

Resumo

O presente trabalho analisa se maior nível de desenvolvimento financeiro leva a maior produção de energia renovável. Fazendo o uso de análise multivariada, é construído um índice de desenvolvimento financeiro para países selecionados da América Latina e verifica-se qual o impacto desse índice na utilização e produção de energia renovável dos países, após a introdução de controles. Os principais resultados apontam para uma relação negativa entre o desenvolvimento financeiro e a utilização de energia renovável, bem como a ausência de relação entre a primeira variável e a produção de energia renovável não proveniente da matriz hidroelétrica.

Palavras-chave: Desenvolvimento financeiro; energia renovável; desenvolvimento econômico.

Abstract

This paper examines the impact of financial development on renewable energy production. Utilizing multivariate analysis, a financial development index is constructed for selected countries in Latin America. The study then evaluates the influence of this index on the usage and production of renewable energy in these countries, incorporating various control variables. The primary findings indicate a negative relationship between financial development and renewable energy use, and no significant relationship between financial development and the production of renewable energy excluding hydroelectric sources.

Keywords: Financial development; renewable energy; economic development.

Código JEL: G10; G20; Q20; Q40.

Área Temática: 1. Economia

Financiamento: essa pesquisa é financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, por meio de bolsa de estudo de doutorado, modalidade GD.

Introdução

Pode o desenvolvimento financeiro contribuir para a maior utilização de energias renováveis nos países da América Latina? O processo de mudança climática é, provavelmente, o maior desafio já encarado pela humanidade, fazendo-se necessárias profundas transformações no modelo de produção e nos termos de consumo atuais para que se possa alcançar a transição para uma economia verde antes que seja tarde demais (Krogstrup e Oman, 2019). Nesse sentido, entender a dinâmica de produção e consumo de energia elétrica dos países é de suma importância, visto que nos próximos anos muitas nações precisarão assumir matrizes energéticas mais limpas, porém, sem deixar de pensar no desenvolvimento de suas economias, para cumprir os objetivos de desenvolvimento sustentável propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) e o Acordo de Paris.

¹Doutorando em economia no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais – CEDEPLAR/UFMG. Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. E-mail: andresounas@cedeplar.ufmg.br

² Professor Titular da Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail: crocco@cedeplar.ufmg.br

³ Professora Adjunta no Departamento de Economia e no Programa de Pós Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). E-mail: ferfaria@ufop.edu.br

Conforme apontado por Arestis e Sawyer (2021), o setor de energia é o principal emissor de CO_2 do planeta, uma vez que a energia é um insumo presente – de forma mais ou menos intensiva – em todas as cadeias produtivas. Embora altamente poluidor, esse setor está intimamente ligado com o crescimento econômico [Mohammadi *et al.* (2023); Tang *et al.* (2016); Chontanawat *et al.* (2008); Sari e Soytaş (2007)], de modo que se deve pensar em como melhorar sua eficiência e torná-lo menos intensivo em carbono, já que não é economicamente viável acabar com o consumo de energia. Especialmente no contexto de países menos desenvolvidos, o setor energético é extremamente importante [Haldar *et al.* (2023); Hieu e Nguyen (2023); Acheampong *et al.* (2021)].

A despeito do papel dos diferentes tipos de agentes econômicos na luta contra as mudanças climáticas, tem-se discutido cada vez mais a importância dos sistemas financeiros na viabilização de investimentos nessa temática, certamente abrangendo o setor de energia. É importante destacar, porém, que não se pretende defender aqui que o sistema financeiro, ou qualquer instrumento de mercado, seja o Santo Graal do desenvolvimento sustentável conforme apontado pelo chamado *Consenso de Wall Street* [para mais detalhes ver Gabor (2021)]. O objetivo desse ensaio é verificar se maior desenvolvimento financeiro está correlacionado com maior utilização de energias renováveis e se o nível de desenvolvimento econômico interfere nesse processo. Ou seja, tenta-se testar a hipótese de que países mais desenvolvidos financeiramente enfrentam menor restrição de recursos e, portanto, conseguem viabilizar maiores investimentos voltados para tecnologias limpas para o setor energético, alcançando um maior desenvolvimento sustentável.

Para alcançar o objetivo proposto, primeiro constrói-se um índice de desenvolvimento financeiro para 14 países da América Latina (Tabela A1 do anexo A), por meio da abordagem da análise multivariada, e verifica-se como esse indicador se comporta no período de 2004 a 2015. Por conseguinte, testa-se o efeito de correlação, utilizando análise de dados em painel, entre os índices de desenvolvimento financeiro criados e a proporção de energia renovável utilizada pelos países. A literatura sobre o tema tem apontado uma relação positiva do desenvolvimento financeiro para o consumo de energia renovável e o desenvolvimento econômico [Wang *et al.* (2021) para a China; Anton e Nucu (2020) para a União Europeia; Eren *et al.* (2019) para o caso da Índia]. Entretanto, há uma lacuna na literatura para o estudo dos países da América Latina. Até onde se sabe, esse é o primeiro trabalho a utilizar tal abordagem para essa região, de modo que se espera observar *insights* importantes, contribuindo para a discussão.

Além dessa introdução, o artigo é dividido da seguinte forma: a seção 2 apresenta o referencial teórico sobre desenvolvimento financeiro, consumo de energia renovável e desenvolvimento econômico; a seção 3 mostra a metodologia e os dados utilizados, e exibe alguns fatos estilizados para a região estudada; a seção 4 traz a abordagem econométrica e discute os resultados do estudo; a seção 5 conclui o ensaio.

2 Explorando as Inter-relações Entre Desenvolvimento Financeiro, Energia Renovável e Desenvolvimento Econômico Sustentável

Quais são os mecanismos de ligação entre o desenvolvimento financeiro, o consumo de energia renovável e o desenvolvimento econômico? Antes de responder esse questionamento é importante conceituar cada um dos termos, com enfoque especial sobre o desenvolvimento financeiro, uma vez que este pode ser bastante abrangente. Este trabalho considera a definição de Levine (2021, p. 7), em que o desenvolvimento financeiro pode ser entendido como a “capacidade [...] de selecionar investimentos, exercer governança, facilitar o gerenciamento de riscos, mobilizar recursos e facilitar o intercâmbio”.

Diante disso, não é o foco principal do estudo diferenciar se os países são baseados em sistemas bancários ou mercados de capitais – ou ainda dizer qual alternativa é melhor –, como apontado pela visão dualista clássica sobre mercados financeiros [por exemplo, Bats e Houben (2020) e Durusu-Ciftci *et al.* (2017)]. Conforme apontado por Hardie e Horvarth (2013), diversas instituições financeiras transformaram sua maneira de atuar, culminando no que os autores chamam de uma estrutura bancária baseada no mercado, na qual as ferramentas do mercado de capitais e do mercado bancário são entrelaçadas. No mais, Levine (2002) argumenta que essa visão dual não é a mais indicada para entender as diferenças de desenvolvimento econômico entre países.

Por sua vez, o termo energia renovável pode ser compreendido como uma fonte de energia advinda de processos naturais que são retroalimentados instantaneamente pelo próprio meio ambiente – por meio das chuvas, sol, vento, biomassa e outros –, não produzindo resíduos e gerando impactos ambientais reduzidos (Twidell, 2021; Mohtasham, 2015). Já o desenvolvimento econômico, embora seja muitas vezes tratado como sinônimo de crescimento econômico, vai muito além da dimensão de renda – ainda que esta seja bastante importante. Destarte, o desenvolvimento econômico sustentável engloba melhores condições de vida no que concerne à saúde, educação, saneamento, segurança alimentar, preservação do meio ambiente e outros indicadores sociais (Barbier, 1987).

