



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

Papers downloaded from AgEcon Search may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

**POSSIBILIDADE DE OBTER LUCROS COM ARBITRAGEM NO MERCADO DE
CÂMBIO NO BRASIL**

**FRANCISCO CARLOS CUNHA CASSUCE; CARLOS ANDRÉ DA SILVA MÜLLER;
ANTÔNIO CARVALHO CAMPOS;**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

VIÇOSA - MG - CARIBE

fcccassuce@yahoo.com.br

APRESENTAÇÃO SEM PRESENÇA DE DEBATEDOR

COMÉRCIO INTERNACIONAL

**Possibilidade de obter lucros com arbitragem no Mercado de Câmbio no Brasil
(Comércio Internacional)**

Resumo: O trabalho objetivou determinar a presença de volatilidade nas taxas de câmbio a vista e futura, detectando, assim, a presença de risco. Detectada a volatilidade procurou modelar esta volatilidade e construir modelos capazes de prever as taxas de câmbio a vista e futura. Diante das previsões procurou detectar se tais taxas convergiam, ou não, na data dos vencimentos dos contratos futuros, identificando a oportunidade de obter ganhos com arbitragem. Para isso utilizou-se modelos GARCH e TARCH, modelando a volatilidade das taxas de câmbio. Os resultados mostraram que as taxas de câmbio futura e a vista são muito voláteis e que o mercado de câmbio a vista apresenta assimetria sendo mais afetada por impactos negativos. A análise de volatilidade também mostrou que os choques nas taxas de câmbio a vista e futura perduram por um longo período de tempo. Finalmente, diante das previsões, realizadas para ambas as taxas, detecta-se a possibilidade de obter ganhos com arbitragem no mercado de câmbio brasileiro.

Palavras chave: arbitragem, Brasil, câmbio a vista, câmbio futuro, volatilidade.

1. Introdução

O trabalho visa inicialmente verificar a presença de volatilidade nas taxas de câmbio a vista e futura, realizar previsões para ambas as taxas e finalmente determinar a existência de possibilidade de arbitragem no mercado de câmbio.

O mercado futuro no Brasil vem ganhando importância a cada dia. BILLI e VIEIRA (2005) relatam que o Brasil movimenta mais dinheiro no mercado futuro de câmbio do que os mercados asiáticos somados à Austrália, equivalendo, anualmente, a nove vezes o PIB brasileiro. Os mesmos autores relatam que o aumento no volume negociado no mercado de câmbio futuro é consequência da volatilidade do câmbio a vista. Uma parte dos agentes quer se proteger e buscam contratos de *Hedge*, enquanto outros aproveitam a volatilidade para especular. Seriam estes os especuladores e os arbitradores.

Os dois últimos agentes, em especial os arbitradores, atuantes no mercado, são o foco dessa análise, dado que eles visam obter lucros ou ganhos, operando no mercado futuro, ao passo que o hedger atua no mercado futuro como o objetivo de não obter prejuízos. Sendo assim, através do monitoramento das taxas de câmbio à vista e futura, os especuladores e

arbitradores vêm a possibilidade de obter lucros na medida em que detectam as condições adequadas para cometerem arbitragem no mercado de câmbio.

MIGUEL (2001), afirma que o mercado de câmbio no Brasil não é eficiente. O que poderia provocar erros de estimativa da taxa de câmbio a vista e futura. Esses erros abririam brechas para ganhos com arbitragem no mercado de câmbio brasileiro.

Dessa forma, é interessante determinar a presença de volatilidade nas taxas de câmbio a vista e futura, detectando-se, assim, a existência de risco nestes mercados. A partir daí procurar modelar essa volatilidade de forma a desenvolver modelos capazes de melhor prever essas taxas. De posse dessas previsões, detectar se ambas as taxas convergiriam, na data do vencimento dos contratos futuros, possibilitando assim, a prática, ou não, de arbitragem.

O período de análise será de quatro de janeiro de 1999 a quinze de dezembro de 2005, totalizando 1707 observações para o câmbio a vista e de dois de janeiro de 2005 a quinze de dezembro de 2005 para o câmbio futuro, totalizando 1207 observações. Os dados são referentes à taxa de câmbio nominal, real/dólar, para compra e câmbio comercial futuro, com vencimento em $t+1$, extraídos do site da Bolsa de Mercadorias & Futuros. As séries utilizadas na análise foram as séries de taxa de câmbio a vista e futura para compra em suas primeiras diferenças.

2. Metodologia

2.1. Referencial Teórico

Os contratos futuros surgiram como um aprimoramento dos contratos a termo. Nos contratos a termo as negociações teriam de ser casadas, ou seja, o vendedor de uma determinada mercadoria teria que encontrar um comprador que desejasse essa mercadoria no mesmo prazo estipulado pelo vendedor para entrega e com as devidas características da mercadoria em questão.

Os contratos futuros vêm como uma versão moderna dos contratos a termos. Nos contratos futuros os contratos são padronizados em termos de qualidade, quantidade, local de entrega e prazos, entre outros, o que facilita a negociação e reduz consideravelmente os riscos.

Dessa forma os especuladores ficam em melhor posição. Uma vez que estes não têm intenção de liquidar o contrato, contratos padronizados e com datas de vencimento generalizadas, seriam muito mais de fácil sair de uma posição comprada para posição vendida.

Para SILVA NETO (1998), o mercado futuro só tem sentido a partir do momento em que há riscos no mercado à vista. A partir daí, têm-se três principais participantes neste mercado, os hedgers, os especuladores e os arbitradores.

O hedger seria um produtor ou uma empresa utilizando o mercado para se proteger de possíveis alterações no preço de um produto. Sua atividade principal está relacionada com a produção ou o consumo de um produto específico. Um exemplo seria um produtor de café. Para se proteger das oscilações nos preços ele realiza um contrato de venda a futuro de seu produto. Esse contrato lhe garante pelo menos um preço que vai possibilitá-lo obter o lucro desejado. Caso o preço do café estiver maior na data do vencimento do contrato, o produtor não perde, mas sim deixa de ganhar, tendo seu lucro mínimo garantido.

