, but beget mixed results in relation to trade deficits. Furthermore, the Pedroni and Westerlund tests indicate evidence of cointegration between the selected variables. The Fully Modified Ordinary Least Square (FMOLS) and Dynamic Ordinary Least Square (DOLS) estimators, which support robustness, presents results consistent with the main model. Finally, the results show that, in the long run, the aggregate infrastructure indices and their sub-indices promote exports and reduce the trade deficit for the sample of Latin American countries.

Keywords: Infrastructure. Export. Trade deficit. Latin America.

JEL: F14. F32. O54.

1. Introdução

A existência de um estoque de infraestrutura física adequado é essencial para a promoção do crescimento sustentável. Sua disponibilidade permite a conectividade e o crescimento do comércio entre as economias, por outro lado, a sua falta promove efeito contrário. Por exemplo, Nurkse (1953), Rosenstein-Rodan (1961), e Hirschman (1958) apontaram a relação entre infraestrutura, externalidades e crescimento econômico. Para Lewis (1979), o crescimento requer infraestrutura e recursos humanos treinados, mesmo em países que exportam produtos primários.

A disponibilidade adequada de infraestrutura e de seus serviços contribui para que um país ou região seja capaz de desenvolver vantagens competitivas e alcançar um maior grau de especialização produtiva. Nos países em desenvolvimento, geralmente o alto custo dos serviços de infraestrutura afetam negativamente suas inserções no comércio internacional, com custos semelhantes aos de direitos aduaneiros, barreiras ou distorções cambiais. De fato, os altos custos de transportes, telecomunicações, eletricidade, entre outros serviços de infraestrutura, bem como sua qualidade, afetam negativamente a produtividade dos fatores e a competitividade das exportações. Nesta lógica está o "aumento" do espaço, pelo maior tempo necessário para cobri-lo, aumentando as distâncias econômicas e influenciando na forma em que se estruturam os fluxos de comércio internacional, além de condicionar os investimentos privados em vários setores (Rozas; Sanches, 2004; Rozas, 2008; Sánchez, 2010; Costa Nery, 2011).

Em estudo para países em desenvolvimento, Hoekman e Nicita (2008) concluem que uma redução de 10% nos custos de transporte aumenta o comércio em 6%; por outro lado, um crescimento de 10% no investimento geral em infraestrutura alavanca em 5% as exportações destes países. Em contrapartida, a falta de infraestrutura aumenta o custo de produção, reduz a lucratividade e a atividade econômica (Duval; Utoktham, 2009; Martínez-Zarzose, 2007; Fraga, 2019; Rehman *et al.*, 2020). Fraga (2019), em um painel heterogêneo para economias da América Latina, encontrou um impacto positivo da infraestrutura na formação de capital privado. Além disso, demonstrou que a deterioração física do estoque de infraestrutura diminui a elasticidade do investimento privado em relação aos seus determinantes, resultando em menor sensibilidade deste investimento a choques positivos. Por fim, a infraestrutura (provisão, qualidade e acesso) atua como um dispositivo que auxilia na distribuição de renda e redução da pobreza de uma região

ou país, dada a capacidade daquela de reduzir as heterogeneidades regionais e de renda, em economias em desenvolvimento, na medida em que eleva o acesso a saneamento básico, internet, transporte, telefonia e energia elétrica (Calderón; Servén, 2004; Medeiros; Ribeiro, 2020; Medeiros; Ribeiro; Amaral, 2021).

Rehman *et al.* (2020) analisaram o impacto de curto e longo prazo da infraestrutura (transporte, telecomunicações, setor energético e financeiro) sobre as exportações e déficits comerciais, para uma amostra de países do sul da Ásia, para o período 1990-2017, empregando o estimador Pooled Mean Group (PMG) e o teste de cointegração de Pedroni e Kao. Os resultados empíricos confirmaram a existência de um impacto significativo de longo prazo tanto do índice agregado de infraestrutura quanto dos seus subíndices (transporte, telecomunicações, energia e setor financeiro) nas exportações e déficits comerciais, com a infraestrutura promovendo as exportações e reduzindo o déficit comercial nessas economias.

Seguindo alguns estudos (Kumar 2006; Calderón *et al.*, 2011; Francois; Manchin 2013; Fraga, 2019; Fraga; Resende, 2022), desenvolvemos uma análise de componentes principais (PCA), com base em um conjunto de dados anuais de 6 indicadores de quantidade de infraestrutura e subíndices de energia, comunicação e transporte, a fim de melhor compreender o papel da infraestrutura física nas exportações e nos déficits comerciais, para um conjunto de países selecionados da América Latina. Nesse sentido, o objetivo principal deste artigo é investigar o efeito de curto e longo prazos dos índices agregados e dos subíndices de infraestrutura (energia, telecomunicação e transporte), nas exportações e déficits comerciais, para uma amostra de países da América Latina. A opção por estudar a América Latina resulta da deficiência acentuada da sua infraestrutura, conforme apontado em Carranza e Melguizo (2014) e Calderón e Servén (2003, 2010), mas sobretudo pela falta de estudos deste tipo, ao menos de nosso conhecimento, para esta região.

Este artigo emprega a técnica de Pooled Mean Group (PMG), para examinar o impacto de curto e longo prazos da infraestrutura sobre exportações e déficits comerciais. A vantagem do procedimento PMG sobre outras técnicas econométricas é que ele permite resultados de curto e longo prazo, e, também sugere a velocidade de ajuste no longo prazo (Jouini 2015; Pesaran *et al.* 1997, 1999). Também são empregadas técnicas de cointegração de Pedroni e Westerlund, para examinar a cointegração entre as variáveis de interesse. Estimadores Fully Modifed Ordinary Least Square (FMOLS) e Dynamic Ordinary Least Square

(DOLS) também são empregados, como suporte de robustez e para obter coeficientes de cointegração de longo prazo.

Este artigo está organizado da seguinte forma. A próxima seção discute a deterioração da infraestrutura física na América Latina e o seu padrão de comércio. A seção 3 apresenta a fonte de dados e a descrição das variáveis. Os detalhes sobre metodologia econométrica encontram-se na seção 4. Na seção 5, mostram-se os resultados e sua discussão. A seção 6 apresenta a verificação de robustez com metodologias alternativas, com breves considerações finais, na Seção 7.

2. Deterioração da infraestrutura física e o comércio na América Latina

A infraestrutura continua sendo um grande obstáculo para o crescimento dos países da América Latina. Não obstante, os países da região ainda investem pouco nesta área. De fato, Calderón e Servén (2002), com o objetivo principal de quantificar a diferença do crescimento entre o sudeste asiático e a América Latina, em termos da evolução dos respectivos estoques em infraestrutura, reportaram que cerca de 1/3 da diferença em crescimento das regiões, entre 1980 e 1997, pode ser explicada por diferenças no investimento em infraestrutura. Por exemplo, estimaram um crescimento do *gap* de infraestrutura dessa região em relação aos tigres asiáticos entre 40%-50%, em infraestrutura rodoviária, 50%-60%, em telecomunicações, e em 90%-100%, em termos da capacidade de geração elétrica.

Portanto, a insuficiência de investimento em infraestrutura é um problema histórico e estrutural, na América Latina. Diferentes estudos e organizações já apontaram a necessidade do aumento destes investimentos, na região. Por exemplo, o Relatório Macroeconômico da América Latina e do Caribe 2019, do Banco Interamericano de Desenvolvimento (Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2019), que analisou os setores de energia, transporte, telecomunicação, água e saneamento, para um grupo economias da região, estimou um *gap* de investimento em infraestrutura de cerca de 2,5% do PIB, por ano. Ainda, a América Latina e o Caribe não estão apenas atrasados em valores de investimento, mas também em qualidade.

Além do setor de transporte[1], a escassez de energia e da infraestrutura a ela relacionada é uma das grandes fontes de restrição para o comércio inter-regional e internacional, na América Latina. Garsous (2012) argumenta que o setor de energia possui o maior impacto, em relação aos outros setores de infraestrutura, no comércio internacional: investir no setor de energia é vital para o desenvolvimento e garantia de uma balança comercial elevada. Umas das explicações é de que as teorias tradicionais de comércio internacional assumem custo zero para transporte e energia, o que dificilmente se coaduna com a realidade, em um momento em que os serviços de infraestrutura desempenham um papel dominante no comércio regional e internacional (Djankov *et al.*, 2010). Ainda, nesta lógica, encontra-se a "redução" do espaço pelo menor tempo necessário para cobri-lo, diminuindo as distâncias econômicas, influenciando na forma em que se estruturam os fluxos de comércio internacional e condicionando os investimentos privados em vários setores. (Sánchez, 2010).[2]

O acesso à eletricidade é uma boa *proxy* para entender a qualidade da infraestrutura energética (Rehman *et al.*, 2020). Nas últimas décadas, o acesso à eletricidade nos países selecionados (Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Guatemala, México, Peru e Uruguai) da América Latina melhorou, no entanto, quando comparado à média dos países membros da OCDE e aos tigres asiáticos observa-se que o acesso ao insumo básico de eletricidade ainda é um obstáculo (Figura 1).

Além de transporte e energia, telecomunicações eficientes são outra condição essencial para o fornecimento de um canal de baixo custo, para busca, coleta e troca de informações.[3] Neste sentido, pesquisas com empresas

[1] Para Moreira *et al.* (2008), os países da América Latina e do Caribe têm custos de transporte geralmente mais altos do que os do mundo desenvolvido, em grande parte devido às deficiências de infraestrutura e à fraca concorrência nos serviços de transporte marítimo.

[2] Exemplificando a argumentação com uma função de preços keynesiana modificada, temos: $P_{i,k} = (1+\tau) w q_{i,k}^{-1} \rho_i$ (1), onde $P_{i,k}$ corresponde ao nível de preços no país i, para o setor k, w corresponde ao salário nominal, $q_{i,k}$ é determinado pelo nível de produtividade do setor k, no país i, e $(1+\tau)$ é dado pelo *mark-up*. A variável ρ capta os custos associados ao fornecimento de infraestrutura. Assim, valores elevados para ρ implicam custos maiores. Considerando a taxa de câmbio igual à unidade, para simplificação, e a existência de um país j, com uma função de preços semelhante, com $P_{j,k} < P_{i,k}$, temos que os preços no país j são inferiores aos do país i, no segmento k. Assim, o país i pode não conseguir exportar ao país j. No entanto, a partir do investimento em infraestrutura, é possível reduzir ρ e a desigualdade em relação a j.