Em face do exposto, a ligação entre a produção e consumo de energia e o crescimento econômico é mais fácil de ser visualizada. Como um insumo produtivo, por um lado, o consumo de energia está atrelado à atividade econômica, principalmente para países com maior atividade industrial. Em períodos de expansão, *ceteris paribus*, a demanda por energia deve ser maior. Por outro lado, devido à essencialidade, pode ser que uma maior acessibilidade ao consumo de energia seja um indutor de maior atividade econômica. Para uma discussão mais aprofundada sobre o relacionamento entre consumo de energia e crescimento econômico, assim como a direção de causalidade, ver Koçak e Şarkgüneşi (2017), Neto *et al.* (2016) e Sadorsky (2011).

Por essa ótica, o aumento do consumo de energia é limitado pela escassez dos insumos energéticos “tradicionais” (petróleo e carvão, por exemplo), de modo que a utilização de energias renováveis é uma alternativa quase que natural de diversificação da matriz energética. Em consonância, a preocupação ambiental pode levar o Estado a adotar medidas de mitigação climática que envolva a substituição de energias altamente intensivas em carbono por fontes mais limpas; além disso, sociedades mais desenvolvidas podem apresentar uma maior pressão social para que empresas e governos adotem práticas ligadas ao conceito *Environmental, Social and Governance* – ESG, sendo um possível canal de transmissão para o consumo de energia renovável.

Dentro desse processo de transformação da matriz energética os sistemas financeiros exercem papel fundamental ao viabilizarem fluxos de dinheiro para o desenvolvimento de novas tecnologias e implantação de novos projetos. Por seu turno, os recursos direcionados para a pesquisa e inovação, bem como os investimentos realizados devem afetar positivamente o crescimento econômico dos países. Intrinsecamente, o aumento da atividade econômica pode ser traduzido em melhorias nos indicadores socioeconômicos, porém, também pode gerar efeitos negativos para o meio ambiente, por meio de alterações nos termos de consumo – aumentando a demanda por produtos intensivos em carbono que antes não eram acessíveis – por exemplo. Portanto, entender qual é o papel dos sistemas financeiros para o consumo e, conseqüentemente, para a produção de energia elétrica é de suma importância. Os estudos empíricos sobre o assunto apresentam uma considerável heterogeneidade nos resultados, porém, no geral, é reconhecido que há uma relação importante entre os temas abordados neste trabalho.

A título de exemplo, Eren *et al.* (2019) mostram que o desenvolvimento financeiro é um importante impulsionador do consumo de energia renovável na Índia, beneficiando a conservação do meio ambiente. Os autores encontram uma causalidade unidirecional do desenvolvimento financeiro para o consumo de energia renovável e para o crescimento econômico, descartando a

hipótese de retroalimentação (bicausalidade). Resultados semelhantes são encontrados por Wang *et al.* (2021), considerando o caso da República Popular da China, e por Anton e Nucu (2020), envolvendo os países da União Europeia (UE). Tais achados são bastante importantes, uma vez que os estudos englobam os dois países mais populosos do mundo, sendo dois dos maiores consumidores de energia elétrica do planeta, além da UE, que também é uma grande região consumidora de energia.

Ademais, não é apenas em grandes economias ou grandes regiões que o desenvolvimento financeiro é importante para o consumo de energia renovável. Dimnwobi *et al.* (2022) mostram que maior acesso, profundidade e eficiência no sistema financeiro estão ligados à maior utilização de energia renovável na Nigéria, enquanto Mukhtarov *et al.* (2022) trazem que uma maior razão entre o volume de ações negociadas e o PIB impacta positivamente no consumo de energia renovável da Turquia. Além disso, Qamruzzaman e Jianguo (2020) utilizam uma amostra de 114 países, divididos entre renda baixa, renda média-baixa e renda média-alta, para mostrar que maior desenvolvimento financeiro está ligado a maior consumo de energia renovável. Resultados semelhantes são encontrados por Shahbaz *et al.* (2021) para uma amostra de 34 países em desenvolvimento.

Embora haja um conjunto significativo de trabalhos que estabelecem uma relação positiva e significativa entre o desenvolvimento financeiro, o consumo de energia renovável e o crescimento econômico, alguns estudos apontam para resultados diferentes, pelo menos de forma parcial. Nessa direção, Ankrah e Lin (2020) trazem que uma maior proporção de crédito privado em relação ao PIB impacta negativamente o setor de energia renovável em Gana, embora os autores não discutam o canal de transmissão. Em consonância, He *et al.* (2019) apontam que um maior desenvolvimento financeiro verde tem efeitos negativos sobre os investimentos de empresas de energia renovável na China, e isso ocorre por conta de restrições no crédito bancário, principalmente os de curto prazo e para as empresas em fase inicial de desenvolvimento.

No que tange a relação entre a utilização de energias renováveis e o crescimento econômico, Sharma *et al.* (2021) apontam para uma relação negativa bidirecional entre as variáveis para o caso da União Europeia, mostrando que o crescimento do produto nessa região está conectado com a utilização de energias altamente poluentes. Por sua vez, Yldirim *et al.* (2012) trazem que apenas as fontes de energia renovável advindas de biomassa impactam positivamente o crescimento econômico no caso dos Estados Unidos da América. Esse último resultado é bastante importante para este trabalho, uma vez que na América Latina – por conta da abundância hídrica – a maior parte da energia renovável advém das hidrelétricas (World Bank, 2023). Assim, é importante investigar quais são os resultados para essa região.

3 Metodologia e Dados

Para tentar responder à pergunta de pesquisa, utiliza-se a abordagem de análise multivariada, empregando a análise fatorial para criar índices de desenvolvimento financeiro para os países selecionados e depois regredir tais índices com a variável de utilização de energia renovável, por meio de análise de dados em painel. De acordo com King (1986), a análise fatorial permite a observação de uma variável latente (neste caso o desenvolvimento financeiro) com base em uma série de variáveis observadas (neste caso as variáveis pré-selecionadas). Tal abordagem ainda permite a observação dos fatores mais importantes (de maior peso) na composição da variável não observada. Assim, os índices de desenvolvimento financeiro (FDI) são definidos como:

$$FAT_{jt} = \beta_{jt} \mathbf{X}_{it} + \varepsilon_{jt} \quad (1)$$

$$FDI_{pit} = \sum_{j=1}^J FAT_{jt} \quad (2)$$

Em que: FAT_{jt} é o fator latente j observado no período t ; β_{jt} é a carga fatorial j observada no período t ; X_{it} é um vetor de variáveis financeiras para o país i no período t (as variáveis utilizadas estão dispostas no Quadro A1 do apêndice A); ε_{jt} é o termo de erro j observado no período t ; FDI_{pit} é o índice de desenvolvimento financeiro p do país i no período t .

Uma vez construído o índice de desenvolvimento financeiro, tal medida é utilizada como variável independente na estimação de um modelo de dados em painel, como uma regressão do tipo Barro (1991), conforme mostrado na equação 3.

$$RES_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 FDI_{pit} + \gamma C_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Em que: RES_{it} é a proporção de energia renovável produzida pelo país i no período t , em relação à produção total de energia do país i no período t ; C_{it} é um vetor de variáveis de controle que captura as especificidades do país i no período t ; ε_{it} é o termo de erro i no período t .

As variáveis utilizadas no estudo são apresentadas no Quadro 1. A proporção da produção de energia renovável em relação à produção total de energia é a variável dependente do estudo. Ainda, utiliza-se a medida de produção de energia renovável não advinda de energia hidrelétrica para testar se há diferenças consideráveis nos resultados. Isto é, será que fontes alternativas de energia renovável têm efeitos diferentes? Já os fatores de desenvolvimento financeiro dos países são as principais variáveis de interesse do estudo, enquanto as demais variáveis controlam as características de mercado e de desenvolvimento econômico dos países.