O segundo agente nesse mercado seria o especulador. Esses agentes vendo a facilidade de operar no mercado futuro começaram a formar expectativas de preço futuros e, com base nestas expectativas, compravam e vendiam na esperança de obter lucro. Ao contrário dos hedgers, os especuladores não têm como atividade principal a produção ou o consumo das mercadorias negociadas em bolsa. É interessante deixar claro que é o hedger que traz o risco para o mercado, na medida em que planta sem ter a certeza de que venderá sua colheita e,

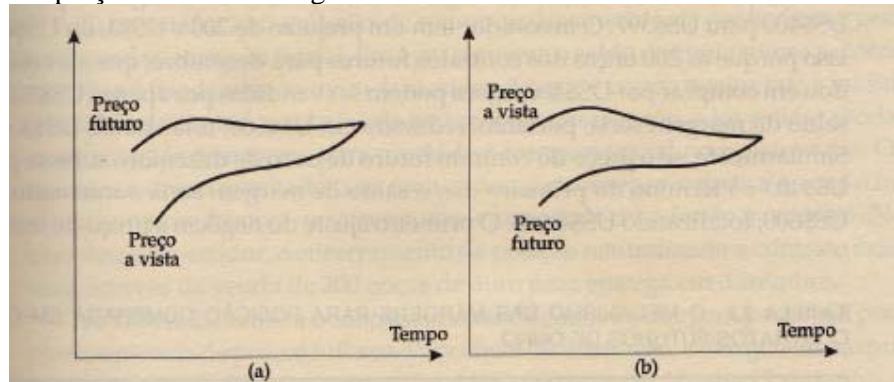
nesse sentido o especulador é de suma importância, pois ele garante que os produtos sejam vendidos no mercado. Quando o hedger não quer correr risco, deve encontrar outra pessoa para assumi-lo.

Por último, tem-se o arbitrador. O preço de um bem futuro guarda uma relação direta com o preço do produto a vista. Quando essa relação é quebrada, o arbitrador opera em ambos os mercados de modo a obter lucro, até que a relação futura e a vista dos preços se restabeleçam. Isso ficará mais claro na próxima seção.

2.1.1. Possibilidades de Arbitragem

Teoricamente os preços futuro e à vista convergem para um mesmo valor à medida que se aproxima o mês de vencimento dos contratos. Na data do vencimento, preços futuro e à vista se igualam ou ficam bem próximos.

Imagine que o preço futuro esteja acima do preço à vista no período do vencimento. Isso eleva as oportunidades de arbitragem. Os operadores vendem o contrato futuro, compram o ativo e fazem a entrega, o que faz com que o preço futuro caia. A diferença entre o preço futuro e o preço à vista do ativo determina o lucro da transação. A Figura 1a ilustra a situação em que ambos os preços devem convergir.



Fonte: HULL (1995).

Figura 1: Relação entre preço futuro e preço à vista quando se aproxima o mês de vencimento. a o preço futuro está acima do preço à vista; b o preço futuro está abaixo do preço à vista.

Caso o preço à vista esteja maior do que o preço futuro os agentes irão comprar um contrato futuro e aguardar a entrega. Com isso o preço futuro tenderá a cair. O resultado é que no longo prazo os preços futuro e à vista tendem a se igualar.

Os mercados de câmbio futuro no Brasil têm vencimento todos os meses e o prazo limite para negociação é último dia útil do mês anterior ao mês de vencimento. O tamanho de cada contrato futuro de câmbio é de US\$50.000,00 e apresentam variação mínima de R\$/US\$0,001.

Contudo não se pode esquecer que para realizar essa transação de arbitragem os arbitradores incorrem em custos de operação. Segundo dados da BMeF, as taxas de operacionalização do dólar comercial são de 0,4% (normal) e 0,2% (day trade) sobre o valor da operação. Tais taxas devem ser levadas em consideração na hora de determinar se tais operações serão lucrativas ou não.

2.2. Modelo Empírico

Os modelos mais adequados para modelar e prever a volatilidade de séries temporais são modelos de heterocedasticidade condicional. Dentre esses modelos destacam-se os

modelos ARCH (Modelo Autorregressivo de Heterocedasticidade Condicional) e GARCH (Modelo Autorregressivo de Heterocedasticidade Condicional Generalizado).

A previsão da volatilidade, ou variância, nos modelos ARCH é feita com base na volatilidade passada e por um nível médio de volatilidade.

$$Y_t = F(\bullet) + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$V(\varepsilon_t) = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_n \varepsilon_{t-m}^2 \quad (2)$$

Na equação 1, $F(\bullet)$ é uma função qualquer (pode ser uma função do tipo ARMA, SARIMA, ou mesmo uma regressão múltipla convencional) e ε_t é o resíduo dessa regressão. A equação 2 mostra que a variância, ou volatilidade, da série taxa de câmbio a vista é dada pela soma do quadrado dos resíduos defasados.

Assim como os modelos ARCH, os modelos GARCH buscam modelar a variância da série, com a vantagem de serem mais parcimoniosos do que os modelos ARCH. Nos modelos GARCH a volatilidade é dada por um nível médio de volatilidade, α_0 , pela volatilidade observada em períodos passados ($\varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-m}$), e por previsões passadas da variância ($\sigma_{t-1}^2, \dots, \sigma_{t-r}^2$). A equação 3 mostra a volatilidade modelada através de um modelo GARCH.

$$V(\varepsilon_t) = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_n \varepsilon_{t-m}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \cdots + \beta_r \sigma_{t-r}^2 \quad (3)$$

Contudo, segundo MOL *et all* (2005), a volatilidade pode apresentar assimetria, ou seja, choques negativos podem exercer influencia maior do que choques positivos sobre a volatilidade e vice-versa, o que é conhecido por alavancagem. Para captar essa assimetria, modelos TARCH, que pertencem à família GARCH, são os mais utilizados. Tal modelo considera que a volatilidade é determinada pelos mesmos fatores discutidos para o modelo GARCH, mais um termo que determinaria a assimetria da volatilidade ($\varepsilon_{t-1} d_t$). A equação 4 mostra a previsão da volatilidade considerando um modelo TARCH de assimetria.

$$V(\varepsilon_t) = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_n \varepsilon_{t-m}^2 + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 d_t + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \cdots + \beta_r \sigma_{t-r}^2 \quad (4)$$

Caso γ seja significativo, é identificada a presença de assimetria na volatilidade. Admitindo que $d_t = 1$, se $\varepsilon_t < 0$, como choques negativos, e $d_t = 0$, se $\varepsilon_t > 0$, para choques positivos. O efeito de ε_{t-1}^2 será α para choques positivos e $\alpha + \gamma$ para choques negativos.