[3] Conforme Fink *et al.* (2005), a comunicação entre fornecedor e consumidor é importante para a transmissão das especificações dos produtos e tempo dos processos de produção. Em muitos casos, o consumidor e o produtor precisam interagir, a fim de produzir em conjunto um produto customizado que tenha as

frequentemente listam os custos e a qualidade das telecomunicações, como um fator importante nas decisões comerciais e de investimento. Por exemplo, Spinanger (2001), em uma pesquisa com 14 grandes produtores têxteis e de vestuários, em Hong Kong (com atividades em toda a Ásia e ao redor do mundo), observaram que a infraestrutura de telecomunicações e sua qualidade são fatores chaves nas decisões sobre exportações destes produtores.[4] Para Leff (1984), as telecomunicações reduzem os custos fixos e variáveis de aquisição de informações. Uma expansão da rede de telecomunicações gera externalidades positivas e, portanto, custos menores para outros mercados. Essas externalidades envolvem menores custos de busca, maior capacidade de arbitragem e maior informação, sobre a distribuição de preços e serviços, tudo levando a menores custos de transação e à operação mais eficiente dos mercados usuários de telecomunicações. Leff (1984) mostra que as empresas podem ter atividades fisicamente mais dispersas, à medida que as telecomunicações crescem em qualidade e quantidade. Assim, o comércio e a produção modernos necessitam muito das telecomunicações (Fink *et al.*, 2005; Roller; Waverman, 2001; Rehman *et al.*, 2020).

A correlação entre o comportamento exportador e o uso da internet, para empresas, nos países em desenvolvimento pode ser também explicada pela maior probabilidade de as empresas que já exportam se conectarem à internet, dado seu menor custo para comunicações internacionais.[5] Um segundo canal é que os benefícios do acesso à internet aumentam à medida que os clientes e fornecedores das empresas se conectam, ou seja, existem externalidades de rede. Como o uso da internet é quase universal, atualmente, entre as empresas, na maioria dos países desenvolvidos, as empresas dos países em desenvolvimento que fazem negócios com economias desenvolvidas podem se beneficiar mais do acesso à internet do que

características desejadas. A extensão dessa interação evidentemente depende da natureza do produto, podendo afetar os custos fixos e variáveis do comércio.

[4] Uma melhor comunicação foi um dos canais que facilitou a coordenação de processos produtivos geograficamente dispersos, assim, permitindo o surgimento de redes de produção internacionais (ver, por exemplo, Krugman, 1995 e Venables, 2001).

[5] Conforme Clarke e Wallsten (2004), se a internet tornou mais fácil para as empresas entrarem em novos mercados, reduzindo os custos de comunicação e pesquisa, também pode ter facilitado a exportação de bens e serviços. Os autores descobriram que uma maior penetração da internet, em países em desenvolvimento, está correlacionada com maiores exportações para países desenvolvidos. Em outras palavras, o acesso à internet pode estimular as exportações dos países pobres para os países ricos.

as empresas que fazem negócios apenas no mercado interno (Clarke; Wallsten, 2004).[6]

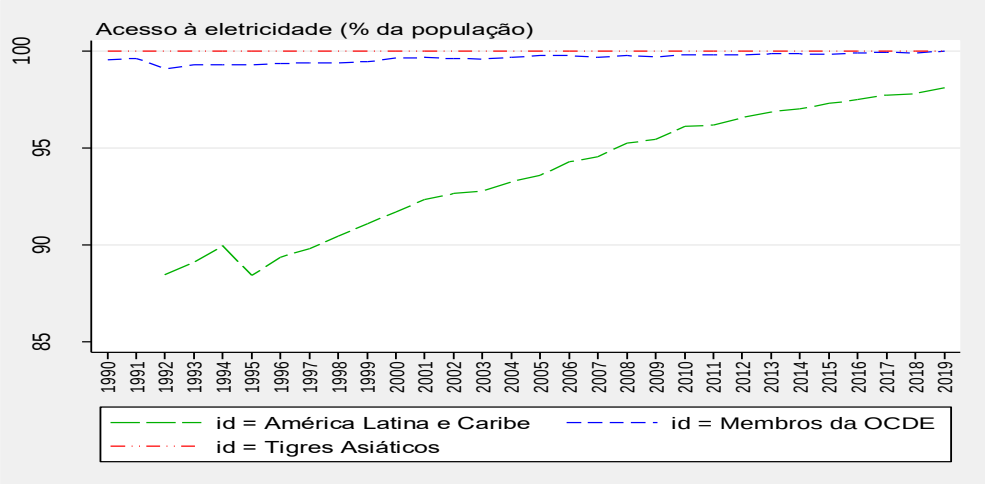
Os países da América Latina introduziram a banda larga, no início dos anos 2000, e, a partir disso, o acesso à banda larga *per capita* experimentou um rápido crescimento (Figura 2). A sua disponibilidade aumentou de 0,03%, em 2000, para 14,11%, em 2019. No entanto, mantém-se em níveis bem abaixo da média dos países membros da OCDE (31,89%) e dos tigres asiáticos (35,46%), respectivamente. Nesse mesmo sentido, distanciando-se ainda mais, os países desenvolvidos já adotam a tecnologia 5G, uma nova tecnologia de rede móvel de telecomunicações[7], a qual permite o uso de equipamentos que conseguem operar em frequências de onda de rádio mais altas, viabilizando maior velocidade, maior capacidade, economia de energia, maior estabilidade e menor latência (tempo de comunicação entre um aparelho e outro). Essas características, em conjunto, garantem uma conexão mais robusta e confiável.

A tecnologia 5G poderá impulsionar o uso de tecnologias avançadas como *inteligência artificial, robótica, "*internet das coisas" e computação em nuvem, que mudam os modelos de produção e negócios, com novos padrões e métodos de produção, informações em tempo real sobre todos os aspectos do processo produtivo (necessidade de manutenção de máquinas, problemas na produção etc.), gerando aumentos de produtividade e de qualidade dos produtos finais. Portanto, o gap de infraestrutura nos setores de transporte, energia e telecomunicação, é um grande obstáculo para o desenvolvimento da região.

[6] A internet poderia reduzir os custos "tanto diretamente, por meio de trocas organizadas com numerosos compradores e vendedores, quanto indiretamente, por meio de poderosos mecanismos de busca, que permitem aos vendedores notificar os compradores sobre os preços instantaneamente". Freund e Weinhold (2000, p. 4) argumentam que a internet ajuda a criar mercados globais, reduzindo os custos fixos associados às exportações.

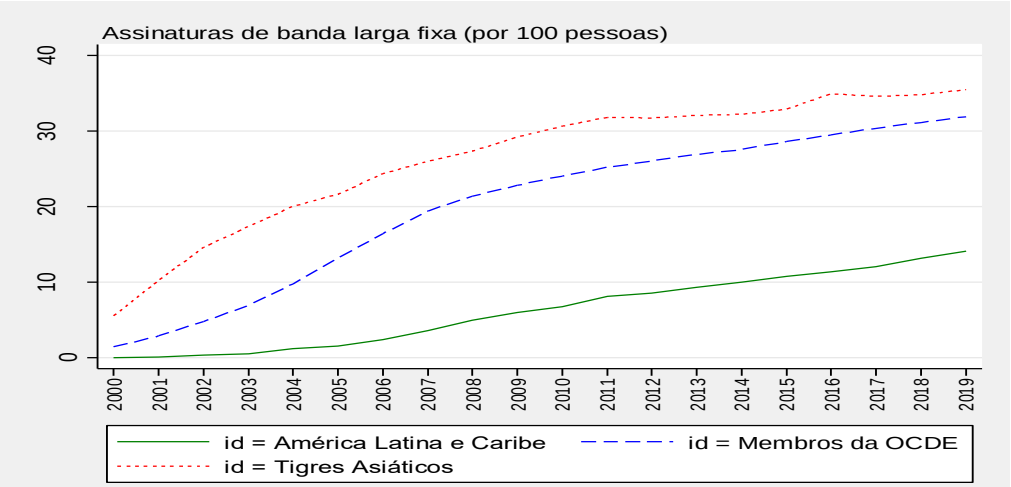
[7] O 5G é uma versão mais moderna de uma rede que aciona uma série de equipamentos aptos a processar (computadores), transportar (cabos de fibra ótica) e passar (antenas, no caso da rede móvel) os dados de um terminal conectado (por exemplo, um smartphone) a outro. Projeta-se que, até dezembro de 2029, todo o território brasileiro esteja coberto por redes móveis de quinta geração (5G), alcançando a totalidade dos municípios do país.

Figura 1 – Acesso *per capita* à eletricidade



Fonte: World Development Indicators (WDI).

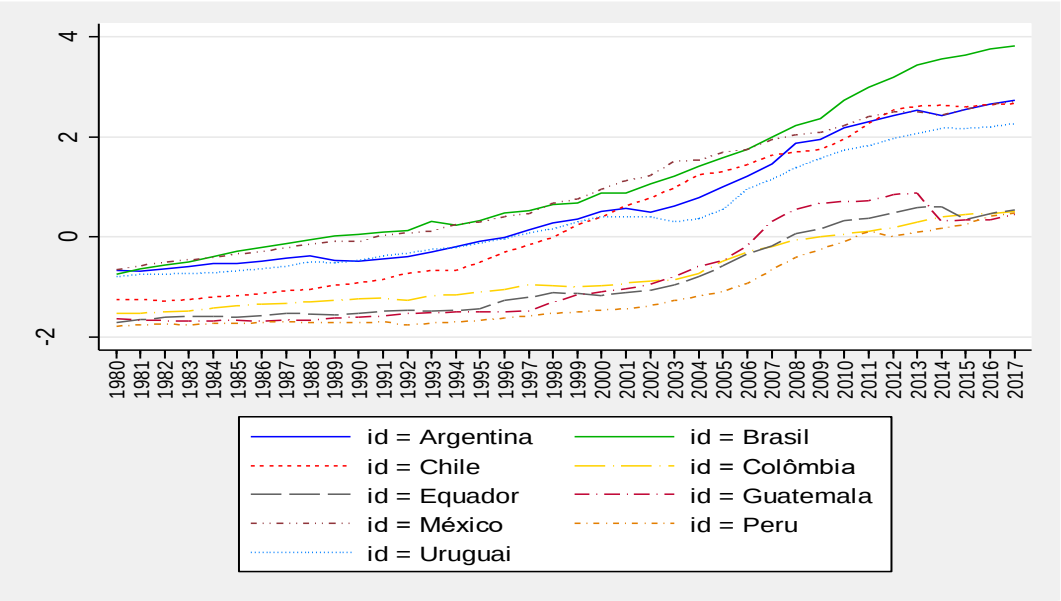
Figura 2 – Assinaturas de banda larga



Fonte: World Development Indicators (WDI).

