

## ÁREA 7: ECONOMIA INTERNACIONAL

### ***Signal approach: um modelo early warning systems por sinais para o Brasil (2000-2010)***

Claudeci da Silva\*  
Hugo Agudelo Murillo\*\*  
Joaquim Miguel Couto\*\*\*

#### **Resumo**

O maior grau de interdependência econômica propiciado pelo processo de globalização não apenas amplificou o poder de contaminação das crises locais, mas simultaneamente reduziu o tempo de propagação das mesmas. Os impactos negativos das crises não se restringem apenas aos principais parceiros econômicos, atingem também, economias que não estão diretamente ligadas à sua origem. Por causa disso, é necessário utilizar ferramentas que permitam testar a vulnerabilidade das economias locais frente às outras economias, com a intenção de antecipar seu impacto e gerar cenários alternativos. Assim, o objetivo deste trabalho é monitorar o comportamento de um conjunto de variáveis que permita prever com alguma antecedência o surgimento de uma crise na economia brasileira. Procurou-se verificar, também, se uma crise na economia norte-americana tem efeitos na economia local. Para tais propósitos, foi utilizado o modelo de estimação por sinal, no período amostral de janeiro de 2000 a dezembro de 2010, período de forte instabilidade na economia norte-americana. Foram testadas dez variáveis macroeconômicas e uma *proxi* representativa da existência de crise nos Estados Unidos. Os resultados mostraram que entre as variáveis macroeconômicas quatro revelaram-se mais significativas PIB, exportações, Risco-país e Dívida total/PIB. O modelo revelou ainda que uma crise na economia norte-americana tende a afetar a economia brasileira.

**Palavras – chave:** Early warning systems; Modelo de estimação por sinal; Brasil; Estados Unidos; Contágio.

#### **Abstract:**

The highest degree of economic interdependence afforded by globalization not only amplified the power of contamination of local crises, but simultaneously reduced the propagation time of the same. The negative impacts of the crisis are not restricted to the main economic partners, also reach, economies that are not directly linked to their source. For this reason, it is necessary to use tools to test the vulnerability of local economies against other economies, with the intention to anticipate their impact and generate alternative scenarios. The objective of this work is to monitor the behavior of a set of variables to forecast well in advance the emergence of a crisis on the Brazilian economy. We tried to see, too, if a crisis in the American economy has effects on the local economy. For such purposes, we used the model signal estimation in the sample period from January 2000 to December 2010, a period of great instability in the U.S. economy. Were assayed ten macroeconomic variables and a proxy representative of the existence of crisis in the United States. The results showed that among the four macroeconomic variables proved more significant GDP, exports, country risk and total debt / GDP. The model also revealed that a crisis in the American economy tends to affect the Brazilian economy.

**Key – words:** Early warning systems; model estimation signal; Brazil; United States; Contagion.

*Classificação JEL* : C01, F37, F59

---

\* Professora da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Brasil. Email: csilva2@uem.br

\*\* Professor da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Brasil. Email: hamurillo@uem.br

\*\*\* Professor da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Brasil. Email: jmcouto@uem.br.

## **1 Introdução**

As crises se caracterizam por um grande poder de expansão além das fronteiras geográficas dos países de origem. Os modelos teóricos desenvolvidos depois das crises da década de noventa tiveram como principal objetivo identificar variáveis que indicassem a probabilidade de surgimento de um período de crise em determinada economia, assim como, os principais canais pelos quais o contágio desta se difundia entre diferentes países.

Devido aos efeitos negativos que as crises financeiras causaram nas economias nacionais, o Fundo Monetário Internacional (FMI) estimulou a elaboração de modelos que, considerando fatores internos e externos à economia, fossem capazes de antecipar a ocorrência de uma crise. Os primeiros modelos visavam apenas prever a iminência de uma crise na economia local, mas, com o passar do tempo, constatou-se que, além de tentar antecipar a chegada de uma crise, era necessário, também, conhecer quais os canais que permitiam que uma crise iniciada em outro lugar do mundo afetasse negativamente uma economia local.

Esses modelos ficaram conhecidos na literatura internacional como Early Warning Systems (ou modelos EWS), os quais utilizam métodos estatísticos para determinar a probabilidade de ocorrência de crise e/ou contágio, com características definidas a priori, em um determinado espaço de tempo.

Levando-se em conta que no ano de 2008, a principal potência mundial, a economia norte-americana, sofreu uma forte crise. E que, a instabilidade com origem no setor imobiliário se alastrou não somente para o setor bancário norte-americano, como também para outras economias que mantinha algum tipo de relação financeira e/ou comercial com a economia afetada. O objetivo deste trabalho consiste em encontrar um conjunto de variáveis que permita prever com certa antecedência o desenvolvimento de uma crise no Brasil. Objetiva, também, avaliar se uma crise nos Estados Unidos aumenta a probabilidade de ocorrência de uma crise na economia brasileira.

Para atingir os objetivos foi aplicado o modelo EWS desenvolvido por Kaminsky e Reinhart (1996) sobre um conjunto de variáveis selecionadas. Os autores consideram um modelo univariado de estimação por sinais, o qual permite utilizar um conjunto de indicadores na previsão de uma crise e na detecção de seu contágio. Para isso faz-se necessário, a priori, uma noção bem definida do que é uma crise (indispensável para a determinação dos períodos de crise). Deste modo, inicialmente requer-se a apresentação de algumas definições de crise.

