

CAUSALIDADE ENTRE TAXA DE CÂMBIO E O PREÇO DE COMMODITIES

Éliton de Souza Araújo Filho¹
Tito Belchior Silva Moreira²

Resumo

O presente artigo tem como objetivo analisar se existe uma relação de causalidade bidirecional entre a taxa de câmbio e o preço de certas *commodities*, ao longo do tempo proposto. Os países selecionados para o estudo foram Austrália, África do Sul, Brasil, Noruega e Rússia. Foram selecionadas as taxas de câmbio, em relação ao dólar e as séries de preços das três principais *commodities* exportadas por cada país da amostra como variáveis instrumentais. O instrumental econométrico utilizado nas séries foi o teste de causalidade de Granger e o teste de raiz unitária, também utilizo índices de preços de *commodities* referenciados na literatura que são representativos das principais *commodities* exportadas pelos países da amostra.

Palavras-Chave: Taxa de Câmbio, *Commodities*, Causalidade de Granger

Abstract

This article aims to analyze whether there is a two-way causal relationship between the exchange rate and the price of certain commodities, over the proposed time. The countries selected for the study were Australia, South Africa, Brazil, Norway and Russia. They were selected as exchange rates, in relation to the dollar and as price series of the three main commodities exported by each country in the sample as instrumental variables. The econometric instrument used in the series was the Granger causality test and the unit root test, also using commodity price indices referenced in the literature that are representative of the main commodities exported by the sample countries.

Keywords: Exchange Rate, *Commodities*, Granger Causality

1 INTRODUÇÃO

Neste artigo, busco verificar a relação de causalidade entre taxas de câmbio e preços de *commodities*. Penso que se essa relação for bem compreendida, junto dos fatores que as governam, comerciantes, formadores de políticas econômicas, produtores primários e diversos outros agentes do mercado terão maior habilidade para definir estratégias e agir cada um de acordo com seus interesses.

As *commodity currencies* são, afinal, aquelas taxas de câmbio de países que dependem fortemente das exportações de *commodities* em seu produto total, e por isso apresentam uma relação de causalidade entre essas duas variáveis ao longo do tempo.

¹ Bacharel em ciências econômicas pela Universidade Católica de Brasília.

² Professor do Programa de Mestrado e Doutorado em Economia da Universidade Católica de Brasília. E-mail: titoreco@yahoo.com.br

Entretanto, com a finalidade de adotar uma classificação mais formal, o trabalho realizado por Cashin, Céspedes e Sahay (2004) aponta critérios de seleção dos países com um embasamento teórico mais elaborado para a definição de quais taxas de câmbio poderiam realmente ser classificadas como *commodity currencies*. O trabalho deles é baseado em dados do Relatório de Perspectivas do Fundo Monetário Internacional para os anos de 1988 até 1992.

Existe, na literatura sobre o tema, duas correntes complementares de abordagens. Por exemplo, Cashin, Céspedes e Sahay (2004), em seu trabalho, utilizaram majoritariamente países em desenvolvimento, mas incluem países como Austrália, Canadá, Islândia, Noruega e Nova Zelândia como contraponto, uma vez que são classificadas como economias desenvolvidas que também contam com um componente de exportação bastante elevado em seu produto total. Depois, separa aqueles em que as exportações são compostas majoritariamente de produtos primários e testa a relação de longo prazo entre os preços reais das *commodities* mais exportadas por estes países e suas respectivas taxas de câmbio reais.

Porém, também existe uma parte da literatura que, contrariamente, vincula movimentos nos preços das *commodities* a mudanças exógenas nas taxas de câmbio, ou seja, analisam a relação inversa, principalmente para países exportadores de *commodities*. Alguns estudos recentes documentam evidências de previsibilidade nos mercados de câmbio devido aos preços das *commodities*, com foco em particular no ouro e no petróleo.

A literatura econômica sobre moedas-*commodity* geralmente conclui que os preços das *commodities* geram flutuações nas taxas de câmbio nos países exportadores de *commodities*. Mas, existem outros estudos que documentam a evidência de causalidade bidirecional entre os preços das *commodities* e as taxas de câmbio, com efeitos causais da taxa de câmbio sobre o preço das *commodities*. Esses estudos, no entanto, têm focado principalmente em exportadores de *commodities* desenvolvidos, como Austrália, Nova Zelândia, Canadá, Noruega.

Logo, neste trabalho analisarei a relação temporal e causal entre o comportamento da taxa de câmbio e os preços das três principais *commodities* exportadas pelos países escolhidos para amostra, que são: África do Sul, Austrália, Brasil, Noruega e Rússia. Onde todas são economias onde a exportação de *commodities* é pauta relevante e onde o regime cambial flutuante foi inaugurado há um período suficientemente longo, para ter suas variações na taxa de câmbio analisadas. Além de serem razoavelmente integrados aos mercados de capitais globais e serem participantes ativos no comércio internacional.