A Figura 3 apresenta um dos índices agregados de infraestrutura empregados no exercício empírico deste artigo. Observa-se que o índice indica os estoques de infraestrutura dos países da região, dos países com maiores estoques de infraestrutura (Brasil, México, Argentina, Chile e Uruguai) e os de menores (Colômbia, Equador, Guatemala e Peru). Guardadas algumas diferenças, o índice de infraestrutura correlaciona o estoque de infraestrutura estimado com o tamanho do produto dos seus respectivos países.

Figura 3 – Índice de Infraestrutura



Fonte: ver apêndice 1 e 2 (Infraestrutura agregada 1)

Para Calderón e Servén (2002) e Santiago (2011), a América Latina perdeu terreno substancial em relação a outras regiões em desenvolvimento e desenvolvidas, em termos de qualidade e quantidade de infraestrutura, processo que se mantém. Barbero *et al.* (2015) ressaltaram que a qualidade geral da infraestrutura da América Latina está entre as piores do mundo, ficando atrás da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), leste europeu e Ásia Central, Oriente Médio e Norte e Sudeste da África.[8] A consequência disso implica não apenas perda de crescimento e bem-estar, mas a falta de serviços de infraestrutura adequados resulta também em menor produtividade e maiores custos de produção para os produtores privados. Maiores custos de energia, e más redes rodoviárias e de telecomunicação aumentam os custos, de uma forma geral. A redução da lucratividade e expectativa de demanda, por sua vez, desestimula o investimento privado (Fraga, 2019; Fraga; Resende, 2022). Por meio de todos esses canais, o resultado é um menor crescimento econômico.

[8] Barbero *et al.* (2015) mostraram que seria necessário um investimento médio anual de 5% do PIB, para superar o déficit de estoque de infraestrutura na região; no entanto, a média registada tem rondado os 3%.

3. Fonte e classificação dos dados

Para avaliar o impacto da infraestrutura nas exportações e no déficit comercial, no período 1980–2017, construímos índices de infraestrutura a partir da análise de componentes principais (PCA)[9]. O índice elaborado contém três subíndices de infraestrutura (transportes, telecomunicação e energia), visando entender melhor o impacto da infraestrutura sobre exportações e desempenho comercial nos países selecionados da América Latina (Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Guatemala, México, Peru e Uruguai).[10] O índice de infraestrutura contém seis indicadores para cobrir as dimensões de quantidade de infraestrutura: (i) comprimento da linha de trem e comprimento da estrada pavimentada em quilômetros; ii) assinaturas de linha fixa e celular; ii) geração de capacidade elétrica em Gigawatt (GW) e consumo de energia elétrica (também em GW) (ver Apêndice 1).[11] Seguindo a estratégia de Rehman *et al.* (2020), usamos o Índice de Qualidade da Instituição[12] (ln_QI), que é um índice construído com base em dados coletados do International Country Risk Guide (ICRG). O índice considera seis variáveis de qualidade institucional, como situação da lei e ordem, corrupção, estabilidade governamental, perfil do investimento, qualidade e responsabilidade burocrática, com objetivo de cobrir todos os principais aspectos da qualidade das instituições – é tomada a média dessas variáveis.[13]

[9] Alguns estudos recentes também se utilizaram da análise de componentes principais, para trabalhar com infraestrutura (por exemplo, Kumar, 2006; Calderon *et al.*, 2011; Francois; Manchin, 2013; Fraga, 2019; Fraga; Resende, 2022).

[10] Considerando a dificuldade de coletar dados sobre infraestrutura, seguimos a estratégia de Calderón e Servén (2009), e, por isso, as séries utilizadas abrangem apenas as nove maiores economias latino-americanas.

[11] Foram utilizados apenas seis indicadores de infraestrutura com objetivo de deixar as séries temporais mais longas e obter melhores estimativas de infraestrutura, ao longo do período 1980-2017. Todos esses indicadores foram normalizados (ver seção 5).

[12] $(V_i - V_{min})/(V_{max} - V_{min})$: esta fórmula é aplicada para normalização. (V_i) é o índice original e (V_{min}) é o valor mínimo obtido pelo país no índice original.

[13] Os detalhes sobre esse índice são encontrados em Rehman e Ding (2019).

Tabela 1 – Descrição e fonte dos dados

Variáveis dependentes	Notação	Fonte de dados
Exportações (exportações totais do país, em milhões USD)	LN_EXP	World Development Indicators
Déficit comercial (exportações – importações, em milhões USD)	LN_ DC	World Development Indicators
Variáveis independentes		
Índice Infraestrutura Agregada 1	LN_INFRA1	Canning D. (1998), Federação
Índice Infraestrutura Agregada 2	LN_INFRA2	Internacional de Estradas (IRF),
Infraestrutura: transporte	LN_TINFRA	United Nations Statistics Division
Infraestrutura: comunicação	LN_CINFRA	World Bank e World Development
Infraestrutura: energia	LN_EINFRA	Indicators
Capital humano (matrícula no ensino médio) (***proxy*** para produtividade)	LN_ CH	World Development Indicators e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica - IBGE
PIB *per capita*	LN_PIBp	World Development Indicators
Qualidade institucional	LN_ QI	World Development Indicators
Taxa de câmbio (taxa de câmbio oficial)	LN_TC	World Development Indicators

Fonte: elaboração própria dos autores, a partir das fontes indicadas na tabela.

Além disso, uma dificuldade deste trabalho é lidar com dados em painel e heterogeneidade[14], uma vez que o painel é uma combinação de séries temporais e dados transversais, afinal o tamanho dos países do presente estudo não é homogêneo. Portanto, seguindo as estratégias de Rehman e Ding (2019) e Rehman *et al.* (2020), convertemos as variáveis monetárias selecionadas – como exportação, déficit comercial, exceto, a taxa de câmbio e PIB – para a forma *per capita*. De fato, no caso das variáveis em sua forma nominal, a variação das variáveis também pode ocorrer devido à variação do preço. Portanto, para captar apenas o impacto real das variáveis, no comércio, estas variáveis foram divididas pela população de seus respectivos países.

A variável déficit comercial possui valores negativos, os quais convertemos aplicando uma transformação seno hiperbólica inversa – este procedimento permite manter as propriedades dos valores das séries originais. É importante a padronização da medição das variáveis, pois isso melhora o ajuste do modelo e a homogeneidade. A Tabela 1 apresenta as variáveis dependentes e independentes do modelo, descrição dos dados, notação, e suas respectivas fontes. Ademais, todas

[14] O estimador PMG, utilizado neste trabalho, também lida com o problema de heterogeneidade. Os detalhes estão na metodologia econométrica (Seção 4).

as variáveis são convertidas em logaritmos naturais, exceto os índices analíticos de infraestrutura. Os dados têm periodicidade anual.

3.1 Justificativa teórica

A infraestrutura desempenha um papel vital na promoção do comércio e na redução dos déficits comerciais. Melhores redes de transporte aumentam a produtividade e ajudam um país a conectar-se à economia internacional a custos menores (Donaubauer *et al.*, 2018). A produção e o consumo de energia dependem de infraestrutura adequada, principalmente em países em desenvolvimento, em que o fornecimento inadequado de energia e infraestrutura relacionada podem prejudicar seriamente o crescimento do setor privado. A infraestrutura de energia com maior qualidade pode promover uma industrialização intensificada, reduzindo custos de produção. Por fim, a infraestrutura de telecomunicação é um importante motor de produtividade, inovação, inclusão social, além de permitir a captação de novos mercados pelas empresas.

4. Procedimentos econométricos

Este artigo emprega o estimador Pooled Mean Group (PMG), dada sua vantagem em considerar tanto agrupamento quanto média.[15] O PMG permite que os coeficientes de curto prazo, incluindo o intercepto, a velocidade de ajuste e as variâncias dos erros, sejam heterogêneos entre países, ao mesmo tempo em que os coeficientes de inclinação de longo prazo permaneçam homogêneos entre os países. Característica útil quando existem razões para esperar que a relação de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis é semelhante entre os países ou, ao menos, para um subconjunto deles. O ajuste de curto prazo pode ser específico a cada um dos países, correspondente aos impactos distintos da vulnerabilidade a crises financeiras e choques externos, políticas de estabilização, política monetária e assim por diante (Pesaran *et al.*, 1997; Samargandi *et al.*, 2015).[16]

[15] Pooled Mean Group (PMG) permite uma opção intermediária entre a estimativa de regressões separadas, que consente coeficientes e variâncias dos erros diferentes entre todos os grupos, e os estimadores de FE padrão, que assumem que os coeficientes de inclinação são os mesmos para toda unidade i do painel.

[16] Outros estimadores usados para painéis dinâmicos heterogêneos são o estimador de grupo médio (MG) e o de efeito fixo (DFE). MG permite que todos os coeficientes variem e sejam heterogêneos no longo e no curto prazos, não sendo capaz de considerar semelhanças de certos parâmetros, entre os grupos. Por outro lado, DFE restringe a velocidade de ajuste do coeficiente de curto prazo a ser igual entre os países.

Favara (2003) e Pesaran (2004) consideram que para um número de observações (N) pequeno, o estimador MG é sensível a *outliers* e pequenas variações, portanto, sensível a um pequeno número de países (N). Logo, a partir do pequeno número de países (N), de nossa amostra, e de dados de séries temporais suficientemente grandes (T), no estudo corrente optamos pelo PMG. Ainda, a hipótese de homogeneidade da inclinação e o teste de Hausman corroboram essa escolha.

i. Especificação do modelo

A forma geral da especificação do modelo PMG[17] pode ser escrita como:

$$Y_{it} = \sum_{j=i}^{p} \gamma_{ij} Y_{i,t-1} + \sum \emptyset_{ij} Z_{i,t-j} + u_i + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

Onde $i = 1,2, \dots N$ é o número de seções transversais e $t = 1,2, \dots T$ é o tempo. Z_{it} é um vetor de $K\ x\ 1$ regressores, γ_{ij} é um escalar e u_i é um efeito específico de grupo. O termo erro ou perturbação é um processo $I(0)$, se as variáveis são $I(1)$ e cointegradas; desse modo, uma característica principal das variáveis cointegradas é sua resposta a qualquer desvio em relação ao equilíbrio de longo prazo. Isso implica que a dinâmica de correção de erros das variáveis no sistema é influenciada pelo desvio em relação ao equilíbrio. Assim, é comum parametrizar novamente a equação (1), dentro da equação de correção de erro:

$$\Delta Y_{it} = \theta_{i,} y_{i,t-j} - \beta_i Z_{i,t-j} \sum_{j=i}^{p-1} \gamma_{ij} \Delta y_{i,t-1} + \sum \emptyset_{ij} \Delta Z_{i,t-j} + u_i + \varepsilon_{it}, \quad (2)$$

[17] Para resultados consistentes, um grande (T) é crucial para resolver o problema de heterogeneidade. Da mesma forma, o resíduo resultante do modelo de correção de erro não deve ser serialmente correlacionado e as variáveis explicativas devem ser tratadas como exógenas.