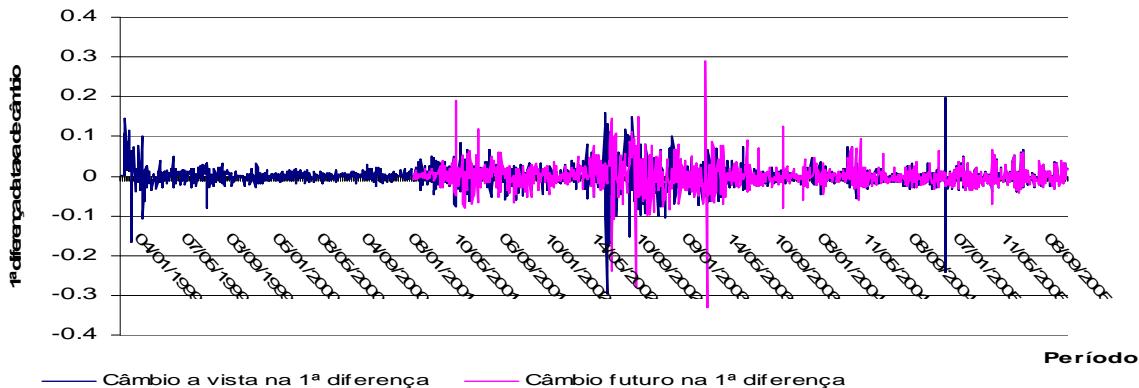
3. Resultados e Discussão

A análise se inicia através da visualização gráfica da série de câmbio para compra a vista e câmbio futuro, assim como suas respectivas primeiras diferenças, na tentativa de identificar um comportamento de volatilidade.



Fonte: Dados do trabalho.

Figura 2: Câmbio a vista para compra e câmbio futuro.



Fonte: Dados do trabalho.

Figura 3: Câmbio a vista para compra e futuro diferenciada uma vez.

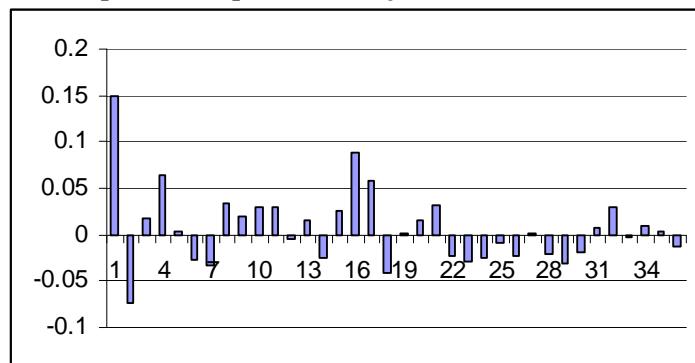
Nota-se, pelas Figuras 2 e 3, que as séries de câmbio para compra a vista e futura, assim como suas primeiras diferenças apresentam, aparentemente, um comportamento volátil. Contudo, a análise gráfica não é suficiente para detectar a presença de heterocedasticidade ou volatilidade da série, sendo necessário determinar modelos de heterocedasticidade condicional auto-regressiva generalizados da família GARCH.

Inicialmente deve-se especificar uma equação genérica (a função $F(\bullet)$ da equação 1). Essa equação será especificada como um modelo de séries temporais do tipo ARIMA(p,d,q). O objetivo de se especificar tal modelo é tornar os resíduos não correlacionado e possuindo média zero.

As séries utilizadas foram as séries das primeiras diferenças do câmbio a vista para compra e do câmbio futuro, especificadas anteriormente, que são estacionárias, indicando que “d” é zero, Segundo LAMONIER (2000), a escolha destes modelos pode ser dada por meio da análise da Função de Autocorrelação (FAC) e Função de Autocorrelação Parcial (FACP), apresentadas a seguir nas Figuras 4, 5, 6 e 7. Vale ressaltar que os dados utilizados, a partir de agora, para determinar os modelos mais adequados, excluem as últimas 30 observações.

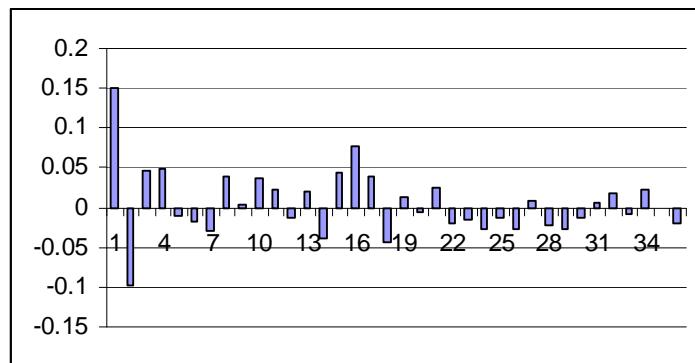
Como pode ser visto nas Figuras 4 e 5, o comportamento da FAC e da FACP da série de câmbio a vista na primeira diferença, é de queda exponencial ou na forma de senóide amortecida nos *lags* iniciais, comportamento semelhante para a FAC e a FACP da série de câmbio futuro, indicando um modelo ARMA(p,q).

A ordem do modelo ARMA(p,q) não pode ser determinada de forma exata. O procedimento indicado é estimar diferentes configurações do modelo ARMA, selecionando os que melhores resultados apresentam para a formação de um modelo GARCH.



