

4.1.**Mecanismo gerador de dados**

Eis alguns fatos destacados na literatura:

- A teoria da PPC prevê que a taxa de câmbio real deve convergir para um nível de equilíbrio de longo prazo, sendo, portanto, uma variável estacionária.
- Modelos estruturais para a taxa de câmbio apresentam um péssimo desempenho ao tentarem prever a variável no curto e médio prazo. Em geral, um passeio aleatório sem *drift* descreve melhor o comportamento do câmbio nesses horizontes de previsão.
- Testes usuais de raiz unitária não rejeitam a hipótese nula de que as séries são não estacionárias. No entanto, esses testes apresentam problemas de baixa potência que, por sua vez, são agravados em pequenas amostras tornando-se mais difícil encontrar evidências a favor da reversão à média³⁰.

No caso desta dissertação, não seria interessante supor um mecanismo gerador de dados completamente diferente da realidade, pois nosso modelo acabaria gerando previsões muito ruins. No entanto, o objetivo principal aqui é obter um bom ajuste para os dados e compará-lo ao ajuste do melhor modelo da literatura que ainda é o passeio aleatório. Desta forma, parece razoável supor que as séries sejam integradas de ordem um, $I(1)$, se os testes usuais de raiz unitária não apontarem estacionariedade, ainda que, a amostra não seja muito grande. De fato, se um passeio aleatório descreve bem os movimentos cambiais, mesmo que as séries apresentem reversão à média no longo prazo, isso ocorre a uma taxa

³⁰ Fernandez (2003) mostra através de uma simulação que, utilizando uma série cujos choques têm vida média de três a cinco anos, um teste de Dickey Fuller aponta erradamente a presença de raiz unitária mais de 80% das vezes em pequenas amostras. Em grandes amostras o teste ainda erra mais de 50% das vezes.

muito baixa e as séries apresentam muita persistência. Sendo assim, mesmo que o coeficiente do câmbio defasado na equação de câmbio não seja um, ele é suficientemente perto de um para ser aproximado por uma série não estacionária no curto e médio prazo. Consequentemente, não devemos encontrar grandes problemas em seguir os testes usuais, mesmo com baixa potência.

Pelas razões apontadas acima, implementamos três diferentes testes de raiz unitária para verificar a ordem de integração das séries. Dois desses testes, o ADF - Augmented Dickey-Fuller (1979) e o PP - Phillips-Perron (1988), possuem a hipótese nula de raiz unitária. O terceiro teste, o de KPSS - Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (1992), trabalha com a hipótese nula de estacionariedade. Os resultados são apresentados abaixo na Tabela 2.

Testes de Raiz Unitária				
Variável	No. obs	ADF	PP	KPSS
CNOM	120	-1.389687	-2.069292	0.302764***
PCCL	120	-1.988134	-2.069481	0.302644***
PCCI	117	-0.61156	-0.754298	0.281138***
CREAL	120	-1.871399	-2.503365	0.262464***
PCCL_CPI	120	-2.002148	-2.083276	0.300088***
PCCL_AE	115	-0.587936	-0.938474	0.272359***
PCCI_CPI	117	-0.726176	-0.851868	0.277448***
PCCI_AE	115	-1.74765	-1.623558	0.233866***

Valores críticos: para os testes ADF e PP: - 4.037 (1%), -3.448 (5%) e -3.149 (10%); para o teste KPSS: 0.216 (1%), 0.146 (5%) e 0.119 (10%). Para o teste ADF utilizou-se o critério de informação AIC. Para PP utilizou-se uma janela espectral quadrática com método de Andrews. As estatísticas acima referem-se ao teste com intercepto e tendência.

Tabela 2. Testes de Raiz Unitária

Todas as estatísticas foram calculadas incluindo somente intercepto e intercepto e tendência nas equações de teste. Os resultados apresentados acima se referem aos testes com intercepto e tendência. Podemos observar que nos três testes os resultados indicam que as séries possuem raiz unitária. Apesar dos problemas discutidos acima, acreditamos que um modelo que considera essas séries não estacionárias aproximará melhor os movimentos do câmbio dado que

nossa amostra é de dez anos (e, segundo a literatura, isso é pouco tempo para se observar convergência para um nível de equilíbrio).

4.2.