O período de análise escolhido neste trabalho compreende o intervalo de janeiro de 2000 a dezembro de 2010, abrangendo o período de crise no sistema financeiro da economia norte-americana com efeitos negativos sobre o balanço de pagamentos brasileiro. Dada às características do período de análise, as definições sobre crises a ser realizada na próxima seção, se restringirá apenas à crise cambial e a crise bancária, em seguida é desenvolvida a metodologia do modelo de estimação por sinal. Na penúltima parte são apresentados os resultados do modelo e por fim as considerações finais.

## **2 Crises cambiais e crises bancárias**

Segundo Kaminsky e Reinhart (1996), uma crise cambial é definida como uma situação em que o ataque sobre a moeda conduz a uma perda substancial de reservas internacionais ou uma brusca depreciação cambial, ou ainda uma combinação destas duas situações. Essa definição atende o ataque especulativo sobre o regime de câmbio fixo e

também ataques que forçam uma grande desvalorização além da estabelecida pelas regras do regime de *crawling-peg* ou bandas cambiais.<sup>1</sup>

Estes autores construíram um índice de pressão no mercado cambial, também denominado de índice de contágio de vulnerabilidade (I). Trata-se de uma média ponderada da taxa de mudança da taxa de câmbio ( $\Delta e/e$ ), em relação ao período imediatamente anterior, e do nível de reservas ( $\Delta R/R$ ). Ao considerar as perdas no nível de reservas além da brusca depreciação cambial, o índice captura tantos os ataques especulativos com sucesso quanto os que não tiveram sucesso. O índice é construído considerando a seguinte relação matemática:

$$I = \left(\frac{\Delta e}{e}\right) - \left(\frac{\sigma_e}{\sigma_R}\right) \cdot \left(\frac{\Delta R}{R}\right) \quad (1)$$

Onde  $\left(\frac{\sigma_e}{\sigma_R}\right)$  representa um peso que permite que os dois componentes do índice tenham volatilidade amostral iguais. A variável  $\sigma_e$  representa o desvio padrão da taxa de mudança da taxa cambial, e  $\sigma_R$  o desvio padrão da taxa de mudança do nível de reservas. O índice nos mostra que uma oscilação na taxa de câmbio tem peso positivo sobre o índice, enquanto as reservas possuem um peso negativo. Segundo Kaminsky e Reinhart (1996), uma crise é catalogada quando a leitura do índice apresentar três desvios-padrão ou mais acima da média. Desse modo, constrói-se uma coluna que recebe valor 0 (zero) ou 1 do seguinte modo:

$$\begin{aligned} \text{Crise}_{i,t} &= 1 \text{ se } I_{i,t} > 3\sigma_I + u_I \\ &= 0, \text{ caso contrário} \end{aligned}$$

Onde  $\sigma_I$  é o desvio padrão e  $u_I$  é a média amostral do indicador (I).

Eichengreen, Rose e Wyplosz (1996), complementam a equação (1) utilizando a variação da taxa de juros, não considerada por Kaminsky e Reinhart (1996) devido a periodicidade escolhida para os dados em suas pesquisas. Incluindo a variação da taxa de juros na equação (1) obtemos:

$$I = \left(\frac{\Delta e}{e}\right) - \left(\frac{\sigma_e}{\sigma_R}\right) \cdot \left(\frac{\Delta R}{R}\right) + \left(\frac{\sigma_e}{\sigma_i}\right) \cdot \left(\frac{\Delta i}{i}\right) \quad (2)$$

Onde  $\sigma_i$  é o desvio padrão da taxa de mudança da taxa de juros e  $(\Delta i/i)$  é a taxa de mudança da taxa de juros. Nesta abordagem, uma crise no mercado cambial é configurada quando o índice apresenta-se no mínimo dois desvios padrão acima da média. A classificação assume a seguinte especificação:

$$\begin{aligned} \text{Crise}_{i,t} &= 1 \text{ se } I_{i,t} > 2\sigma_I + u_I \\ &= 0, \text{ caso contrário} \end{aligned}$$

Para países que enfrentam altas inflações, as equações (1) e (2) passam a considerar a taxa de câmbio real, de forma a não contemplar as desvalorizações ocorridas apenas para acompanhar o aumento geral do nível de preços.

Em Kaminsky e Reinhart (1996), os autores atentam para o fato de que uma crise pode ser precedida de um evento bem definido, como a depreciação cambial, mas este evento não é pré-requisito para ocorrência de uma crise. Isto porque se o Banco Central consegue lutar

<sup>1</sup> *Crawling-peg* refere-se a uma taxa de câmbio deslizando, na qual a taxa de câmbio é ajustada periodicamente com base em alguns indicadores.

contra o ataque especulativo a sua moeda, não há o evento de depreciação cambial, embora a economia apresente um cenário de crise.

Considerar a taxa de juros e nível de reservas internacionais no cálculo do índice de pressão cambial permite mensurar a vulnerabilidade do regime cambial mesmo não ocorrendo um ataque bem sucedido à moeda. A exemplo de uma economia sob regime de câmbio fixo, diante de um ataque especulativo esta só conseguirá sustentar este regime via aumentos da taxa de juros ou via vendas de divisas.