Quadro 1 – Variáveis utilizadas para a estimação econométrica

Dimensão	Variável	Descrição	Fonte
Variável Dependente	RES	Proporção do consumo de energia renovável	World Bank
Variável Dependente Auxiliar	EPR	Produção de energia renovável per capita que não seja hidrelétrica	World Bank
Variável de Interesse	FDI*	Índice de desenvolvimento financeiro	World Bank
Variáveis de Controle do Desenvolvimento Econômico	GDP	PIB per capita	World Bank
	BSS	Acesso a serviços básicos de saneamento	World Bank
	GEH	Gastos com saúde como proporção do PIB	World Bank
Variáveis de Controle de Mercado	POP	Tamanho da População	World Bank
	PAE	Proporção da população com acesso à eletricidade	World Bank
	TEC	Consumo de energia elétrica per capita	World Bank
	EUO	Uso de energia primária	World Bank

*São adicionados 4 índices, que representam 4 dimensões do desenvolvimento financeiro.

Fonte: Elaboração própria (2024).

Devido à disponibilidade de dados, são utilizadas informações anuais no período de 2004 a 2015 para 14 países da América Latina, formando um painel balanceado com 168 observações. As estatísticas descritivas das variáveis são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis do estudo

Variável	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
RES (Proporção)	11,61	36,25	57,64	57,13	73,92	100,00
EPR (Quilowatt)	0,0000	6,4180	39,3630	115,7700	180,0380	1.146,6970
FDI_1 (Número)	-2,7972	-0,6903	-0,3160	0,0000	0,4315	2,8099
FDI_2 (Número)	-3,1208	-0,5798	-0,0493	0,0000	0,4495	3,8894
FDI_3 (Número)	-6,8209	-0,9129	-0,1542	0,0000	0,7788	27,8581
FDI_4 (Número)	-2,0992	-0,8301	-0,0533	0,0000	0,7272	2,5049
GDP (US\$)	952,00	4.156,00	6.290,00	7.366,00	10.601,00	18.141,00
BSS (Proporção)	39,37	77,55	83,94	82,51	93,29	99,37
GEH (Proporção)	1,15	2,59	3,36	3,50	4,37	6,82
POP (Número)	3.243.211	5.752.103	12.312.339	34.343.783	29.771.697	205.188.205
PAE (Proporção)	68,29	91,60	97,91	95,13	99,11	100,00
TEC (Terajoule)	0,0147	0,0231	0,0312	0,0350	0,0445	0,0702
EUO (kg)	461,60	750,30	1.904,20	22.881,87	23.561,78	208.917,30

Fonte: Elaboração própria, de acordo com informações do *World Bank* (2024).

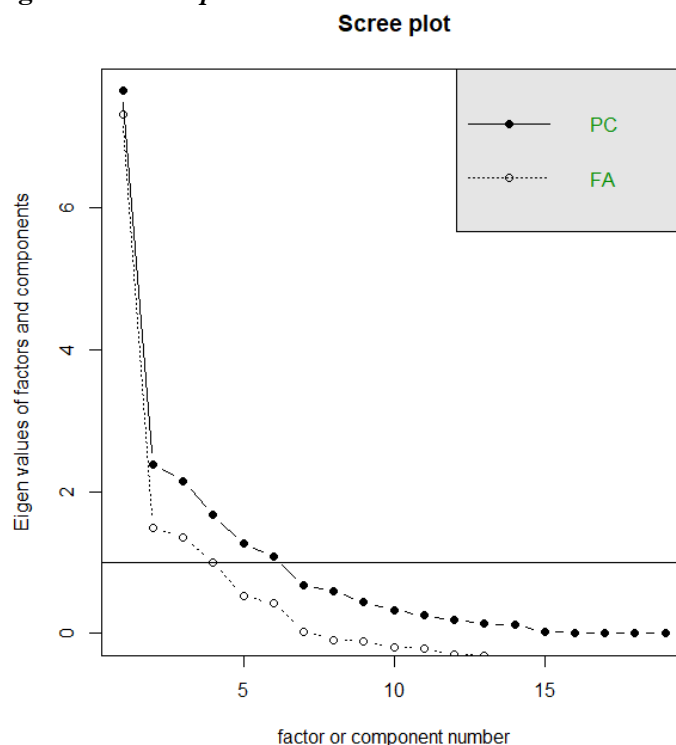
3.1 Dimensões do Desenvolvimento Financeiro

O presente trabalho utiliza análise fatorial exploratória para reduzir a dimensão de dados financeiros em torno de um conjunto de fatores, bem como captar as características não observáveis do desenvolvimento financeiro em cada dimensão. Após a aplicação do método, chega-se a 4 fatores principais, que representam 66% da variância dos dados, conforme mostrado na Tabela 2. Ainda, a Figura 1 mostra autovalores e o número de fatores, conforme o *scree plot*.

Tabela 2 – Cargas fatoriais e variância explicada

Variável	FDI_1	FDI_2	FDI_3	FDI_4
Carga fatorial	6,99	2,08	1,82	1,71
Proporção da variância	0,37	0,11	0,10	0,09
Variância acumulada	0,37	0,48	0,57	0,66
Proporção explicada	0,55	0,17	0,14	0,14
Proporção acumulada	0,55	0,72	0,86	1,00

Fonte: Elaboração própria, de acordo com informações do *World Bank* (2024).

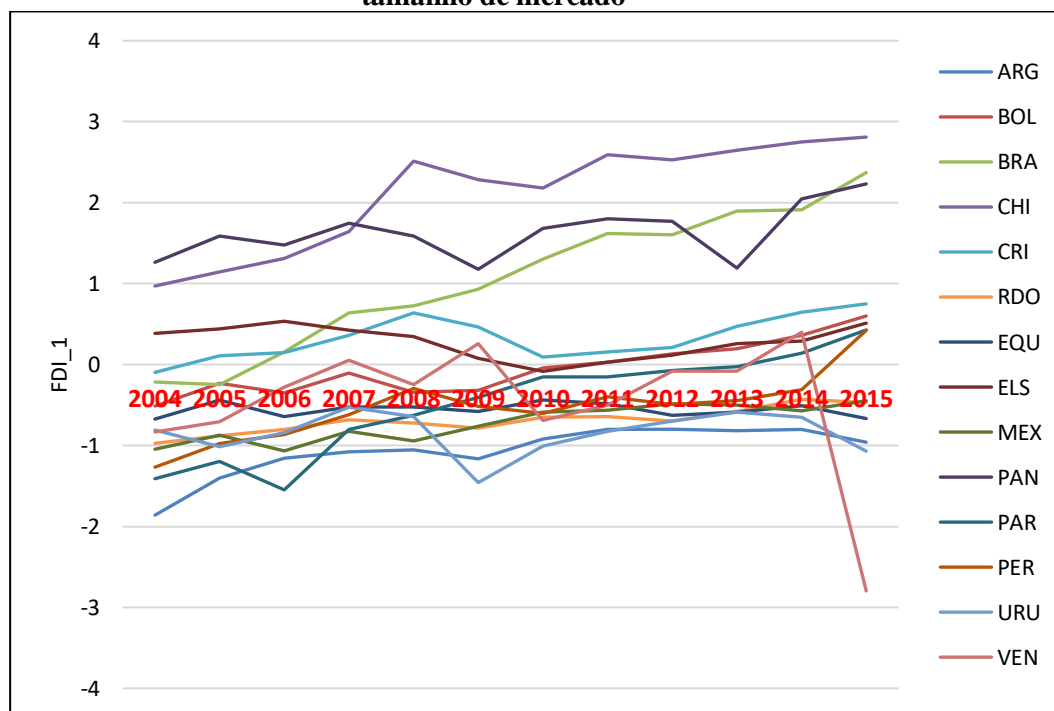
Figura 1 – *Scree plot* dos autovalores e número de fatores

Fonte: Elaboração própria, de acordo com informações do *World Bank* (2024).

