

## 9

### Previsão da taxa de câmbio no Brasil

Uma questão deixada em aberto pelos modelos apresentados nos Capítulos anteriores diz respeito à capacidade dos mesmos de prever os movimentos futuros da taxa de câmbio. O objetivo deste Capítulo será avaliar a capacidade preditiva dos modelos apresentados e compará-las contra o modelo *benchmark*, o passeio aleatório, na linha dos trabalhos Meese e Rogoff (1983), Cheung, Chinn e Pascual (2005) e Evans e Lyons (2002).

A análise apresenta duas inovações frente aos trabalhos anteriores: *i*) incorporam-se os dados do mercado futuro de câmbio, avaliando a capacidade de previsão dos modelos para as cotações deste mercado; *ii*) compara-se a capacidade de previsão da taxa de câmbio intradiária do modelo de microestrutura contra o passeio aleatório.

Os modelos utilizados para criar as previsões podem ser classificados em cinco grupos: *i*) o modelo de microestrutura puro; *ii*) a relação da Paridade Descoberta da Taxa de Juros (UIP); *iii*) o modelo macroeconômico; *iv*) o modelo híbrido, que incorpora componentes macroeconômicos e de microestrutura; *v*) o passeio aleatório. O objetivo é comparar a capacidade de previsão fora da amostra destes modelos um e dois dias a frente. Adicionalmente compara-se a capacidade preditiva fora da amostra do passeio aleatório contra o modelo de microestrutura puro para os próximos 5, 10, 15, 30 e 60 minutos.

De uma forma geral, os resultados dão amplo suporte à abordagem da microestrutura da taxa de câmbio, tanto no mercado à vista quanto no mercado futuro. Na frequência intradiária, o modelo de microestrutura puro apresenta estimativas consistentemente superiores ao passeio aleatório, qualquer que seja o mercado e o horizonte de previsão. Para as previsões um dia à frente, os resultados do modelo híbrido mostram-se superiores a todas as demais especificações, fornecendo estimativas em média 40% mais precisas para taxa de câmbio que o passeio aleatório.

## 9.1. Modelos

O primeiro modelo apresentado é o modelo de microestrutura puro, que é uma versão simplificada do modelo do Capítulo 4, em que a única variável explicativa das variações da taxa de câmbio é o fluxo de ordem. Berger et al. (2005) e Ito e Hashimoto (2006) são exemplos de artigos que exploram o modelo de microestrutura puro.

Assim, este modelo tem a seguinte forma funcional:

$$\Delta s_t = \beta OF_t + \varepsilon_t \quad (21)$$

Em que  $\Delta s_t$  é a variação do logaritmo taxa de câmbio entre os períodos  $t-1$  e  $t$  e  $OF_t$  é o fluxo de ordem acumulado neste mesmo intervalo de tempo.

O segundo modelo estudado é a relação da Paridade Descoberta da Taxa de Juros (UIP), apresentado no Capítulo 2. A UIP estabelece uma relação direta entre os movimentos da taxa de câmbio e o diferencial de juros entre os países. Ao contrário dos demais modelos, a equação da UIP não precisa ser estimada para produzir previsões sobre a taxa de câmbio, na medida em que seus coeficientes já estão determinados.

A UIP pode ser expressa como:

$$s_{t+1} = s_t + i_{t,t+i} - i_{t,t+1}^* \quad (22)$$

Em que  $s_t$  é a taxa de câmbio medida em unidades de moeda doméstica por unidades de moeda estrangeira,  $i_{t,t+i}$  é a taxa de juros doméstica com vencimento em  $t+1$  e  $i_{t,t+1}^*$  é a taxa de juros externa com definição semelhante.

O modelo macroeconômico está em linha com os modelos analisados por Meese e Rogoff (1983) e Cheung, Chinn e Pascual (2005), em que um conjunto de fundamentos macroeconômicos explicaria as variações da taxa de câmbio nominal.

De acordo com estes modelos, o processo que descreve a taxa de câmbio pode ser expresso como:

$$s_t = \alpha z_t + u_t \quad (23)$$

Em que  $z_t$  é um vetor  $k \times 1$  de fundamentos macroeconômicos. Nelson, Mark e West (2007) estudam diversos modelos com a forma (23), em que os fundamentos macroeconômicos variam do diferencial da quantidade de moeda entre os países, diferenciais de juros, termos de troca, etc. Como o foco é na previsão da taxa de câmbio nas frequências intradiária e diária, os fundamentos macroeconômicos considerados serão basicamente variáveis financeiras, como diferenciais de juros e prêmios de risco.

