

COMO O FLUXO DE EXPORTAÇÃO BRASIL-EUA RESPONDE ÀS FLUTUAÇÕES DA VOLATILIDADE DA TAXA DE CÂMBIO (2000-2017)

Danilo L. Pires¹

Claudio R. F. Vasconcelos²

Resumo

O objetivo do presente estudo foi investigar a dualidade simétrica ou assimétrica da variável volatilidade da taxa de câmbio real bilateral. Em outras palavras, este trabalho quer saber como o fluxo de exportação entre Brasil e EUA responderia se deforma igual (volatilidade simétrica) ou diferente (volatilidade assimétrica) às flutuações da volatilidade da taxa de câmbio. Para estimar o modelo, utilizou-se o método dinâmico não linear NARDL - *Nonlinear Autoregressive Distributed Lag* de Shin *et al.* (2014). A variável volatilidade da taxa de câmbio foi construída com base na variância condicional do tipo GARCH (1,1). Os dados da série exportação correspondem aos 99 setores desagregados a dois dígitos do Sistema Harmonizado Brasil-EUA para o período 2000-2017. O estudo encontrou assimetria de 48% da amostra inicial na volatilidade de curto prazo e de 18% da amostra inicial no longo prazo. E por fim, 18% da amostra inicial de curto e longo prazo. Portanto, parece restritivo não considerar os efeitos assimétricos na volatilidade da taxa de câmbio real bilateral em modelos de exportação internacional.

Palavra chave: Volatilidade, Assimetria, Taxa de câmbio, Exportação, NARDL.

Abstract

The objective of the present study was to investigate the symmetric or asymmetric duality of the bilateral real exchange rate volatility variable. In other words, this work wants to know how the export flow between Brazil and the United States would respond if it were the same (symmetrical volatility) or different (asymmetric volatility) to the fluctuations of exchange rate volatility. To estimate the model, the nonlinear dynamic method NARDL - *nonlinear Autoregressive Distributed Lag* of Shin *et al.* (2014). And the exchange rate volatility variable was constructed based on the conditional variance of the type GARCH(1,1). The export series data for the period 2000-2017 correspond to the 99 sectors disaggregated to two digits of the US-Brazil Harmonized System. The study found an asymmetry of 48% of the initial sample in the short term volatility and 18% of the initial sample in the long term. And finally, 18% of the initial sample of short and long term. Therefore, it seems restrictive not to consider the asymmetric effects on the volatility of the bilateral real exchange rate in international export models.

Key words: Volatility, Asymmetry, Exchange rate, Export, NARDL.

Indicação da área: Área 7 – Economia Internacional

Classificação JEL:F10;F31; F41

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Economia – PPGE – da Faculdade de Economia da UFJF. E-mail: danilopiresufjf@gmail.com

² Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia – PPGE da Faculdade de Economia da UFJF. E-mail: claudio.foffano@ufjf.edu.br

1. INTRODUÇÃO

No ano de 1971, com o colapso do Sistema de Bretton Woods³, desencadeou uma aceleração na inflação dos Estados Unidos e, também, no resto do mundo. Tal situação atribui à política monetária expansionista estadunidense a qual refletiu uma crescente preferência por sustentação do emprego sobre a estabilidade dos preços. Mais tarde, em meados da década de 1970, tal política ajudou a financiar déficits orçamentários associados tanto à Guerra do Vietnã quanto gastos em programas sociais (GARBER, 1993).

O colapso do Sistema Bretton Woods abriu um novo marco na história do comércio internacional, em especial, o processo de mudança do regime de câmbio fixo para o regime de câmbio flutuante. Com esse novo regime cambial em vigor, surgiu novas preocupações, com destaque para a volatilidade da taxa de câmbio real. O comércio internacional passou, então, a conviver com as possíveis instabilidades da taxa de câmbio, condicionadas pelo regime de câmbio flutuante e, assim, implicou maiores riscos para o fluxo de comércio mundial. A maior parte dos estudos empíricos evidenciou uma relação negativa entre a volatilidade cambial e o comércio internacional, mas houve também uma parcela significativa dos resultados que se mostraram positivos e até mesmo ambíguos. Ainda, com relação aos trabalhos empíricos sobre a volatilidade da taxa de câmbio real, Bahmani-Oskooee e Aftab (2017) trouxeram uma nova abordagem sobre estes estudos. Eles apresentaram evidências técnicas sobre uma possível assimetria na volatilidade da taxa de câmbio real bilateral EUA- Malásia e o fluxo de comércio internacional.

Olhando para o caso brasileiro, em janeiro de 1999, o regime de câmbio flexível foi instituído pelo Comunicado de número 6.565, em 18 de janeiro de 1999 do Banco Central do Brasil (BCB), mediante a qual a autoridade monetária informou à sociedade que, a partir desta, “deixaria que o mercado definisse a taxa de câmbio, nos segmentos livre e flutuante, vindo a intervir, ocasionalmente, com o objetivo de conter movimentos desordenados da taxa de câmbio”. Em 2000, no segundo mandato do presidente Fernando Henrique Cardoso, e na gestão de Armínio Fraga Neto no BCB conclui-se o processo de abertura financeira no que diz respeito às transações internacionais. A Resolução de número 2.689, de 13 de janeiro de 2000, autorizou os investidores não residentes a investirem nos mesmos produtos disponíveis aos aplicadores locais, sendo livre o trânsito de investimentos em renda variável para renda fixa e vice-versa, observada as diferenças de tratamento tributários aplicáveis (PRATES, 2010).

Assim, como outros países que aderiram o regime de câmbio flutuante, o Brasil também passou a conviver com os riscos desse novo regime. Isso motivou estudos empíricos sobre o tema a fim de compreender qual o impacto da volatilidade da taxa de câmbio real sobre o fluxo de comércio brasileiro. Todavia, na literatura consultada não encontrou para a economia brasileira estudos que abordassem os impactos da assimetria da volatilidade da taxa de câmbio real sobre o fluxo de comércio. É neste momento que entra a colaboração deste estudo relacionado à literatura empírica no Brasil, no sentido de preencher essa lacuna ainda não explorada. Neste contexto, esse trabalho procura responder a seguinte pergunta: os movimentos de depreciação e apreciação cambial⁴ caracterizados em volatilidade cambial positiva e negativa impactam o fluxo comercial brasileiro de forma simétrica ou assimétrica?

Enfim, esse estudo tem como objetivo verificar empiricamente se o fluxo de comércio entre o Brasil e os EUA em um contexto de desagregação a dois dígitos do Sistema Harmonizado (SH2)⁵ no período de 2000 a 2017, responde de forma simétrica ou assimétrica a volatilidade da taxa de câmbio bilateral. Para alcançar este objetivo, adotou-se a abordagem de cointegração via modelo NARDL - *nonlinear Autoregressive Distributed Lag* de Shin *et al.* (2014). A métrica utilizada para construir a variável volatilidade da taxa de câmbio foi a variância condicional do tipo *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH(1,1)) de Bollerslev (1986).

2. REVISÃO DE LITERATURA

³Maiores detalhes sobre o Sistema de Bretton Woods ver o artigo de Garber (1993).

⁴ Definindo câmbio como número de moeda nacional por unidade de moeda estrangeira.

⁵ Ver anexo a descrição dos 99 setores desagregados correspondentes ao SH2.

Um dos primeiros modelos teóricos que procuraram analisar o efeito da volatilidade da taxa de câmbio sobre o comércio internacional foi desenvolvido por Clark (1973). O autor investigou a relação entre o comércio e a volatilidade da taxa de câmbio, sob uma abordagem em que as firmas são avessas aos riscos. Para tanto, algumas restrições foram impostas, como, por exemplo, a suposição de concorrência perfeita, as firmas só produzirem bens para a exportação, poucas possibilidades para *hedging*⁶, os contratos firmados estão em moedas estrangeira, e a inexistência de insumos importados. Clark concluiu que os aumentos na volatilidade da taxa de câmbio ocasionaram aumentos na incerteza dos lucros de exportação, os quais são expressos em moeda doméstica. Como as firmas são avessas ao risco, elas tendem a reduzir a oferta de bens até o ponto em que a receita marginal excede o custo marginal, no montante que compensaria o risco adicional. Portanto, nesse modelo para o comércio internacional a volatilidade da taxa de câmbio apresentaria efeito negativo.

Utilizando uma linguagem com base nos estudos de finanças para explicar o efeito da volatilidade cambial sobre o comércio, Hooper e Kohlhagen (1978) apontaram uma elevação na volatilidade da taxa de câmbio o qual apresentou um alto custo para uma firma avessa ao risco. Esse custo provocou o aumento da volatilidade, e mais tarde, comprovaria um efeito negativo sobre o comércio internacional. Os resultados apresentados por esses autores são semelhantes aos obtidos por Clark. Os argumentos de Hooper e Kohlhagen podem ser delineados da seguinte forma: o efeito negativo da volatilidade da taxa de câmbio sobre o comércio ocorre porque a taxa de câmbio é acordada no momento em que o contrato é assinado, mas o pagamento é realizado apenas quando a entrega do produto efetivamente ocorre. Caso a mudança na taxa de câmbio se torne imprevisível, criará uma incerteza acerca da receita de exportação e, por conseguinte, isso reduzirá os benefícios do comércio internacional. Os autores apontam, ainda, que a proteção diante da volatilidade da taxa de câmbio muitas vezes não é perfeitamente realizada.