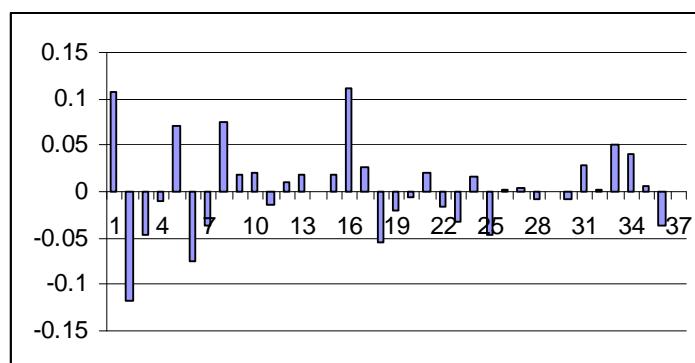
Fonte: Dados do trabalho.

Figura 4: FAC da série de câmbio diferenciado.



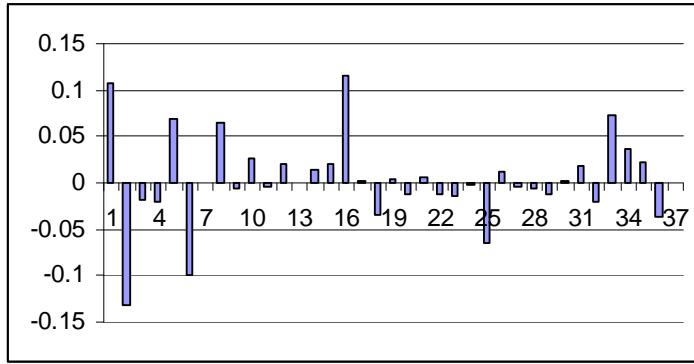
Fonte: Dados do trabalho.

Figura 5: FACP da série de câmbio a vista diferenciado.



Fonte: Dados do trabalho.

Figura 6: FAC da série de Câmbio futuro na primeira diferença.



Fonte: Dados do trabalho.

Figura 7: FACP da série de câmbio futuro na primeira diferença.

Com base no procedimento descrito anteriormente foram estimados dois modelos ARMA, ARMA(1,1), ARMA(2,2), tomando como base as funções de autocorrelação e autocorrelação parcial de ambas as séries em diferença. As Tabelas 1 e 2 apresentam os modelos ARCH(1,1), que foram os que melhor se ajustaram, assim como os critérios de AIC e SBC.

Tabela 1: Modelo ARMA(1,1) para câmbio à vista.

DTx	Const.	DTx(-1)	$\mu(-1)$	AIC	SBC
1	0,0006 (0,4209)	-0,26439 (0,0000)	0,43716 (0,0000)	-4,25780	-4,24827

Fonte: Dados do trabalho.

Nota: Os valores em parênteses são os p-valor.

Tabela 2: Modelo ARMA(1,1) para câmbio futuro.

DTx	Const.	DTx(-1)	$\mu(-1)$	AIC	SBC
1	0,0002 (0,8032)	-0,52834 (0,0000)	0,66490 (0,0000)	-3,93452	-3,92157

Fonte: Dados do trabalho.

Nota: Os valores em parênteses são os p-valor.

A opção por um modelo partaria a princípio pelo critério da parcimônia. Contudo, uma análise mais detalhada foi realizada para verificar quais destes modelos apresentam resíduos não correlacionados. Os resíduos de ambos os modelos, para as duas variáveis, se mostraram não correlacionados. Contudo os modelos ARMA(2,2) foram super-identificados, ou seja, os coeficientes de segunda ordem do AR e do MA não foram significativos. A Tabela 3 mostra o teste Q, para um grupo de autocorrelações, de Box e Pierce, cuja hipótese nula é de ausência de autocorrelação.

Tabela 3: Teste Q de Box e Pierce para autocorrelação para todos os erros dos modelos estimados.

Modelos	Valor do teste Q
ARMA(1,1) para câmbio à vista	50,63461 ^{ns}
ARMA(2,2) para câmbio à vista	43,84500 ^{ns}
ARMA(1,1) para câmbio futuro	51,75387 ^{ns}
ARMA(2,2) para câmbio futuro	46,01835 ^{ns}

Fonte: Dados do trabalho.

ns – não significativo

Resta analisar o comportamento da variância dos resíduos dos modelos ARMA(1,1), com o objetivo de detectar a presença de heterocedasticidade condicional auto-regressiva, ou seja, se apresentam um padrão de comportamento tipo GARCH.

O teste do multiplicador de lagrange, que testa a hipótese nula de não correlação das variâncias foi utilizado para confirmação da presença de heterocedasticidade. O teste consiste em tomar o R^2 da equação $\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_n \varepsilon_{t-n}^2$ e multiplicá-lo pelo número de observações. Tal teste é apresentado nas Tabelas 4 e 5. Caso um dos parâmetros desta equação seja significativo, tem-se que a variância (volatilidade) dos resíduos do ARMA(1,1) apresentam comportamento do tipo GARCH.

Como pode ser observado, a estatística do multiplicador de lagrange confirma, para todas as defasagens, que os resíduos dos modelos ARMA(1,1) apresentam comportamento do tipo GARCH, ou seja, possuem heterocedasticidade condicional.

Tabela 4: Resultado do teste do multiplicador de lagrange para os resíduos do modelo ARMA(1,1) de câmbio à vista.

Defasagens do ε^2	Estatística	
	F	$R^2 \cdot \text{observações}$
1	280,3591*	241,2088*
3	117,4490*	292,8039*
5	75,99616*	311,8240*
9	44,49915*	325,9323*
12	33,71827*	329,0060*

Fonte: Dados do trabalho.

* - significativo a 1%.

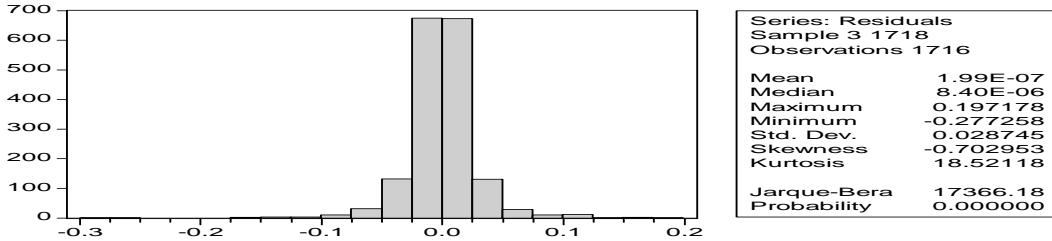
Tabela 5: Resultado do teste do multiplicador de lagrange para os resíduos do modelo ARMA(1,1) de câmbio futuro.