Segundo Moreira *et al* (2004), um indicador que considera apenas oscilações na taxa de câmbio em seu cálculo, não captura a vulnerabilidade de uma economia diante de um ataque especulativo, justificando a inclusão da taxa de juros e reservas internacionais no cálculo. A proporção de aumento na taxa de juros está diretamente relacionada ao grau de desconfiança dos agentes em relação a capacidade do governo em manter o regime cambial lucrativo ao investidor, de modo que, quanto maior a intensidade de aumento na taxa de juros, objetivando evitar um ataque especulativo, maior é a vulnerabilidade de uma economia a um colapso cambial, que também é revelada pela queda do nível das reservas internacionais.

Para Frankel e Rose (1996), uma crise cambial ocorre quando há uma depreciação da taxa de câmbio nominal de no mínimo 25%, ano pós ano, que ao mesmo tempo, seja pelo menos 10% maior que a taxa de depreciação nominal registrada no ano imediatamente anterior.

Segundo Ito e Orii (2009), a crise apresenta-se como resultado da combinação de uma substancial depreciação da taxa de câmbio, aumento da taxa de juros que evite uma sobredepreciação e o decréscimo do nível de reservas internacionais. Assim, estes autores corroboram a idéia de que crise cambial é definida como depreciação da taxa de câmbio.

Lenz Neto (2006), considerando as definições de crise que se baseiam nos desvios-padrão da taxa de câmbio, concluiu que diante da alta volatilidade da taxa de câmbio brasileiro, adotar a definição de crise em relação a excessos de depreciação sinalizados pelos desvios-padrão poderia ignorar um grande número de desvalorizações significativas, de enorme risco econômico. Desse modo, o autor considera crise financeira as desvalorizações consecutivas na taxa de câmbio e não seus desvios em relação a média. Definindo como Crise 1, quando as desvalorização da taxa de câmbio excedam 5 dias, Crise 2, Crise 3 e Crise 4, quando excedam 6, 7 e 8 dias, respectivamente.

Em se tratado de crise bancária, Kaminsky e Reinhart (1996) e em Reinhart, Goldstein e Kaminsky (2000), defende que o início de uma crise financeira, mas especificamente de uma crise bancaria, são marcados por eventos onde corridas bancárias levam ao encerramento de uma ou mais instituições financeiras. Caso a empresa não encerre suas atividades, inicia-se uma onda de fusões e aquisições ou assistência em grande escala por parte do governo para assegurar a manutenção de uma instituição de grande importância financeira.

Seguindo a mesma linha, Reinhart e Rogoff (2008) expõem que as crises bancárias são definidas por dois eventos, um sistêmico e grave e outro mais leve. O primeiro é definido por corridas bancárias que resultam em fechamento, fusão, aquisição ou pela incorporação de uma ou mais instituições financeira pelo setor público. O segundo evento ocorre quando não são observadas, em grande escala, as características definidas no evento anterior.

Reinhart e Rogoff (2010) acrescentam que a data inicial da crise bancária pode ser mais facilmente determinada pelo período onde há um grande aumento no número de falências das instituições financeiras e/ou nos empréstimos inadimplentes

### 3 Metodologia do modelo de estimação por sinais

O método “*signal approach*” ou “estimação por sinais” foi desenvolvido pioneiramente por Kaminsky e Reinhart (1996), os quais procuraram focar a relação entre crises no balanço de pagamentos e crises bancárias. Segundo estes, grande parte das economias que passaram por crises cambiais, foram, paralelamente, assolados por crises bancárias, sendo consideradas crises gêmeas. Os autores defendem que um problema no setor financeiro aumenta a probabilidade de ocorrência de uma crise no balanço de pagamentos. Isso porque com um o Banco Central comprometido com a manutenção da liquidez entre as instituições financeiras perturbadas, este perde a capacidade de manter a taxa cambial.

Se o Banco Central opta por financiar o sistema financeiro via emissão de moeda, voltamos a discussão apresentada por Krugman (1979), onde o mercado cria expectativa futura de monetização da economia, levando os agentes a iniciarem um ataque especulativo, tornando a crise auto-realizável.

Kaminsky e Reinhart (1996) construíram um índice de crise bancária e de balanço de pagamentos a partir de uma cronologia de eventos e examinaram o comportamento da taxa de câmbio e das reservas internacionais, possibilitando determinar alguns padrões casuais entre problemas de balanço de pagamento e bancários. Mais tarde, o modelo desenvolvido por Kaminsky e Reinhart (1996) foi aprimorado por Kaminsk, Reinhart e Lizondo (1998), ficando conhecida como metodologia KLR.

A metodologia proposta por Kaminsk, Reinhart e Lizondo (1998) envolve o monitoramento da evolução de um grupo de variáveis econômicas que tendem, sistematicamente, a se comportar diferentemente nos períodos que antecedem a ocorrência de uma crise. Quando uma destas variáveis se desvia de certo valor limite, este modelo emite um sinal sobre a possibilidade de crise dentro de um específico período de tempo pré-determinado.

Geralmente o período entre a emissão de um sinal e a ocorrência de uma crise é pré-determinado a um intervalo máximo de vinte e quatro meses. Dessa forma, qualquer sinal emitido pelo modelo em um intervalo de vinte e quatro meses, que precede a crise, é considerado um bom sinal. Por outro lado, se num intervalo, de vinte e quatro meses o sinal não for seguido de uma crise, este é considerado um falso sinal ou apenas um ruído.