Conforme mostrado na Figura 1, o fator 1 tem um peso consideravelmente maior em relação aos demais fatores. Nota-se também que o quarto fator tem autovalor exatamente igual a 1, dessa forma ele é a referência de corte no número de fatores para a análise das dimensões do desenvolvimento financeiro. A importância de cada variável dentro de cada fator pode ser observada na Tabela A2 do apêndice, mas os quatro índices de desenvolvimento financeiro são compostos e nomeados da seguinte forma:

- **Tamanho do Mercado (FDI_1):** as principais variáveis envolvem a quantidade de crédito em relação aos depósitos, os ativos em relação ao PIB e o tamanho do crédito ao setor privado (tanto do setor bancário quanto do setor financeiro em geral).
- **Rentabilidade do Mercado (FDI_2):** dimensão atrelada aos retornos obtidos pelas instituições financeiras, envolvendo a rentabilidade sobre os ativos (ROA) e sobre o patrimônio (ROE), a receita líquida de juros em relação aos ativos que rendem juros e a proporção de empréstimos inadimplentes.
- **Presença Bancária (FDI_3):** os aspectos mais importantes dessa dimensão são o número de caixas eletrônicos e de agências bancárias por 100.000 habitantes, o índice de concentração bancária e a disponibilização de crédito ao Governo como proporção do PIB.
- **Capacidade de Captação de Depósitos (FDI_4):** nessa dimensão, as características mais relevantes são os depósitos em relação ao PIB (tanto os depósitos do sistema bancário quanto do sistema financeiro em geral), mas também a proporção de bancos estrangeiros em relação ao total de bancos.

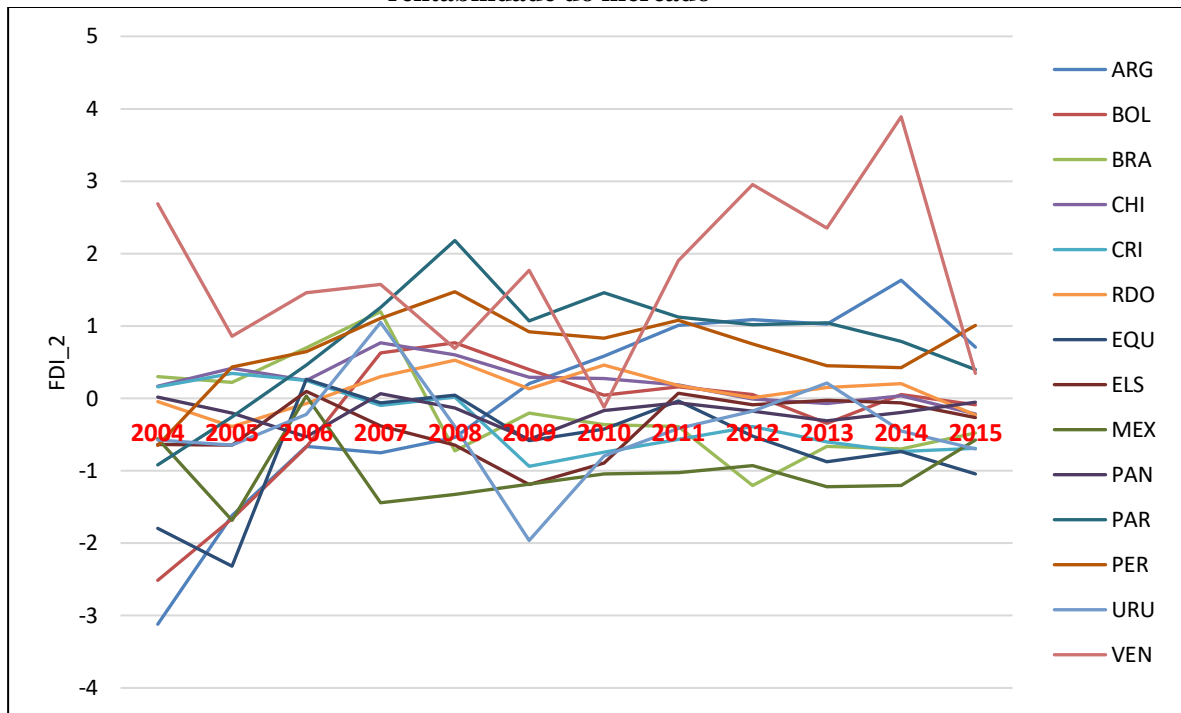
Gráfico 1 – Índice de desenvolvimento financeiro para os países selecionados. Dimensão de tamanho de mercado



Fonte: Elaboração própria, de acordo com informações do *World Bank* (2024).

Conforme mostrado no Gráfico 1, Chile, Brasil e Panamá são os países mais desenvolvidos financeiramente, considerando a dimensão de tamanho de mercado. Por outro lado, a Venezuela é o país menos desenvolvido nesse sentido, tendo apresentado considerável queda no último período da série. Porém, a mesma Venezuela apresenta valor mais alto quando se considera a dimensão de rentabilidade do mercado, embora o valor também tenha caído consideravelmente no último período, conforme mostrado no Gráfico 2.

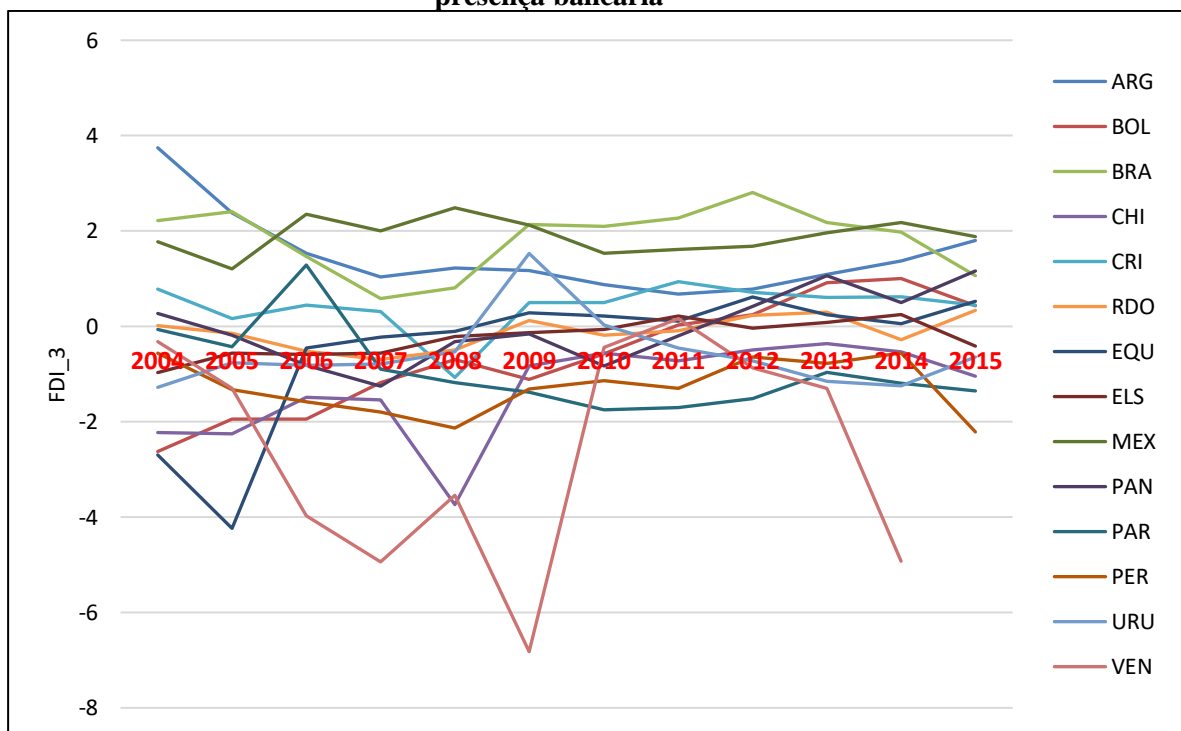
Gráfico 2 – Índice de desenvolvimento financeiro para os países selecionados. Dimensão de rentabilidade do mercado



Fonte: Elaboração própria, de acordo com informações do *World Bank* (2024).