O parâmetro de correção de erros θ_i indica a velocidade de ajuste. Caso $\theta_{i,} = 0$, então não há evidência de que as variáveis tenham associação de longo prazo. É esperado que θ_i seja negativo e estatisticamente significativo sob a suposição anterior de que as variáveis indiquem convergência para o equilíbrio de longo prazo, na presença de qualquer choque.

A não estacionariedade é uma questão relevante em painéis dinâmicos, portanto, nesse artigo são empregados os testes de raiz unitária de Levin, Lin e Chu (LLC) e Im, Pesaran e Shin (IPS). A análise é: quando todas as variáveis do modelo são estacionárias em $I(0)$, $I(1)$ ou um misto de $I(0)$ e $I(1)$. Sendo PMG um modelo Autoregressive Distributed Lag (ARDL), é sensível à seleção de defasagens e, por isso, utilizamos os critérios de Informação de Akaike (AIC), para obter a defasagem ideal. Seguindo a mesma estratégia de Rehman *et al.* (2020), são consideradas as seguintes hipóteses:

H_0 Não há impacto da infraestrutura nas exportações da América Latina.

H_1 Há um impacto significativo da infraestrutura nas exportações da América Latina.

H_{01} Não há impacto da infraestrutura no déficit comercial da América Latina.

H_2 Há um impacto significativo da infraestrutura no déficit comercial da América Latina.

ii. Testes de cointegração em Painel

Para determinar se existe uma relação de longo prazo, entre as variáveis de interesse, empregamos testes de cointegração em painel. Para isso, procedeu-se aos testes de cointegração de Pedroni (1999) e de Westerlund (2007)[18], classificados por Eberhardt (2011) como testes de cointegração de primeira e segunda gerações. Os primeiros testes de cointegração são fundamentados nos padrões Engle-Granger (testes de resíduos); em contrapartida os testes de segunda geração são relacionados à dinâmica estrutural, permitindo flexibilizar as imposições conjuntas e restritivas relacionadas aos testes de resíduos. Além da hipótese nula de não cointegração, Westerlund (2007) apresenta duas possibilidades de hipóteses alternativas: de fato,

[18] Como os testes são amplamente utilizados na literatura empírica, não discutiremos mais detalhes sobre eles.

dois dos quatro testes têm como hipóteses alternativas a existência de cointegração para o conjunto de países; enquanto os outros dois testes são pautados em hipóteses alternativas que remetem à verificação de cointegração em ao menos um dos países. Os quatro testes apresentam resultados assintóticos que garantem sua consistência e distribuição normal. Com base nesses testes são consideradas as seguintes hipóteses:

H_0 Não há cointegração entre infraestrutura e exportações da América Latina.

H_1 Há cointegração entre infraestrutura e exportações da América Latina.

H_{01} Não há cointegração entre infraestrutura e déficit comercial da América Latina.

H_2 Há cointegração entre infraestrutura e déficit comercial da América Latina.

5. Resultados empíricos

Os índices agregados e subíndices infraestrutura (transportes, telecomunicação e energia) construídos a partir da análise de componentes principais (PCA) são apresentados a seguir. Todos os indicadores foram normalizados. No entanto, para observar se o método de normalização altera os resultados, foram criados dois índices agregados com diferentes padronizações (ver Apêndice 1 e 2). Os primeiros componentes principais gerados a partir desta análise possuem autovalores superiores a um (λi>1) e s

ão responsáveis por 70,1% (Infraestrutura agregada 1), 85,7% (Infraestrutura agregada 2), 99,7% (Infraestrutura: energia), 81,5% (Infraestrutura: transporte) e 91,4% (Infraestrutura: comunicação) da variância total das medidas de inventário de infraestrutura. Portanto, todos os primeiros componentes principais dos índices resumem efetivamente a variância total da amostra e são apresentados nas equações abaixo:[19]

$$(\text{Infraestrutura } 1)_{i,t} = 0.10 \ln\left(\frac{Z_1}{A}\right)_{it} + 0.58 \ln\left(\frac{Z_2}{H}\right)_{it} + 0.58 \ln\left(\frac{Z_3}{H}\right)_{it} + 0.55 \ln\left(\frac{Z_4}{H}\right)_{it}$$

[19] Os subíndices foram normalizados por 1 milhão de habitantes. Além disso, todos os indicadores de infraestrutura entraram no primeiro componente principal com pesos semelhantes (0,70) (ver Apêndice 1).

$$(\text{Infraestrutura } 2)_{i,t} = 0.45 \ln\left(\frac{Z_1}{H}\right)_{it} + 0.53 \ln\left(\frac{Z_2}{H}\right)_{it} + 0.54 \ln\left(\frac{Z_3}{H}\right)_{it} + 0.47 \ln\left(\frac{Z_4}{H}\right)_{it}$$

Onde $(\text{Infraestrutura } 1)_{i,t}$ e $(\text{Infraestrutura } 2)_{i,t}$ representam os primeiros componentes principais dos estoques de infraestrutura; $\left(\frac{Z_1}{A}\right)_{it}$ é a soma da extensão de estradas e ferrovias em quilômetros normalizados pela área de superfície do país (km por km^2); $\left(\frac{Z_1}{H}\right)_{it}$ é a soma da extensão de estradas e ferrovias em quilômetros normalizados por 1 milhão de habitantes; $\left(\frac{Z_2}{L}\right)_{it}$ é a geração de eletricidade (em GW, normalizada por 1 milhão de habitantes); $\left(\frac{Z_3}{L}\right)_{it}$ é o consumo de eletricidade (em GW, normalizado por 1 milhão de habitantes); e $\left(\frac{Z_4}{L}\right)_{it}$ é a soma do número de assinaturas de telefones fixos e assinaturas de telefones celulares (normalizado por 1 milhão de habitantes).

Testes de raiz unitária de Levine *et al.* (2002) e Im *et al.* (2003) foram empregados para examinar a ordem de integração entre as variáveis. Os resultados na Tabela 2 indicam que todas as variáveis são integradas de ordem $I(1)$ ou $I(0)$ e nenhuma das variáveis é integrada de ordem $I(2)$ ou acima, assim, o estimador Pooled Mean Group (PMG) pode ser implementado (Lv; Xu, 2018; Pesaran *et al.*, 1997, 1999).

Tabela 2 – Resultados dos testes de raiz unitária

	Nível		Primeira diferença	
	Levin Lin Chu	IM Pesaran	Levin Lin Chu	IM Pesaran
Exportação	0.655	-1.868**	-6.288***	-9.918***
Déficit comercial	-6.837***	-5.552***	-14.706***	-8.888***
Capital humano	-1.160	-0.428	-5.550***	-7.941***
Taxa de câmbio	-4.908***	0.647	-4.163***	-6.956***
PIB *per capita*	-5.936***	-2.309**	-5.666***	-7.374***
Qualidade institucional	-0.605	-5.223***	-5.390***	-10.094***
Infraestrutura: transporte	0.318	-0.141	-5.485***	-8.861***
Infraestrutura: comunicação	-1.769**	-0.755	-2.017**	-4.667***
Infraestrutura: energia	5.010	4.449	-5.016***	-11.206***
Infraestrutura agregada 1	-1.827**	2.010	-2.387***	-7.743***
Infraestrutura agregada 2	-1.120	1.880	-3.985***	-9.599***

Fonte: elaboração própria dos autores.
Nota: ****, ** e * denotam a significância a 1%, 5% e 10%, respectivamente. Todas as variáveis estão em forma de log natural. Os resultados são com base na interceptação e tendência.

Os coeficientes de correlação de Pearson (Apêndice 3), entre as variáveis do modelo, indicam uma forte correlação positiva entre exportação e todas as outras variáveis explicativas. Em contrapartida, existe uma correlação negativa entre o déficit comercial e as outras variáveis independentes (exceto qualidade institucional).[20] Na Tabela 3, encontram-se os resultados para o procedimento de painel heterogêneo PMG. Os resultados variam de acordo com o índice de infraestrutura empregado.

[20] As estatísticas Variance Inflation Factor (VIF) indicaram que não há problema de multicolinearidade.

Tabela 3 – Estimador Pooled Mean Group (PMG) (variável: exportação)

Variáveis	Infraestrutura agregada 1	Infraestrutura agregada 2	Infraestrutura transporte	Infraestrutura comunicação	Infraestrutura energia
Coeficientes: longo prazo					
PIB *per capita*	0.611***	0.648***	0.690***	0.709***	0.475***
erro-padrão	0.112	0.108	0.089	0.103	0.163
Taxa de câmbio	0.286***	0.284***	0.327***	0.281***	0.286***
erro-padrão	0.023	0.023	0.039	0 .022	0.031
Capital humano	0.204**	0.222**	0.241**	0.209**	0.139
erro-padrão	0.095	0.091	0.125	0.097	0.115
Qualidade institucional	0.028	0.033*	0.091***	0.031	0.007
erro-padrão	0.017	0.017	0.029	0.020	0.018
Infraestrutura agregada 1	0.179***				
erro-padrão	0.021				
Infraestrutura agregada 2		0.185***			
erro-padrão		0.021			
Infraestrutura: transporte			0.159***		
erro-padrão			0.025		
Infraestrutura: comunicação				0.192***	
erro-padrão				0.026	
Infraestrutura: energia					0.281***
erro-padrão					0.035
Coeficientes: curto prazo					
PIB *per capita*	0.803***	0.850***	1.015***	0.802***	0.867***
erro-padrão	0.219	0.213	0.249	0.229	0.228
Taxa de câmbio	-0.032	-0.031	-0.011	-0.025	-0.040
erro-padrão	0.056	0.056	0.087	0.060	0.060
Capital humano	0.027	0.005	-0.172	0.053	0.012
erro-padrão	0.120	0.098	0.114	0.136	0.109
Qualidade institucional	-0.003	0.002	-0.009	-0.013	-0.005
erro-padrão	0.010	0.011	0.011	0.013	0.010
Infraestrutura agregada 1	0.312***				
erro-padrão	0.113				
Infraestrutura agregada 2		0.212**			
erro-padrão		0.098			
Infraestrutura: transporte			-0.391		
erro-padrão			0.297		
Infraestrutura: comunicação				0.385***	
erro-padrão				0.160	
Infraestrutura: energia					0.328**
erro-padrão					0.169
Constante	3.635***	3.690***	3.060**	3.670***	3.066***
erro-padrão	1.237	1.251	1.575	1.155	1.175
Observações	299	299	299	299	299
ECT$_{(-1)}$	-0.231***	-0.231**	-0.172**	-0.225***	-0.203***

Variáveis	Infraestrutura agregada 1	Infraestrutura agregada 2	Infraestrutura transporte	Infraestrutura comunicação	Infraestrutura energia
erro-padrão	0.075	0.075	0.086	0.069	0.074
Teste Hausman (p-valor)	0.586	0.509	0.300	0.714	0.599
Teste Pearson CD (p-valor)	0.569	0.903	0.302	0.972	0.980

Fonte: elaboração própria dos autores.
Nota: ****, ** e * denotam a significância de 1%, 5% e 10%, respectivamente. As variáveis de controle são as mesmas, em cada regressão. Para decidir entre o estimador PMG e o estimador MG, este estudo utilizou o teste de Hausman. Os resultados do teste de Hausman confirmaram o PMG em todas as colunas. O teste Pearson CD mostra que não há problema de dependência transversal.