Em se tratando de crises bancárias, o horizonte de tempo para um sinal emitido ser considerado bom é de doze meses antes da crise e doze meses depois. Isto porque as crises bancárias tendem a durar mais do que as crises cambiais, e estas podem apresentar picos após seu início. Dessa forma, mesmo um sinal emitido após a ocorrência de uma crise bancária pode ser útil (REINHART, GOLDSTEIN E KAMINSKY, 2000).

Quando o modelo está voltado apenas para uma previsão de crise, de modo que a amostra compreenda apenas variáveis macroeconômicas, deve-se determinar o valor limite das variáveis utilizadas no modelo, uma vez que um sinal só é emitido se um indicador ultrapassar este dado limite. O nível limite é escolhido de forma a atingir um equilíbrio entre o risco de se ter muitos sinais falsos – que ocorre quando, na menor possibilidade de uma crise, um sinal é emitido – e o risco de perder várias crises – que ocorre quando um sinal é emitido apenas quando há grande evidência de crise, de modo que, diante de ocorrências de várias crises, não se é emitido um sinal.

Para indicadores, tais como reservas internacionais, exportações e PIB, que quando declinam aumentam a possibilidade de crise, o limite é abaixo da média do indicador. Para as demais variáveis, que aumenta a probabilidade de crise apenas diante de aumentos em seus valores, os limites são acima da média do indicador.

O desempenho de cada indicador pode ser analisado em termos da matriz proposta por Kaminsky, Reinhart e Lizondo (1998):

|                       | CRISE DENTRO DE 24 MESES | NÃO HÁ CRISE DENTRO DE 24 MESES |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Sinal foi emitido     | A                        | B                               |
| Não foi emitido sinal | C                        | D                               |

Quadro 1: Matriz de KLR

Fonte: Kaminsky, Reinhart e Lizondo (1998).

Onde (A) representa o número de meses em que o indicador emitiu um bom sinal; (B) é o número de meses em que o indicador emitiu um mau sinal ou ruído; (C) é o número de meses em que o indicador falhou em emitir o sinal que poderia ter sido considerado como bom, e (D) é o número de meses em que o indicador não emitiu um sinal que poderia ter sido um mau sinal ou ruído.

O indicador teria um perfil de indicador perfeito para previsão se emitir um sinal em todos os meses que precede a crise, dentro dos vinte e quatro meses, de modo que  $A > 0$  e  $C = 0$ , e se também não emitir um sinal todo mês que não é seguido de crise, dentro dos vinte e quatro meses, de modo que  $B = 0$  e  $D > 0$ .

Para cada indicador os limites são definidos em cima das relações de percentil de sua distribuição observados dentro do período amostral. Estes percentis variam de zero a cem. A escolha de um nível de percentil muito alto para limite, segundo Ito e Orii (2009), vai reduzir o número de sinais de crise, representados por A e B na matriz, mas isto pode reduzir o número de A enquanto os sinais de crises não excluem falhas. Por outro lado, a escolha de um nível de percentil baixo pode aumentar sinais, reduzindo C à zero, entretanto isto pode aumentar o número de falsos sinais representado por B. Desse modo, o limite é visto como um *trade off* entre aumentar A *versus* aumentar B.

De acordo com Orii (2003), limites entre os percentis de 20 e 40% são, freqüentemente, mais utilizados na maioria dos estudos.

O percentil ótimo, que será utilizado como limite, é aquele que minimiza a razão ruído por sinal, dado pela relação de falsos sinais sobre bons sinais representados por:

$$\text{Razão Ruído por Sinal} = \frac{\frac{B}{(B+D)}}{\frac{A}{(A+C)}} \quad (4)$$

A proporção  $\frac{A}{(A+C)}$  representa o número de bons sinais emitidos pelo indicador, expresso como porcentagem do número de meses que um bom sinal poderia ter sido emitido. A relação  $\frac{B}{(B+D)}$  mostra o número de maus sinais, expresso como porcentagem do número de meses em que um mau sinal poderia ter sido emitido. *Ceteris paribus*, quanto menor o número fornecido pela relação de sinal de ruído, melhor o indicador. Indicadores que apresentam a razão ruído por sinal maior ou igual a uma unidade produz uma grande quantidade de ruídos.

Segundo Herrera e Garcia (1999) a qualidade de cada indicador pode ser analisada, também, de acordo com o tamanho do erro do Tipo I e de Tipo II. Considerando a hipótese nula ( $H_0$ ) como ocorrência de crise e a hipótese alternativa ( $H_A$ ) como não ocorrência de crise, os erros do Tipo I e do Tipo II podem ser analisados considerando essas duas hipóteses:

- 1) O erro Tipo I é dado pela probabilidade de rejeitar  $H_0$  quando ele é verdadeiro, ou seja, é a probabilidade de não antecipação de uma crise. Em termos de matriz, de

acordo com Kaminsky, Reinhart e Lizondo (1998), temos:  $\frac{C}{(A+C)}$  (sinal de crises falhos como proporção do total de crises no período).

- 2) O erro do Tipo II é dado pela probabilidade de não rejeitar  $H_0$  quando ele é falso, em outras palavras, probabilidade de aceitar um ruído como bom sinal. Matricialmente o erro Tipo II é representado por:  $\frac{B}{(B+D)}$  (falso sinal como proporção do total do período tranqüilo).