Defasagens do ε^2	Estatística	
	F	$R^2 \cdot \text{observações}$
1	159,1902*	140,3926*
3	53,79424*	142,2770*
5	32,70068*	144,1043*
9	18,83568*	149,1199*
12	14,14427*	149,5740*

Fonte: Dados do trabalho.

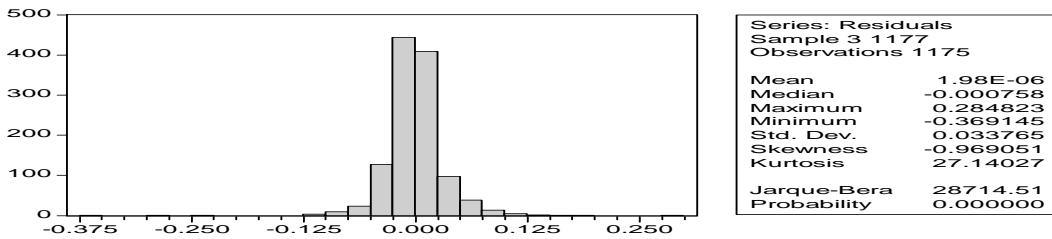
* - significativo a 1%.

Confirmada a presença de heterocedasticidade condicional resta determinar a ordem dos modelos GARCH, mas antes é necessário confirmar a distribuição dos erros como normal, pois os modelos GARCH são estimados por Máxima Verossimilhança. Para isso foi aplicado o teste de Jarque-Bera que indica se a hipótese de normalidade dos resíduos deve ser rejeitada. O teste é apresentado nas Figuras 8 e 9.



Fonte: Dados do trabalho.

Figura 8: Teste Jarque-Bera para normalidade dos resíduos do modelo para câmbio à vista.



Fonte: Dados do trabalho.

Figura 9: Teste Jarque-Bera para normalidade dos resíduos do modelo para câmbio futuro

O coeficiente de assimetria e de curtose para uma distribuição normal é próximo de zero e três, respectivamente. Os valores encontrados no trabalho foram consideravelmente diferentes desses valores, indicando a ausência de normalidade nos erros. O teste Jarque-Bera, rejeita a hipótese de normalidade dos erros em ambos os casos. Sendo assim, para o modelo GARCH estimado neste trabalho deve-se adotar a opção de Covariâncias Consistentes de Heterocedasticidade.

Com base nos valores do correlograma dos resíduos ao quadrado, dos modelos ARMA(1,1), uma possível especificação para um modelo de heterocedasticidade condicional seria um ARCH(4) para câmbio a vista e um ARCH(1) para câmbio futuro. Os resultados encontrados estão nas Tabelas 6 e 7. Os resultados mostram que todos os coeficientes são significativos, indicando que estes modelos são satisfatórios para modelar a variância da taxa de câmbio a vista e futura. Contudo, ele peca por não ser parcimonioso, especificamente para o modelo de câmbio a vista.

Tabela 6: Equação da Variância da série do câmbio a vista na primeira diferença (Modelo ARCH(9) para volatilidade da taxa de câmbio).

	Contant	ε_{t-1}^2	ε_{t-2}^2	ε_{t-3}^2	ε_{t-4}^2
	0,0001	0,1961	0,2395	0,4262	0,0857
	(0,0000)	(0,0116)	(0,0030)	(0,0109)	(0,0702)
AIC		-4,845550			
SBC		-4,820152			

Fonte: Dados do trabalho.

Nota: Os valores em parênteses são os p-valor.

Tabela 7: Equação da Variância da série do câmbio futuro na primeira diferença (Modelo

ARCH(9) para volatilidade da taxa de câmbio).

	Contant	ε_{t-1}^2
	0,0004 (0,0000)	0,8218 (0,0000)
AIC		-4,310417
SBC		-4,288847

Fonte: Dados do trabalho.

Nota: Os valores em parênteses são os p-valor.

Outras especificações para modelagem da volatilidade são os modelos GARCH e TARCH. Nos modelos GARCH a previsão da variância é dada por um nível médio de volatilidade de longo prazo, pela volatilidade observada em períodos passados e por previsões passadas da variância. Os modelos TARCH verificam a existência de assimetria na volatilidade. Ambos os modelos são mais parcimoniosos que os modelos ARCH. Sendo assim, foram estimados modelos GARCH(1,1) e TARCH(1,1) para câmbio à vista e câmbio futuro. Estes modelos são apresentados nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9: Equação da Variância da série do câmbio a vista na primeira diferença (Modelo GARCH(1,1) para volatilidade da taxa de câmbio).

	Constante	ε_{t-1}^2	σ_{t-1}^2
	0,000009 (0,0009)	0,15529 (0,0002)	0,845172 (0,0000)
AIC	-4,905919		
SBC	-4,886871		

Fonte: Dados do trabalho.

Nota: Os valores em parênteses são os p-valor.

Tabela 10: Equação da Variância da série do câmbio futuro na primeira diferença (Modelo GARCH(1,1) para volatilidade da taxa de câmbio).

	Constante	ε_{t-1}^2	σ_{t-1}^2
	0,00005 (0,0175)	0,320596 (0,0000)	0,676896 (0,0000)
AIC	-4,483776		
SBC	-4,457892		

Fonte: Dados do trabalho.

Nota: Os valores em parênteses são os p-valor.

Os modelos GARCH(1,1) apresentaram ótimos resultados. Todos os seus coeficientes foram significativos, além de apresentarem critérios de AIC e SBC menores do que os modelos ARCH, indicando que estes sejam os mais adequados para modelagem da variância das séries.

As Tabelas 11 e 12 apresentam os modelos TARCH(1,1) para câmbio a vista e futuro.

Tabela 11: Equação da Variância da série do câmbio a vista na primeira diferença (Modelo TARCH(1,1) para volatilidade da taxa de câmbio).