Os resultados indicam valores positivos e significativo de longo prazo, dos índices agregados e subíndices de infraestrutura (transportes, telecomunicações e energia) sobre as exportações, ao nível de 1%, na nossa amostra de países da América Latina. Esses valores seguem os encontrados por Brooks e Menon (2008), Donaubauer *et al.* (2018) e Rehman *et al.* (2020). Desse modo, aceitamos a hipótese alternativa, de impacto da infraestrutura sobre as exportações da América Latina. Os resultados são consistentes com a argumentação de que a infraestrutura reduz custos e promove aumento das exportações (Brooks e Menon, 2008; Limao e Venables, 2001).[21] Em um estudo para a Ásia, Asif e Rehman (2019) concluíram que os maiores investimentos em infraestrutura têm sido o principal determinante para a redução de custos comerciais na região e, desse modo, para a expansão das exportações.

Quanto às variáveis de controle, taxa de câmbio (LN_TC), capital humano (LN_CH), PIB *per capita* (LN_PIBp), índice de qualidade institucional (LN_QI) sobre as exportações, temos: o índice de qualidade institucional (LN_QI) é positivo em todas as colunas, significativo apenas para o índice agregado de infraestrutura 2 e o subíndice infraestrutura de transportes, indicando que a melhora da qualidade institucional aumenta as exportações.

A taxa de câmbio (LN_TC) é positiva e significativa em todas as colunas. Assim, quando a taxa de câmbio aumenta (depreciação), os preços dos produtos domésticos ficam mais baixos para as economias externas, portanto, as exportações aumentam. Nesse contexto, evidências empíricas para muitos países em

[21] Garsous (2012) destaca que, quanto maior o número de países em desenvolvimento na amostra, maior a probabilidade de um impacto positivo da infraestrutura sobre o comércio ser observado.

desenvolvimento têm indicado que, no longo prazo, eles não podem crescer mais rápido do que a taxa consistente com o equilíbrio do Balanço de Pagamentos (BP), a não ser que possam financiar seus déficits cada vez maiores (caso específico para um número pequeno de economias). Desta forma, países que se encontram com problemas no BP precisam restringir o crescimento, mesmo quando há capacidade ociosa e mão de obra disponível na economia. Logo, as exportações, além do seu efeito direto sobre a demanda, têm um efeito indireto, ao permitirem que todos os outros componentes da demanda aumentem mais rapidamente e de forma sustentável. Portanto, a taxa de crescimento de longo prazo de uma economia se harmoniza com as exportações (Thirlwall, 1979).[22]

O PIB *per capita* (LN_PIBp) indica impacto positivo e significativo em todas as regressões. O capital humano (LN_ CH), *proxy* para produtividade, também indica impacto positivo e significativo (exceto para o subíndice infraestrutura de energia). Ou seja, um aumento na produtividade tem impacto positivo sobre as exportações. Na Tabela 3, o parâmetro referente à velocidade de ajuste ($ECT_{(-1)}$) foi negativo, em todos os casos, demonstrando um ajuste lento das exportações a uma nova posição de equilíbrio. Para os dois índices agregados de infraestrutura, por exemplo, o longo prazo levará cerca de 4,3 períodos para as exportações retornarem ao equilíbrio, caso elas desviem-se da linha de regressão – tomada como (1/0.231).

Na Tabela 4, veem-se os resultados para os déficits comerciais. É confirmado o efeito de longo prazo dos índices agregados e dos subíndices de infraestrutura, sobre os déficits comerciais, para a amostra de países da América Latina. Assim, a hipótese nula de nenhum impacto da infraestrutura sobre os déficits comerciais da América Latina é rejeitada. Esses resultados são corroborados pelos estudos de Brooks e Menon (2008), Ahmad *et al.* (2015) e Rehman *et al.* (2020). Os resultados são consistentes com o argumento de que uma melhor infraestrutura diminui custos de comércio e altera as vantagens comparativas de um país ou região, possibilitando maior fragmentação das cadeias produtivas de abastecimento e impulsionando o comércio internacional do país (Brooks; Menon, 2008; Rehman *et al.*, 2020).

[22] Nessa direção, Fraga e Ferreira-Filho (2022) estimaram o efeito da infraestrutura sobre as elasticidades-renda de exportações e importações, para a economia chinesa, no período 1981-2016, empregando a técnica de ponderação bayesiana de modelos (BMA), com as elasticidades estimadas via filtro de Kalman. Os resultados indicaram que a quantidade, qualidade e disponibilidade de infraestrutura foram importantes para a expansão do comércio (elevação da elasticidade-renda das exportações) e redução dos déficits comerciais (queda da elasticidade-renda das importações). Além disso, as altas taxas de exportações chinesas, no período em análise, foram, de certo modo, amparadas pelo seu estoque de infraestrutura em expansão.

Tomando Rehman *et al.* (2020) como exemplo, um aumento de 1% no investimento agregado de infraestrutura reduz os déficits comerciais em 0,43%, para um conjunto de países selecionados do sul da Ásia. Isso indica que a disponibilidade de infraestrutura aumenta mais as exportações do que as importações. Nos nossos resultados, os coeficientes de longo prazo agregados de infraestrutura (infraestrutura agregada 1 e infraestrutura agregada 2) e os subíndices de transportes (infraestrutura: transportes), telecomunicação (infraestrutura: telecomunicação) e do setor da energia (infraestrutura: energia) são negativos e significativos a 1%. Portanto, os exercícios empíricos indicam que a disponibilidade de infraestrutura (agregados e subíndices) impulsionam as exportações e reduzem os déficits comerciais para a amostra de países da América Latina.

Tabela 4 – Estimador Pooled Mean Group (PMG) (variável: déficit comercial)

Variáveis	Infraestrutura agregada 1	Infraestrutura agregada 2	Infraestrutura transporte	Infraestrutura comunicação	Infraestrutura energia
Coeficientes: longo prazo					
PIB *per capita*	-1.188***	-1.148***	-0.611***	-1.097***	-1.100***
erro-padrão	0.099	0.103	0.221	0.087	0.104
Taxa de câmbio	0.024***	0.028***	-0.036**	0.026***	0.028***
erro-padrão	0.005	0.005	0.016	0.005	0.005
Capital humano	-0.228***	-0.184**	-0.730***	-0.231***	-0.238***
erro-padrão	0.081	0.089	0.120	0.096	0.101
Qualidade institucional	0.025	0.030	0.014	0.024	0.015
erro-padrão	0.018	0.021	0.067	0.020	0.020
Infraestrutura agregada 1	-0.051***				
erro-padrão	0.020				
Infraestrutura agregada 2		-0.049**			
erro-padrão		0.025			
Infraestrutura: transporte			-0.516***		
erro-padrão			0.175		
Infraestrutura: comunicação				-0.043*	
erro-padrão				0.025	
Infraestrutura: energia					-0.078*

Variáveis	Infraestrutura agregada 1	Infraestrutura agregada 2	Infraestrutura transporte	Infraestrutura comunicação	Infraestrutura energia
erro-padrão					0.044
Coeficientes: curto prazo					
PIB *per capita*	-1.755***	-1.647***	-1.733***	-1.665***	-1.649***
erro-padrão	0.570	0.550	0.354	0.567	0.604
Taxa de câmbio	0.117**	0.179**	0.210***	0.199***	0.186**
erro-padrão	0.056	0.079	0.087	0.083	0.084
Capital humano	-0.313***	-0.298***	-0.291***	-0.367***	-0.351***
erro-padrão	0.126	0.114	0.108	0.115	0.128
Qualidade institucional	-0.002	0.000	-0.003	-0.013	-0.008
erro-padrão	0.025	0.028	0.019	0.032	0.023
Infraestrutura agregada 1	0.197				
erro-padrão	0.195				
Infraestrutura agregada 2		0.257*			
erro-padrão		0.146			
Infraestrutura: transporte			-0.361		
erro-padrão			0.785		
Infraestrutura: comunicação				0.046	
erro-padrão				0.238	
Infraestrutura: energia					-0.202
erro-padrão					0.551
Constante	-2.356**	-1.977**	-0.494	-1.962**	-1.846**
erro-padrão	1.124	0.954	0.327	0.907	0.900
Observações	299	299	299	299	299
$ECT_{(-1)}$	-0.284**	-0.244**	-0.175*	-0.259**	-0.250**
erro-padrão	0.142	0.124	0.096	0.127	0.125
Teste Hausman (p-valor)	0.942	0.646	0.637	0.572	0.762
Teste Pearson CD (p-valor)	0.510	0.524	0.437	0.338	0.921

Fonte: elaboração própria dos autores.

Nota: ****, ** e * denotam a significância de 1%, 5% e 10%, respectivamente. As variáveis de controle são as mesmas em cada regressão. Para decidir entre o estimador PMG e o estimador MG, este estudo utilizou o teste de Hausman. Os resultados do teste de Hausman confirmaram o PMG em todas as colunas. O teste Pearson CD mostra que não há problema de dependência transversal.