Há quem vislumbre, também, o efeito positivo da volatilidade cambial sobre o fluxo de comércio internacional. Grauwe (1988), por exemplo, argumenta que se os exportadores são suficientemente avessos ao risco, uma elevação na volatilidade da taxa de câmbio pode aumentar a utilidade marginal esperada da receita de exportação e, em consequência, as firmas podem ser induzidas a aumentar as suas exportações. Assim, Grauwe aponta que o grau de aversão das firmas ao risco define o efeito da volatilidade da taxa de câmbio sobre o comércio internacional. Broll e Eckwert (1999) chegaram também a resultados muito semelhantes para seu modelo proposto. Eles exploraram incerteza da taxa de câmbio sobre o comportamento competitivo de uma empresa competitiva. Em particular, analisaram o impacto da taxa de câmbio sobre a política de exportação e encontraram algumas indicações que as exportações podem ser estimuladas. Ou seja, à medida que a volatilidade da taxa de câmbio aumenta, o mesmo acontece com as opções no mercado mundial. Assim, maior volatilidade aumenta os ganhos potenciais de comércio internacional, o que pode tornar a produção mais lucrativa.

Por outro lado, há autores que enxergam a volatilidade cambial como um efeito resultante incapaz de provocar perturbações que sejam suficientes para impactar significativamente as transações comerciais. Baldwin e Krugman (1989) assumiram que a firma é neutra em relação ao risco. Assim, a maximização do lucro de uma firma dependerá do comportamento da taxa de câmbio. Nesse caso, existirão valores limiares para a taxa de câmbio que induzirão à entrada da firma no mercado, ou à saída da firma do mesmo. Dessa forma, esses valores limiares formam um intervalo, em que as variações na taxa de câmbio que permanecem dentro desse intervalo e não promoverão qualquer alteração no comércio internacional. Por outro lado, grandes choques (depreciação ou valorização) na taxa de câmbio induzirão à entrada, ou à saída, da firma no mercado e, com isso, promoverão alterações no comércio internacional. Os autores elaboraram um modelo teórico que combina a volatilidade da taxa de câmbio com *hysteresis*⁷. Nesse modelo assume-se

⁶ Termo utilizado em finanças cujo significado remete a risco futuro, cobertura.

⁷ O termo *hysteresis*, introduzido pelo físico James Alfred Ewing (1895), é utilizado em diversas áreas de conhecimento para indicar a ocorrência de efeitos permanentes causados por estímulos exógenos temporários. Em comércio internacional, a *hysteresis* ocorre quando choques temporários na taxa de câmbio provocam efeitos permanentes sobre as quantidades e preços de produtos exportados ou importados. Quando aplicados aos modelos de comércio internacional, o conceito de *hysteresis* está associado à interpretação da decisão de participar do mercado externo na forma de uma decisão de investimento. A hipótese

que uma firma estrangeira deve decidir se entra ou não do mercado doméstico, mas, para isso, ela deve pagar um custo de entrada (*sunk market-entry cost*). E caso a firma já esteja atuando no mercado doméstico, e queira se manter no mesmo, ela deve pagar um custo de permanência. O custo de entrada no mercado doméstico será sempre maior do que o custo de permanência, e a diferença entre eles é o *sunk-cost*⁸ ou custo afundado. Por fim, no modelo desenvolvido por Baldwin e Krugman (1989), devido à presença do *sunk-cost*, apenas grandes choques na taxa de câmbio é que promovem alterações no comércio internacional e, portanto, a depender do nível de risco, assume-se que o efeito da volatilidade sobre o comércio internacional seja ambíguo.

Estudos mais recentes, do século XXI, como os de Lin (2012) desenvolveu um modelo teórico com firmas heterogêneas, que permite avaliar o efeito da volatilidade da taxa de câmbio sobre a margem extensiva (número de produtos exportados) e margem intensiva (volume monetário exportado por produto) do comércio internacional. O modelo parte de uma estrutura com dois países (que são simétricos), existem custos de comércio (*trade costs*) e as firmas domésticas possuem distintos níveis de produtividade, onde apenas as firmas mais produtivas conseguem superar os custos de comércio e comercializar os seus produtos no mercado do parceiro comercial. Ademais, a incerteza na taxa de câmbio é oriunda dos choques monetários, afetando as firmas de ambos os países. Como as firmas devem definir os preços dos seus produtos, e decidir se exportam os mesmos antes de conhecer o estado da economia mundial, a incerteza (variabilidade) na taxa de câmbio deve influenciar tanto a entrada da firma no mercado internacional quanto à quantidade que será eventualmente exportada. Assim, Lin afirma que quando a incerteza na taxa de câmbio é baixa, os custos de comércio também serão mais baixos, o que possibilita que as firmas menos produtivas adentrem no mercado internacional, aumentando a margem extensiva e reduzindo a margem intensiva devido à maior concorrência.

Enfim, após passar pela revisão teórica desses vários autores, percebe-se que sobressaia um resultado, seja ele, positivo, negativo ou ambíguo em relação à volatilidade da taxa de câmbio real e o fluxo de comércio, nenhum estudo foi unânime sobre suas conclusões. Isso mostra, por exemplo, a complexidade microeconômica fundamentada sobre os agentes pensantes e os ativos envolvidos nos quais compõem este estudo.

2.1 Estudos empíricos

Em geral, os estudos empíricos que analisaram as nações industriais, como os de Hooper e Kohlhagen (1987), Cushman (1983), Bailey et al. (1987), Pozo (1992), e Caporale e Doroodian (1994), não mostraram uma ligação sistemática e significativa entre a volatilidade da taxa de câmbio e o volume de comércio. Contudo, esses autores concluíram que a taxa de troca (câmbio) inibe o crescimento de comércio exterior. Por outro lado, os países em desenvolvimento⁹ receberam pouca atenção, mas ainda sim foram estudados por Arize (1996), Bahmani-Oskooee (1991), e Bahmani-Oskooee e Payesteh (1993). Isso se deve ao foco do estudo estar, em grande parte, voltado para os países industrializados e também os problemas técnicos peculiares aos países em desenvolvimento, por exemplo, a falta de dados estatísticos.

A pesar das dificuldades encontradas nos países ditos em desenvolvimento, Doroodian (1999), ainda sim se aventurou a estudar esses países. Ele encontrou uma relação de causalidade negativa entre a

básica é fundamentada, principalmente, no argumento microeconômico de que a firma não-exportadora – ao decidir participar do mercado – e a firma exportadora – ao decidir sair do mercado – enfrentarão custos integralmente, ou parcialmente, irrecuperáveis. (JÚNIOR, 2010).

⁸ O termo *sunk-cost* na teoria microeconômica está relacionado com o comportamento racional de decisão. Um agente racional não permite que os custos irrecuperáveis influenciem a decisão. Assim, os recursos empregados na construção de ativos que, uma vez realizados, não podem ser revertidos em qualquer grau significativo. Ou seja, o custo de oportunidade desses recursos, uma vez empregados, é próximo de zero. Geralmente esses custos estão associados a ativos específicos.

⁹ Países em desenvolvimento ou emergentes são termos geralmente usados para descrever um país que possui um padrão de vida entre baixo e médio, uma base industrial em desenvolvimento e um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) variando entre médio e elevado. A classificação de países é difícil, visto que não existe uma única definição internacionalmente reconhecida de país desenvolvido e os níveis de desenvolvimento, econômico e social, podem variar muito dentro do grupo dos *países em desenvolvimento*, sendo que alguns desses países possuem alto padrão de vida médio (SULLIVAN 2003).

volatilidade da taxa de câmbio real e o comércio internacional para três países em desenvolvimento, Índia, Coréia do Sul e Malásia. O autor utilizou a metodologia ARMA-GARCH para obter uma medida da discrepância condicional das taxas de câmbio para os três países em desenvolvimento e pôde testar se a real incerteza da taxa de câmbio teve efeito adverso no volume de comércio. O estudo concluiu que uma incerteza na taxa de câmbio tem efeito negativo e significativo para aquele fluxo de comércio.

Os autores mais recentes, do século XXI, seguiram nessa mesma linha, como por exemplo, Arize et al. (2000). Eles estudaram os 13 países menos desenvolvidos (LDC), porém deu um passo na literatura empírica ao acrescentarem em seu artigo respostas de curto prazo e de longo prazo a respeito da volatilidade da taxa de câmbio real efetiva e o fluxo de comércio (apenas exportação). Os autores analisaram estimativas de cointegração pelo procedimento multivariado de Johansen¹⁰ e encontraram aumentos na volatilidade da taxa de câmbio real efetiva a qual provocam efeitos negativos e significativos tanto no curto quanto no longo prazo.