	Constante	ε_{t-1}^2	$\varepsilon_{t-1}^2 d$	σ_{t-1}^2
	0,00001 (0,0017)	0,249400 (0,0000)	-0,195613 (0,0011)	0,844026 (0,0000)
AIC	-4,940168			
SBC	-4,917945			

Fonte: Dados do trabalho.

Nota: Os valores em parênteses são os p-valor.

Tabela 12: Equação da Variância da série do câmbio futuro na primeira diferença (Modelo TARCH(1,1) para volatilidade da taxa de câmbio).

	Constante	ε_{t-1}^2	$\varepsilon_{t-1}^2 d$	σ_{t-1}^2
	0,00005 (0,0147)	0,364629 (0,0000)	-0,081437 (0,4259)	0,669500 (0,0000)
AIC	-4,483278			
SBC	-4,453079			

Fonte: Dados do trabalho.

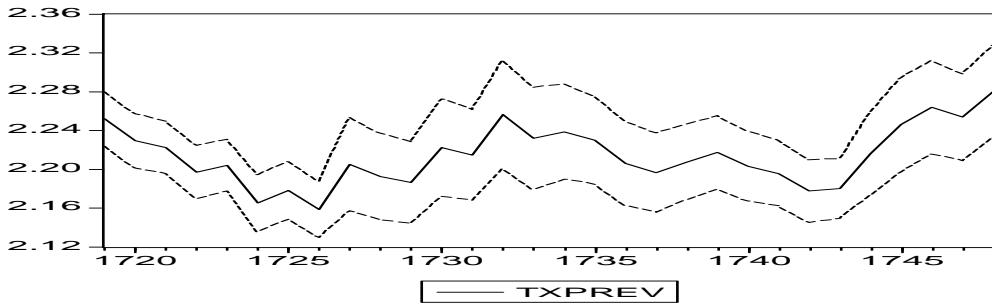
Nota: Os valores em parênteses são os p-valor.

Assim como nos modelos GARCH estimados, os modelos TARCH apresentam todos os seus coeficientes significativos, à exceção do coeficiente que indicaria assimetria para o modelo de câmbio futuro, mostrando que neste mercado choques positivos e negativos exercem influencias iguais sobre a variância da série, além de apresentarem menores valores para os critérios de AIC e de SBC do que os modelos ARCH.

Pode-se verificar que os coeficientes de persistência de volatilidade dados pela soma dos coeficientes $\sum \alpha_i + \sum \beta_i$ para os modelos GARCH(1,1) e a soma dos coeficientes $\sum \alpha_i + \sum \beta_i + \gamma/2$ para os modelos TARCH(1,1) são praticamente iguais a 1, indicando que choques na volatilidade perdura por um longo período de tempo nas séries em questão. A significância do parâmetro que indica a assimetria, diz que choques negativos levam a uma volatilidade maior na série de câmbio a vista na primeira diferença do que choques positivos. Isso porque se tomou o valor zero para erros positivos e o valor 1 para erros negativos.

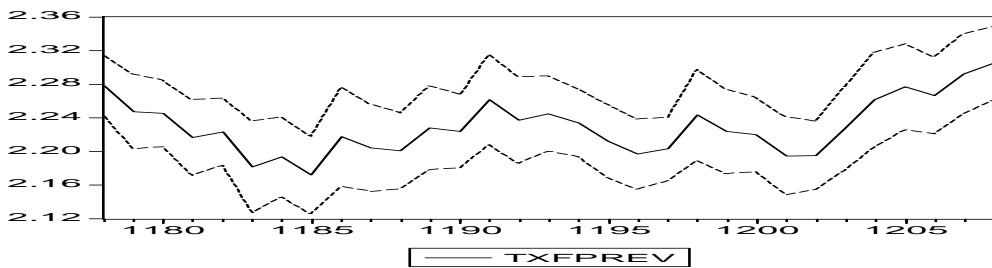
Além disso, pode-se afirmar que as informações correntes sobre a volatilidade permanecerão sendo importantes para explicar a variância condicional da taxa de câmbio a vista e futuro por um período de tempo relativamente longo, o que indica um elevado grau de risco no mercado a vista e futuro de câmbio.

As previsão para a taxa de câmbio a vista foi realizada utilizando o modelo TACH(1,1) já que detectou-se assimetria para esta série. Para a série de câmbio futuro realizou-se previsões com o modelo GARCH(1,1). A Figuras 10 e 11 mostram os resultados do ajustamento de previsão do modelo TARCH(1,1) para câmbio a vista e do modelo GARCH(1,1) para câmbio futuro para o período de 03/11/2005 a 15/12/2005. Pode-se perceber que a variância de previsão se mantém, de certa forma, constante durante o período previsto, o que indica que os modelos ajustados foram bons para determinar a previsão do câmbio a vista e futuro.



Fonte: Dados do trabalho

Figura 10: previsão para câmbio a vista no período de 03/11/2005 a 15/12/2005, totalizando 30 observações.



Fonte: Dados do Trabalho.

Figura 11: previsão para câmbio a vista no período de 03/11/2005 a 15/12/2005, totalizando 30 observações.

A qualidade de ajustamento do modelo também pode ser confirmada através da análise das estatísticas contidas na Tabela 13.

Tabela 13 – Valor das estatísticas que avaliam a eficiência de previsão do modelo.

Estatísticas	Valor da estatística para previsão para câmbio à vista para as 30 últimas observações	Valor da estatística para previsão para câmbio futuro para as 30 últimas observações
(i) Root mean squared error	0,018979	0,020369
(ii) Mean absolute error	0,015883	0,016937
(iii) Mean absolute percentage error	0,716239	0,759484
(iv) Theil inequality coefficient	0,004284	0,004571
(v) Bias proportion	0,005970	0,001439
(vi) Variance proportion	0,008858	0,003136
(vii) Covariance proportion	0,985173	0,995365

Fonte: Dados do trabalho.