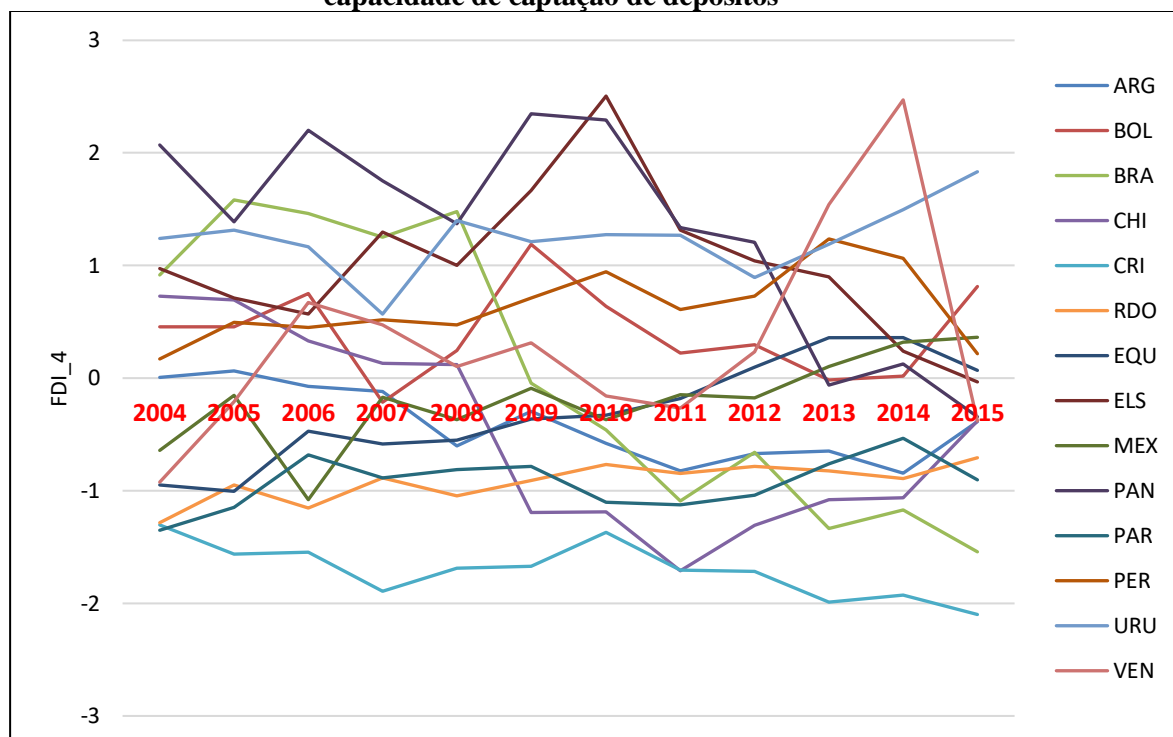
Na dimensão de presença bancária, Brasil e México se destacam como os países mais desenvolvidos financeiramente, e novamente a Venezuela fica na última colocação, apresentando considerável oscilação no período analisado. Por fim, ao se considerar a dimensão de capacidade de captação de depósitos, há considerável alternância na posição de país mais desenvolvido, porém, no final do período, tal posição era ocupada pelo Uruguai, enquanto a Costa Rica ocupava a última posição. Ainda, há de se destacar a considerável queda do Brasil no índice, ao longo do período.

Gráfico 3 – Índice de desenvolvimento financeiro para os países selecionados. Dimensão de presença bancária



Fonte: Elaboração própria, de acordo com informações do *World Bank* (2024).

Gráfico 4 – Índice de desenvolvimento financeiro para os países selecionados. Dimensão de capacidade de captação de depósitos



Uma vez construídos os índices de desenvolvimento financeiro, englobando as quatro dimensões apresentadas acima, na próxima seção, tais valores são considerados como variáveis independentes em regressões econométricas, para testar a relação das dimensões do desenvolvimento econômico com a utilização de energia renovável nos países da América Latina.

4 Análise Econométrica e Discussão dos Resultados

Levando em consideração a metodologia apresentada na sessão anterior, a Tabela 3 apresenta os resultados das estimações econométricas da equação 3. O modelo 1 considera apenas as variáveis de desenvolvimento financeiro explicando a produção de energia renovável; o modelo 2 adiciona as variáveis de controle relacionadas ao desenvolvimento econômico dos países; e o modelo 3 incorpora também as variáveis de controle relacionadas com o próprio setor de energia.

Inicialmente a equação 3 foi estimada pelo modelo *pooling*, efeitos fixos e efeitos aleatórios, porém, tanto o teste F de Chow quanto o teste de Especificação de Hausman indicaram que o modelo de efeitos aleatórios é preferível. Dessa forma, os resultados apresentados na Tabela 3 referem-se ao estimador de efeitos aleatórios para os três modelos. Como o período do estudo é de 12 anos, o máximo de coeficientes que o modelo de efeitos aleatórios permite estimar é 11. Por conta disso, a variável de acesso a serviços básicos de saneamento (BSS) é omitida no modelo 3, visto que a mesma não apresenta significância estatística nos demais modelos.

Ainda, os resultados da Tabela 3 são robustos à heterocedasticidade, utilizando a matriz de covariância de White, e são introduzidas abordagens de reamostragem (*bootstrapping*) com 100 repetições para todos os modelos, devido ao baixo número de observações. Os resultados dos coeficientes não sofrem alterações, trazendo robustez ao modelo. Por último, o teste CD de Pesaran mostra que não há dependência transversal entre os países e o teste de Dickey-Fuller Aumentado traz que as séries são estacionárias.

Tabela 3 – Desenvolvimento financeiro e utilização de energia renovável

Variável Dependente: Proporção do consumo de energia renovável			
Variável	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
FDI_1	-5,808*** (1,643)	-4,068*** (1,299)	-3,143*** (1,015)
FDI_2	0,208 (0,340)	0,329 (0,283)	0,209 (0,188)
FDI_3	-0,849*** (0,301)	-0,613** (0,253)	-0,348 (0,231)
FDI_4	-0,542 (0,804)	-0,241 (0,784)	0,370 (0,840)
Ln (GDP)	-	-1,104 (2,049)	3,736*** (1,391)
BSS	-	-0,204 (0,230)	-
GEH	-	0,142 (0,443)	0,432 (0,783)
Ln (POP)	-	-	-4,489 (6,134)
PAE	-	-	-0,366*** (0,098)
TEC	-	-	371,025 (464,947)
Ln (EUO)	-	-	-32,933** (14,221)
Constante	57,133*** (7,898)	83,125*** (13,185)	348,679** (139,988)
Observações	168	168	168
R2	0,208	0,222	0,377
R2 Ajustado	0,188	0,188	0,338
Estatística F	42,760***	62,308***	95,173***

Fonte: Elaboração própria, de acordo com informações do *World Bank* (2024).