Houve trabalhos que obtiveram resultados mais detalhados e significativos a respeito da volatilidade da taxa de câmbio e o fluxo de comércio, como por exemplo, os estudos de Bahmani-Oskooee e Harvey (2011). Eles utilizaram produtos no formato desagregado e trabalharam com o fluxo de comércio via exportação e importação entre EUA e Malásia. Os autores aplicaram uma técnica de modelagem de cointegração e correção de erros que não requer teste de raiz unitária, onde as variáveis podem ser estacionárias, não estacionárias, ou uma combinação de ambas (desde que seja $I(0)$ e/ou $I(1)$). O estudo foi basicamente dividido em duas etapas. Primeiro, trabalharam com produtos no formato agregado e não encontraram resultados significativos no curto e nem no longo prazo. Posteriormente, os produtos desagregados possibilitaram utilizar 101 indústrias exportadoras EUA - Malásia e 17 indústrias importadoras Malásia- EUA. Portanto, o estudo encontrou significância em quase dois terços das indústrias no curto prazo e um terço no longo prazo. Todavia, apesar de desagregar via commodity, os resultados para importação só foram significativos para as indústrias terceiras, ou seja, não houve evidência para o impacto da volatilidade da taxa de câmbio sobre o fluxo de comércio bilateral no caso das importações.

Finalmente, os estudos empíricos relacionados à volatilidade da taxa de câmbio e o fluxo de comércio mostraram-se mais negativos para os autores aqui mencionados. Todavia, como nos trabalhos teóricos, não houve uma unanimidade nos resultados. Os dois últimos trabalhos aqui mencionados nessa seção mostraram-se mais preocupados com o rigor técnico relacionado à significância nos parâmetros do que simplesmente saber apenas se a volatilidade da taxa de câmbio responde ao fluxo de comércio de forma negativa, positiva ou ambígua.

2.2 Assimetria

Há conceitos que só se entendem por oposição, assimetria é um deles. Os dicionários definem este termo como sendo a carência/falta de simetria ou o contrário desta. É imprescindível, por conseguinte, saber o que é a simetria para compreender a ideia de assimetria. Assim, segundo os dicionários acadêmicos, simetria, com origem no latim *symmetria* e antecedentes mais remotos na língua grega, é tudo aquilo que pode ser dividido em partes, sendo que ambas as partes devem coincidir perfeitamente quando sobrepostas. A simetria no contexto da matemática básica consiste na regra da disposição de duas figuras idênticas que se correspondam ponto a ponto. E a simetria bilateral é a figura a qual apresentam apenas um único eixo de simetria. No contexto do comércio internacional e do ponto de vista teórico, este estudo não encontrou, em específico, artigos teóricos relacionados ao assunto assimetria na volatilidade da taxa de câmbio real bilateral. Contudo, no campo da literatura empírica, encontraram-se dois trabalhos. Os estudos são ressesentes e correspondem ao ano de 2017 o qual serão apresentados.

Bahmani-Oskooee e Aftab (2017) abriram um novo caminho na literatura empírica, argumentaram o fato de que os efeitos da volatilidade da taxa de câmbio sobre os fluxos de comércio podem ser sim

¹⁰ Em homenagem a Søren Johansen trata-se de um procedimento estatístico para testar a cointegração de várias séries de tempo. Maiores detalhes ver Johansen (1991).

assimétricos. Esses efeitos podem existir devido a mudanças nas expectativas dos comerciantes quando, por exemplo, uma moeda se deprecia em comparação ao caso em que essa mesma moeda se aprecia. Foram utilizados dados mensais de 54 indústrias da Malásia que exportam com destino aos EUA e 63 indústrias da Malásia que importam, recebidos dos EUA. A metodologia empregada foi o processo nonlinear Autoregressive Distributed Lag (ARDL) de Shin *et al.* (2014) a qual permite suportar assimetria de curto e longo prazo e foi constatado efeitos assimétricos em quase 1/3 das indústrias. Em outras palavras, este estudo identifica indústrias que são afetadas quando a volatilidade aumenta versus aqueles que são afetados quando a volatilidade declina. Dessa forma, se os fluxos de comércio e os preços de bens comercializados respondem a mudanças na taxa de câmbio de uma maneira assimétrica, então, o volume de comércio deveria responder, também, assimetricamente à volatilidade da taxa de câmbio.

Itodo *et al.* (2017) investigaram o comportamento da volatilidade na taxa de câmbio *Rand*¹¹ Sul-Africana / USD e seu impacto no valor do *Rand* para os períodos de 2001 até 2017. Isso porque a volatilidade da taxa de câmbio traz incertezas e pode apresentar impactos negativos sobre o crescimento da produção real e das exportações dos países (Rahman e Serletis, 2009; Kandil e Nergiz, 2008). Os principais objetivos desse estudo foram I- investigar o impacto da volatilidade na trajetória temporal do *Rand* Sul Africano sobre as realizações futuras e contemporâneas da taxa de câmbio do *Rand* e II- analisar o efeito assimétrico dos choques no processo cambial sobre a volatilidade da taxa de câmbio. A metodologia empregada foi o modelo *EGARCH* (1,1) a qual captou o retorno da taxa de câmbio diária para investigar o comportamento da volatilidade na taxa de câmbio, e assim, permitiu avaliação de *feedbacks* entre a variância condicional e a média condicional do *Rand*. Os resultados mostram que choques negativos exercem mais influência sobre a volatilidade do que choques positivos de mesma magnitude. Com um termo assimétrico positivo e estatisticamente significativo na equação de variância condicional, a volatilidade mostrou-se mais responsiva (neste caso, subindo) à valorização da *Rand* do que quando a margem se desvaloriza em valor. E a volatilidade é altamente persistente, pois a soma dos termos *GARCH* e *ARCH* na equação de variância condicional é aproximadamente um. Assim, parece haver uma afirmação unânime de que uma taxa de câmbio volátil afeta significativamente as posições comerciais e econômicas reais dos países. No entanto, não há uma concordância absoluta a respeito do tamanho e magnitude, bem como a direção desses impactos.

Os dois artigos, apesar de detectarem sinais claros de assimetria a respeito da influência da volatilidade da taxa de câmbio sobre o fluxo de comércio, ainda não se sabe a real magnitude causada por essa assimetria cambial, se é persistente ou temporária, se os sinais corroboram a literatura, enfim, parece haver uma longa pesquisa acadêmica a ser explorada sobre o tema.

2.3 Estudos empíricos correlatos ao caso brasileiro

A maioria desses estudos teve sua origem no século XXI, como, por exemplo, Aguirre *et al.* (2007). Eles analisaram o impacto da volatilidade da taxa de câmbio sobre as exportações brasileiras para o período de 1986 a 2002. Os autores utilizaram como variáveis, além de uma medida da volatilidade da taxa real de câmbio, a taxa de câmbio real efetiva, o nível de importação mundial, e a taxa da capacidade utilizada da indústria brasileira. Para estimar o modelo, foi utilizado o método ARDL (*Auto Regressive Distributed Lag*) de cointegração de Pesaran *et al.* (2001). Neste trabalho, os autores concluíram que o coeficiente associado à volatilidade da taxa real de câmbio seria negativa e estatisticamente significativo, em que o aumento de 1% na volatilidade da taxa real de câmbio causaria uma redução de 0,77% nas exportações brasileiras de manufaturados.

Seguindo o caminho de impacto positivo, mas também ambíguo com relação à influência da volatilidade cambial sobre fluxo de comércio, Bahamani-Oskooee (2002) analisou os fluxos de exportação e importação bilaterais entre os Estados Unidos e o Brasil durante o período de 1971 a 2001, utilizou para isto uma análise de cointegração via modelos ARDL de cointegração de Pesaran *et al.* (2001) de forma a

¹¹ Moeda Sul Africana DLNRAND (*Rand*)

estimar o efeito risco. Neste estudo uma das conclusões foram que a maioria das indústrias não seria afetada pela volatilidade cambial, no longo prazo, entretanto, algumas das indústrias que seriam afetadas, tenderiam a responder de forma positiva para o aumento do risco. Outra conclusão importante seria com relação à sensibilidade ao risco, em que esta diferiria para cada setor da indústria. Observa-se uma evolução no trabalho empírico de Bahamani-Oskooee em relação ao de Aguirre *et al* ao utilizar o termo fluxo de comércio bilateral. Esse termo somado ao estudo por setores desagregados na economia alcançou bons resultados econométricos no sentido de encontrar mais valores significativos.

Utilizando uma abordagem técnica diferenciada, mas como Aguirre *et al*, Bittencourt *et al*. (2007) encontraram uma relação negativa entre a volatilidade cambial e o fluxo de comércio. Os autores analisaram os efeitos da volatilidade da taxa real de câmbio sobre o comércio setorial no MERCOSUL, para o período de 1989 a 2002. Eles estimaram equações gravitacionais de comércio, cuja variável dependente era o volume comercial bilateral dos cinco setores (Agrícola, Pecuário, Químico, Manufaturados e Mineração). Já as variáveis explicativas foram: duas medidas de volatilidade da taxa real de câmbio bilateral, as tarifas aduaneiras, o PIB dos países, a distância geográfica, e uma medida para o efeito “*Third Country*”, que representava o efeito da volatilidade cambial de um terceiro parceiro comercial ao comércio bilateral. Os autores observaram que, dos cinco setores analisados, quatro deles (Agrícola, Químico, Minerais e Manufaturados) foram afetados negativamente pela volatilidade da taxa de câmbio.

Seguindo a mesma métrica, Carmo *et al*. (2014) também analisaram a relação entre a volatilidade cambial e o comércio internacional, através de um modelo gravitacional, em que a formulação básica deste modelo seria a de que os fluxos comerciais entre os países são diretamente proporcionais ao tamanho, no sentido econômico, dos países e inversamente proporcionais à distância geográfico entre eles. Neste trabalho, os autores usaram a técnica econométrica *Poisson Pseudo Maximum Likelihood* (PPML)¹². Sendo assim, acredita-se que a diversificação da pauta de exportação brasileira depende do nível da atividade econômica dos países. Então, os resultados obtidos indicaram que a volatilidade da taxa real de câmbio possui um efeito negativo, e estatisticamente significativo, sobre a diversificação da pauta de exportação brasileira.