Na Tabela 13 pode-se perceber, de acordo com as estatísticas que avaliam a eficiência da previsão, que os modelos ajustados, a princípio, são bons modelos de previsão. Na Tabela 13, (i) e (ii) dependem da escala da variável e devem ser usados como média relativa; (iii) e (iv) independem da escala, sendo que (iv) varia entre 0 e 1, sendo que zero indica um ajustamento perfeito; (v) e (vi) mostram, respectivamente, a distância que a média e variância da previsão estão da média da série real, enquanto que (vii) apresenta o restante dos erros não

sistemáticos da previsão. Note que (v), (vi) e (vii) somam 1, de modo que, se a previsão for boa, (v) e (vi) devem ser próximos de zero, fazendo com que (vii) se aproxime de 1.

As estatísticas apresentadas na Tabela 13 são mais adequadas para comparar modelos de previsão. Contudo, podem-se tirar algumas conclusões a cerca da eficiência da previsão dos modelos estimados. Os valores de (i), (ii) e (iii) são bem pequenos, assim como (iv), o que indica que os modelos apresentam um ajustamento “quase perfeito”. Na mesma Tabela, (v) e (vi) apresentam valores muito próximos de 0; (vii) valor próximo de 1, indicando uma concentração em (vii), o que equivale dizer que a previsão foi boa.

A Tabela 14 mostra os valores observados e previstos para o período de 03/11/2005 a 15/12/2005. Observe que para nenhum período os erros de previsão ultrapassam 2%, indicando que os modelos possuem grande poder preditivo.

Tabela 14 – Previsão para taxa de câmbio nominal para o período de 2004/11 a 2005/10.

Período	Valores Observados para câmbio à vista	Valores Previstos (método Estático) para câmbio à vista	Erro * (%) do câmbio à vista	Valores Observados para câmbio futuro	Valores Previstos (método Estático) para câmbio futuro	Erro * (%) do câmbio futuro
03/11/2005	2.2328	2.251847	0.853073	2.251461	2.247364	-0.18195
04/11/2005	2.2223	2.229379	0.318558	2.242951	2.245088	0.095257
07/11/2005	2.2005	2.222352	0.993062	2.220543	2.216664	-0.17468
08/11/2005	2.2024	2.197054	-0.24274	2.220418	2.223334	0.131316
09/11/2005	2.1709	2.204276	1.53745	2.187254	2.181617	-0.25771
10/11/2005	2.1749	2.165067	-0.45212	2.188995	2.193378	0.200238
11/11/2005	2.1625	2.178354	0.733113	2.176549	2.172172	-0.2011
14/11/2005	2.1982	2.158617	-1.80072	2.210306	2.217358	0.319044
16/11/2005	2.1966	2.205245	0.393558	2.208998	2.203952	-0.22845
17/11/2005	2.1858	2.192382	0.301142	2.198007	2.200547	0.115569
18/11/2005	2.2179	2.186233	-1.42781	2.226564	2.228081	0.068115
21/11/2005	2.2173	2.222122	0.217484	2.225039	2.223934	-0.04968
22/11/2005	2.2503	2.214731	-1.58065	2.256893	2.261389	0.19921
23/11/2005	2.2372	2.256251	0.851571	2.242076	2.237354	-0.21062
24/11/2005	2.2362	2.231885	-0.19296	2.241488	2.244956	0.154735
25/11/2005	2.2321	2.238648	0.29334	2.236787	2.233929	-0.12776
28/11/2005	2.2086	2.229964	0.967304	2.212667	2.212175	-0.02224
29/11/2005	2.1972	2.20607	0.403714	2.198016	2.196885	-0.05144
30/11/2005	2.2062	2.196647	-0.43302	2.201557	2.202913	0.061592
01/12/2005	2.2169	2.207574	-0.42069	2.239837	2.243286	0.154005
02/12/2005	2.2053	2.217496	0.553053	2.22728	2.223559	-0.16704
05/12/2005	2.196	2.203054	0.321213	2.217986	2.219766	0.080239

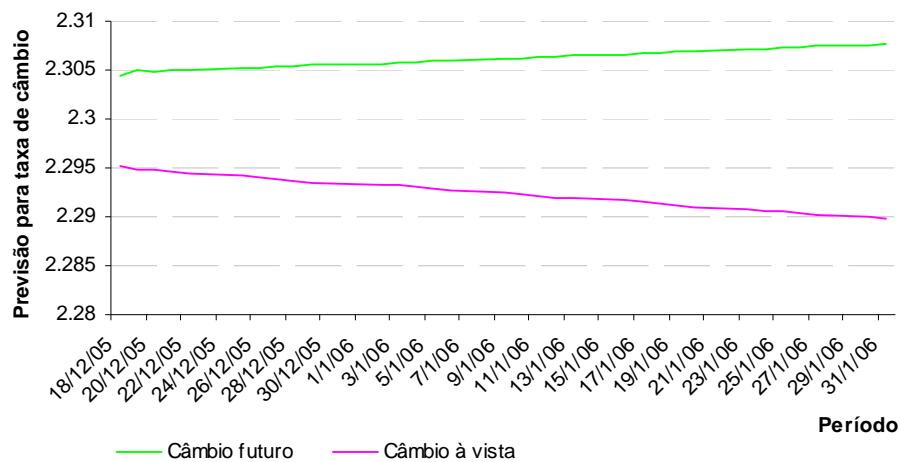
06/12/2005	2.1799	2.195602	0.720331	2.197905	2.194541	-0.15304
07/12/2005	2.1792	2.177526	-0.07683	2.193151	2.195181	0.092579
08/12/2005	2.2119	2.180126	-1.43648	2.225347	2.227635	0.102804
09/12/2005	2.2438	2.215947	-1.24133	2.259296	2.261595	0.101753
12/12/2005	2.2626	2.24607	-0.7306	2.276319	2.276722	0.017704
13/12/2005	2.2557	2.263903	0.363639	2.267626	2.266519	-0.04883
14/12/2005	2.2771	2.253764	-1.0248	2.289104	2.292444	0.145904
15/12/2005	2.2949	2.28102	-0.60481	2.304981	2.30451	-0.02041

Fonte: Dados do trabalho.