Para o modelo macroeconômico, procede-se com a estimação da primeira diferença da forma (23), o que fornece o modelo:

$$\Delta s_t = \alpha \Delta z_t + \varepsilon_t \quad (24)$$

Em que os fundamentos macroeconômicos,  $z_t$ , serão os diferenciais de juros entre as moedas e o prêmio de risco medido pelo risco país.

O quarto modelo é um modelo híbrido, como o desenvolvido no Capítulo 4, que incorpora tanto elementos de microestrutura quanto os elementos macroeconômicos expostos acima.

Este modelo toma a seguinte forma funcional:

$$\Delta s_t = \beta OF_t + \alpha z_t + \varepsilon_t \quad (25)$$

Em que todas as variáveis têm a mesma definição que a dada anteriormente. Assim, estima-se um modelo em que tanto as informações macroeconômicas (diferenciais de juros e prêmios de risco país) quanto variáveis de microestrutura (fluxo de ordem) afetarão a taxa de câmbio.

O último modelo estimado é o passeio aleatório, que servirá como o *benchmark* de comparação da capacidade de previsão fora da amostra dos modelos. Este é o mais simples de todos os modelos apresentados, em que a taxa de câmbio em  $t$  é simplesmente aquela que fora em  $t-1$  mais um termo não previsível, isto é:

$$s_t = s_{t-1} + \varepsilon_t \quad (26)$$

Para estimar os modelos e produzir previsões comparáveis entre os mesmos, tanto para os dados intradiários quanto diários, procede-se com a estimação de *Rolling Regressions*, como é convenção nesta literatura. Este método consiste de selecionar uma determinada janela de tempo e estimar os

parâmetros do modelo a fim de produzir estimativas fora da amostra com os mesmos. Após a produção das estimativas, desloca-se a janela uma observação à frente, de forma a reproduzir os passos anteriores até a criação de novas estimativas. Este procedimento é repetido até que a última observação da base de dados entre na janela de estimação. O método de estimação é mínimos quadrados ordinários, como em Meese e Rogoff (1983) e Cheung, Chinn e Pascual (2005).

Estima-se estes *Rolling Regressions* a partir do primeiro dia da base de dados, com uso dos dados de cinco minutos e diários. A escolha da janela de estimação deve ser feita de forma a fornecer graus de liberdade suficientes para a estimação dos parâmetros. Para os dados intradiários se utiliza uma janela dos últimos cinco dias de pregão, de tal forma que o primeiro período de estimação é referente às 9:00 do dia 08/02/2006.

Utilizando estes parâmetros estimados, gera-se previsões para as 9:05, 9:10, 9:15, 9:30 e 10:00. Em seguida, adiciona-se a informação referente às 9:05 do dia 08/02/2006, estima-se novamente os parâmetros e se faz as mesmas previsões para os 5, 10, 15, 30 e 60 minutos seguintes. Como as únicas informações intradiárias possuídas são as informações do pregão de câmbio da BM&F, estima-se nesta frequência apenas o modelo de microestrutura e o passeio aleatório.

Para a frequência diária, escolhe-se uma janela dos últimos 10 dias de pregão, de forma que as primeiras previsões são referentes ao dia 15/02/2006. Nesta frequência, estimam-se todos os cinco modelos apresentados e comparam-se suas capacidades preditivas. Assim, prevê-se a taxa de câmbio para os próximos 1 e 2 dias.

Para que os modelos forneçam previsões, é necessário que se tenha uma medida das expectativas dos parâmetros para os diferentes horizontes de previsão. Em linha com o artigo de Meese e Rogoff (1983), utiliza-se as realizações futuras destes parâmetros no lugar de suas expectativas, um procedimento que pode ser compreendido como *perfect foresight*.

## **9.2. Critérios de comparação das estimativas**

Como forma de comparar as previsões fora da amostra dos diferentes modelos, utiliza-se como métrica a razão do Erro Quadrático Médio (EQM) destes com o do passeio aleatório, procedimento este em consonância com o

utilizado em Meese e Rogoff (1983) e Cheung, Chinn e Pascual (2005). De acordo com este método, uma razão do EQM maior (menor) do que 1 significa uma menor (maior) precisão das estimativas do modelo do que o passeio aleatório.