Para as variáveis de controle, o PIB *per capita* indica impacto negativo e significativo, em todas as regressões. De acordo com a teoria econômica, esperava-se que aumentos na renda implicassem também aumentos nas importações (*coeteris paribus*). Com relação à taxa de câmbio, também, era esperado que depreciações desta taxa levassem a reduções nos déficits comerciais, o que não ocorre na maioria das estimações.[23] O capital humano apresenta o sinal esperado e é significativo. Isso é explicado pelo fato de que as economias selecionadas da América Latina têm capital humano insuficiente e as importações aumentam continuamente (Bhattacharyay 2014). Os valores do índice agregado (quando significativo) são positivos e mais elevados, em comparação com o mesmo para a estimação das exportações (ver Tabela 3). Isso pode indicar que o impacto inicial do aumento do investimento em infraestrutura tem um efeito absoluto maior sobre as importações do que sobre as exportações, nas economias da América Latina. Os valores de ($ECT_{(-1)}$) (Tabela 4) mostram um ajuste mais rápido para a posição de equilíbrio para os déficits comerciais, quando comparado com as exportações. Os resultados dos testes de cointegração de painel de primeira e segunda geração de Pedroni (1999) e Westerlund (2007) encontram-se na Tabelas 5.

[23] Vale observar que, nos testes de robustez, os coeficientes da taxa de câmbio apresentam o sinal esperado, com referência ao déficit comercial.

Tabela 5 – Teste de Westerlund e Pedroni

Westerlund (2007)				
variável dependente: exportação				
Estatística	Valor	Z-valor	p-valor	p-valor robusto*
G_t	-3.014	-2.392	0.008	0.020
G_a	-12.811	-0.353	0.362	0.010
P_t	-8.161	-2.085	0.019	0.020
P_a	-10.351	-1.424	0.077	0.000
variável dependente: déficit comercial				
Estatística	Valor	Z-valor	p-valor	p-valor robusto*
G_t	-3.607	-4.581	0.000	0.000
G_a	-15.905	-1.718	0.043	0.010
P_t	-11.213	-5.575	0.000	0.000
P_a	-15.846	-3.383	0.000	0.010

Pedroni (1999)				
variável dependente	exportação		déficit comercial	
Estatística	Painel	Grupo	Painel	Grupo
v	1.030		3.871	
rho	-3.388	-2.252	-5.541	-4.392
t	-4.722	-4.287	-4.879	-4.980
adf	-4.953	-5.113	-3.368	-4.571

Fonte: elaboração própria dos autores.
Ho: não cointegração em ambos os testes. P-valor robusto calculado com *bootstrap*. Todas as estatísticas de teste são distribuídas N (0,1).

Os resultados dos quatro testes que compõem o procedimento proposto por Westerlund sugerem a rejeição da hipótese nula de não-cointegração (estatística G_a significativa para p-valor robusto (exportações)). Isto é, os testes apontam que as séries das variáveis infraestrutura, exportações e déficits comerciais, nos países selecionados, têm uma relação de longo prazo estatisticamente significativa. Os resultados do teste de Cointegração de Pedroni (1999) também apontam para cointegração.

6. Teste de robustez com metodologias alternativas

Os países da amostra deste estudo contêm características heterogêneas, como diferentes tamanhos de mercado, PIB *per capita*, taxa de câmbio, etc. Desse modo, há a possibilidade de que o erro padrão não seja normalmente distribuído. Podem ocorrer correlação serial, heteroscedasticidade e problemas com endogeneidade

(Kirubi *et al.*, 2009; Utku-İsmihan, 2019). Para verificar a robustez dos resultados anteriores, e para lidar com os possíveis problemas mencionados, empregamos os estimadores Fully Modifed Least Squares (FMOLS) e Dynamic Ordinary Least Square (DOLS). Pedroni (2004) propõe o FMOLS e o DOLS para obter os coeficientes de cointegração de longo prazo. Na presença de raiz unitária, o impacto de super consistência pode não controlar o problema de endogenia dos regressores, caso forem empregados Ordinary Least Squares (OLS).[24] O estimador FMOLS ajusta os mínimos quadrados, considerando os efeitos de correlação serial e endogeneidade nos regressores resultantes da cointegração entre séries (Kirikkaleli, 2016).[25]

Portanto, para tratar esses problemas, aplicamos os estimadores FMOLS e DOLS (Breusch; Pagan, 1980), os quais são capazes de lidar com os diagnósticos atribuídos aos testes de cointegração aplicados e ao estimador PMG. Os resultados para exportações e déficits comerciais estão nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 – Fully modifed OLS (variável: exportação)

Variáveis	Infraestrutura agregada 1	Infraestrutura agregada 2	Infraestrutura transporte	Infraestrutura comunicação	Infraestrutura energia
Coeficientes: longo prazo					
PIB *per capita*	0.134***	0.167***	0.116*	0.117**	0.139***
erro-padrão	0.053	0.047	0.069	0.059	0.050
Taxa de câmbio	0.042***	0.045***	0.055***	0.038***	0.044***
erro-padrão	0.007	0.006	0.011	0.008	0.007
Capital humano	0.261***	0.252***	0.394***	0.263**	0.273***
erro-padrão	0.105	0.092	0.142	0.119	0.097
Qualidade institucional	0.112**	0.104***	0.112*	0.125**	0.102**
erro-padrão	0.049	0.043	0.067	0.056	0.045
Infraestrutura agregada 1	0.101***				
erro-padrão	0.031				
Infraestrutura agregada 2		0.109***			
erro-padrão		0.026			
Infraestrutura: transporte			0.129*		
erro-padrão			0.070		

[24] DOLS e FMOLS lidam com o problema da endogeneidade, adicionando leads e lags (DOLS). Além disso, são utilizados White Heteroskedastic Standard Errors. O estimador FMOLS faz o mesmo, usando uma abordagem não paramétrica; ver Arize *et al.* (2000) e Arellano e Bond (1991).

[25] Ver Hansen e Phillips (1990), Cappuccio e Lubian (1992) e Hargreaves (1994), para a qualidade do desempenho desse estimador em comparação com outro procedimento quanto às estimativas de cointegração.

Variáveis	Infraestrutura agregada 1	Infraestrutura agregada 2	Infraestrutura transporte	Infraestrutura comunicação	Infraestrutura energia
Infraestrutura: comunicação				0.110***	
erro-padrão				0.041	
Infraestrutura: energia					0.122***
erro-padrão					0.036
Dynamic ordinary least square					
PIB *per capita*	1.159***	1.208***	0.980***	1.260***	1.192***
erro-padrão	0.335	0.332	0.307	0.341	0.306
Taxa de câmbio	-0.054***	-0.054***	-0.025*	-0.091***	-0.064***
erro-padrão	0.014	0.014	0.013	0.014	0.013
Capital humano	0.520*	0.528*	0.318	0.587*	0.474
erro-padrão	0.311	0.317	0.305	0.340	0.304
Qualidade institucional	0.164*	0.054	0.044	0.077	-0.028
erro-padrão	0.098	0.097	0.090	0.099	0.090
Infraestrutura agregada 1	0.390***				
erro-padrão	0.064				
Infraestrutura agregada 2		0.292***			
erro-padrão		0.069			
Infraestrutura: transporte			0.438***		
erro-padrão			0.073		
Infraestrutura: comunicação				0.325***	
erro-padrão				0.064	
Infraestrutura: energia					0.568***
erro-padrão					0.088

Fonte: elaboração própria dos autores.
Nota: ***, ** e * denotam a significância em 1%, 5% e 10%, respectivamente

Tabela 7 – Fully modifed OLS (déficit comercial)

Variáveis	Infraestrutura agregada 1	Infraestrutura agregada 2	Infraestrutura transporte	Infraestrutura comunicação	Infraestrutura energia
Coeficientes: longo prazo					
PIB *per capita*	-0.056	-0.108*	-0.100	-0.055	-0.102*
erro-padrão	0.052	0.062	0.064	0.051	0.063
Taxa de câmbio	-0.010	-0.009	-0.019*	-0.008	-0.008
erro-padrão	0.007	0.009	0.011	0.008	0.009
Capital humano	0.281***	0.291**	0.295**	0.276***	0.277**
erro-padrão	0.110	0.129	0.132	0.110	0.130
Qualidade institucional	0.121***	0.230***	0.242***	0.112**	0.234***
erro-padrão	0.050	0.057	0.061	0.050	0.059

Variáveis	Infraestrutura agregada 1	Infraestrutura agregada 2	Infraestrutura transporte	Infraestrutura comunicação	Infraestrutura energia
Infraestrutura agregada 1	-0.054*				
erro-padrão	0.032				
Infraestrutura agregada 2		-0.096***			
erro-padrão		0.037			
Infraestrutura: transporte			-0.158***		
erro-padrão			0.065		
Infraestrutura: comunicação				-0.066*	
erro-padrão				0.038	
Infraestrutura: energia					-0.116***
erro-padrão					0.048
Dynamic ordinary least square					
PIB *per capita*	-0.032	-0.034	0.119	-0.035	-0.009
erro-padrão	0.179	0.244	0.285	0.193	0.180
Taxa de câmbio	-0.007	-0.026***	-0.072	-0.011	-0.007
erro-padrão	0.007	0.010	0.012	0.008	0.007
Capital humano	0.234	0.134	0.101	0.244	0.300*
erro-padrão	0.178	0.241	0.283	0.193	0.179
Qualidade institucional	0.194***	0.237***	0.615***	0.152***	0.202***
erro-padrão	0.052	0.071	0.083	0.056	0.053
Infraestrutura agregada 1	-0.061*				
erro-padrão	0.034				
Infraestrutura agregada 2		-0.293***			
erro-padrão		0.051			
Infraestrutura: transporte			-0.149**		
erro-padrão			0.068		
Infraestrutura: comunicação				-0.138***	
erro-padrão				0.036	
Infraestrutura: energia					-0.104**
erro-padrão					0.052

Fonte: elaboração própria dos autores.
Nota: ***, ** e * denotam a significância em 1%, 5% e 10%, respectivamente

Observa-se que os resultados (Tabelas 6 e 7) são muito semelhantes e consistentes com aqueles reportados pelos modelos principais (Tabelas 3 e 4), com razoável melhora no poder de explicação de alguns indicadores (por exemplo, no curto prazo, os valores do índice agregado e dos subíndices de infraestrutura passam a ter valores negativos para déficits comerciais (Tabela 7)), devido à correção de erros.