Corrêa *et al*. (2015) analisaram a volatilidade da taxa de câmbio sobre as exportações de produtos brasileiros. Os autores utilizaram os três maiores parceiros comerciais do Brasil, Estados Unidos, União Europeia e MERCOSUL. Eles realizaram uma análise em nível agregado de produtos básicos, semimanufaturados e manufaturados e, também, produtos desagregados a seis dígitos. A tecnologia econométrica utilizada foi o modelo de cointegração baseado no teste de fronteira de Pesaran *et al*. (2001) a qual as variáveis dos modelos sejam de ordem de integração menor que dois. A definição da variável volatilidade foi baseada no desvio padrão da taxa de câmbio real efetiva com intervalo de três, seis e doze meses. O resultado do agregado para exportações brasileiras com destino aos Estados Unidos e com destino à União Europeia foi pouco significativo, apesar de cointegrarem. Todavia, os resultados dos agregados para as exportações com destino ao MERCOSUL foram significativos e com sinal negativo. E os produtos desagregados exportados com destino aos Estados Unidos e a União Europeia também obtiveram resultados não tão claros para o período de tempo analisado. Mas as exportações com destino ao MERCOSUL a nível desagregado foi mais expressivo e negativo. Assim, os resultados para o MERCOSUL de uma forma geral indica que a volatilidade tem um impacto negativo em relação ao fluxo de comércio Brasil- MERCOSUL.

Assim, como nos trabalhos empíricos para outros países, os estudos relacionados ao caso brasileiro encontraram, também, resultados positivos, negativos e ambíguos. Apesar de haver certa relevância para os resultados negativos e ambíguos, todavia esses resultados, também, não foram unânimes.

3. METODOLOGIA E BASE DE DADOS

A relação comercial tanto para as exportações quanto para as importações ou denominação fluxo de comércio internacional surgiu com base na literatura tradicional do comércio internacional. Em especial, este estudo trata apenas da parcela referente ao fluxo de exportação internacional. A variável dependente

¹² Termo utilizado em econometria cujo significado *pseudo máxima verossimilhança*.

‘X’ representa o fluxo de exportação real bilateral entre dois países. Essa variável é uma função a qual depende da variável PIB do país importador ‘Y*’, da taxa de câmbio real bilateral ‘REX’ e da variável volatilidade cambial ‘V’. Segue abaixo, o modelo representativo padrão.

$$X = F(Y^*, REX, V) \quad (1)$$

Seguindo os trabalhos de Bahamani-Oskooee e Harvery (2011) e especificando o modelo, trata-se da relação comercial bilateral (exportação) entre Brasil e EUA com produtos desagregados a dois dígitos do Sistema Harmonizado. Este sistema representa os 99 setores¹³ da economia brasileira e americana para o período mensal que vai de 2000 a 2017. Segue o primeiro modelo padrão não dinâmico da equação estimada.

$$\ln X_{i,t}^{Br} = \alpha_0 + \alpha_0 \ln IP_t^{EUA} + \alpha_0 \ln REX_t + \alpha_0 \ln V_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

$X_{i,t}^{Br}$, corresponde às exportações desagregadas dos 99 produtos da economia brasileira com destino aos EUA. Estes dados foram retirados do site <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>.

IP_t^{EUA} , representa o índice de produção americano e corresponde a uma *proxi* do PIB dos EUA. Os dados foram extraídos do site <https://stats.oecd.org/#>.

REX_t , representa a taxa de Câmbio Real Bilateral Brasil-EUA. Os dados encontra se em <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries> e em <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>.

V , representa a volatilidade da taxa de câmbio real bilateral entre Brasil-EUA. Seu cálculo baseou-se nos modelos ARCH (GARCH)¹⁴, em específico a métrica *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH(1,1)). O *software* utilizado para a estimação do (GARCH(1,1)) foi o *software Eviews 10.0*.

O modelo *ARDL* (*Autoregressive Distributed Lag*) de cointegração, proposto por Pesaran *et al.* (2001), introduziu o mecanismo de ajuste dinâmico na equação (2). Isso possibilitou distinguir efeitos de curto e longo prazo nas variáveis de interesse do modelo. Essa métrica se destaca por não exigir uma especificação de mesma ordem de integração nos regressores, I(0) e/ou I(1). Por outro lado, o modelo não comporta ordem de integração maior que um, ou seja, a partir de I(2) não é permitido ou não especificado. Este modelo também é conhecido como modelo de correção de erro. Para saber se a estrutura ARDL cointegra ou não, deve-se analisar o teste de distribuição da estatística F não padronizada¹⁵. Segue abaixo, a métrica ARDL representativa:

$$\begin{aligned} \Delta \ln X_{i,t}^{Br} = & a_1 + \sum_{j=1}^{n1} a_{2j} \Delta \ln X_{t-j}^{Br} + \sum_{j=0}^{n2} a_{3j} \Delta \ln IP_{t-j}^{EUA} + \sum_{j=0}^{n3} a_{4j} \Delta \ln REX_{t-j} + \sum_{j=0}^{n4} a_{5j} \Delta \ln V_{t-j} \\ & + \theta_1 \ln X_{t-1}^{Br} + \theta_2 \ln IP_{t-1}^{EUA} + \theta_3 \ln REX_{t-1} + \theta_4 \ln V_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (3)$$

Enfim, o modelo utilizado por este trabalho, conhecido como abordagem de cointegração não-linear NARDL - *nonlinear Autoregressive Distributed Lag* de Shin *et al.* (2014). Essa métrica, se for possível,

¹³ Este estudo analisou apenas os setores que representam o volume de exportação maior ou igual a 0.5% do volume total dos 99 setores harmonizados a dois dígitos. Dessa forma, construiu-se uma amostra inicial representativa que corresponde a 33 setores da economia tanto para o Brasil quanto para os EUA, ver anexo.

¹⁴ O modelo GARCH foi proposto por Bollerslev (1986).

¹⁵ Este trabalho utilizou o programa Microfit 5.5 para rodar a estrutura NARDL (versão não linear do ARDL). O programa utiliza como nível de significância (NS) 90 e 95 por cento. E cada NS é representado por intervalos chamados de *Upper Bound* e *Lower Bound*. Assim, se o valor da estatística F estiver entre os intervalos, o teste será inconclusivo e se o valor estiver abaixo do intervalo, não rejeita a hipótese nula (não cointegra) e, por fim, se o valor da estatística F for maior que o intervalo, rejeita a hipótese nula (cointegra).

capta efeitos não-lineares¹⁶ na variável volatilidade da taxa de câmbio real bilateral Brasil-EUA. Para isso, dividiu-se a variável V em duas composições de somatórios positivos (POS_t) e negativos (NEG_t). Essa técnica permite saber se as exportações bilaterais Brasil-EUA respondem de forma simétrica (POS_t = NEG_t) ou assimétrica (POS_t ≠ NEG_t) em momentos de aumento e queda (flutuações) da volatilidade da taxa de câmbio real bilateral.

$$POS_t = \sum_{j=1}^I \Delta LnV_j^+ = \sum_{j=1}^I \max(\Delta LnV_j, 0)$$

$$NEG_t = \sum_{j=1}^I \Delta LnV_j^- = \sum_{j=1}^I \min(\Delta LnV_j, 0) \quad (4)$$

Próximo passo, introduzir essa estrutura não linear da variável volatilidade da taxa de câmbio ao modelo ARDL.

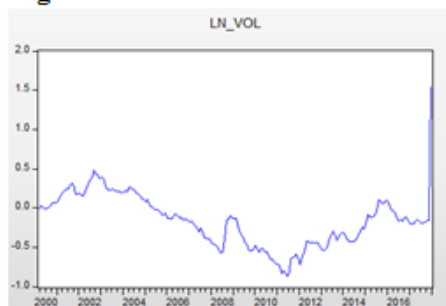
$$\Delta LnX_{i,t}^{Br} = c_1 + \sum_{j=1}^{n1} c_{2j} \Delta LnX_{t-j}^{Br} + \sum_{j=0}^{n2} c_{3j} \Delta LnIP_{t-j}^{EUA} + \sum_{j=0}^{n3} c_{4j} \Delta LnREX_{t-j} + \sum_{j=0}^{n4} c_{5j} \Delta POS_{t-j}$$

$$+ \sum_{j=0}^{n5} c_{6j} \Delta NEG_{t-j} + \mu_1 LnX_{t-1}^{Br} + \mu_2 LnIP_{t-1}^{EUA} + \mu_3 LnREX_{t-1} + \mu_4 POS_{t-1} + \mu_5 NEG_{t-1}$$

$$+ \varepsilon_t \quad (5)$$

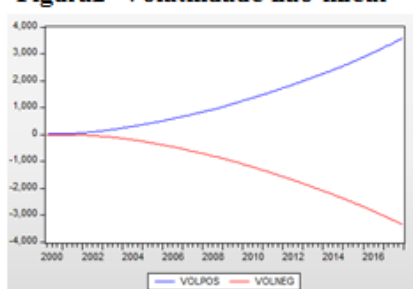
Ao introduzir a estrutura não linear aplicada a volatilidade da taxa de câmbio na métrica ARDL, essa passa a denominar-se NARDL. Os parâmetros “c” e “μ” da equação (5) correspondem à análise de curto e de longo prazo respectivamente. E a estrutura não-linear (POS_t e NEG_t) permite encontrar, se possível, evidências de assimetria na volatilidade da taxa de câmbio. Seguem duas figuras com desenhos gráficos referentes à volatilidade Brasil-EUA com dados para o período que vai de 2000 a 2017, linear e não-linear respectivamente.