Além do Erro Quadrático Médio, calcula-se o Erro Percentual Médio de Previsão (EMP), que afere a taxa média do desvio da previsão do modelo com a realização efetiva da taxa de câmbio.

As duas medidas são definidas como:

$$\text{EQM} = \sum_{h=0}^{N_k-1} \frac{(S_{t+h+k} - \hat{S}_{t+h+k})^2}{N_k}$$

$$\text{EMP} = \sum_{h=0}^{N_k-1} \frac{|S_{t+h+k} - \hat{S}_{t+h+k}| / S_{t+h+k}}{N_k}$$

Em que  $k$  é o intervalo de previsão ( $k = 5, 10, 15, 30, 60$  minutos para a previsão intradiária e  $k = 1$  e  $2$  dias para a previsão diária),  $N_k$  é o número total de previsões realizadas para cada intervalo de previsão,  $S_{t+h+k}$  é a realização efetiva da taxa de câmbio e  $\hat{S}_{t+h+k}$  é a previsão em  $t+h$  para a taxa de câmbio em  $t+h+k$ . O primeiro instante em que as previsões são realizadas é o instante  $t$ .

### 9.3. Resultados

As Tabelas 13 e 16 apresentam os resultados para a razão do Erro Quadrático Médio e o Erro Médio de Previsão dos modelos para os dados intradiários e diários em ambos os mercados cambiais.

As Tabelas 13 e 15 apresentam a razão do EQM das previsões dos modelos com o EQM do passeio aleatório para as frequências intradiária e diária respectivamente. As Tabelas 14 e 16 apresentam o EMP nesta mesma ordem.

Tabela 13 - Razão do Erro Quadrático Médio para as estimativas intradiárias

Modelo		Passeio Aleatório	Microestrutura	
Mercado	Horizonte			
À Vista	5 minutos	1,000	0,929	***
	10 minutos	1,000	0,922	***
	15 minutos	1,000	0,922	***
	30 minutos	1,000	0,933	***
	60 minutos	1,000	0,966	***
Futuro	5 minutos	1,000	0,951	***
	10 minutos	1,000	0,937	***
	15 minutos	1,000	0,929	***
	30 minutos	1,000	0,921	***
	60 minutos	1,000	0,922	***

Fonte: BM&F. Cálculos do autor.

Nota: Os dados do mercado futuro se referem ao primeiro vencimento. Significância estatística referente a um teste Diebold-Mariano de erro de previsão. Níveis de significância: \*\*\* significante a 1%; \*\* significante a 5%; \* significante a 10%.

Tabela 14 - Erro médio de previsão para as estimativas intradiárias

Modelo		Passeio Aleatório	Microestrutura
Mercado	Horizonte		
À Vista	5 minutos	0,052%	0,046%
	10 minutos	0,080%	0,069%
	15 minutos	0,102%	0,088%
	30 minutos	0,155%	0,137%
	60 minutos	0,236%	0,215%
Futuro	5 minutos	0,048%	0,046%
	10 minutos	0,073%	0,069%
	15 minutos	0,093%	0,087%
	30 minutos	0,138%	0,129%
	60 minutos	0,204%	0,192%

Fonte: BM&F. Cálculos do autor.

Tabela 15 - Razão do Erro Quadrático Médio para as estimativas diárias

Modelo		Passeio Aleatório	UIP	Microestrutura	Macroeconômico	Híbrido
Mercado	Horizonte					
À Vista	1 dia	1,000	1,804 ***	1,005	0,656 **	0,586 **
	2 dias	1,000	1,429 **	1,104	0,615 ***	0,802 **
Futuro	1 dia	1,000	1,751 ***	0,995	0,630 **	0,616 **
	2 dias	1,000	1,444 **	1,116	0,585 ***	0,629 *

Fonte: BM&F. Cálculos do autor.

Nota: Os dados do mercado futuro se referem ao primeiro vencimento. Significância estatística referente a um teste Diebold-Mariano de erro de previsão. Níveis de significância: \*\*\* significante a 1%; \*\* significante a 5%; \* significante a 10%.

Tabela 16 - Erro médio de previsão para as estimativas diárias

Modelo		Passeio Aleatório	UIP	Microestrutura	Macroeconômico	Híbrido
Mercado	Horizonte					
À Vista	1 dia	0,543%	0,732%	0,496%	0,499%	0,462%
	2 dias	0,729%	0,894%	0,722%	0,645%	0,690%
Futuro	1 dia	0,550%	0,745%	0,540%	0,502%	0,472%
	2 dias	0,742%	0,918%	0,770%	0,642%	0,653%

Fonte: BM&F. Cálculos do autor.