7. Considerações finais

A utilização de um "único setor" multidimensional – um composto de vários setores – para avaliações empíricas da relação entre infraestrutura e desempenho econômico é principalmente explicada pelo alto grau de correlação entre as medidas de infraestrutura (como telecomunicações, geração de capacidade de energia elétrica, estradas, redes ferroviárias, saneamento e outros). Não obstante, esse alto grau de multidimensionalidade da infraestrutura pode nos impedir de identificar o seu impacto sobre o comércio, quando adotamos um único setor de infraestrutura, ainda que multidimensional, para avaliações empíricas. É por isso que estudos recentes relaxam esta hipótese problemática, através da realização de análise de componentes principais (PCA). Kumar (2006) e Francois e Manchin (2013) usam PCA, em um contexto de painel.[26]

O objetivo deste artigo foi analisar o impacto de curto e longo prazos da infraestrutura sobre as exportações e déficits comerciais, para uma amostra de países da América Latina, aplicando o estimador PMG e as técnicas de cointegração de primeira e segunda geração, de Pedroni e Westerlund. Os resultados empíricos da abordagem PMG confirmam o impacto positivo e significativo de longo prazo dos índices agregados e de todos os subíndices (transportes, telecomunicação e energia) de infraestrutura sobre as exportações. As variáveis de controle deste estudo também desempenham um papel significativo sobre as exportações, como taxa de câmbio, capital humano, PIB *per capita* e índice de qualidade institucional, ao passo que, no curto prazo, basicamente índices e subíndices de infraestrutura continuam significativos. Assim, essas conclusões têm implicações para os *policy-makers* desses países, no sentido de desenvolvimento da região e na redução do *gap* entre países da região e economias mais desenvolvidas, ou mesmo países em desenvolvimento com maior planejamento, para promoção de suas exportações líquidas. Os testes de cointegração indicaram uma relação de longo prazo entre índices agregados de infraestrutura e exportações. Ainda, os estimadores FMOLS e DOLS, empregados

[26] Kumar (2006) emprega PCA para avaliar os efeitos da infraestrutura sobre o investimento direto estrangeiro (IDE). Seu PCA se baseia em seis indicadores específicos: transportes rodoviários (2 indicadores), telecomunicações (1), informação (2), e energia (1). Francois e Manchin (2013) inserem transporte rodoviário e aéreo, e alguns indicadores de telecomunicações, ao analisar os efeitos da infraestrutura e instituições sobre os padrões de comércio. Vijl e Wagner (2012) empregam PCA em uma análise puramente cross-section, para analisar a influência da infraestrutura sobre o comércio. Calderón e Servén (2004, 2011) constroem um índice agregado para a qualidade dos serviços de infraestrutura, para diferentes setores. Alesina e Perotti (1996) utilizam a análise de componentes principais (PCA), a fim de criar uma medida de instabilidade política.

como robustez para lidar com problemas de correlação serial, heteroscedasticidade e endogeneidade, mostram resultados consistentes e robustos com o modelo principal.

Equivalentemente, os resultados empíricos confirmam que os índices agregados e todos os subíndices (transportes, telecomunicação e energia) de infraestrutura reduzem os déficits comerciais (o impacto da infraestrutura sobre déficits comerciais é negativo e significativo, no longo prazo, mas positivo e significativo, no curto prazo, na abordagem PMG). No entanto, quando considerados os estimadores FMOLS e DOLS de robustez e correção de erros, todos os indicadores de infraestrutura mostraram-se negativos e significativos, no curto e longo prazos. Ademais, os resultados dos testes de cointegração sugeriram uma relação de longo prazo entre os índices agregados de infraestrutura e os déficits comerciais.[27]

Portanto, nossos resultados sugerem que a quantidade, qualidade e disponibilidade de infraestrutura (índices agregados e subíndices) são importantes para a expansão do comércio e redução dos déficits comerciais para vários países da América Latina. Desse modo, maiores investimentos em infraestrutura, seja de transportes, seja de telecomunicações ou energia, devem ser uma das prioridades para os *policy-makers* da região.

Referências

AHMAD, B. A.; JAINI, N.; ZAMZAMIR, B. Z. The impact of infrastructure on trade in Malaysia. *Journal of Entrepreneurship and Business*, v. 3, n. 2, p. 42–49, 2015. DOI: https://doi.org/10.17687/jeb.0302.04.

ALESINA, A.; PEROTTI, R. Income distribution, political instability, and investment. *European Economic Review*, v. 40, p. 1202–1229, 1996.

ARELLANO, M.; BOND, S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies*, v. 58, p. 277–297, 1991. DOI: https://doi.org/10.1080/13504850701604128.

[27] Apesar da insignificância de algumas das variáveis independentes, no curto prazo, os resultados de cointegração são mantidos quando estas são consideradas.

ARIZE, A. C.; OSANG, T.; STOTTJE, D. J. Exchange-rate volatility and foreign trade: evidence from thirteen LDC's. *Journal of Business & Economic Statistics*, v. 18, p. 10–17, 2000.

ASIF, M.; REHMAN, F. U. The nexus among trade volume, trade deficit and real exchange rate: an empirical evidence from Pakistan. *Journal of Economics and Sustainable Development*, v. 10, n. 4, 2019. DOI: https://doi.org/10.7176/JESD.

BARBERO, J. *et al. IDEAL 2014: la infraestructura en el desarrollo de América Latina*. Bogotá: CAF, 2015.

BHATTACHARYAY, N. B. Prospects and challenges of integrating South and Southeast Asia. *International Journal of Development and Conflict*, v. 4, p. 40–66, 2014.

BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *Review of Economic Studies*, v. 47, n. 1, 1980. DOI: https://doi.org/10.2307/2297111.

BROOKS, H. D.; MENON, J. *Infrastructure and trade in Asia*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2008. DOI: https://doi.org/10.4337/9781848442733.

CALDERÓN, C.; SERVÉN, L. The output cost of Latin America's infrastructure gap. *Working Paper*, n. 186. Santiago: Central Bank of Chile, 2002.

CALDERÓN, C.; SERVÉN, L. The effects of infrastructure development on growth and income distribution. *Working Paper*, n. 270. Santiago: Central Bank of Chile, 2004.

CALDERÓN, C.; SERVÉN, L. Infrastructure in Latin America: an update, 1980–2006. *World Bank Other Operational Studies*, n. 3182. Washington: World Bank, 2009

CALDERÓN, C.; MORAL-BENITO, E.; SERVÉN, L. Is infrastructure capital productive? A dynamic heterogeneous approach. *Working Papers*, 1103. Madrid: Banco de España, 2011.

CANNING, D. A database of world stocks of infrastructure, 1950–95. *The World Bank Economic Review*, v. 12, p. 529–547, 1998.

CAPPUCCIO, N.; LUBIAN, D. The relationships among some estimators of the cointegrating coefficient: theory and Monte Carlo evidence. Padua: University of Padova, 1992. Mimeografado.

CARRANZA, L.; MELGUIZO, C. Public infrastructure investment and fiscal sustainability in Latin America: incompatible goals? *Journal of Economic Studies*, v. 41, n. 1, p. 29-50, 2014.

CAVALLO, E.; POWELL, A. (Coords.). *Criando oportunidades de crescimento em um mundo desafiador: relatório macroeconômico da América Latina e Caribe 2019*. [S. l.]: Inter-American Development Bank, 2019. Disponível em: https://flagships.iadb.org/en/MacroReport2019/Building-Opportunities-to-Grow-in-a-Challenging-World. Acesso em: 25 nov. 2022.

CLARKE, G. R. G.; WALLSTEN, S. J. Has the internet increased trade? Evidence from industrial and developing countries. Washington, DC: World Bank, 2004. (Policy Research Working Paper Series, 3215).

COSTA, D. O. N. A iniciativa de integração da Infraestrutura Regional Sul-americana (IIRSA) e o projeto de integração econômica nas Américas. 2011. Tese (Mestrado em Desenvolvimento Econômico). Instituto de Economia, Universidade de Campinas. Campinas, 2011.

DJANKOV, S.; FREUND, C.; PHAM, C. S. Trading on time. *Review of Economics and Statistics*, v. 92, n. 1, p. 166–173, 2010.
DOI: https://doi.org/10.1162/rest.2009.11498.

DONAUBAUER, J.; GLAS, A.; MEYER, B.; NUNNENKAMP, P. Disentangling the impact of infrastructure on trade using a new index of infrastructure. *Review of World Economics*, v. 154, p. 745–784, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/s10290-018-0322-8.

DUVAL, Y.; UTOKTHAM, C. Behind-the-border trade facilitation in Asia-Pacific: cost of trade, credit information, contract enforcement and regulatory coherence. *Working Paper*, n. 2/09. Bangkok: United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 2009.

EBERHARDT, M. Panel time-series modeling: new tools for analyzing xt data. In: UK STATA USERS GROUP MEETING, 2011. Londres: Cass Business School, 16 Sept. 2011. Disponível em: https://www.stata.com/meeting/uk11/abstracts/UK11_eberhardt.pdf. Acesso em: 19 jul. 2021.

FAVARA, G. An empirical reassessment of the relationship between finance and growth. *IMF Working Paper*, 03/123. Washington: International Monetary Fund, 2003.

FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE ESTRADAS (IRF). *World road statistics*. [S. l.]: IRF, [s.d.]. Disponível em: http://www.irfnet.ch/world_road_statistics.php. Acesso em: 5 maio 2021.

FINK, C.; MATTOO, A.; NEAGU, I. C. Assessing the impact of telecommunication costs on international trade. *Journal of International Economics*, v. 67, n. 2, p. 428-445, 2005.

FRAGA, J. S.; RESENDE, M. F. Infrastructure, conventions and private investment: an empirical investigation. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 61, p. 351–361, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.strueco.2022.03.006.

FRAGA, J. S.; FERREIRA-FILHO, H. L. Infrastructure and foreign trade elasticities: empirical evidence for China. *Brazilian Keynesian Review*, v. 8, n. 1, 2022. DOI: https://doi.org/10.33834/bkr.v8i1.

FRAGA, J. S. Infraestrutura econômica, incerteza e investimento privado. 2019. Tese (Doutorado em Economia). Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

FRANCOIS, J.; MANCHIN, M. Institutions, infrastructure, and trade. *World Development*, v. 46, p. 165–175, 2013.

FREUND, C.; WEINHOLD, D. On the effect of the internet on international trade. Washington, DC: Board of Governors of the Federal Reserve System, 2000. (International Finance Discussion Papers, 693).

GARSOUS, G. How productive is infrastructure? A quantitative survey. *ECARES Working Paper*. Bruxelas: Université libre de Bruxelles, 2012.

HANSEN, B. E.; PHILLIPS, P. C. B. Estimation and inference in models of cointegration: a simulation study. *Advances in Econometrics*, v. 8, p. 225-248, 1990.