Cointegração e quebras estruturais

Dado o comportamento não estacionário das séries de câmbio e de preços de commodities, a próxima pergunta é se essas variáveis são cointegradas. Caso elas sejam cointegradas, seria adequada a utilização de modelos de correção de erro que levassem em conta não apenas o efeito no curto prazo, mas também o efeito dos desvios em relação ao equilíbrio de longo prazo. Caso contrário, a forma mais indicada de tratar essas variáveis seria em primeira diferença.

Para decidir qual modelo utilizaremos na etapa da previsão, optamos por realizar testes de cointegração baseados nas técnicas de Engle e Granger (1987). Optamos por trabalhar com este teste para que os resultados sejam comparáveis aos do método de Gregory e Hansen (1996) que considera a presença de quebras estruturais e é implementado mais adiante. O método de Engle e Granger (1987) consiste em simplesmente estimar a relação de cointegração por mínimos quadrados ordinários e realizar testes nos resíduos dessa regressão para detectar a presença ou não de raiz unitária. Para que as séries sejam cointegradas, é preciso rejeitar a hipótese nula do teste de que os resíduos não são estacionários³¹. Seguindo a recomendação dos autores que desenvolveram o teste, adotaremos o teste ADF para verificar a estacionariedade dos resíduos.

Estimamos então seis regressões por mínimos quadrados, duas para a taxa de câmbio nominal e quatro para a taxa de câmbio real:

$$CNOM_t = \alpha_0 + \beta_0 * PC_t^k + u_t^k$$

$$CREAL_t = \alpha_0 + \beta_0 * PC_t^j + u_t^j$$

onde k é o indicado para cada um dos dois índices nominais e j é o indicador para cada um dos quatro índices deflacionados.

³¹ É importante notar que a distribuição das estatísticas de teste não é usual e, por isso, é necessário utilizar valores críticos estimados em outros trabalhos por simulação. Neste trabalho utilizaremos os valores críticos do teste ADF estimados em Phillips e Ouliaris (1990). Outras informações sobre esses testes podem ser encontradas em Hamilton (1994), capítulo 19.

A seguir foi implementado o teste de raiz unitária ADF sem tendência e sem intercepto nas séries u_t geradas a partir de cada estimação. As estatísticas de teste são apresentadas na Tabela 3.

Teste ADF no resíduo da relação de cointegração

Variável	CNOM	CREAL
PCCL	-1.274	
PCCI	-1.737	
PCCL_CPI		-3.470**
PCCL_AE		-3.929**
PCCI_CPI		-2.615
PCCI_AE		-3.365**

Valores críticos: -3.065 (10%), -3.365 (5%), -3.962 (1%). Para o teste ADF foi utilizado o critério de informação AIC e não incluiu-se intercepto e nem tendência. Os valores críticos estão disponíveis em Phillips e Ouliaris (1990)

***, ** e * indicam resultados significativos a 1%, 5% e 10% respectivamente

Tabela 3. Teste de cointegração Engle-Granger

Pela tabela acima podemos observar que apenas a taxa de câmbio real apresenta relação de longo prazo com os índices de commodities. O resultado para a taxa real é consistente com o que foi obtido para o Brasil em Fernandez (2003) e Hampshire (2008). A falta de uma relação de longo prazo entre o câmbio nominal e os preços de commodities não invalidam o modelo apresentado na seção 2.1. Seguindo Chen, Rogoff e Rossi (2008), seguiremos o modelo com as séries em primeira diferença.

Antes de seguirmos com este resultado, seria necessário verificar a existência de quebras estruturais. Na presença de parâmetros instáveis, fica mais fácil aceitar a hipótese nula de que as séries não são cointegradas e os resultados acima para a taxa de câmbio nominal podem não ser válidos. Para detectar a presença de quebras, implementaremos o teste de Andrews (1993) que trabalha com a hipótese nula de que os parâmetros são estáveis. Como este teste não pode ser aplicado diretamente às equações acima, verificaremos a instabilidade dos parâmetros para as mesmas regressões com as séries em primeira diferença.