Portanto, entender a dinâmica entre os preços das *commodities* e taxas de câmbio é de grande importância, tanto do ponto de vista da formulação de políticas, quanto também do ponto de vista das políticas monetárias, onde choques nos preços das *commodities* têm efeitos significativos no seu sucesso. Seguindo a metodologia empregada em Chen, Rogoff e Rossi (2008), utilizarei o teste de Causalidade de Granger a fim de testar a relação de causalidade entre as variáveis propostas, ou seja, se uma variação na taxa de câmbio é capaz de prever uma mudança nos preços das *commodities* que esses países exportam e vice-versa. Penso que a análise dos países escolhidos pode enriquecer a literatura sobre moedas-*commodity*.

Este trabalho tem como objetivo verificar se as economias dos países da amostra

possuem há condição econômica de serem possuidores de uma *commodity currency* e comparar os resultados obtidos com os encontrados na literatura sobre o tema. Pretendo realizar testes econométricos bidirecionais sobre as variáveis instrumentais selecionadas, utilizando a metodologia do teste de causalidade de Granger, visando analisar o comportamento causal entre a taxa de câmbio e os preços das três principais *commodities* exportadas e realizar também o teste de raiz unitária, para verificar a estacionariedade das séries utilizadas.

A próxima seção apresenta a revisão de literatura neste trabalho detalhando os problemas e os resultados anteriores obtidos sobre o tema. A seção 3 apresenta a base de dados utilizada e a seção 4 apresenta a metodologia empregada, explicando as razões pelas quais ela é adequada para os objetivos deste trabalho. Na seção 5 exponho os resultados obtidos e nas seções 6 e 7 discuto sobre as conclusões.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Modelos de previsão para taxas de câmbio

O trabalho busca pelo entendimento a respeito do comportamento das taxas de câmbio é alvo de investigação científica há décadas, devido a variável ser de significativa importância para o estudo de diversos aspectos da economia internacional. Porém, não existe consenso na literatura sobre a questão do câmbio, em grande parte devido a estudos com resultados inconclusivos que divergem em termos de resultados e conclusões.

Meese e Rogoff (1983) compararam a capacidade de previsão de modelos de séries de tempo com a do modelo de passeio aleatório. Os autores buscaram esclarecer as principais causas por trás das variações nas taxas de câmbio e verificar se os modelos desenvolvidos até então seriam capazes de ganhar em termos de desempenho do modelo de referência, o modelo de passeio aleatório. Eles avaliaram a acurácia da previsão de diferentes tipos de modelos monetários e provaram empiricamente que o modelo de passeio aleatório desempenha tão bem quanto estes, em termos de precisão para prever as taxas de câmbio.

Dessa maneira, eles concluem que não existe ganho preditivo no uso de informações de fundamentos macroeconômicos ou de informações passadas, para fazer previsões das taxas de câmbio. Os autores não afirmam os motivos para estes resultados, mas apontam que possíveis problemas de especificação dos modelos, instabilidade dos fundamentos, possíveis vieses de amostragem e outros problemas econométricos poderiam estar levando a esta conclusão.

Desde o estudo seminal de Meese e Rogoff (1983), diversos autores afirmam ter encontrado modelos capazes de superar o desempenho do modelo de passeio aleatório. Entretanto, todos eles se mostraram problemáticos, não se provando robustos à aplicação generalizada. Interessante é o fato de os resultados empíricos apresentados levarem os autores a verificar a existência de um *puzzle*, onde, apesar dos fundamentos macroeconômicos não melhorarem a acurácia de modelos de previsão de taxas de câmbio, o inverso é verdadeiro.

2.2 O Modelo de valor presente para preços de ativos

Engel e West (2005) sugerem então uma explicação do possível motivo pelo qual nenhum dos modelos de séries temporais conseguiu desempenhar melhor que o modelo de passeio aleatório. Os autores propõem então o uso de modelos convencionais de precificação de ativos baseados em valor presente sobre expectativas racionais para modelagem das taxas de câmbio, conforme vemos a seguir:

$$S_t = (1 - b) \sum_{i=0}^{\infty} b^i E_t (a'_1 x_{t+i}) + b \sum_{i=0}^{\infty} b^i E_t (a'_2 x_{t+i}), \quad 0 < b < 1 \quad (1)$$

Onde S_t é o preço do ativo, x_t é o vetor de fundamentos, b é o fator de desconto e, a_1 e a_2 são vetores $n \times 1$ de possíveis escalares.

Sob as hipóteses:

- (i) ao menos uma das variáveis seja não estacionária e;
- (ii) o fator de desconto desses fundamentos futuros se aproxime de um;

Então, no limite, os preços de ativos, neste modelo, se comportariam de maneira muito similar à de um passeio aleatório, de forma que, quanto mais o fator de desconto se aproxima de um, mais a variação do preço do ativo no tempo t será não correlacionada com a variação do ativo no tempo $t-1$.

Esse fato garantiria o comportamento de passeio aleatório das previsões dos modelos de valor presente e também ajuda a explicar o desempenho mais preciso deste tipo de modelo, uma vez que poderia gerar previsões que se comportam de maneira mais parecidas às das taxas de câmbio do passeio aleatório e, portanto, são mais apropriadas do que as previsões de modelos fundamentalistas. Dessa forma, eles propõem uma nova linha de raciocínio para investigar a relação entre taxas de câmbios nominais e fundamentos econômicos que será descrita a seguir.