Uma vez que ambos os Tipos de erros são indesejáveis, o melhor indicador é aquele que minimiza a soma de ambos ou, alternativamente, aquele que minimiza o erro do Tipo I, uma vez que os custos por não antecipação de uma crise são mais altos (HERRERA E GARCIA, 1999).<sup>2</sup>

Kaminsky, Reinhart e Lizondo (1998) propõem também o cálculo das probabilidades de crise denominadas de “condicionada” e “não-condicionada”. A crise condicionada mostra a probabilidade de ocorrência de uma crise condicionada a emissão do sinal pelo indicador, sendo representada por  $\frac{A}{(A+B)}$ . A crise não-condicionada mostra a probabilidade de ocorrência de uma crise não condicionada a emissão de um sinal pelo indicador, representada por  $\frac{(A+C)}{(A+B+C+D)}$ . Para que as informações dos indicadores sejam consideradas úteis nas previsões, a probabilidade condicional deve ser maior que a probabilidade não-condicionada.

Para Kaminsky e Reinhart (1996), este método, além de fornecer uma ferramenta para previsão de crise, permite também avaliar a probabilidade de contágio de crise cambial entre as economias. Para isto, em lugar do monitoramento de variáveis macroeconômicas, são utilizados um conjunto de países dos quais pode-se formar *clusters* comerciais e financeiros.

Em outro trabalho, Kaminsky e Reinhart (1998), examinam se a probabilidade de crise local aumenta quando há crises em outro local. Consideram como variável a amostra de um conjunto de países, calculando a probabilidade incondicional de uma crise. A probabilidade incondicional que uma crise ocorrerá nos próximos vinte quatro meses sobre o total da amostra é dado pelo número de crises cambiais na amostra nos vinte e quatro meses divididos pelo número de observações da amostra. Sabendo que uma crise em outro lugar ajuda a prever uma crise doméstica, então é esperado que a probabilidade condicional seja maior que a probabilidade não-condicionada.

Segundo Kaminsky e Reinhart (1998), instabilidades em vários países simultaneamente podem ocorrer quando estes estão expostos a um choque em comum. A por exemplo, oscilações na taxa de juros internacionais que provocam alteração no fluxo de capitais entre economias, muitos das quais resultam em crise cambial. Para capturar a fragilidade de uma economia a véspera da crise, os autores construíram um composto considerado N séries temporais financeiras e macroeconômicas. Na construção do indicador considera-se que cada um dos indicadores pode emitir um ou mais sinais nos vinte e quatro meses anteriores a crise. Para cada sinal emitido é atribuído valor um, se todos indicadores

<sup>2</sup> Segundo Orii (2003) a relação fornecida pela razão ruído por sinal assume uma função quadrática sobre o nível de corte excluindo a possibilidade da função não ser da forma quadrática. Quando a razão é não quadrática não é prudente adotar um nível de corte, fornecido pelos percentis, mesmo que este represente o ponto de mínimo da razão pelo fato do valor extremo raramente disparar sinais de crise. Desse modo uma alternativa para a razão ruído por sinal seria dado pela função de perda dado por:

$$\text{Função de Perda: } L(T) = \left[ \frac{C}{A+C} \right] c_1 + \left[ \frac{B}{B+D} \right] c_2$$

Onde T é o limite escolhido,  $c_1$  refere-se ao custo de realizar ações de prevenção e  $c_2$  é um custo adicional de crise pela não antecipação. Por simplificação os pesos associados a  $c_1$  e  $c_2$  é igual a uma unidade.

fossem ponderados de maneira iguais. Se os N indicadores emitissem um sinal, o valor do indicador composto seria igual a 1xN em um determinado mês. Mas, a qualidade dos indicadores é heterogênea, por esta razão cada um dos sinais recebe um peso dado pelo inverso da razão ruído por sinal, equação 4, do indicador que emitiu o sinal.<sup>3</sup>

Realizado as respectivas ponderações dos sinais emitidos, pode-se construir um vetor baseado em amostra de probabilidades condicionais para crises cambiais. Um conjunto de probabilidades irá controlar os fundamentos macroeconômicos, representado por P(C|F). Outro conjunto irá controlar os fundamentos macroeconômicos e informações sobre crises em outros lugares, P(C|F, CE). E um terceiro, denominado de nocivo, não irá controlar nenhum dos dois, sendo esta a probabilidade incondicional simples de crise.

Para verificar a proximidade média das probabilidades previstas de crise e as realizações atuais, como medido por uma variável *dummy* a qual forma o valor do composto do indicador, pode-se calcular a pontuação de probabilidade quadrática, *quadratic probability score* – QDS,

$$QDS^k = 1/T \sum_{t=1}^T 2(P_t^k - R_t)^2 \quad (5)$$

Onde  $k = 1,2,3$  refere-se ao indicador,  $P_t^k$  é a probabilidade de ocorrência de crise no período amostral condicionada ao indicador e  $R_t$  recebe valor um se ocorrer crise no período amostral e valor zero caso contrário. Os valores do QDS variam de zero a dois, sendo zero o limite que representa a previsão perfeito do indicador.