* - o erro foi calculado pela formula $erro = ((Tx_{previsto} - Tx_{observado}) / Tx_{observado}) * 100$

A Figura 12 mostra os valores previstos para o câmbio a vista e futuro um mês à frente. Neste caso as 30 últimas observações, ou seja, o período de 03/11/2005 a 15/12/2005, foi incorporado ao modelo. As análises sobre a existência de condições propícias para praticar arbitragens foram feitas tomando como foco, os períodos de prazo limite para negociação, ou seja, o último dia útil do mês anterior ao mês do contrato.

Neste caso, apresentam-se duas datas possíveis: 29/12/2005 e 31/01/2006. O câmbio futuro apresenta uma leve tendência de alta, fechando em 29/12/2005 a R\$2,3055 e o câmbio a vista fecharia a R\$2,2953. Para a data de 31/01/2006 a taxa de câmbio futura fecharia a R\$2,3076 o dólar, ao passo que o câmbio à vista tende a cair, fechando em 31/01/2006 em R\$2,2898 o dólar.



Fonte: Dados do trabalho.

Figura 12: Previsão para taxa de câmbio a vista e futura para o período de 18/12/2005 a 31/01/2006.

Tomando o valor de cada contrato de câmbio futuro a US\$50.000,00, ter-se-ia para a primeira data de fechamento, 29/12/2005, uma diferença de aproximadamente R\$0,012 por dólar. Neste caso, há margem para prática de arbitragem no mercado de câmbio, desde que os custos de transações neste mercado não cheguem a R\$600,00 por contrato, que seria o lucro do arbitrador caso os custos fossem zero.

Considerando uma taxa de operação de 0,4%, do valor da operação, a custo de operação de cada contrato seria de US\$200,00. A diferença entre as taxas seriam de US\$261,66, o que geraria um lucro de US\$61,66 por contrato negociado, praticando arbitragem, ao considerar a primeira data de vencimento e a taxa de câmbio a vista prevista para esta data.

A segunda data de fechamento, 31/01/2005, apresenta uma diferença de aproximadamente R\$0,017 por dólar. A partir desse resultado, a prática de arbitragem seria possível desde que os custos de transação no mercado não ultrapassassem R\$850,00 por contrato negociado.

Para a segunda data de vencimento, tomando uma taxa de operação de 0,4% do valor da operação, o lucro obtido com a arbitragem, descontado a taxa de operação, seria ainda maior, sendo de aproximadamente US\$171,21, considerando a taxa de câmbio a vista prevista para esta data.

Verifica-se uma leve tendência de alta para a taxa de câmbio futura e de queda para a taxa de câmbio a vista. Isso tende a elevar o lucro com a prática de arbitragem. Porém, teoricamente o mercado tende a corrigir essas desigualdades de modo a gerar algum mecanismo capaz de forças com que ambas as taxas convirjam, à medida que as operações de arbitragem forem sendo praticadas. À medida que os contratos forem sendo liquidados a tendência é a taxa de câmbio futura cair e a taxa de câmbio a vista aumentar, convergindo para um mesmo valor e eliminando a arbitragem.

4. Conclusões

O trabalho objetivou verificar a presença de volatilidade no mercado de câmbio a vista e futuro, assim como realizar previsões e, a partir dessas, verificar a possibilidade de obter lucros com arbitragem no mercado de câmbio brasileiro.

Os resultados mostraram que os mercados de câmbio a vista e futuro são altamente voláteis, e que o mercado de câmbio a vista apresenta uma assimetria, sendo mais afetado por impactos negativos, o que já não ocorreu com o mercado futuro de câmbio. A análise de volatilidade também mostrou que a influencia dos impactos sobre a variância de ambas as taxas de câmbio em questão, perduram por um longo período de tempo, indicando um elevado grau de risco em ambos os mercados.

A partir de modelos de previsão bem ajustados, estimou-se a taxa de câmbio para os períodos de 18/12/2005 a 31/01/2006. Considerando uma taxa de operacionalização de 0,4%, no mercado futuro de câmbio, verificou-se que a prática de arbitragem é seria lucrativa nas duas datas de vencimento do contrato, que compreendem o período previsto. Além disso, verificasse uma divergência entre as taxas de câmbio futuro e a vista, com a primeira apresentando leve tendência de alta e a segunda de queda, o que aumentaria os lucros com a prática da arbitragem.

Finalmente, o mercado tende a eliminar a possibilidade de geração de lucros com a arbitragem, uma vez que à medida que os contratos forem sendo liquidados, o câmbio futuro tende a cair a taxa de câmbio a vista tende a aumentar, de forma que ambas convirjam. Observando o comportamento as séries em nível, observa que alguns momentos no tempo elas se distanciam, mesmo que por pouco, ora o câmbio a vista sendo maior, ora o câmbio futuro sendo maior. Ocorre que este fenômeno pode estar ocorrendo e, uma período onde o câmbio futuro se coloca a cima do câmbio a vista pode estar tendo início, possibilitando ganhos com arbitragem.

Referencia Bibliográfica

BILLI, M. e VIEIRA, F. BM&F incha e favorece maior volatilidade. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro>. Acesso em 10 de outubro de 2005.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. New York: John Wiley, 1995. 433p.

HULL, J. **Introdução aos mercados futuros e de opções**. 2^a ed. São Paulo: BM&F, 1996. 448p.

LAMOUNIER, W.M. **Comportamento dos Preços No Mercado "Spot" de Café do Brasil: Análise nos domínios do Tempo e da Freqüência**. 207 f. Tese (doutorado em Economia Aplicada)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

MIGUEL, P.P. Paridade de Juros, Fluxo de Capitais e Eficiência do Mercado de Câmbio do Brasil: Evidências dos anos 90. Disponível em <www.econ.fea.usp.br/novo_site/postgraduacao/defesas_dissert.html>. Acesso em 10 de outubro de 2005.

MOL, A. L. R., CASTRO JUNIOR, L. G., SATADI, T. e FIGUEIREDO, D.F. Assimetria na Volatilidade dos Retornos de Derivativos de Café. Disponível em <www.bmf.com.br/pages/educacional1/publicacoes/resenha1/PDFs/res157/artigostecnicos2.pdf> Acesso em 10 de outubro de 2005.

SILVA NETO, L. A. **Derivativos**: definições, emprego e risco. 2^a ed. São Paulo: Atlas, 1998. 298p.