2.3 Taxas de câmbio e fundamentos econômicos

A argumentação de Engel e West (2005) tem como base o modelo 1, que é baseado no modelo de precificação de ativos com base no valor presente, aplicado ao caso das taxas de câmbio:

$$S_t = (1 - b) \sum_{i=0}^{\infty} b^i E_t (x_{1t+i} + z_{1t+i}) + b \sum_{i=0}^{\infty} b^i E_t (x_{2t+i} + z_{2t+i}), \quad (2)$$

Onde S_t é o valor da taxa de câmbio, os termos x_{1t} e z_{1t} ($i = 1, 2$) são fundamentos econômicos observáveis e não observáveis, respectivamente.

A partir deste modelo, os autores seguem o seguinte raciocínio: se as variações das taxas de câmbio nominais são causadas por mudanças nas expectativas dos agentes sobre os fundamentos econômicos futuros, se os agentes estiverem certos a respeito deles e se as informações estiverem refletidas nas taxas de câmbio, então, elas deveriam ser úteis quando da previsão destes mesmos fundamentos.

Seguindo esta lógica, Engel e West (2005) propõem tentar entender a relação entre taxas de câmbio e os fundamentos macroeconômicos da maneira inversa, em que as taxas

de câmbio são variáveis precedentes aos fundamentos econômicos. Eles se utilizam de testes de causalidade de Granger para entender em qual sentido a relação entre taxas de câmbio e fundamentos econômicos se aplica empiricamente.

Apesar de Messe e Rogoff (1983) não encontrarem evidência estatística de que fundamentos econômicos são bons previsores para 17 taxas de câmbio. Engel e West (2005) se valem dos mesmos modelos e fundamentos econômicos para verificar se o contrário se aplica. Os autores demonstram que muitos destes mesmos fundamentos econômicos podem ser previstos usando taxas de câmbio.

2.4 Taxas de câmbio e endogeneidade

Chen, Rogoff e Rossi (2008) encontraram resultados empíricos positivos suportando a hipótese de que determinados fundamentos econômicos podem ser usados para prever taxas de câmbio. Eles mostraram que algumas taxas de câmbio demonstram ter, com grau de robustez aceitável, capacidade de melhorar a performance dos modelos quando são utilizadas para prever determinados preços de *commodities*. Outros testes usando taxas de câmbio para prever outros fundamentos macroeconômicos, como diferenciais de juros, produto e oferta de moeda, demonstraram ser de difícil interpretação pelo fato das regressões provavelmente conterem problemas de endogeneidade.

Rosolen et al. (2011) contornam o problema de endogeneidade através do uso de preços de *commodities* como fundamento econômico a ser previsto. Isso por conta do fato de que os preços de *commodities* seriam variáveis exógenas à formação da taxa de câmbio, tendo sua dinâmica de formação mais independente do que a de outras variáveis econômicas.

Este será o ponto de partida para este estudo, onde testarei, a partir de métodos econométricos, se as taxas de câmbio são realmente úteis para a previsão dos preços de *commodities* e vice-versa. Ainda que os problemas de endogeneidade pareçam estar superados para os fins deste estudo, é comum encontrar na literatura problemas de endogeneidade e de quebras estruturais, como, por exemplo, ressaltado no trabalho de Chen, Rogoff e Rossi (2008)

2.5 Commodity currencies

O artigo seminal que renovou o interesse pelo tema das moedas-*commodity* foi o estudo de Chen e Rogoff (2003), onde os autores analisaram o comportamento da taxa de câmbio real, concentrando-se em três economias da OCDE: Austrália, Canadá e Nova Zelândia, onde os produtos primários constituem uma parcela significativa das exportações. A conclusão do trabalho, especialmente para a Austrália e Nova Zelândia, foi que o preço em dólar de suas exportações de *commodities* tem uma influência forte e estável em suas taxas reais de câmbio flutuantes. Os resultados aqui são relevantes para o desenvolvimento de países exportadores de *commodities*, na medida em que liberalizam seus mercados de capitais e avançam em direção a taxas de câmbio flutuantes.

Alguns estudos como os de Cashin, Céspedes e Sahay (2004) estudaram se o preço das *commodities* tem impacto sobre a taxa de câmbio, ou seja, se as variáveis se movem juntas ao longo do tempo. Os autores examinaram se o preço real das *commodities* era capaz de prever a taxa real de câmbio para 58 países, cinco desenvolvidos e 53 em

desenvolvimento. Para a execução dos testes empíricos, os autores realizam testes de cointegração. A cointegração entre as variáveis indicaria que o preço real das *commodities* é capaz de captar de maneira adequada, as mudanças na taxa real de câmbio. Os autores encontraram cointegração entre as variáveis para 19 países, sendo dois desenvolvidos.

A conclusão geral que chegaram foi que há taxa real de câmbio dessas moedas-*commodity* não foi constante como seria implícito nos modelos baseados na paridade do poder de compra (PPP), mas varia ao longo do tempo, dependendo de movimentos no preço real das *commodities* exportadas, validando para esses países o modelo de *commodity currencie*. Por conta da grande representatividade das exportações de certas *commodities* no produto total destes países, as variações de preços destas *commodities* podem ser vistas como boas métricas para a variação dos termos de troca destes países. Os autores enfatizam, entretanto, que apesar dos termos de troca não serem o único fator a explicar as variações nas taxas de câmbio, eles são fatores determinantes para isso.