Figural- Volatilidade linear



Fonte: Elaboração própria

Figura2- Volatilidade não-linear



Fonte: Elaboração própria

A primeira figura refere-se à variável linear V a qual foi aplicado o logaritmo natural, ln. Essa estrutura não possibilita identificar efeitos simétricos ou assimétricos sobre a volatilidade da taxa de câmbio. Já a segunda figura, mostra a composição não-linear construída pelas duas volatilidades VOLPOS e VOLNEG (POS_t e NEG_t) a qual permite analisar uma possível assimetria sobre a volatilidade da taxa de câmbio bilateral Brasil-EUA. Observando o gráfico parece haver um efeito simétrico na volatilidade da taxa de câmbio, mas somente após uma análise técnica com maiores detalhes que poderá verificar se há ou não evidências de assimetria sobre a variável analisada. Este trabalho orientou-se segundo os estudos empírico de Bahmani-Oskooee e Aftab (2017)¹⁷.

¹⁶ Utilizando o conceito de função, matemática básica, uma estrutura é considerada não-linear quando em seu domínio tem-se uma variável linear (X^{Br}) e sua imagem possui pelo menos uma variável não linear (POS_t e NEG_t).

¹⁷ Os detalhes a respeito do artigo se encontram no subcapítulo 2.2 Assimetria.

4. RESULTADOS

Inicialmente, verificaram-se os testes preliminares¹⁸ de raiz unitária (abordagens do tipo ADF e Ng-Perron) e de quebra estrutural (Vogelsang, 1993) caso necessite. Todas as 33 variáveis¹⁹ são do tipo I(0) ou I(1). Como nenhuma variável do setor de exportação foi do tipo I(2), pôde-se utilizar a amostra completa (os 33 setores). Primeiro, analisou o modelo NARDL referente à estrutura de defasagens. Apenas o setor 26E que não obteve nenhuma defasagem na sua variável dependente. O segundo item da tabela 1, recai sobre o teste *F-bond*, como já mencionado, só serão analisados os setores que cointegrarem ou os valores da estatística F que forem maiores que o intervalo *Upper Bound* e *Lower Bound* ou igual ao nível superior *Upper Bound*, neste caso, rejeita a hipótese nula (cointegra). Assim, os setores que ficaram de fora foram: 26E, 63E, 64E, 71E, 87E e 90E. Onde os setores 71E e 87E foram inconclusivos e o restante não cointegrou. O próximo item, também é caso de exclusão e trata da correlação serial dos erros (teste LM). Será constatada a correlação serial caso P-valor rejeite a 1%, 5% e 10% a hipótese nula (não correlação serial). Assim, os setores excluídos foram 3E, 48E e 94E. O quarto item quer saber se há Heterocedasticidade condicional, mas não é caráter de exclusão. Os setores que apresentaram heterocedasticidade foram 3E, 9E, 22E, 24E, 27E, 28E, 29E, 41E, 47E, 48E, 63E, 64E, 69E, 71E, 72E, 76E, 84E, 88E e 94E. Enfim, os dois últimos itens da tabela, investigam a estabilidade do modelo NARDL. Onde, tanto para *Cusum* e *Cusum-sq*, será considerado estável caso o gráfico de tendência²⁰ não ultrapasse a barreira de 5% de significância sobre o intervalo *Upper Bound* e *Lower Bound*. Assim, após os testes da tabela 1, restaram 24 setores dos 33 da amostra inicial.

Tabela1- Teste de cointegração, estrutura e principais parâmetros NARDL

Setores	NARDL	<i>F-bond</i>	LM	ARCH	<i>Cusum</i>	<i>Cusum-sq</i>
3E	(7,0,0,1,1)	31.889**	0.000	0.000	SIM	NÃO
8E	(2,2,0,0,2)	13.0152**	0.855	0.706	SIM	NÃO
9E	(4,0,4,2,2)	9.717**	0.918	0.017	SIM	SIM
16E	(1,0,1,5,2)	15.1726**	0.913	0.368	SIM	NÃO
17E	(6,7,0,0,0)	9.813**	0.735	0.175	SIM	SIM
20E	(1,1,1,0,2)	58.0942**	0.738	0.000	SIM	NÃO
22E	(5,1,0,1,0)	7.1722**	0.983	0.029	SIM	SIM
24E	(8,2,0,0,2)	16.5494**	0.321	0.103	SIM	SIM
26E	(0,3,2,1,0)		0.759	0.176	SIM	NÃO
27E	(1,2,4,1,0)	23.0973**	0.872	0.002	SIM	NÃO
28E	(3,7,0,0,2)	6.5887**	0.898	0.072	SIM	SIM
29E	(3,0,2,0,3)	8.319**	0.980	0.009	NÃO	SIM
39E	(2,3,5,0,2)	8.5102**	0.314	0.445	SIM	SIM
40E	(3,6,2,2,1)	6.882**	0.141	0.382	SIM	SIM
41E	(2,4,0,0,0)	11.3774 **	0.769	0.018	NÃO	SIM
44E	(8,7,7,2,7)	7.2735**	0.412	0.578	SIM	SIM
47E	(2,1,0,1,1)	18.0411**	0.340	0.000	SIM	NÃO
48E	(4,0,0,1,0)	10.7021**	0.010	0.000	SIM	SIM
63E	(3,1,0,7,7)	2.063	0.836	0.000	SIM	NÃO

¹⁸ Os testes preliminares não puderam ser mostrados aqui dado o limite de espaço. Mas, eles se encontram disponíveis em posse dos desenvolvedores.

¹⁹ Cada variável representa o volume de exportação maior ou igual a 0.5% do total da soma dos 99 setores. Dessa forma, a quantidade de setores caiu de 99 para 33 setores. E esses 33 setores serão chamados de amostra representativa inicial. Para saber quem são eles ver anexo.

²⁰ Os desenhos gráficos tanto para *Cusum* quanto para *Cusum-sq* não puderam ser publicados dado à restrição de páginas. Mas, o conteúdo está disponível em posse dos desenvolvedores.

64E	(6,0,7,7,0)	2.740	0.335	0.057	SIM	SIM
68E	(6,1,8,3,1)	18.051**	0.528	0.689	SIM	NÃO
69E	(8,8,7,4,5)	4.8182**	0.185	0.003	SIM	NÃO
71E	(8,4,0,3,1)	2.9159	0.772	0.000	SIM	NÃO
72E	(8,5,7,0,5)	5.2602**	0.864	0.001	SIM	NÃO
73E	(3,0,4,0,1)	5.7129**	0.202	0.283	NÃO	SIM
76E	(2,3,2,0,1)	13.7776**	0.203	0.042	SIM	SIM
84E	(3,7,3,2,0)	5.0064**	0.893	0.057	SIM	SIM
85E	(2,1,0,0,0)	6.7081**	0.707	0.699	SIM	SIM
87E	(8,6,7,0,7)	3.3855	0.999	0.556	SIM	NÃO
88E	(6,1,0,0,0)	4.8761**	0.920	0.000	SIM	NÃO
90E	(7,6,4,0,2)	1.539	0.836	0.892	SIM	NÃO
93E	(3,1,0,5,0)	5.5814**	0.343	0.672	SIM	SIM
94E	(4,0,6,0,3)	5.4979**	0.078	0.035	SIM	SIM

Fonte: Elaboração própria com base no Software Microfit 5.5

Nota: ***, **, * significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

A tabela 2 mostra os resultados referentes à estimação do modelo NARDL de longo prazo. Como o objetivo deste estudo é saber se há ou não assimetria na variável volatilidade da taxa de câmbio, os dois últimos itens terão maior destaque. As variáveis VPOS e VNEG representam a volatilidade de longo prazo. Somente as volatilidades que forem significativas serão analisadas. Assim, restaram apenas 17 setores para serem analisados, são eles: 8E, 16E, 17E, 20E, 22E, 24E, 27E, 39E, 40E, 44E, 72E, 73E, 76E, 84E, 85E, 88E, 93E. Todos pares de volatilidade que foram significativos tiveram os mesmos sinais. E os valores estão bem próximos, pelo menos, duas casas decimais. Todavia, essa análise não garante simetria, apenas torna-os elegíveis a uma possível assimetria. Outra variável importante é a taxa de câmbio real bilateral Brasil-EUA (Ln REX). A grande maioria das variáveis Ln REX foi significativa para as 17 volatilidades elegíveis, por exemplo, o setor de exportação 8E, apresentou uma causalidade negativa em relação à taxa de câmbio (Ln REX). Isso significa dizer que o câmbio está apreciado, ou seja, o real valorizou em relação ao dólar e com isso, tende a prejudicar as exportações nesse setor. Por fim, a produção industrial (LnIP) e o intercepto (C) apresentaram, também, alto grau de significância.