Diante do exposto, a Tabela 3 mostra que há uma correlação negativa entre o desenvolvimento financeiro e a utilização de energia renovável para os países selecionados, no período de 2004 a 2015. O valor do coeficiente é estatisticamente significativo nos três modelos, embora a magnitude seja menor quando todos os controles são adicionados. É importante ressaltar, no entanto, que apenas a dimensão de tamanho do mercado (FDI_1) é significativa, sendo que a rentabilidade do mercado (FDI_2), a presença bancária (FDI_3) e a capacidade de captação de depósitos (FDI_4) não são estatisticamente diferentes de zero.

Esse resultado é contrário aos achados de alguns trabalhos que envolvem países em desenvolvimento, como Wang *et al.* (2021) para a China e Eren *et al.* (2019) para o caso da Índia. Entretanto, tal resultado é corroborado por Ankrah e Lin (2020) para Gana, e He *et al.* (2019) também para China. Uma possível explicação é que nos países mais desenvolvidos financeiramente é possível que os recursos financeiros sejam direcionados para atividades mais intensivas em carbono, uma vez que estas tendem a ser mais consolidadas e, conseqüentemente, apresentarem menor risco e maior retorno (quando não são considerados os benefícios indiretos da preservação ambiental). Uma segunda hipótese levantada é que os mercados financeiros dos países analisados ainda estão aquém do potencial de desenvolvimento, apresentando fricções e falhando na alocação eficiente de recursos.

No tocante às variáveis de controle, pode-se afirmar que as variáveis de mercado possuem peso maior na explicação da utilização de energia renovável do que as variáveis de desenvolvimento econômico dos países. Por um lado, o crescimento PIB per capita dos países aparece como um fator de extrema importância para a produção de energia renovável nos países selecionados, impactando positivamente o resultado. Por outro lado, quanto maior é a proporção da

população com acesso à energia elétrica (PAE) e quanto maior é o crescimento do uso de energia primária (EUO), menor tende a ser a utilização de energia renovável. Tal fato dá indícios de que a maior demanda por energia elétrica nos países selecionados está sendo atendida por fontes de energia mais intensivas em carbono.

Em relação ao consumo de energia elétrica per capita nos países (TEC), tal variável apresentou significância estatística apenas quando os estimadores não são robustos à heterocedasticidade, se tornando estatisticamente igual a zero após a correção pela matriz de variância. Ainda, as demais variáveis de controle incluídas no modelo são todas não significativas, considerando o intervalo de confiança de 90%.

Conforme abordado anteriormente, muitos países da América Latina apresentam abundância hídrica, de modo que a energia hidroelétrica é a principal fonte energética da região. Diante disso, é importante isolar os efeitos do desenvolvimento financeiro sobre a produção de energias renováveis diferentes da hidrelétrica. Para tal, a equação 3 é estimada novamente, levando em consideração apenas a produção de energia renovável não advinda da hidroelétrica (EPR). Todos os testes e correções feitos para a variável RES são novamente introduzidos aqui, mas a diferença é que os modelos são estimados por efeitos fixos, conforme o teste de Especificação de Hausman. Os resultados podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Desenvolvimento financeiro e utilização de energia renovável, exceto a gerada por hidroelétricas

Variável Dependente: Produção de energia renovável per capita que não seja hidroelétrica			
Variável	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
<i>FDI</i> ₁	-59,458 (79,363)	-16,559 (54,062)	-16,537 (34,111)
<i>FDI</i> ₂	-25,488** (11,370)	-23,386 (15,353)	-12,793 (8,133)
<i>FDI</i> ₃	-12,861 (10,924)	-6,221 (7,518)	0,756 (4,292)
<i>FDI</i> ₄	-21,589 (15,887)	-10,025 (13,453)	3,270 (14,634)
Ln (GDP)	-	148,226 (128,623)	-35,419 (51,707)
BSS	-	-24,952*** (10,547)	-6,505 (7,514)
GEH	-	20,349 (20,507)	5,610 (17,480)
Ln (POP)	-	-	-2.279,175*** (587,010)
PAE	-	-	-3,748 (4,485)
TEC	-	-	14.613,560 (7.519,055)
Ln (EUO)	-	-	-38,518 (194,248)
Observações	168	168	168
R2	0,089	0,272	0,562
R2 Ajustado	-0,094	0,106	0,446
Estatística F	3,410**	7,257***	15,396***

Fonte: Elaboração própria, de acordo com informações do *World Bank* (2024).

Conforme mostrado na Tabela 4, após a introdução das variáveis de controle, nenhuma dimensão do desenvolvimento financeiro é importante para explicar a produção de energia renovável não advinda de hidroelétricas, visto que os índices de desenvolvimento financeiro são

estatisticamente iguais a zero. Dessa forma, pode-se concluir que o desenvolvimento financeiro está negativamente relacionado com a utilização de energias renováveis de forma geral nos países da América Latina, no período analisado, mas não possui qualquer relação com a produção de energia renovável não advinda das hidroelétricas.

Considerações Finais

Conforme abordado ao longo do texto, as mudanças climáticas representam uma grande ameaça para a humanidade, de modo que encontrar maneiras de mitigá-las é essencial. Tendo em mente que o setor de energia é um dos mais intensivos em carbono, mas também é muito importante para o desenvolvimento econômico de uma nação, é preciso encontrar maneiras de torná-lo mais eficiente e menos poluente. Parte da literatura sobre o tema defende que os sistemas financeiros devem ser fundamentais ao disponibilizar os recursos necessários para investimentos em novas tecnologias e projetos. Nesse sentido, o presente estudo aborda como o desenvolvimento financeiro impacta no consumo de energia renovável – menos intensiva em carbono que as fontes “tradicionais” – utilizando como pano de fundo a região da América Latina.

Os resultados econométricos apontam que a utilização de energia renovável dos países, no período analisado, é afetada negativamente pelo desenvolvimento financeiro, mas apenas pela dimensão de tamanho de mercado. Ainda, a utilização de energia renovável é positivamente correlacionada com o crescimento no PIB per capita dos países, mas negativamente correlacionada com a proporção de pessoas com acesso à energia e a intensidade de utilização de energia primária. Outro resultado importante é que o desenvolvimento financeiro parece não estar relacionado com a produção de energia renovável não advinda de hidroelétricas para os países selecionados no estudo.

Entre as possíveis explicações para a relação negativa (ou a inexistência de relação) entre as variáveis abordadas neste trabalho está o baixo nível de desenvolvimento financeiro da região, o que compromete o correto funcionamento desse mercado, mas também o fato que o sistema financeiro pode estar induzindo maior degradação ambiental ao optar pelo financiamento de fontes energéticas mais intensivas em carbono, uma que esses mercados são, geralmente, mais consolidados. Entretanto, é preciso ter cautela com os achados do trabalho, uma vez que a falta de dados para uma parte considerável de países da região, bem como a ausência de dados para períodos mais longos, pode ser um fator que está interferindo nos resultados.

De qualquer forma, ao utilizar uma abordagem de análise multivariada para construir um índice de desenvolvimento financeiro com diferentes dimensões para os países da América Latina – até onde se sabe uma abordagem inédita para o objeto e região pesquisados – em um período consideravelmente importante, o presente estudo espera contribuir para a literatura sobre o tema. Para pesquisas futuras, no entanto, seria importante considerar períodos mais extensos, se houver disponibilidade de informações, uma vez que o interregno aqui analisado não permite capturar a maturação dos investimentos feitos no setor de energia renovável e, conseqüentemente, os efeitos desses investimentos sobre a maior utilização desse tipo de energia.