Já outra parte da literatura, como Chen, Rogoff e Rossi (2008) e Clements e Fry (2006), propuseram a estudar a relação inversa. Ou seja, se à taxa de câmbio de economias exportadoras de *commodities* têm poder de previsão sobre o preço futuro das *commodities*, no curto prazo.

Chen, Rogoff e Rossi (2008), analisaram a relação do preço das *commodities* com a taxa de câmbio dos dólares australiano, canadense e neozelandês, além do peso chileno e do rand sul-africano. Utilizando-se do Teste de Causalidade de Granger, os autores verificaram que as taxas de câmbio têm um poder de previsão robusto sobre o preço futuro das *commodities*, tanto dentro da amostra quanto fora da amostra. Clements e Fry (2006), além de considerar o impacto que o preço das *commodities* pode ter na taxa de câmbio, levaram em conta o possível poder do país no mercado da *commodity* analisada. Assim, uma apreciação, por exemplo, da moeda da economia exportadora da *commodity* seria prejudicial para os exportadores que, conseqüentemente, diminuiriam a oferta da *commodity* no mercado mundial. Se o país exportador tiver grande poder no mercado dessa *commodity*, essa apreciação da taxa de câmbio causaria uma elevação no preço da *commodity*. Portanto, os resultados encontrados pelos autores mostram que há maior evidência de que os preços das *commodities* são afetados pela taxa de câmbio do que o contrário.

Vaz (2011), em seu estudo sobre o tema, analisa se existe uma relação de causalidade bidirecional entre a taxa de câmbio de países exportadores de *commodities* e o preço das três principais *commodities* exportadas pelos mesmos. Os países escolhidos para o estudo foram Austrália, Brasil, Canadá, Chile e Nova Zelândia. O instrumental econométrico utilizado foi o teste de Causalidade de Granger, que indica se uma variação em uma variável precede uma alteração em outra e vice-versa. Os resultados obtidos indicaram que uma variação na taxa de câmbio antecede uma variação no preço das *commodities* exportadas. Porém, não foram encontradas evidências que provem a relação inversa, ou seja, que uma variação nos preços das *commodities* precede uma variação nas taxas de câmbio.

Yamada (2017) também faz um estudo onde avalia se o uso das taxas de câmbio de oito países específicos pode ajudar a melhorar o desempenho de modelos de previsão de preços de *commodities*. As principais conclusões deste estudo apontam para a existência de uma relação em que variações na taxa de câmbio podem ser vistas como

precedente às variações nos preços das *commodities* para a maioria dos países testados, exceto um. Também indicam que os modelos de previsão de preços baseados nestas taxas de câmbio produzem previsões mais acuradas que o modelo de referência do passeio aleatório, quando produzidas dentro da amostra.

3 DADOS

A base de dados dessa monografia consiste nas séries das taxas de câmbio, em relação ao dólar americano, dos países da amostra e nas séries dos preços das três principais *commodities* exportadas por esses países. ¹Além disso, foram utilizados dados da participação que cada uma das três principais *commodities* tem na pauta de exportação total de *commodities* dessas economias. Com a participação na pauta de exportações e o preço das *commodities*, é possível criar uma série P, representativa dos preços das *commodities*, para cada país.

Utilizo dados anuais nos seguintes períodos de tempo: África do Sul (de 2003:1 a 2014: 1), Austrália (de 2003:1 a 2014: 1), Brasil (de 2003:1 a 2014: 1), Noruega (de 2003:1 a 2014: 1) e Rússia (de 2003:1 a 2014: 1). Para cada país, agrego os preços mensais em dólar da *commodity* relevante para construir séries de preços de *commodities* ponderados por seus ganhos de exportação. Finalmente, uso esses dados de preços para um conjunto de produtos primários para comparar com os dados sobre a taxa de câmbio.

3.1 Taxas de câmbio nominais

O Federal Reserve Bank of St. Louis é a fonte dos dados de taxas nominais de câmbio utilizadas nesta monografia. Nele foram coletadas as taxas nominais de câmbio, em relação ao dólar americano, dos cinco países da amostra, com periodicidade mensal, a partir de janeiro de 2003 até janeiro de 2014.

Tabela 1 Descrição dos dados de taxas de câmbio nominais.

Países	Moeda	Sigla	Início	Amostras
África do Sul	Rand sul africano	ZAR	2003M01	133
Austrália	Dólar australiano	AUD	2003M01	133
Brasil	Real brasileiro	BRL	2003M01	133
Noruega	Coroa norueguesa	NOK	2003M01	133
Rússia	Rublo russo	RUB	2003M01	133

Fonte: Federal Reserve Bank of St. Louis

3.2 Preços de commodities

Para o histórico de preços das *commodities*, também utilizo o Federal Reserve Bank of St. Louis como fonte de dados. Os preços são informados em dólares americanos, têm periodicidade mensal e foram colhidos para o mesmo período da amostra de taxas de

câmbio, de janeiro de 2003 até janeiro de 2014, sem nenhuma correção de inflação aplicada.