Tabela2- Estimação NARDL de longo prazo

Setores	C	LnIP	Ln REX	VPOS	VNEG
8E	24.1539***	-2.6485	-0.22056***	0.024157**	0.024068***
9E	8.954***	0.855270	-1.0584***	0.007140	0.007508
16E	-16.4214***	5.6451*	0.984700	-0.019783*	-0.018924*
17E	14.2744***	-0.73436	-0.16681	0.0082369***	0.008114***
20E	-6.171400	3.9487***	-0.46556**	-0.014641**	-0.014097**
22E	52.7659***	12.8427***	0.911370	-0.043591*	-0.039569
24E	3.193700	1.8987 **	-0.50539***	-0.018463***	-0.017441***
27E	12.9259*	0.884630	-2.7135***	0.027411*	0.026667*
28E	6.300800	1.413800	-1.0664***	0.000267	0.000154
29E	8.050500	1.1579*	-0.7877***	0.000675	0.000985
39E	1.913400	2.0087**	0.27669*	0.017515***	0.017126***
40E	14.0011***	-0.19839	-0.92147***	0.014662***	0.014637 ***
41E	-6.3686**	4.0292***	-0.46872	-0.0013857	-0.0014786
44E	1.532500	2.1645***	1.8424***	0.017034***	0.016901***
47E	3.627700	2.2235***	-1.2101***	0.002538	0.002225

68E	-10.6437***	4.7385***	0.4341***	-0.0042880	-0.0033128
69E	1.544100	1.526500	2.9898***	0.016209	0.016471
72E	-12.6465*	5.9709***	-0.68133**	0.020968*	0.020337*
73E	-1.0214	2.8686**	-0.099176	0.031378**	0.03085**
76E	9.524200	0.367190	0.4399**	0.047352***	0.0074061***
84E	0.536260	2.8754***	0.302220	0.011530	0.011264*
85E	4.404800	2.0973**	0.257010	-0.0035196*	-0.0032458
88E	-30.3332***	9.4496***	1.3885***	-0.0091967*	-0.0094657*
93E	24.149300	-3.1579***	0.493990	-0.02226**	-0.020831**

Fonte: Elaboração própria com base no Software Microfit 5.5

Nota: ***, **, * significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

A tabela 3 mostra os resultados referentes à estimação de curto prazo para a volatilidade positiva e inclusive suas defasagens. Apenas as volatilidades com significância serão analisadas. Assim, apenas 19 volatilidades positivas de curto prazo participarão da análise de assimetria, os setores²¹ são: 8E, 9E, 16E, 17E, 20E, 24E, 27E, 28E, 29E, 39E, 40E, 44E, 47E, 69E, 72E, 73E, 76E, 88E, 93E. Os sinais dos coeficientes na grande maioria foram diferentes em relação a suas defasagens. E os valores também estão distantes.

Tabela-3 Estimação NARDL de curto prazo referente à volatilidade positiva

Sectores	$\Delta\text{Pos}(0)$	$\Delta\text{Pos}(-1)$	$\Delta\text{Pos}(-2)$	$\Delta\text{Pos}(-3)$	$\Delta\text{Pos}(-4)$	$\Delta\text{Pos}(-5)$	$\Delta\text{Pos}(-6)$
8E	0.076518	-0.14609*					
9E	-0.055803	0.14298**					
16E	0.34913***	-0.29333**					
17E	0.008686***						
20E	-0.11696	0.30435*					
22E	-0.025067						
24E	-0.065118	0.37684**					
27E	0.019349*						
28E	0.16788**	-0.33242**					
29E	-0.10578	-0.014833	0.14447**				
39E	0.087463*	-0.13001**					
40E	0.036076*						
41E	-0.000793						
44E	0.03371	-0.054719	0.0050212	-0.034003	0.031135	-0.0392	-0.090012***
47E	0.16454***						
68E	0.033171						
69E	0.029957	-0.160196**	0.186436**	-0.035462	-0.138239***		
72E	0.043291	0.07767	-0.25346*	0.44819***	-0.40582***		
73E	-0.070318*						
76E	-0.16829***						
84E	0.0038183						
85E	-0.0013881						
88E	-0.0037426*						
93E	-0.0084787**						

²¹ Para saber quem são eles, ver anexo.

Fonte: Elaboração própria com base no Software Microfit 5.5
 Nota: ***, **, * significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

A tabela 4 segue as mesmas orientações da tabela 3, porém os resultados referem-se à volatilidade negativa de curto prazo. Os valores que apresentaram significância correspondem aos setores: 8E, 9E, 16E, 17E, 20E, 22E, 24E, 40E, 47E, 68E, 69E, 72E, 73E, 76E, 84E, 88E, 93E. Comparando as tabelas 3 e 4 (volatilidade de curto prazo positiva e negativa) e somente os setores que foram significativos, apresentaram diferença nos sinais (maior parte) e, também, valores distantes.

Tabela-4 Estimação NARDL de curto prazo referente à volatilidade negativa

Setores	$\Delta\text{Neg}(0)$	$\Delta\text{Neg}(-1)$	$\Delta\text{Neg}(-2)$	$\Delta\text{Neg}(-3)$	$\Delta\text{Neg}(-4)$
8E	0.01137***				
9E	0.30735**	-0.24002**			
16E	-0.66111***	0.34228	-0.069597	-0.28106	0.50117**
17E	0.008818***				
20E	-0.016682**				
22E	-0.51459**				
24E	-0.026774***				
27E	0.20964	-0.19081			
28E	0.00009				
29E	0.0006				
39E	0.0072449				
40E	0.20111***	-0.13198**			
41E	0.00				
44E	0.021061	-0.12774			
47E	0.20028**				
68E	-0.030812	0.057147	-0.177**		
69E	-0.054828	0.233914	-0.439934***	0.160991	
72E	0.0097009*				
73E	0.009997***				
76E	0.031662***				
84E	0.19766***	-0.16823***			
85E	-0.0012801				
88E	-0.0038521*				
93E	0.018067	-0.025569	0.070447	-0.53316***	0.32471***

Fonte: Elaboração própria com base no Software Microfit 5.5
 Nota: ***, **, * significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

A tabela 5 mostra os resultados a qual esse estudo tanto procura, quer saber se a volatilidade da taxa de câmbio de curto e longo prazo é igual (simétrico) ou diferente (assimétrico) em momentos de alta e baixa volatilidade no contexto direcionado ao fluxo de exportação Brasil-EUA. O teste *Wald* de restrição será o principal instrumento responsável para detectar a assimetria. Mas, o teste só será realizado caso seja significativo o par²² de volatilidades no curto ($\sum \text{Volpos} = \sum \text{Volneg}$) e/ou no longo prazo ($\text{Volpos} = \text{Volneg}$). A hipótese nula do teste aponta volatilidade positiva igual à volatilidade negativa (volatilidade

²² Só será aplicado o teste *Wald* de restrição caso apresente significância na volatilidade positiva e negativa (par), tanto para o curto quanto para o longo prazo. A tabela 5 indica como “sim” para as volatilidades significativas e “não” para as volatilidades que não apresentarem significância.

simétrica). Já, a hipótese alternativa implica dizer que a volatilidade positiva é diferente da volatilidade negativa (volatilidade assimétrica). E só serão computadas as assimetrias que apresentarem significância na estatística *Wald*²³. Outra maneira para detectar assimetria é o caso em que para determinado setor constatar-se apenas uma volatilidade com significância, ou significância somente na volatilidade positiva ou somente na volatilidade negativa. Neste caso, a assimetria fica evidente, pois, diante do par, apenas uma será válida. Para o caso referente às volatilidades de longo prazo, os setores que apresentaram esse tipo de assimetria foram: 22E, 84E e 85E. E no curto prazo encontraram-se quatro setores, foram eles: 22E, 27E, 29E e 68E.

Tabela5- Teste de assimetria

Setores	Longo_p			Curto_p		
	Volpos=Volneg	Volpos	volneg	\sum Volpos= \sum Volneg	\sum Volpos	\sum Volneg
8E	0.066372	sim	sim	4.0882**	sim	sim
9E		não	não	0.94714	sim	sim
16E	0.45368	sim	sim	0.47073	sim	sim
17E	1.5208	sim	sim	1.4527	sim	sim
20E	2.9582*	sim	sim	3.1528*	sim	sim
22E		sim	não		não	sim
24E	15.8917***	sim	sim	4.4561**	sim	sim
27E	1.1833	sim	sim		sim	não
28E		não	não	4.148**	sim	sim
29E		não	não		sim	não
39E	2.2902	sim	sim	3.2024*	sim	sim
40E	0.0086434	sim	sim	1.5581	sim	sim
41E		não	não		não	não
44E	0.20376	sim	sim	0.23651	sim	sim
47E		não	não	0.22903	sim	sim
68E		não	não		não	sim
69E		não	não	4.8970**	sim	sim
72E	1.3228	sim	sim	4.1645**	sim	sim
73E	0.7324	sim	sim	3.4811*	sim	sim
76E	0.036554	sim	sim	13.6856***	sim	sim
84E		não	sim	7.6134***	sim	sim
85E		sim	não	7.1575***	sim	sim
88E	1.9317	sim	sim	1.9254	sim	sim
93E	8.6695***	sim	sim	4.1645**	sim	sim

Fonte: Elaboração própria com base no Software Microfit 5.5

Nota: ***, **, * significante a 1%, 5% e 10%, respectivamente. E as palavras 'sim' e 'não' representam significativo e não significativo respectivamente.