HARGREAVES, C. H. A review of methods of estimating cointegrating relationships in nonstationary time series analysis and cointegration. Oxford: Oxford University Press, 1994. p. 87–132.

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

HOEKMAN, B.; NICITA, A. Trade policy, trade costs and developing country trade. *World Bank Policy Research Working Paper Series*, 4797. Washington: World Bank, 2008.

IM, K. S.; PESARAN, M. H.; SHIN, Y. Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, v. 115, n. 1, p. 53-74, 2003.

JOUINI, J. Linkage between international trade and economic growth in GCC countries: empirical evidence from PMG estimation approach. *Journal of International Trade and Economic Development: An International and Comparative Review*, 2015. DOI: https://doi.org/10.1080/09638199.2014.904394.

KIRIKKALELI, D. Interlinkage between economic, financial and political risks in the Balkan countries: evidence from a panel cointegration. *Eastern European Economics*, v. 54, n. 3, p. 208-227, 2016.

KIRUBI, C.; JACOBSON, A.; KAMMEN, D. M.; MILLS, A. Community-based electric micro-grids can contribute to rural development: evidence from Kenya. *World Development*, p. 1208–1221, 2009.

KRUGMAN, P. Growing world trade: causes and consequences. *Brookings Papers on Economic Activity: Macroeconomics*, n. 1, p. 327-377, 1995.

KUMAR, N. Infrastructure availability, foreign direct investment inflows and their export orientation: a cross-country exploration. *Indian Economic Journal*, v. 54, n. 1, p. 125-144, 2006. DOI: https://doi.org/10.1177/0019466220060108.

LEFF, N. H. Externalities, information costs, and social benefit-cost analysis for economic development: an example from telecommunications. *Economic Development and Cultural Change*, v. 32, p. 255-276, 1984.

LEVINE, A.; LIN, C.; CHU, C. Unit root tests in panel data: asymptotic and finite sample properties. *Journal of Econometrics*, v. 108, n. 1, p. 1–24, 2002.
DOI: https://doi.org/10.1016/S0304-4076(01)00098-7.

LEWIS, A. Lecture to the memory of Alfred Nobel. 8 Dec. 1979. In: LINDBECK, A. (Ed.). *Nobel lectures: economics 1969–1980*. Singapore: World Scientific Publishing, 1992. Disponível em: http://www.nobelprize.org/nobelprizes/economic-sciences/laureates/1979/lewis-lecture.html. Acesso em: 10 jun. 2021.

LIMAO, N.; VENABLES, A. J. Infrastructure, geographical disadvantage, transport costs and trade. *World Bank Economic Review*, v. 15, n. 3, p. 451–479, 2001.

LV, Z.; XU, T. Trade openness, urbanization and CO_2 emissions: dynamic panel data analysis of middle-income countries. *Journal of International Trade and Economic Development: An International and Comparative Review*, 2018. DOI: https://doi.org/10.1080/09638199.2018.1534878.

MARTÍNEZ-ZARZOSO, I.; SUÁREZ-BURGUET, C. Transport costs and trade: empirical evidence for Latin American imports from the European Union. *Journal of International Trade & Economic Development*, 2007.
DOI: https://doi.org/10.1080/09638190500212121.

MEDEIROS, V.; RIBEIRO, R. S. M. Power infrastructure and income inequality: evidence from Brazilian state-level data using dynamic panel data models. *Energy Policy*, v. 146, 2020.

MEDEIROS, V.; RIBEIRO, R. S. M.; AMARAL, P. V. M. Infrastructure and household poverty in Brazil: a regional approach using multilevel models. *World Development*, 2021.

MOREIRA, M. M.; VOLPE MARTINCUS, C.; BLYDE, J. S. *Unclogging the arteries: the impact of transport costs on Latin American and Caribbean trade*. IDB Publications, 264. Washington: Inter-American Development Bank, 2008.

NURKSE, R. *Problems of capital formation in underdeveloped countries*. Oxford: Oxford University Press, 1953.

PEDRONI, P. Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, v. 61, p. 653-670, 1999.

PEDRONI, P. Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis. *Econometric Theory*, v. 20, n. 3, p. 597-625, 2004.
DOI: https://doi.org/10.1017/S0266466604203073.

PESARAN, M. H. General diagnostic tests for cross section dependence in panels. Munich: CESifo, 2004. (CESifo Working Paper, 1229).

PESARAN, M. H.; SHIN, Y.; SMITH, R. P. Pooled estimation of long-run relationships in dynamic heterogeneous panels. *DAE Working Papers Amalgamated Series*, 9721. Cambridge: University of Cambridge, 1997.

PESARAN, M. H.; SHIN, Y.; SMITH, R. P. Pooled mean group estimation of dynamic heterogeneous panels. *Journal of the American Statistical Association*, v. 94, n. 446, p. 621-634, 1999.
DOI: https://doi.org/10.1080/01621459.1999.10474156.

REHMAN, F. U.; NOMAN, A. A.; DING, Y. Does infrastructure increase exports and reduce trade deficit? Evidence from selected South Asian countries using a new global infrastructure index. *Journal of Economic Structures*, v. 9, n. 1, p. 1–23, 2020.

REHMAN, F. U.; DING, Y. The nexus between outward foreign direct investment and export sophistication: new evidence from China. *Applied Economics Letters*, 2019. DOI: https://doi.org/10.1080/13504851.2019.1616056.

RÖLLER, L. H.; WAVERMAN, L. Telecommunications infrastructure and economic development: a simultaneous approach. *American Economic Review*, v. 91, n. 4, p. 909-923, 2001. DOI: https://doi.org/10.1257/aer.91.4.909.

ROSENSTEIN-RODAN, P. N. Notes on the theory of the "big push". In: INTERNATIONAL ECONOMIC ASSOCIATION. *Economic development for Latin America*. Londres: Macmillan, 1961.

ROZAS, P.; SÁNCHEZ, R. Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual. *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, n. 75. Santiago de Chile: CEPAL, 2004.

ROZAS, P. Problemas y desafíos en el financiamiento de la infraestructura en América Latina. Santiago de Chile: CEPAL, 2008.

SAMARGANDI, N.; FIDRMUC, J.; GHOSH, S. Is the relationship between financial development and economic growth monotonic? Evidence from a sample of middle-income countries. *World Development*, v. 68, p. 66-81, 2015.

SANTIAGO, P. B. *Infraestrutura: experiência na América Latina*. Brasília: CEPAL, 2011.

SÁNCHEZ, R. J. Algunas reflexiones sobre los servicios de infraestructura en América Latina. *Textos para Discussão*, 25. Brasília: CEPAL/IPEA, 2010.

SPINANGER, D. Beyond eternity: what will happen when the ATC gives way to MFN principles beyond 2004? In: EU–LDC CONFERENCE ON TRADE AND POVERTY REDUCTION, 2001, Rotterdam. Proceedings [...]. Rotterdam, 30–31 May 2001.

THIRLWALL, A. P. The balance-of-payments constraint as an explanation of international growth rate differences. *Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review*, v. 32, n. 128, p. 45–53, 1979. DOI: https://doi.org/10.13133/2037-3643/12804.

UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION (UNData). Databases. [S. l.]: United Nations, [s.d.]. Disponível em: http://unstats.un.org/unsd/databases.htm. Acesso em: 5 maio 2021.

UTKU-İSMIHAN, F. M. Knowledge, technological convergence and economic growth: a dynamic panel data analysis of Middle East and North Africa and Latin America. *Quality & Quantity*, v. 53, n. 2, p. 713–733, 2019.

VENABLES, A. J. Geography and international inequalities: the impact of new technologies. *Journal of Industry, Competition and Trade*, v. 1, n. 2, p. 135–159, 2001.

VIJIL, M.; WAGNER, L. Does aid for trade enhance export performance? Investigating the infrastructure channel. *World Economy*, v. 35, n. 7, p. 838-868, 2012.

WESTERLUND, J. Estimating cointegrated panels with common factors and the forward rate unbiasedness hypothesis. *Journal of Financial Econometrics*, v. 5, n. 3, p. 491–522, 2007.

WORLD BANK. *World Bank indicators online*. Washington, DC: Data and Statistics, [s.d.]. Disponível em: https://data.worldbank.org/indicator. Acesso em: 5 maio 2021.

Apêndices

Apêndice 1

Tabela 11 – Variáveis e fontes de dados do Índice de Infraestrutura

	Variáveis	Normalização das variáveis	Fonte de dados
1	Infraestrutura de transporte		
	(i) Comprimento da linha de trem (KM)	índice: 1 área índice 2: por 1 milhão de habitantes	Canning D. (1998), World Bank e Federação Internacional de Estradas (IRF)
	(ii) Comprimento da estrada pavimentada (KM)	índice: 1 área índice 2: por 1 milhão de habitantes	Canning D. (1998), World Bank e Federação Internacional de Estradas (IRF)
2	Infraestrutura de comunicação		
	(i) Assinaturas de telefonia fixa	por 1 milhão de habitantes	Canning D. (1998) e World Bank
	(ii) Assinaturas de celular	por 1 milhão de habitantes	World Bank
3	Infraestrutura de energia		
	Geração de capacidade elétrica (GW)	por 1 milhão de habitantes	Canning D. (1998) e United Nations Statistics Division World Bank
	Consumo de energia elétrica (GW)	por 1 milhão de habitantes	

Fonte: elaboração própria dos autores, a partir das fontes indicadas na tabela.

Apêndice 2

Tabela 12 – Componentes principais, autovalores e variância explicada (%)

Índice	Componente Principal	Autovalores	Proporção (%)
Infraestrutura agregada 1	PC1	2.821	70.1%
Infraestrutura agregada 2	PC1	3.428	85.7%
Infraestrutura: energia	PC1	1.994	99.7%
Infraestrutura: transporte	PC1	1.630	81.5%
Infraestrutura: comunicação	PC1	1.828	91.4%

Fonte: elaboração própria dos autores.

Apêndice 3

Tabela 13 – Coeficientes de correlação de Pearson das variáveis

Variáveis	Exp	DC	QI	CH	PIBp	TC	Infra1	Infra2
EXP	1.000							
DC	-0.131	1.000						
QI	0.103	0.212	1.000					
CH	0.496	-0.108	0.010	1.000				
PIBp	0.603	-0.160	0.235	0.780	1.000			
TC	0.198	-0.117	0.037	-0.000	0.159	1.000		
INFRA1	0.782	-0.156	0.007	0.354	0.522	-0.375	1.000	
INFRA2	0.742	-0.161	-0.016	0.354	0.490	-0.277	0.986	1.000

Fonte: elaboração própria dos autores.