3.3 Países e *commodity currencies*

Países que têm um alto percentual de exportações de *commodities* no seu total de exportações e também no seu produto foram escolhidos como base deste estudo. Utilizo países que têm um alto percentual de exportações de *commodities* na sua pauta exportadora como primeiro filtro, conforme indicado na Tabela 2.

O país que tem menor representatividade das *commodities* nas exportações totais no período é a África do Sul, com 60,5% do seu total de exportações devido às *commodities*, o que é adequado para o estudo proposto. O Relatório de Perspectivas do Fundo Monetário Internacional (1996) usa como ponto de partida, o nível de 50% de exportações de *commodities* no total exportado como ponto de corte inicial na seleção dos países do seu estudo.

Tabela 2 Participação das *commodities* no total de exportações – Período 2004-2013.

África do Sul	Austrália	Brasil	Noruega	Rússia
60,5%	79,3%	63,1%	79,7%	80,7%

Fonte: Kohlscheen, Avalos e Schrimpf (2016).

4 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado por meio de uma abordagem quantitativa, utilizando referências bibliográficas com fundamentos empíricos e teóricos, artigos científicos publicados em sites acadêmicos e na análise de dados oficiais. A proposta desta monografia é a realização de um estudo empírico onde será analisada a relação de causalidade bidirecional entre taxa de câmbio de África do Sul, Austrália, Brasil, Noruega e Rússia e o preço das três principais *commodities* exportadas por esses países. O modelo econométrico utilizado para verificação da causalidade entre as variáveis foi o método de causalidade de Granger. O software *Eviews 9* foi utilizado para a realização dos testes de Causalidade de Granger e de raiz unitária.

4.1 Causalidade de Granger

Considere duas séries de tempo X_t e Y_t . O teste de causalidade de Granger (1969) assume que a informação relevante para a predição das respectivas variáveis X e Y está contida apenas nas séries de tempo sobre essas duas variáveis. Dessa forma, uma série de tempo estacionária X causa, no sentido de Granger, outra série estacionária Y se melhores predições estatisticamente significantes de Y podem ser obtidas ao incluirmos valores defasados de X aos valores defasados de Y. Em termos mais formais, o teste envolve estimar as seguintes regressões:

$$X_t = \sum a_i Y_{t-i} + \sum b_i + X_{t-i} + u_{1t} \quad (3)$$

$$Y_t = \sum c_i Y_{t-i} + \sum d_i + X_{t-i} + u_{2t} \quad (4)$$

Onde u_{it} são os resíduos que assumimos serem não correlacionados. A equação (3) postula que valores correntes de X estão relacionados a valores passados do próprio X assim como a valores defasados de Y; a equação (4), por outro lado, postula um comportamento similar para a variável Y. Em termos mais gerais, desde que o futuro não pode prever o passado, se a variável X Granger causa a variável Y, então mudanças em X devem preceder temporalmente mudanças em Y.

O teste de Causalidade de Granger é uma ferramenta adequada para o objetivo dessa monografia. Porque, segundo Gujarati (2000), se uma variável X causa, no sentido de Granger, uma variável Y, logo uma mudança em X acarretará uma mudança em Y. O raciocínio é análogo se a variável Y causa, no sentido de Granger, a variável X.

Por exemplo, se o preço das *commodities* Causa, no sentido de Granger, a taxa de câmbio de uma economia, isso indicaria que uma mudança no preço das *commodities* precederia uma variação na taxa de câmbio. Esse mesmo raciocínio é válido caso a taxa de câmbio cause o preço das *commodities*. A principal ideia da aplicação do teste de Granger é a de verificar para quais países as relações entre as variáveis P e as taxas de câmbio, de fato, acontecem e, em caso positivo, entender em qual sentido ela se aplica.

4.2 Teste de Raiz Unitária

A maioria dos procedimentos de análise estatística de séries temporais supõe que estas sejam estacionárias, portanto, é necessário transformar os dados originais se estes não formam uma série estacionária. Para testar a estacionariedade das séries, será utilizado o teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF), que testa se uma série tem raiz unitária, este teste tem a hipótese nula de que as séries são não estacionárias.

Porque segundo Enders (2004) na presença de variáveis não estacionárias podemos ter uma regressão sem nenhum sentido econômico. Caso a série apresente raiz unitária, ela não é estacionária e deve ser trabalhada em primeira diferença. Como os resultados indicam não rejeição da hipótese nula, passamos a trabalhá-las em primeira diferença.

4.3 Índices de preços de *commodities* (IC)

É de grande importância, para o objetivo desse trabalho, a utilização de índices que representem adequadamente as *commodities* exportadas pelos países. Para a participação de cada *commodity* na pauta de exportação total de *commodities*, foram utilizados dados da pesquisa de Kohlscheen, Avalos e Schrimpf (2016), que corresponde ao percentual relativo das *commodities* mais exportadas em relação ao total das exportações, para que totalizem 100%, onde eles se referem à participação de cada produto exportado pelo país durante o período de 2004 até 2013.