Referências

ACHEAMPONG, Alex O.; ERDIAW-KWASIE, Michael Odei; ABUNYEWAH, Matthew. Does energy accessibility improve human development? Evidence from energy-poor regions. **Energy Economics**. v. 96, p. 105165, Apr. 2021.

ANKRAH, Isaac; LIN, Boqiang. Renewable energy development in Ghana: Beyond potentials and commitment. **Energy**. v. 198, n. 1, May 2020.

- ANTON, Sorin Gabriel; NUCU, Anca Elena Afloarei. The effect of financial development on renewable energy consumption. A panel data approach. **Renewable Energy**. v. 147, p. 330-338, Mar. 2020.
- ARELLANO, Manuel; BOVER, Olympia. Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. **Journal of Econometrics**. v. 68, p. 29-51, Jul. 1995.
- ARESTIS, Philip; SAWYER, Malcolm. **Economic policies for sustainability and resilience**. Springer Nature. 2021.
- BARBIER, Edward B. The concept of sustainable economic development. In: **The economics of sustainability**. Routledge, 2017. p. 87-96.
- BARRO, Robert J. Economic growth in a cross section of countries. **The Quarterly Journal of Economics**. v. 106, n. 2, p. 407-443, May 1991.
- BATS, Joost V.; HOUBEN, Aerdt C. F. J. Bank-based versus market-based financing: Implications for systemic risk. **Journal of Banking & Finance**. v. 114, May 2020.
- CHONTANAWAT, Jaruwan; HUNT, Lester C.; PIERSE, Richard. Does energy consumption cause economic growth?: Evidence from a systematic study of over 100 countries. **Journal of Policy Modeling**. v. 30, n. 2, p. 209-2020, Mar.-Apr. 2008.
- DIMNWABI, Stephen Kelechi; MADICHIE, Chekwube V.; EKESIOBI, Chukwunonso; ASONGU, Simplice A. Financial development and renewable energy consumption in Nigeria. **Renewable Energy**. v. 192, p. 668-677, Jun. 2022.
- DURUSU-CIFTCI, Dilek; ISPIR, M. Serdar; YETKINER, Hakan. Financial development and economic growth: Some theory and more evidence. *Journal of Policy Modeling*. v. 39, p. 290-306, 2017.
- EREN, Memduh Baris; TASPINAR, Nigar; GOKMENOGLU, Korhan K. The impact of financial development and economic growth on renewable energy consumption: Empirical analysis of India. **Science of The Total Environment**. v. 663, p. 189-197, May 2019.
- GABOR, Daniela. The Wall Street Consensus. **Development and Change**. v. 52, n. 3, p. 429-459, 2021.
- HALDAR, Anasuya; SUCHARITA, Sanhita; DASH, Devi Prasad; SETHI, Narayan; PADHAN, Purna Chandra. The effects of ICT, electricity consumption, innovation and renewable power generation on economic growth: An income level analysis for the emerging economies. **Journal of Cleaner Production**. v. 384, Jan. 2023.
- HARDIE, Iain; HOWARTH, David. **Market-based banking and the international financial crisis**. Oxford University Press, USA, 2013.
- HE, Lingyun; LIU, Rongyan; ZHONG, Zhanggi; WANG, Deqing; XIA, Yufei. Can green financial development promote renewable energy investment efficiency? A consideration of bank credit. **Renewable Energy**. v. 143, p. 974-984, Dec. 2019.
- HIEU, Vu Minh; MAI, Nguyen Hong. Impact of renewable energy on economic growth? Novel evidence from developing countries through MMQR estimations. **Environmental Science and Pollution Research**. v. 30, p. 578-593, 2023.

- KING, Gary. How not to lie with statistics: Avoiding common mistakes in quantitative political science. **American Journal of Political Science**. v. 30, p. 666-687, 1986.
- KOÇAK, Emrah; ŞARKGÜNEŞİ, Aykut. The renewable energy and economic growth nexus in Black Sea and Balkan countries. **Energy Policy**. v. 100, p. 51-57, 2017.
- KROGSTROP, Signe; OMAN, William. Macroeconomic and financial policies for climate change Mitigation: a review of the literature. **IMF Working Paper**. n. 19/185, 2019.
- LEVINE, Ross. Bank-based or market-based financial systems: Which is better?. **Journal of Financial Intermediation**. v. 11, n. 4, p. 398-428, Oct. 2002.
- LEVINE, Ross. Finance, growth, and inequality. **IMF Working Paper**. n. 21/164, 2021.
- MOHAMMADI, Hosein; SAGHAIAN, Sayed; GHARIBI, Bahareh Zandi Dareh. Renewable and non-renewable energy consumption and its impact on economic growth. **Sustainability**. v. 15, n. 4, p. 3822, Feb. 2023.
- MOHTASHAM, Javid. Renewable energies. **Energy Procedia**. v. 74, p. 1289-1297, 2015.
- MUKHTAROV, Shahriyar; YÜKSEL, Serhat; DİNÇER, Hasan. The impact of financial development on renewable energy consumption: Evidence from Turkey. **Renewable Energy**. v. 187, p. 169-176, Mar. 2022.
- NETO, Amir Borges Ferreira; CORRÊA, Wilson Luiz Rotatori; PEROBELLI, Fernando Salgueiro. Consumo de energia e crescimento econômico: uma análise do Brasil no período 1970-2009. **Análise Econômica**. v. 34, n. 65, 2016.
- QAMRUZZAMAN, Md; JIANGUO, Wei. The asymmetric relationship between financial development, trade openness, foreign capital flows, and renewable energy consumption: Fresh evidence from panel NARDL investigation. **Renewable Energy**. v. 159, p. 827-842, Oct. 2020.
- SADORSKY, Perry. Financial development and energy consumption in Central and Eastern European frontier economies. **Energy Policy**. v. 39, n. 2, p. 999-1006, 2011.
- SARI, Ramazan; SOYTAS, Ugur. The growth of income and energy consumption in six developing countries. **Energy Policy**. v. 35, n. 2, p. 889-898, Feb. 2007.
- SHAHBAZ, Muhammad; TOPCU, Betül Altay; SARIGÜL, Sevgi Sümerli; VO, Xuan Vinh. The effect of financial development on renewable energy demand: The case of developing countries. **Renewable Energy**. v. 178, p. 1370-1380, Nov. 2021.
- SHARMA, Gagan Deep; TIWARI, Aviral Kumar; ERKUT, Burak; MUNDI, Hardeep Singh. Exploring the nexus between non-renewable and renewable energy consumptions and economic development: Evidence from panel estimations. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 146, Aug. 2021.
- TANG, Chor Foon; BEE, Wah Tan; ILHAN, Ozturk. Energy consumption and economic growth in Vietnam. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 54, p. 1506-1514, Feb. 2016.
- TWIDELL, John. **Renewable energy resources**. Routledge, 2021.

YILDIRIM, Ertuğrul; SARAÇ, Şenay; ASLAM, Alper. Energy consumption and economic growth in the USA: Evidence from renewable energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 16, n.9, p. 6770-6774, 2012.

WANG, Juan; ZHANG, Sulan; ZHANG, Qingjun. The relationship of renewable energy consumption to financial development and economic growth in China. **Renewable Energy**. v. 170, p. 897-904, Jun. 2021.

WORLD BANK. **World Bank Indicators**. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicator>>. Acesso em: Dez. 2023.