Como na frequência intradiária tem-se apenas os dados do pregão de dólar futuro e de dólar à vista da BM&F, os únicos modelos estimados nesta frequência são o de microestrutura pura e o passeio aleatório. Como as Tabelas 13 e 14 mostram, em ambos os mercados e para todos os horizontes de previsão, o desempenho do modelo de microestrutura é superior ao passeio aleatório, o que está simbolizado por uma razão de EQM inferior a 1 na terceira coluna da Tabela 13.

Este resultado está de acordo com o encontrado em Evans e Lyons (2005b), em que a capacidade preditiva do modelo de microestrutura era superior ao passeio aleatório pra prever os movimentos da taxa de câmbio no curto prazo. Os resultados mostram que esta maior capacidade preditiva se dá tanto no mercado à vista quanto no mercado futuro de câmbio.

Pelas Tabelas 15 e 16 verifica-se o insatisfatório desempenho das estimativas da equação da UIP para explicar os movimentos diários da taxa de câmbio, tanto à vista quanto futura. Como a Tabela 16 mostra, esta equação provê as estimativas com maior EMP de todos os modelos, qualquer que seja o horizonte de previsão considerado. Essa rejeição da UIP para o curto prazo é amplamente documentada na literatura da taxa de câmbio, como pode ser visto em Taylor (1995).

Contrariamente aos estudos para as taxas de câmbio dos países desenvolvidos, as estimativas do modelo macroeconômico são consistentemente superiores ao passeio aleatório como forma de prever a taxa de câmbio, principalmente quando se alonga o período de previsão (passando de 1 para 2 dias de previsão).

Este resultado, aparentemente contraditório ao paradoxo de Meese e Rogoff (1983), se deve à elevada correlação dos movimentos da taxa de câmbio



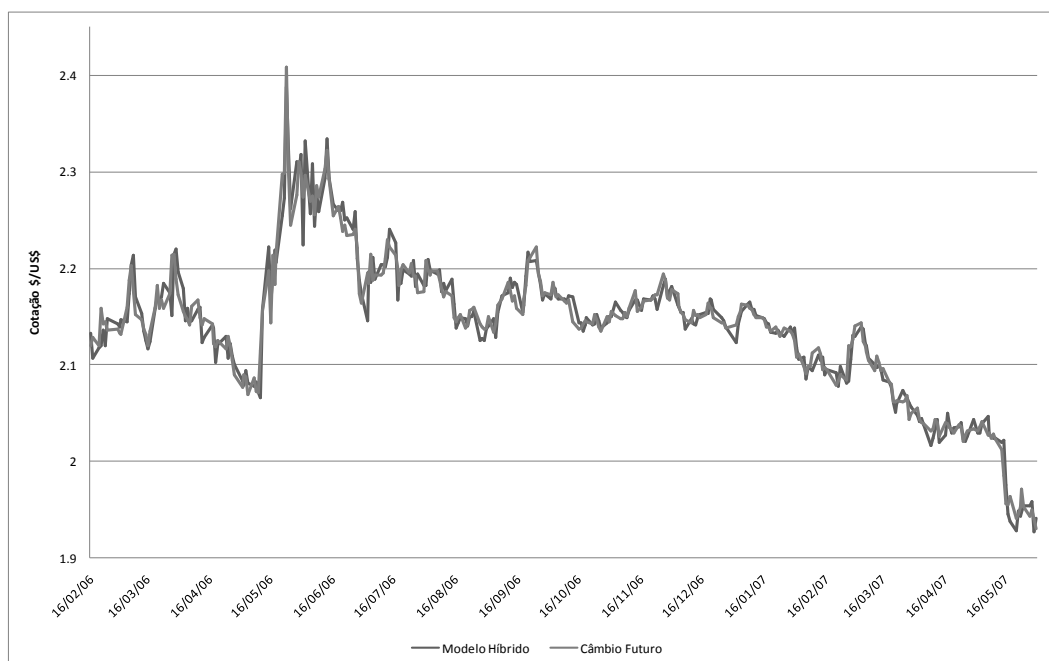
nominal real/ dólar com o prêmio de risco país, o que não se verifica nas moedas do G7. Entretanto, a supremacia das estimativas dos modelos macroeconômicos ao passeio aleatório, à medida que se reduz a frequência dos dados, é um fenômeno encontrado em outros artigos, como pode ser visto em Meredith e Chinn (1998).