Logo, com a utilização de índices de exportação de *commodities* fieis a realidade, será criada uma série P para cada país da amostra, que representa o preço das três principais *commodities* exportadas, conforme a equação abaixo:

$$P = \sum_{i=1}^3 \varphi_i p_i \quad (5)$$

País	Peso
Brasil	100%
Minério de ferro	25%
Petróleo	19,8%
Soja	14,6%
Açúcar	10,8%
Frango	8,4%
Café	6,1%
Farelo de soja	6,0%
Carne bovina	4,7%
Papel e celulose	4,7%

País	Peso
África do Sul	100%
Minério de ferro	32,4%
Prata	27,7%
Carvão	14,2%
Ouro	8,6%
Petróleo	6,1%
Alumínio	5,5%
Frutas	5,4%

Onde:

p = série de preço individual da *commodity*

Φ = peso da *commodity* na pauta de exportações de *commodities* do país, sendo um valor entre 0 e 1, para as três *commodities* mais exportadas.

Em seguida, o teste de Causalidade de Granger é utilizado para diagnosticar uma possível relação entre P e a taxa de câmbio. Os pesos relativos de cada *commodity* utilizada para a construção dos IC estão exibidos na Tabela 3. Eles mostram a participação de cada *commodity* exportada pelo país durante o período de 2004 até 2013, incluindo as três principais.

Tabela 3 Pesos dos preços das *commodities* nos IC dos países.

País	Peso
Austrália	100%
Minério de ferro	29,6%
Carvão	27,7%
Ouro	9,9%
Alumínio	8%
Petróleo	7%
Gás natural	6,9%
Carne bovina	3,8%
Trigo	3,7%
Cobalto	2,4%

País	Peso	Peso
Noruega	100%	100%
Rússia	100%	55,6%
Petróleo	68,1%	30,9%
Gás natural	18,1%	6,7%
Minério de ferro	5,2%	4,4%
Carvão	2,9%	1,8%
Alumínio	2,4%	0,6%
Níquel	1,8%	

Cobre	1,5%
--------------	-------------

Fonte: Kohlscheen, Avalos e Schrimpf (2016).

Com a participação na pauta de exportações e o preço das *commodities*, é possível criar a série P, representativa dos preços das *commodities*, para cada país, com base na equação (5). Assim, as séries P para África do Sul, Austrália, Brasil, Noruega e Rússia são dadas pelas equações abaixo:

$$P_{SOU} = 0.324 P_{MIN} + 0.277 P_{PRA} + 0.142 P_{CARV}$$

$$P_{AUS} = 0.296 P_{MIN} + 0.277 P_{CARV} + 0.07 P_{PET}$$

$$P_{BRA} = 0.25 P_{MIN} + 0.198 P_{PET} + 0.146 P_{SOJ}$$

$$P_{NOR} = 0.556 P_{PET} + 0.309 P_{GAS} + 0.067 P_{PEI}$$

$$P_{RUS} = 0.681 P_{PET} + 0.181 P_{GAS} + 0.052 P_{MIN}$$

Onde:

P_{SOU} = Série P para a África do Sul

P_{AUS} = Série P para a Austrália

P_{BRA} = Série P para o Brasil

P_{NOR} = Série P para a Noruega

P_{RUS} = Série P para a Rússia

P_{PET} = Série de preços do petróleo

P_{MIN} = Série de preços de minério de ferro

P_{CARV} = Série de preços de carvão

P_{PEI} = Série de preços de peixes

P_{SOJ} = Série de preços da soja

P_{GAS} = Série de preços de gás natural

P_{PRA} = Série de preços da prata

5 RESULTADOS

Testo a robustez dos resultados do teste de raiz unitária com a inclusão de 12 lags nas regressões. As Tabelas 4 e 5 mostram os resultados da inclusão de 12 lags.

Tabela 4 Resultados do teste ADF para as séries P e taxas de câmbio – séries em nível

Série	Hipótese nula	Estatística t	p-valor	Conclusão
$PAUS$	$PAUS$ tem raiz unitária	-1.5882	0.4857	Não rejeita a hipótese nula
$PBRA$	$PBRA$ tem raiz unitária	-1.0789	0.7227	Não rejeita a hipótese nula
$PNOR$	$PNOR$ tem raiz unitária	-1.9180	0.3232	Não rejeita a hipótese nula

<i>PSOU</i>	<i>PSOU</i> tem raiz unitária	-1.4565	0.5524	Não rejeita a hipótese nula
<i>PRUS</i>	<i>PRUS</i> tem raiz unitária	-1.8059	0.3763	Não rejeita a hipótese nula
<i>CAUS</i>	<i>CAUS</i> tem raiz unitária	-2.0461	0.2670	Não rejeita a hipótese nula
<i>CBRA</i>	<i>CBRA</i> tem raiz unitária	-2.1950	0.2092	Não rejeita a hipótese nula
<i>CNOR</i>	<i>CNOR</i> tem raiz unitária	-2.9010	0.0479	Não rejeita a hipótese nula
<i>CSOU</i>	<i>CSOU</i> tem raiz unitária	-0.5159	0.8832	Não rejeita a hipótese nula
<i>CRUS</i>	<i>CRUS</i> tem raiz unitária	-1.8532	0.3535	Não rejeita a hipótese nula

Fonte: Elaborado pelo autor, usando o software *Eviews 9*.