Portanto, o modelo de estimação por sinais permite o monitoramento de um conjunto de indicadores com objetivo de prever a chegada de uma crise na economia local. O melhor indicador é aquele que apresentar um menor número de sinais falhos (emitir sinal quando não há ocorrência de crise dentro de vinte e quatro meses), e também menor número de falhas de sinais (não emitir sinal nos vinte e quatro meses precedentes a uma crise) minimizando a razão ruído por sinal. Sendo um indicador significativo na previsão de uma crise sempre que este apresentar um desempenho ou oscilações diferentes das ideais será emitido uma alerta de tendência de eminência de uma crise. O modelo permite também verificar a significância de instabilidades em outras economias na previsão de chegada de uma crise na economia doméstica, testando os possíveis canais de contágio destas instabilidades entre as economias. A antecedência de uma crise é útil para que as autoridades possam mudar suas políticas de modo não comprometer o desempenho da economia.

#### 4 Resultados

Na tentativa de identificar variáveis que seu monitoramento permita a previsão da chegada de uma crise, consideraram-se os valores mensais de um conjunto de dez variáveis macroeconômicas, compreendidas entre o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2010

---

<sup>3</sup> A soma do inverso da razão ruído por sinal de todos os indicadores utilizados na análise é denominado de índice composto por Kaminsky e Reinhart (2001). Este possibilita avaliar a probabilidade de uma crise condicionada aos sinais dos múltiplos indicadores simultaneamente. Os indicadores mais confiáveis, isto é, os que apresentam menor valor na razão ruído por sinal, recebem um peso maior na construção índice composto. Algebricamente o índice composto é:

$$I_t = \sum_{j=1}^n \frac{S_t^j}{w^j}$$

Onde  $n$  é o número de indicadores;  $w^j$  é o valor da razão ruído por sinal e  $S_t^j$  é uma variável binária que recebe valor 1 se o indicador emitiu sinal de crise considerado bom e zero caso contrário.

(totalizando 132 meses), a saber: Produto interno bruto – PIB (BACEN, 2011a); Índice de preço ao consumidor amplo – IPCA (IPEADATA, 2011a); Meios de pagamentos – M1 (BACEN, 2011b); Número de demissões (IPEADATA, 2011b); Risco – país (IPEADATA, 2011c); Importações (BACEN, 2011c); Exportações (BACEN, 2011d); Dívida externa total como proporção do PIB (IPEADATA, 2011d); Reservas internacionais como proporção das importações (BACEN, 2011c; BACEN, 2011e); e Termos de troca (BACEN, 2011c; BACEN, 2011d).

Seguindo a definição de contágio de Eichengreem *et al* (1996) de que crise em outro lugar no mundo aumenta a probabilidade de crise na economia local, este modelo analisará, também, além das variáveis candidatas a preditoras de crise, a possibilidade de contágio de uma crise nos Estados Unidos para o Brasil.<sup>4</sup>

#### 4.1 O limite ótimo por indicador

A estimação por sinal consiste em monitorar um conjunto de indicadores de modo a observar suas oscilações em cima de um valor limite. Toda vez que um indicador ultrapassa esse valor limite é emitido um sinal que é entendido como possibilidade de crise nos próximos 24 meses. O limite ótimo de cada indicador é obtido no ponto onde há minimização da razão ruído por sinal, dado pela equação 4. Na Tabela 1, consta o percentil que fornece o ponto limite ótimo para cada indicador.

Por exemplo, o limite do indicador representado pelo PIB é de 45%, o que informa que cerca de 45% das observações da amostra são considerados sinais. Para esta variável, sempre que o valor do PIB for menor que a média dado pelo percentil de 45%, o indicador irá emitir um sinal. O menor número de sinais emitidos é atribuído ao termos de troca, onde apenas 20% do total de suas observações são consideradas sinais. A mesma lógica segue para os indicadores que emitem sinal quando em dado mês o valor de sua observação esta menor que a média dado pelo percentil ótimo, conforme consta na Tabela 1.

Tabela 1: Limites ótimos dos indicadores

| VARIÁVEL                | PERCENTIL | SINAL |
|-------------------------|-----------|-------|
| PIB                     | 45        | Menor |
| IPCA                    | 50        | Maior |
| Meios de pagamento (M1) | 10        | Maior |
| Demissões               | 10        | Maior |
| Risco – país            | 40        | Maior |
| Importações             | 10        | Maior |
| Exportações             | 40        | Menor |
| Dívida total/PIB        | 75        | Maior |
| Reservas/importação     | 75        | Menor |
| Termos de troca         | 20        | Menor |

Fonte: Elaboração própria.

Já para os meios de pagamentos (M1), o limite ótimo foi de 10%, indicando que 90% das observações da amostra são consideradas como sinais. Sempre que o valor de M1 for maior que o limite ótimo dado pelo percentil de 10%, a variável emitirá um sinal de possibilidade de crise nos vinte quatro meses subsequente. Do mesmo modo são realizadas as análises para os demais indicadores que emitem sinal quando em dado mês o valor de sua observação esta maior que a média dado pelo percentil ótimo.

<sup>4</sup> Os períodos de crise para os Estados Unidos foram determinados de acordo com a definição de crise de Reinhart e Rogoff (2010), para maiores informações consultar Silva, 2012.

Uma primeira visão do desempenho de cada indicador pode ser verificada na Tabela 2 onde, considerando os limites ótimos de cada indicador, realizou-se a estimação por sinais para todos os indicadores.