Assim, o resultado encontrado para a volatilidade de curto prazo foi que 16 setores apresentaram assimetria (dos dois tipos²⁴), foram eles: 8E, 20E, 22E, 24E, 27E, 28E, 29E, 39E, 68E, 69E, 72E, 73E, 76E, 84E, 85E, 93E. Ou seja, dos 33 setores da amostra inicial da economia a dois dígitos do sistema harmonizado, 16 setores apresentaram assimetria na volatilidade da taxa de câmbio de curto prazo, ou seja, 48% da amostra inicial. Já, o resultado a qual apontou assimetria na volatilidade da taxa de câmbio de longo prazo foi mais modesto, apenas 6 setores, foram eles: 20E, 22E, 24E, 84E, 85E, 93E. Assim, 18% da

²³ A estatística *Wald* na tabela 5 correspondente ao longo prazo está representada como “Volpos = Volneg” e para o curto prazo como “ \sum Volpos = \sum Volneg”.

²⁴ Assimetria pelo teste *Wald* e assimetria no caso em que para determinado setor (par de volatilidade) constatou-se apenas uma volatilidade com significância.

amostra inicial apresentaram assimetria de longo prazo. Por fim, como o conjunto dos setores que apresentaram assimetrias no longo prazo está contido no conjunto dos setores de curto prazo, dessa forma, o resultado a qual encontrou assimetria de curto e longo prazo foi, também, de 18% da amostra inicial.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou responder a seguinte pergunta: em momentos de alta e baixa volatilidade da taxa de câmbio, o fluxo de exportação Brasil-EUA responde a essa flutuação da volatilidade de forma igual (volatilidade simétrica) ou diferente (volatilidade assimétrica)? Os resultados mostraram que 48% da amostra inicial apresentou assimetria na volatilidade da taxa de câmbio de curto prazo. E com 18% da amostra inicial encontraram-se evidências de assimetria na volatilidade da taxa de câmbio de longo prazo. E, por fim, 18% da amostra inicial apresentou assimetria na volatilidade da taxa de câmbio de curto e longo prazo. Em 2002, Bahamani-Oskooee²⁵ estudou os efeitos lineares da volatilidade da taxa de câmbio real bilateral sobre o fluxo (exportação e importação) de comércio entre Brasil e EUA. Assim, como, Bahamani-Oskooee (2002), este trabalho encontrou mais evidências de volatilidade no curto prazo do que no longo prazo.

Este estudo foi além dos artigos apresentados no referencial teórico e empírico, não se limitou apenas em saber se a volatilidade da taxa de câmbio impacta o fluxo de comércio de forma negativa, positiva ou ambígua, ele mostrou que independente de qual for o impacto provocado pela volatilidade cambial, essa volatilidade apresentou características assimétricas no curto e/ou longo prazo quando a volatilidade variou para cima ou para baixo. Os resultados de assimetria (mesmo que parcial) encontrados por este estudo pode ajudar a entender porque a influência da volatilidade cambial sobre o fluxo de exportação não apresenta uma resposta unânime, ou seja, se é positivo, negativo ou ambíguo. Por outro lado, com a constatação de assimetria na volatilidade da taxa de câmbio, abriram-se outros possíveis questionamentos, como: essa assimetria é persistente ou temporária? Qual a real magnitude causada por essa assimetria cambial? Este estudo buscou evidências sobre estas perguntas no artigo de Bahmani-Oskooee e Aftab (2017) a qual esse trabalho se baseou.

Como os autores mesmo descrevem, abriram um novo caminho na literatura empírica, ao preocuparem em identificar simetria ou assimetria na variável volatilidade da taxa de câmbio relacionado ao fluxo de comércio internacional bilateral tanto para as exportações quanto para as importações. De forma geral, os autores respondem a essas perguntas dizendo que os efeitos assimétricos podem existir devido às mudanças nas expectativas dos comerciantes quando, por exemplo, uma moeda se deprecia em comparação ao caso em que essa mesma moeda se aprecia. Assim, se os fluxos de comércio e os preços de bens comercializados respondem a mudanças da taxa de câmbio de uma maneira assimétrica, então, o volume de comércio deveria responder, também, assimetricamente à volatilidade da taxa de câmbio. Enfim, este estudo como o de Bahmani-Oskooee e Aftab (2017) encontrou evidências estatísticas de assimetria sobre a variável volatilidade da taxa de câmbio real bilateral no contexto do comércio internacional. Dessa forma, quando detectada a assimetria, parece restritivo não considerar os efeitos assimétricos da volatilidade da taxa de câmbio real bilateral em modelos de exportação internacional.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, Antonio; FERREIRA, Afonso; NOTINI, Hilton. The impact of exchange rate volatility on Brazilian manufactured exports. *Económica*, v. 53, 2007.

EWING, James Alfred et al. I. On measurements of small strains in the testing of materials and structures. *Proceedings of the Royal Society of London*, v. 58, n. 347-352, p. 123-142, 1895.

²⁵ Maiores detalhes ver subcapítulo 2.3 Estudos empíricos correlatos ao caso brasileiro, 2º parágrafo.

- ARIZE, Augustine C.; OSANG, Thomas; SLOTTJE, Daniel J. Exchange-rate volatility and foreign trade: evidence from thirteen LDC's. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 18, n. 1, p. 10-17, 2000.
- ARIZE, Augustine Chuck. The impact of exchange-rate uncertainty on export growth: evidence from Korean data. **International Economic Journal**, v. 10, n. 3, p. 49-60, 1996.
- BAILEY, Martin J.; TAVLAS, George S.; ULAN, Michael. The impact of exchange-rate volatility on export growth: some theoretical considerations and empirical results. **Journal of Policy Modeling**, v. 9, n. 1, p. 225-243, 1987.
- BALDWIN, R.; KRUGMAN, P. The effects of large exchange rate shocks. **The Quarterly Journal of Economics**, vol. 104, n° 4, p. 635-654, November 1989.
- BAHMANI-OSKOOEE, Mohsen. Exchange rate uncertainty and trade flows of developing countries. **The Journal of Developing Areas**, v. 25, n. 4, p. 497-508, 1991.
- BAHMANI-OSKOOEE, Mohsen; PAYESTEH, Sayeed. Does exchange rate volatility deter trade volume of LDCs?. **Journal of Economic Development**, v. 18, n. 2, p. 189-205, 1993.
- BAHMANI-OSKOOEE, Mohsen; HARVEY, Hanafiah. Exchange-rate volatility and industry trade between the US and Malaysia. **Research in International Business and Finance**, v. 25, n. 2, p. 127-155, 2011.
- BAHMANI-OSKOOEE, Mohsen. Does black market exchange rate volatility deter the trade flows? Iranian experience. **Applied Economics**, v. 34, n. 18, p. 2249-2255, 2002.
- BAHMANI-OSKOOEE, Mohsen; AFTAB, Muhammad. On the asymmetric effects of exchange rate volatility on trade flows: New evidence from US-Malaysia trade at the industry level. **Economic Modelling**, v. 63, p. 86-103, 2017.
- BITTENCOURT, Mauricio VL; LARSON, Donald W.; THOMPSON, Stanley R. Impactos da volatilidade da taxa de câmbio no comércio setorial do Mercosul. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 37, n. 4, p. 791-816, 2007.
- BOLLERSLEV, Tim. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. **Journal of econometrics**, v. 31, n. 3, p. 307-327, 1986.
- BROLL, Udo; ECKWERT, Bernhard. Exchange rate volatility and international trade. **Southern Economic Journal**, p. 178-185, 1999.
- CAPORALE, Tony; DOROODIAN, Khosrow. Exchange rate variability and the flow of international trade. **Economics Letters**, v. 46, n. 1, p. 49-54, 1994.
- CARMO, A. S. S. DO; BITTENCOURT, M. V. L. O efeito da volatilidade da taxa real de câmbio sobre a diversificação da pauta de exportação do Brasil: uma investigação empírica. **Encontro ANPEC 2014**, p. 20, 2014.
- CLARK, P.B. Uncertainty, exchange risk, and the level of international trade. **Western Economic Journal**, vol. 11, p. 302-313, 1973.
- CORRÊA, Karen Dias et al. Relação da volatilidade da taxa de câmbio real efetiva com as exportações brasileiras. 2015.
- CUSHMAN, David O. The effects of real exchange rate risk on international trade. **Journal of international Economics**, v. 15, n. 1-2, p. 45-63, 1983.