Tabela 5 Resultados do teste ADF para as séries P e taxas de câmbio – séries em primeira diferença

Série	Hipótese nula	Estatística t	p-valor	Conclusão
<i>PAUS</i>	<i>PAUS</i> tem raiz unitária	-3.5091	0.0093	Rejeita a hipótese nula
<i>PBRA</i>	<i>PBRA</i> tem raiz unitária	-3.8321	0.0034	Rejeita a hipótese nula
<i>PNOR</i>	<i>PNOR</i> tem raiz unitária	-3.9766	0.0021	Rejeita a hipótese nula
<i>PSOU</i>	<i>PSOU</i> tem raiz unitária	-3.2139	0.0216	Rejeita a hipótese nula
<i>PRUS</i>	<i>PRUS</i> tem raiz unitária	-4.0367	0.0018	Rejeita a hipótese nula
<i>CAUS</i>	<i>CAUS</i> tem raiz unitária	-3.1680	0.0244	Rejeita a hipótese nula
<i>CBRA</i>	<i>CBRA</i> tem raiz unitária	-3.9923	0.0020	Rejeita a hipótese nula
<i>CNOR</i>	<i>CNOR</i> tem raiz unitária	-4.6083	0.0002	Rejeita a hipótese nula
<i>CSOU</i>	<i>CSOU</i> tem raiz unitária	-4.0270	0.0018	Rejeita a hipótese nula
<i>CRUS</i>	<i>CRUS</i> tem raiz unitária	-7.6323	0.0000	Rejeita a hipótese nula

Fonte: Elaborado pelo autor, usando o software *Eviews 9*.

Conforme se observa na tabela 6, para um nível de significância maior do que 10%, o teste não indicou evidência de que o índice de preços de *commodities* causa a taxa de câmbio no sentido de Granger, exceto nos casos de Austrália, África do Sul e Rússia. Esses resultados vão de encontro aos resultados obtidos por Cashin, Céspedes e Sahay (2004). Esses autores não encontraram evidência desta causalidade para todos os países estudados, mas há encontraram para um terço dos países da sua amostra.

Tabela 6 Resultados dos testes de causalidade de Granger com lag 2

País	Hipótese nula	Estatística-F	p-valor
Austrália	P não Granger Causa taxa de câmbio	2.7985	0.0647
	Taxa de câmbio não Granger Causa P	0.5401	0.5840
Brasil	P não Granger Causa taxa de câmbio	0.6423	0.5278
	Taxa de câmbio não Granger Causa P	1.4935	0.2285
Noruega	P não Granger Causa taxa de câmbio	1.8376	0.1634

	Taxa de câmbio não Granger Causa P	1.3818	0.2549
África do Sul	P não Granger Causa taxa de câmbio	3.6980	0.0275
	Taxa de câmbio não Granger Causa P	0.7208	0.4883
Rússia	P não Granger Causa taxa de câmbio	4.6860	0.0109
	Taxa de câmbio não Granger Causa P	2.9490	0.0560

Fonte: Elaborado pelo autor, usando o software *Eviews 9*.

Os argumentos propostos por Engel e West (2005) indicam que a relação inversa, ou seja, a taxa de câmbio causando os fundamentos econômicos no sentido de Granger faz sentido, uma vez que variações de curto prazo nas taxas de câmbio podem ser explicadas por mudanças nas expectativas com relação aos fundamentos econômicos. No modelo apresentado por Engel e West (2005), a taxa de câmbio é uma função da esperança com relação aos fundamentos no futuro e do fator de desconto utilizado. Para o âmbito deste trabalho, o índice de preços de *commodities* representa tais fundamentos econômicos.

Como se observa na Tabela 6, a hipótese nula de que a taxa de câmbio não Granger causa o índice de preços de *commodities* é aceita para os países em análise, excetuando-se a Rússia. Ou seja, há evidência de que a taxa de câmbio Granger causa o índice de preços de *commodities* para a Rússia, porém, não foi encontrada evidência desta causalidade para os outros países. A partir desses resultados, apenas para os países em que houve rejeição da hipótese nula, indicando causalidade de Granger para estas variáveis, justifica-se o desenvolvimento de modelos de previsão do índice de preços de *commodities* através da taxa de câmbio.

6 DISCUSSÃO

Com base na tabela 6, os resultados empíricos com base no teste de Causalidade de Granger mostram que:

- i) Não há relação de causalidade para o caso de Brasil e Noruega, em nenhum sentido. Porque as hipóteses de causalidade de Granger não são estatisticamente significantes, uma vez que o p-valor de cada hipótese testada é superior a 10%.
- ii) Nos casos de Austrália e África do Sul, os resultados mostram que P Granger causa taxa de câmbio, de modo unidirecional, considerando que o p-valor de 0.0647 é pouco significativo ao nível de 10% no caso da Austrália. Logo, quanto a esses dois países observa-se evidências empíricas de que P Granger causa taxa de câmbio.
- iii) No caso da Rússia, observa-se que existe uma relação de bi causalidade entre P e a taxa de câmbio, uma vez que o p-valor é significativo ao nível de 5%.