Anexo A

Tabela A1 – Países considerados no estudo

Nome do País	Abreviação
Argentina	ARG
Bolívia	BOL
Brasil	BRA
Chile	CHI
Costa Rica	CRI
República Dominicana	RDO
Equador	EQU
El Salvador	ELS
México	MEX
Panamá	PAN
Paraguai	PAR
Peru	PER
Uruguai	URU
Venezuela	VEN

Fonte: Elaboração própria, de acordo com dados do *World Bank* (2024)

Quadro A1 - Variáveis utilizadas para a construção dos fatores de desenvolvimento financeiro

Variável	Descrição
5_bca	Ativo dos 5 maiores bancos como parcela do total de ativos dos bancos comerciais
atm_1000	Número de caixas eletrônicos por 100.000 habitantes
bb_100000	Número de agências bancárias por 100.000 habitantes
bcbd	Crédito total dividido pelos depósitos totais
bcir	Despesas operacionais
bd_gdp	Depósitos bancários em relação ao PIB
fsd_gdp	Depósitos do sistema financeiro em relação ao PIB
bnim	Receita líquida de juros em relação aos ativos que rendem juros
bnlgl	Proporção de empréstimos inadimplentes
bocta	Despesas operacionais em relação ao ativo
bra	Lucro líquido em relação ao ativo
bre	Lucro líquido em relação ao patrimônio
cgsoe_gdp	Crédito ao Governo em relação ao PIB
dcps	Crédito ao setor privado
dmba_gdp	Ativos em relação ao PIB
fbatb	Proporção de bancos estrangeiros em relação ao total de bancos
ica_gdp	Ativos das seguradoras em relação ao PIB
pccdm_b_gdp	Crédito privado do setor bancário em relação ao PIB
pccdm_bof	Crédito privado do sistema financeiro em relação ao PIB

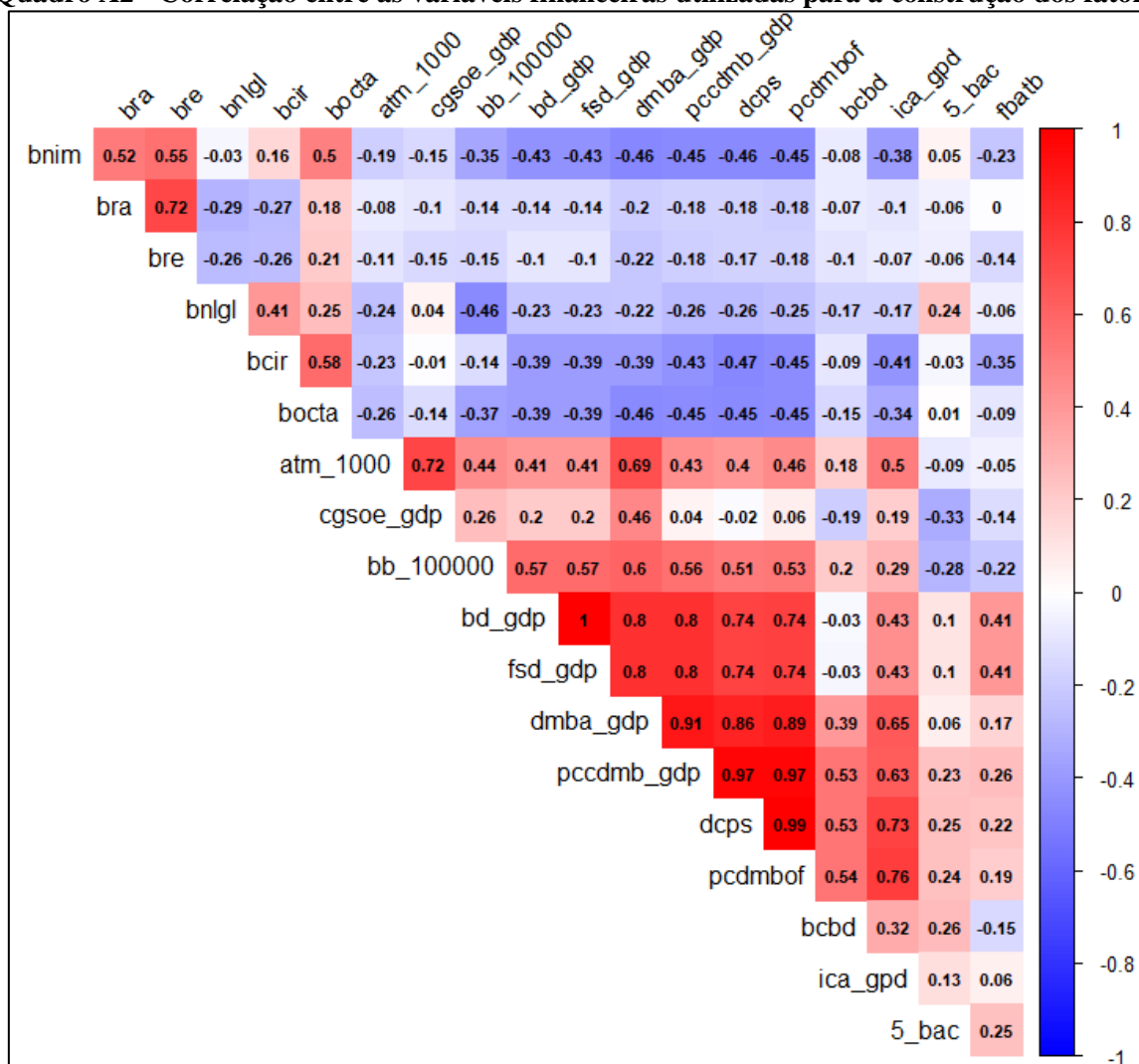
Fonte: Elaboração própria, de acordo com dados do *World Bank* (2024)

Tabela A2 – Importância das variáveis dentro de cada fator

Variável	<i>FDI</i> ₁	<i>FDI</i> ₂	<i>FDI</i> ₃	<i>FDI</i> ₄	h2	u2	com
5_bca	0,16	-0,09	-0,50	0,03	0,29	0,7123	1,3
atm_1000	0,54	-0,01	0,59	-0,07	0,65	0,3536	2,0
bb_100000	0,58	-0,03	0,40	0,02	0,50	0,5044	1,8
bcbd	0,57	-0,02	-0,31	-0,60	0,77	0,2271	2,5
bcir	-0,47	-0,37	0,04	-0,28	0,44	0,5553	2,6
bd_gdp	0,71	-0,04	0,13	0,64	0,93	0,0724	2,1
fsd_gdp	0,71	-0,04	0,14	0,64	0,93	0,0723	2,1
bnim	-0,43	0,53	-0,08	-0,24	0,52	0,4762	2,4
bnlgl	-0,34	-0,42	-0,14	-0,02	0,31	0,6859	2,2
bocta	-0,49	0,09	-0,10	-0,16	0,28	0,7163	1,4
bra	-0,13	0,83	-0,02	0,00	0,71	0,2907	1,0
bre	-0,13	0,85	-0,03	-0,01	0,74	0,2641	1,0
cgsoe_gdp	0,14	-0,13	0,81	0,02	0,69	0,3123	1,1
dcps	0,98	-0,07	-0,17	0,09	1,00	0,0035	1,1
dmba_gdp	0,91	-0,12	0,29	0,14	0,95	0,0485	1,3
fbatb	0,14	-0,04	-0,29	0,57	0,43	0,5732	1,6
ica_gdp	0,70	-0,02	0,06	-0,02	0,49	0,5067	1,0
pccdmb_gdp	0,97	-0,08	-0,12	0,15	0,98	0,0209	1,1
pcdmbof	0,99	-0,08	-0,11	0,06	0,99	0,0060	1,0

Fonte: Elaboração própria, de acordo com dados do *World Bank* (2024)

Quadro A2 - Correlação entre as variáveis financeiras utilizadas para a construção dos fatores



Fonte: Elaboração própria, de acordo com dados do *World Bank* (2024)