- DE GRAUWE, P. Exchange rate variability and the slowdown in growth of international trade. **Staff Papers-International Monetary Fund**, v. 35, n. 1, p. 63–84, 1988.
- DOROODIAN, Khosrow. Does exchange rate volatility deter international trade in developing countries?. **Journal of Asian Economics**, v. 10, n. 3, p. 465-474, 1999.
- ENGLE, Robert F. Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 987-1007, 1982.
- GARBER, Peter M. The collapse of the Bretton Woods fixed exchange rate system. In: **A Retrospective on the Bretton Woods system: Lessons for international monetary reform**. University of Chicago Press, 1993. p. 461-494. PRATES, D. M. **O regime cambial brasileiro de 1999 a 2008**. Brasília: Ipea;Cepal, 2010. (Texto para Discussão Cepal-Ipea, n. 12).
- HOOPEL, Peter; KOHLHAGEN, Steven W. The effect of exchange rate uncertainty on the prices and volume of international trade. **Journal of international Economics**, v. 8, n. 4, p. 483-511, 1978.
- ITODO, Idoko Ahmed; USMAN, Ojonugwa; ABU, Michael Maju. The Asymmetric Effect in the Volatility of the South African Rand. **Academic Journal of Economic Studies**, vol. 3, n.3, p. 47-53, 2017
- JOHANSEN, Søren. Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1551-1580, 1991.
- KANDIL, Magda; NERGIZ DINCER, Nazire. A comparative analysis of exchange rate fluctuations and economic activity: The cases of Egypt and Turkey. **International Journal of Development Issues**, v. 7, n. 2, p. 136-159, 2008.
- KANNEBLEY JÚNIOR, Sérgio et al. **Hysteresis eo comércio exterior de produtos industrializados brasileiros**. 2010.
- LIN, C. Exchange rate uncertainty and trade. **The B.E. Journal of Macroeconomics**, v. 12 (1), p. 1-35, 2012.
- PESARAN, M. Hashem; SHIN, Yongcheol; SMITH, Richard J. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. **Journal of applied econometrics**, v. 16, n. 3, p. 289-326, 2001.
- POZO, Susan. Conditional exchange-rate volatility and the volume of international trade: evidence from the early 1900s. **The Review of Economics and Statistics**, p. 325-329, 1992.
- PRATES, Daniela Magalhães. **O regime cambial brasileiro de 1999 a 2008**. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2010.
- RAHMAN, Sajjadur; SERLETIS, Apostolos. The effects of exchange rate uncertainty on exports. **Journal of Macroeconomics**, v. 31, n. 3, p. 500-507, 2009.
- SHIN, Yongcheol; YU, Byungchul; GREENWOOD-NIMMO, Matthew. Modelling asymmetric cointegration and dynamic multipliers in a nonlinear ARDL framework. In: **Festschrift in Honor of Peter Schmidt**. Springer, New York, NY, 2014. p. 281-314.
- Ter"asvirta, T. 'Modelling economic relationship with smooth transition regressions', in Giles D. and Ullah A. (eds), **Handbook of Applied Economic Statistics**, pp. 507–552, 1998.

ANEXO

Legenda:

+Amostra representativa inicial (33 setores)

& Assimetria de curto prazo (16 setores)

*Assimetria de longo prazo(6 setores)

&*Assimetria de curto e longo prazo (6 setores)

Código SH2	Descrição do SH2
1	Animais vivos
2	Carnes e miudezas, comestíveis
3+	Peixes e crustáceos, moluscos e outros invertebrados aquáticos
4	Leite e laticínios; ovos de aves; mel natural; produtos comestíveis de origem animal, não especificados
5	Outros produtos de origem animal, não especificados nem compreendidos noutros Capítulos
6	Plantas vivas e produtos de floricultura
7	Produtos hortícolas, plantas, raízes e tubérculos, comestíveis
8+&	Frutas; cascas de frutos cítricos e de melões
9+	Café, chá, mate e especiarias
10	Cereais
11	Produtos da indústria de moagem; malte; amidos e féculas; inulina; glúten de trigo
12	Sementes e frutos oleaginosos; grãos, sementes e frutos diversos; plantas industriais ou medicinais
13	Gomas, resinas e outros sucos e extratos vegetais
14	Matérias para entrançar e outros produtos de origem vegetal, não especificados
15	Gorduras e óleos animais ou vegetais; produtos da sua dissociação; gorduras alimentares elaboradas
16+	Preparações de carne, de peixes ou de crustáceos, de moluscos ou de outros invertebrados aquáticos
17+	Açúcares e produtos de confeitaria
18	Cacau e suas preparações
19	Preparações à base de cereais, farinhas, amidos, féculas ou leite; produtos de pastelaria
20+&*	Preparações de produtos hortícolas, de frutas ou de outras partes de plantas
21	Preparações alimentícias diversas
22+&*	Bebidas, líquidos alcoólicos e vinagres
23	Resíduos e desperdícios das indústrias alimentares; alimentos preparados para animais
24+&*	Tabaco e seus sucedâneos manufaturados
25	Sal; enxofre; terras e pedras; gesso, cal e cimento
26+	Minérios, escórias e cinzas
27+&	Combustíveis minerais, óleos minerais e produtos da sua destilação; matérias betuminosas; ceras minerais
28+&	Produtos químicos inorgânicos; compostos inorgânicos ou orgânicos de metais preciosos, de elementos radioativos
29+&	Produtos químicos orgânicos
30	Produtos farmacêuticos
31	Adubos (fertilizantes)
32	Extratos tanantes e tintoriais; taninos e seus derivados; pigmentos e outras matérias corantes; tintas e vernizes
33	Óleos essenciais e resinóides; produtos de perfumaria ou de toucador preparados e preparações cosméticas
34	Sabões, agentes orgânicos de superfície, preparações para lavagem, preparações lubrificantes e ceras artificiais
35	Matérias albuminóides; produtos à base de amidos ou de féculas modificados; colas; enzimas
36	Pólvoras e explosivos; artigos de pirotecnia; fósforos; ligas pirofóricas; matérias inflamáveis
37	Produtos para fotografia e cinematografia
38	Produtos diversos das indústrias químicas
39+&	Plásticos e suas obras

40+	Borracha e suas obras
41+	Peles, exceto as peles com pelo, e couros
42	Obras de couro; artigos de correeiro ou de seleiro; artigos de viagem, bolsas e artefatos semelhantes
43	Peles com pelo e suas obras; peles com pelo artificiais
44+	Madeira, carvão vegetal e obras de madeira
45	Cortiça e suas obras
46	Obras de espartaria ou de cestaria
47+	Pastas de madeira ou de outras matérias fibrosas celulósicas; papel ou cartão para reciclar
48+	Papel e cartão; obras de pasta de celulose, de papel ou de cartão
49	Livros, jornais, gravuras e outros produtos das indústrias gráficas; textos manuscritos ou datilografados
50	Seda
51	Lã, pelos finos ou grosseiros; fios e tecidos de crina
52	Algodão
53	Outras fibras têxteis vegetais; fios de papel e tecidos de fios de papel
54	Filamentos sintéticos ou artificiais
55	Fibras sintéticas ou artificiais, descontínuas
56	Pastas (ouates), feltros e falsos tecidos; fios especiais; cordéis, cordas e cabos; artigos de cordoaria
57	Tapetes e outros revestimentos para pisos (pavimentos), de matérias têxteis
58	Tecidos especiais; tecidos tufados; rendas; tapeçarias; passamanarias; bordados.
59	Tecidos impregnados, revestidos, recobertos ou estratificados; artigos para usos técnicos de matérias têxteis
60	Tecidos de malha
61	Vestuário e seus acessórios, de malha
62	Vestuário e seus acessórios, exceto de Malha
63+	Outros artefatos têxteis confeccionados; sortidos; artefatos de matérias têxteis, calçados, chapéus e artefatos
64+	Calçados, polainas e artefatos semelhantes; suas partes
65	Chapéus e artefatos de uso semelhante, e suas partes
66	Guarda-chuvas, sombrinhas, guarda-sóis, bengalas, bengalas-assentos, chicotes, pingalins, e suas partes
67	Penas e penugem preparadas e suas obras; flores artificiais; obras de cabelo
68+&	Obras de pedra, gesso, cimento, amianto, mica ou de matérias semelhantes
69+&	Produtos cerâmicos
70	Vidro e suas obras
71+	Pérolas naturais ou cultivadas, pedras preciosas ou semipreciosas e semelhantes e metais preciosos
72+&	Ferro fundido, ferro e aço
73+&	Obras de ferro fundido, ferro ou aço
74	Cobre e suas obras
75	Níquel e suas obras
76+&	Alumínio e suas obras
78	Chumbo e suas obras
79	Zinco e suas obras
80	Estanho e suas obras
81	Outros metais comuns; ceramais (cermets); obras dessas matérias
82	Ferramentas, artefatos de cutelaria e talheres, e suas partes, de metais comuns
83	Obras diversas de metais comuns
84+&*	Reatores nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos, e suas partes
85+&*	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos, e suas partes; aparelhos de gravação ou de reprodução de som
86	Veículos e material para vias férreas ou semelhantes, e suas partes; aparelhos mecânicos
87+	Veículos automóveis, tratores, ciclos e outros veículos terrestres, suas partes e acessórios

88+	Aeronaves e aparelhos espaciais, e suas partes
89	Embarcações e estruturas flutuantes
90+	Instrumentos e aparelhos de óptica, de fotografia, de cinematografia, de medida, de controle ou de precisão
91	Artigos de relojoaria
92	Instrumentos musicais; suas partes e acessórios
93+&*	Armas e munições; suas partes e acessórios
94+	Móveis; mobiliário médico-cirúrgico, colchões, almofadas e semelhantes; aparelhos de iluminação
95	Brinquedos, jogos, artigos para divertimento ou para esporte; suas partes e acessórios
96	Obras diversas
97	Objetos de arte, de coleção e antiguidades
99	Transações especiais