Testaremos então a hipótese nula de que α_0 e β_0 são estáveis, mas ao invés de utilizarmos $CNOM$, $CREAL$ e PC , trabalharemos com $\Delta CNOM$, $\Delta CREAL$ e ΔPC . Os p-valores do teste de cada regressão são apresentados nas tabelas 4 e 5:

Teste de Andrews para equações envolvendo a taxa de câmbio nominal

Índices	p-valor
$\Delta PCCL$	0.4425
$\Delta PCCI$	0.2071

Tabela 4. Testes de Andrews – câmbio nominal

Teste de Andrews para equações envolvendo a taxa de câmbio real

Índices	p-valor
$\Delta PCCL_CPI$	0.3522
$\Delta PCCL_AE$	0.3253
$\Delta PCCI_CPI$	0.5394
$\Delta PCCI_AE$	0.5093

Tabela 5. Testes de Andrews – câmbio real

Os resultados acima mostram que se há alguma quebra estrutural presente na relação em nível, ela não se mantém quando trabalhamos com as séries em primeira diferença. Com base nesta constatação, consideramos que a possibilidade de quebra se dá somente no intercepto e implementaremos um teste de cointegração que leva isso em conta. Para realizar este teste, nos baseamos na metodologia de Gregory e Hansen (1996) que consiste em testar a hipótese nula de não cointegração contra a seguinte hipótese alternativa:

$$CNOM_t = \alpha_0 + \beta_0 * PC_t^k + \beta_1 * \delta_{ta} + u_t^k$$

$$CREAL_t = \alpha_0 + \beta_0 * PC_t^j + \beta_1 * \delta_{ta} + u_t^j$$

onde

$$\delta_{ta} = \begin{cases} 1, & \text{se } t \geq aT \\ 0, & \text{se } t < aT \end{cases}$$

Nas equações acima, T denota o tamanho da amostra e α é um número entre zero e um que determina o ponto da quebra³². Sob a hipótese alternativa, β_0 seria o intercepto da relação de cointegração até o período imediatamente anterior a αT . A partir de então teríamos $\beta_0 + \beta_1$ como intercepto. A metodologia dos autores consiste em testar a presença de raiz unitária no resíduo das séries para cada valor do parâmetro α , o que nos permite desconhecer *a priori* o ponto de quebra. Como α pode assumir infinitos valores, é necessário estabelecer um intervalo mínimo entre um possível valor do parâmetro e outro. Seguimos aqui os mesmos passos dos autores do teste em seu trabalho original. São calculadas então todas as estatísticas do teste de raiz unitária ADF e α é estimado de forma que a estatística de teste correspondente seja a menor possível (mais negativa), o que favorece o resultado de cointegração³³.

As estatísticas do teste ADF³⁴ e o parâmetro α de cada regressão são apresentados na Tabela 6:

Teste de Gregory e Hansen para equações envolvendo a taxa de câmbio nominal

Índices	Estatística de teste	α
PCCL	-4.191207	0.256410
PCCI	-3.995096	0.316239

Teste de Gregory e Hansen para equações envolvendo a taxa de câmbio real

Índices	Estatística de teste	α
PCCL_CPI	-4.502962*	0.641667
PCCL_AE	-5.646212***	0.669565
PCCI_CPI	-4.321862	0.350427
PCCI_AE	-4.640489**	0.182609

Valores críticos: -4.34 (10%), -4.61 (5%), -5.13 (1%).

***, ** e * indicam resultados significativos a 1%, 5% e 10% respectivamente

Tabela 6. Testes de Gregory e Hansen – cointegração com quebra estrutural

³² A metodologia dos autores permite analisarmos outros tipos de quebra, mas como constatamos que a instabilidade se dá apenas no intercepto, implementamos somente o teste descrito acima.

³³ Gregory e Hansen (1996) afirmam que, embora sua metodologia de teste seja válida com ou sem quebras estruturais, é importante realizar também o teste de Engle e Granger (1987) usual para comparação dos resultados, como é feito neste trabalho.

³⁴ Essas estatísticas são comparadas aos valores críticos estimados em Gregory e Hansen (1996).

Os resultados levando em conta a instabilidade dos parâmetros são praticamente iguais aos do teste usual de Engle e Granger (1987). No entanto, notamos que a relação de cointegração dos índices de preço com o câmbio real é mais forte quando consideramos o índice de valor das exportações de economias avançadas como deflator. A falta de cointegração entre os preços de commodities e a taxa de câmbio nominal se manteve.

O que podemos concluir desta etapa é que a relação com os preços de commodities será tratada de forma diferente para cada taxa de câmbio. Para a taxa de câmbio real seguiremos com um modelo de correção de erros e precisamos levar em conta uma possível instabilidade dos parâmetros na relação de cointegração. No caso da taxa nominal, adotaremos um modelo em primeira diferença que, por sua vez, não deve apresentar problemas de quebras estruturais.