Percebemos então, que uma mudança no preço das *commodities* antecede uma variação na taxa de câmbio de África do Sul, Austrália e Rússia, para qualquer nível de significância usual. Já a taxa de câmbio não se mostrou uma boa ferramenta para antecipar uma variação no preço das *commodities*. Uma vez que a hipótese nula da taxa de câmbio não causar, no sentido de Granger, a série P foi aceita para os países analisados, com

exceção da Rússia, isso indica que uma mudança na taxa de câmbio da Rússia precede uma alteração no preço das *commodities* exportadas pelo país e vice-versa, há um comportamento de bi causalidade entre as variáveis para o caso da Rússia.

O resultado geral desalinha-se com os encontrados por Chen, Rogoff e Rossi (2008) e Clements e Fry (2006), que encontraram mais evidências de que as taxas de câmbio influenciam os preços das *commodities* do que o contrário. Entretanto, os resultados encontrados são parcialmente condizentes com os obtidos em Cashin, Céspedes e Sahay (2004), que encontraram evidências que uma variação nos preços das *commodities* antecipa uma variação na taxa de câmbio para 19 de 58 países estudados. Logo, nessa monografia, encontramos evidências, pelo teste de Causalidade de Granger, que uma variação nos preços das *commodities* resulta em uma variação na taxa de câmbio, para três das cinco economias da amostra.

7 CONCLUSÃO

Este artigo emprega o teste de causalidade de Granger, seguindo a mesma metodologia utilizada em Chen, Rogoff e Rossi (2008), para examinar a relação de causalidade entre as variáveis. Como dito na seção anterior, os resultados encontrados foram coerentes com os achados de Cashin, Céspedes e Sahay (2004), que encontraram evidências, para um terço da amostra, que o preço das *commodities* de países exportadores de *commodities* tem poder de previsão sobre a taxa de câmbio desses países.

Nesse estudo, encontro que o preço das *commodities*, com exceção de Brasil e Noruega, que não apresentaram nenhuma relação de causalidade entre sua taxa de câmbio e o preço das principais *commodities* exportadas, causa, no sentido de Granger, a taxa de câmbio dessas economias. Logo, nessa monografia, não encontro evidências, pelo teste de causalidade de Granger, que uma variação na taxa de câmbio causa uma variação nos preços das *commodities*, com exceção da Rússia, que apresenta uma relação de bi causalidade entre as variáveis.

Esse trabalho corrige uma limitação de Clements e Fry (2006) e Vaz (2011), que utilizam índices de *commodities* (IC) que não são representativos das principais *commodities* exportadas pelos países analisados. Ao criar a série P, que pondera o preço das *commodities* pela sua participação na pauta de exportações, corriji essa limitação da literatura para tornar o estudo mais preciso.

Referências Bibliográficas

AMANO, Robert; VAN NORDEN, Simon. **Terms of Trade and Real Exchange Rates: The Canadian Evidence.** Journal of International Money and Finance, v. 14, p. 83-104, 1995

CARNEIRO, Francisco G. **A metodologia dos testes de casualidade em economia.** Universidade de Brasília, Departamento de Economia, 1997

CASHIN, Paul; CÉSPEDES, Luis F.; SAHAY, Ratna. **Commodity Currencies and the Real Exchange Rate.** Journal of Development Economics, v. 75, p. 239-268, 2004

CHEN, Yu-chin; ROGOFF, Kenneth; ROSSI, Barbara. **Can Exchange Rates Forecast Commodity Prices?** University of Washington, Department of Economics, Working Papers, 2008

CLEMENTS, Kenneth W.; FRY, Renée. **Commodity Currencies and Currency Commodities.** Australian National University, Centre for Applied Macroeconomic Analysis, 2006

ENDERS, Walter. **Models with trend in Applied Econometric Time Series, Second Edition,** Hoboken: John Wiley & Sons, 2004, p. 156-238

GUJARATI, Damodar N. **Modelos Econométricos Dinâmicos: Modelos Auto-regressivo e Defasagem Distribuída.** In: GUJARATI, Damodar N. *Econometria Básica*, 3ª edição, São Paulo: MAKRON Books, 2000, p. 590-636

KOHLSCHEEN, E.; AVALOS, F. H.; SCHRIMPF, A. **When the walk is not random: commodity prices and exchange rates.** BIS Working Papers, n. 551, mar. 2016

MEESE, R.; ROGOFF, K. S. **Exchange rate models of the seventies. Do they fit out of sample?** *The Journal of International Economics*, v. 14, p. 3-24, 1983

ROSOLEN, D.; ARAÚJO, M. V.; LYRIO, M. **Previsão dos preços de commodities por meio das taxas de câmbio.** *Estudos Econômicos*, v. 43, n. 4, p. 813-830, 2013

VAZ, Lucas. **Relação Entre Taxa de Câmbio e Preços de Commodities.** Faculdade de Economia do Insper, p. 9-14, 2011

YAMADA, Renato. **Preços de commodities: previsibilidade fora da amostra usando commodity currencies.** Programa de mestrado em economia do Instituto de Ensino e Pesquisa (Insper), p. 21-28, 2017