De todos os modelos estimados, aquele que fornece as melhores previsões para a taxa de câmbio um dia à frente, tanto no mercado à vista quanto no futuro, é o modelo híbrido. Como as Tabelas 15 e 16 permitem ver, este modelo possui um EQM próximo a 60% do passeio aleatório, em ambos os mercados, além do menor EMP de todos os modelos apresentados.

Este resultado mostra a importância dos elementos de microestrutura como forma complementar às variáveis macroeconômicas e como estes novos elementos são capazes de melhorar a previsão dos modelos de taxa de câmbio. Resultado similar é obtido por Evans e Lyon (2005), em que as previsões fora da amostra do modelo híbrido eram superiores às demais especificações para prever a taxa de câmbio nominal um dia à frente.

As Figuras 11 e 12 apresentam as estimativas 1 dia à frente do modelo híbrido e as realizações para o câmbio à vista e futuro. Este modelo tem elevada aderência aos dados, o que permite prever a taxa de forma consistentemente superior aos demais modelos. Mesmo no período de maior instabilidade da taxa de câmbio (em maio de 2006, quando a cotação superou a taxa de 2,40 R\$/US\$), as previsões do modelo híbrido fornecem estimativas muito próximas às realizações efetivas do câmbio à vista e futuro.

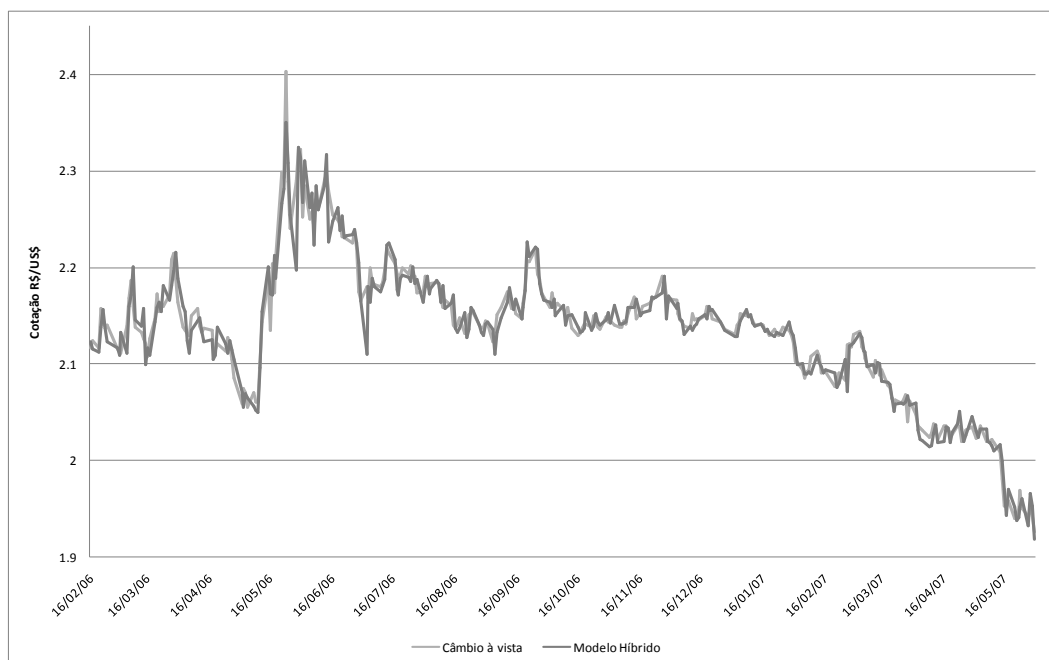
Figura 11 - Previsões 1 dia à frente do modelo híbrido e do passeio aleatório para o câmbio futuro



Fonte: BM&F. Cálculos do autor.

Nota: Os dados do mercado futuro se referem ao primeiro vencimento.

Figura 12 - Previsões 1 dia à frente do modelo híbrido e do passeio aleatório para o câmbio à vista



Fonte: BM&F. Cálculos do autor.

Assim, de uma forma geral, os resultados dão amplo suporte aos modelos na abordagem da microestrutura da taxa de câmbio e para os modelos híbridos,

uma vez que com estes conseguem-se estimativas consistentemente superiores ao passeio aleatório para a cotação à vista e futura de real/ dólar.