Tabela 2: Sinais de alerta e persistência dos indicadores

|                         | EMISSÃO DO PRIMEIRO SINAL | Nº DE SINAIS ANTES DA CRISE |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| PIB                     | 24                        | 21                          |
| IPCA                    | 23                        | 15                          |
| Meios de pagamento (M1) | 21                        | 20                          |
| Demissões               | 23                        | 20                          |
| Risco – país            | 24                        | 24                          |
| Importações             | 24                        | 19                          |
| Exportações             | 24                        | 20                          |
| Dívida total/PIB        | 14                        | 11                          |
| Reservas/importação     | 24                        | 24                          |
| Termos de troca         | 19                        | 14                          |

Fonte: Elaboração própria.

Nesta Tabela, observa-se o número de meses anterior a ocorrência de uma crise, dentro do período de vinte e quatro meses, em que o indicador emitiu seu primeiro sinal (considerado como um bom sinal), assim como o total de bons sinais que foram emitidos neste período.

Entre todos os indicadores, a relação Dívida total/PIB foi a que apresentou um menor intervalo na emissão do primeiro sinal, quatorze meses antes da constatação de uma crise, e também menor persistência de emissão de sinais dentro do período de vinte e quatro meses que precedem uma crise, emitindo apenas onze sinais. O indicador IPCA apesar de apresentar um sinal de alerta de crise vinte e três meses antes da ocorrência de uma, mostrou persistência de apenas quinze meses quando o ideal seria que o sinal persistisse em todos os meses que antecederem a eminência de uma crise.

Dois indicadores apresentaram característica de um indicador ideal. São eles: Risco-país e Reservas/importações. Estes emitiram o primeiro sinal de alarme 24 meses antes da ocorrência de uma crise e prosseguiu nos vinte e quatro meses seguintes até a chegada da crise. O indicador PIB falhou apenas três meses na emissão do sinal de alerta, mostrando-se também um possível candidato a indicador ideal. Apesar destes resultados, informações adicionais se fazem necessárias para caracterizá-los como indicadores ideais. Tais informações podem ser verificadas na próxima seção.

#### 4.2 Análise dos resultados

Para verificar a importância da existência de uma crise nos Estados Unidos para o desenvolvimento de uma crise no Brasil, o período de crise nos Estados Unidos foi confrontado com o período de crise no Brasil. O objetivo é verificar se nos 24 meses que antecedem uma crise no Brasil é acompanhado de uma crise nos Estados Unidos. Em caso positivo, há fortes evidências de efeito contágio. O resultado da estimação por sinais para a variável de contágio encontra-se na Tabela 3, montada de acordo com a metodologia proposta por Kaminsky, Reinhart e Lizondo (1998).

Observa-se que das quatorze crises que ocorreram nos Estados Unidos, 12 ocorreram dentro dos vinte e quatro meses que precederam uma crise na economia brasileira, e apenas

dois ocorreram sem que fosse sucedido por uma crise no Brasil, dando evidências de existência de contágio de uma crise nos Estados Unidos para a economia brasileira.

Tabela 3: Resultado da estimação por sinais para variável de contágio

| <b>CRISE NOS ESTADOS UNIDOS</b> |       |              |
|---------------------------------|-------|--------------|
|                                 | Crise | Não há crise |
| Sinal foi emitido               | 12    | 2            |
| Não foi emitido sinal           | 100   | 18           |

Fonte: Elaboração própria.

O resultado individual dos indicadores preditores podem ser verificados no Quadro 2. Estes também seguem a metodologia desenvolvida por Kaminsky, Reinhart e Lizondo (1998).

| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><b>PIB</b></th> </tr> <tr> <th></th> <th>Crise</th> <th>Não há crise</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sinal foi emitido</td> <td>59</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Não foi emitido sinal</td> <td>53</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>                     |       |              | <b>PIB</b>                     |  |  |  | Crise | Não há crise | Sinal foi emitido | 59 | 0  | Não foi emitido sinal | 53 | 20 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><b>IPCA</b></th> </tr> <tr> <th></th> <th>Crise</th> <th>Não há crise</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sinal foi emitido</td> <td>63</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Não foi emitido sinal</td> <td>49</td> <td>14</td> </tr> </tbody> </table>             |  |  | <b>IPCA</b>             |  |  |  | Crise | Não há crise | Sinal foi emitido | 63 | 6  | Não foi emitido sinal | 49 | 14 |
|---|-------|--------------|--------------------------------|--|--|--|-------|--------------|-------------------|----|----|-----------------------|----|----|--|--|--|-------------------------|--|--|--|-------|--------------|-------------------|----|----|-----------------------|----|----|
| <b>PIB</b>  |       |              |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
|   | Crise | Não há crise |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Sinal foi emitido   | 59    | 0            |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Não foi emitido sinal   | 53    | 20           |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| <b>IPCA</b>   |       |              |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
|   | Crise | Não há crise |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Sinal foi emitido   | 63    | 6            |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Não foi emitido sinal   | 49    | 14           |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><b>MEIOS DE PAGAMENTO (M1)</b></th> </tr> <tr> <th></th> <th>Crise</th> <th>Não há crise</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sinal foi emitido</td> <td>98</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Não foi emitido sinal</td> <td>14</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> |       |              | <b>MEIOS DE PAGAMENTO (M1)</b> |  |  |  | Crise | Não há crise | Sinal foi emitido | 98 | 20 | Não foi emitido sinal | 14 | 0  | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><b>DEMISSÕES</b></th> </tr> <tr> <th></th> <th>Crise</th> <th>Não há crise</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sinal foi emitido</td> <td>99</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Não foi emitido sinal</td> <td>13</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>        |  |  | <b>DEMISSÕES</b>        |  |  |  | Crise | Não há crise | Sinal foi emitido | 99 | 20 | Não foi emitido sinal | 13 | 0  |
| <b>MEIOS DE PAGAMENTO (M1)</b>  |       |              |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
|   | Crise | Não há crise |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Sinal foi emitido   | 98    | 20           |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Não foi emitido sinal   | 14    | 0            |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| <b>DEMISSÕES</b>  |       |              |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
|   | Crise | Não há crise |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Sinal foi emitido   | 99    | 20           |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Não foi emitido sinal   | 13    | 0            |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><b>RISCO – PAÍS</b></th> </tr> <tr> <th></th> <th>Crise</th> <th>Não há crise</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sinal foi emitido</td> <td>79</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Não foi emitido sinal</td> <td>33</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>            |       |              | <b>RISCO – PAÍS</b>            |  |  |  | Crise | Não há crise | Sinal foi emitido | 79 | 0  | Não foi emitido sinal | 33 | 20 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><b>IMPORTAÇÕES</b></th> </tr> <tr> <th></th> <th>Crise</th> <th>Não há crise</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sinal foi emitido</td> <td>98</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Não foi emitido sinal</td> <td>14</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>      |  |  | <b>IMPORTAÇÕES</b>      |  |  |  | Crise | Não há crise | Sinal foi emitido | 98 | 20 | Não foi emitido sinal | 14 | 0  |
| <b>RISCO – PAÍS</b>   |       |              |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
|   | Crise | Não há crise |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Sinal foi emitido   | 79    | 0            |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Não foi emitido sinal   | 33    | 20           |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| <b>IMPORTAÇÕES</b>  |       |              |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
|   | Crise | Não há crise |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Sinal foi emitido   | 98    | 20           |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Não foi emitido sinal   | 14    | 0            |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><b>EXPORTAÇÕES</b></th> </tr> <tr> <th></th> <th>Crise</th> <th>Não há crise</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sinal foi emitido</td> <td>52</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Não foi emitido sinal</td> <td>60</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>             |       |              | <b>EXPORTAÇÕES</b>             |  |  |  | Crise | Não há crise | Sinal foi emitido | 52 | 0  | Não foi emitido sinal | 60 | 20 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><b>DÍVIDA TOTAL/PIB</b></th> </tr> <tr> <th></th> <th>Crise</th> <th>Não há crise</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sinal foi emitido</td> <td>33</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Não foi emitido sinal</td> <td>79</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> |  |  | <b>DÍVIDA TOTAL/PIB</b> |  |  |  | Crise | Não há crise | Sinal foi emitido | 33 | 0  | Não foi emitido sinal | 79 | 20 |
| <b>EXPORTAÇÕES</b>  |       |              |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
|   | Crise | Não há crise |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Sinal foi emitido   | 52    | 0            |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Não foi emitido sinal   | 60    | 20           |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| <b>DÍVIDA TOTAL/PIB</b>   |       |              |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
|   | Crise | Não há crise |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Sinal foi emitido   | 33    | 0            |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Não foi emitido sinal   | 79    | 20           |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><b>RESERVAS/IMPORTAÇÃO</b></th> </tr> <tr> <th></th> <th>Crise</th> <th>Não há crise</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sinal foi emitido</td> <td>89</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Não foi emitido sinal</td> <td>23</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>    |       |              | <b>RESERVAS/IMPORTAÇÃO</b>     |  |  |  | Crise | Não há crise | Sinal foi emitido | 89 | 10 | Não foi emitido sinal | 23 | 10 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><b>TERMOS DE TROCA</b></th> </tr> <tr> <th></th> <th>Crise</th> <th>Não há crise</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sinal foi emitido</td> <td>23</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Não foi emitido sinal</td> <td>89</td> <td>18</td> </tr> </tbody> </table>  |  |  | <b>TERMOS DE TROCA</b>  |  |  |  | Crise | Não há crise | Sinal foi emitido | 23 | 2  | Não foi emitido sinal | 89 | 18 |
| <b>RESERVAS/IMPORTAÇÃO</b>  |       |              |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
|   | Crise | Não há crise |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Sinal foi emitido   | 89    | 10           |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Não foi emitido sinal   | 23    | 10           |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| <b>TERMOS DE TROCA</b>  |       |              |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
|   | Crise | Não há crise |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Sinal foi emitido   | 23    | 2            |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |
| Não foi emitido sinal   | 89    | 18           |                                |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |  |  |  |                         |  |  |  |       |              |                   |    |    |                       |    |    |

Quadro 2: Resultado da estimação por sinais que minimiza a razão ruído

Fonte: Elaboração própria.

Entre os dez preditores analisados, cinco indicadores apresentaram um melhor desempenho em relação à emissão de sinal nos vinte e quatro meses que precede uma crise no Brasil: Meios de pagamentos (M1), Demissões, Risco-país, Importação e a relação Reserva/importação. Estes emitiram um maior número de sinais de crise que foram considerados bons sinais.

O indicador Demissões emitiu noventa e nove bons sinais contra treze sinais falhos, sendo este o melhor resultado entre todos os indicadores. Os indicadores Meios de pagamentos (M1) e Importação emitiram noventa e oito bons sinais contra quatorze sinais falhos, a relação Reserva/importação apresentou oitenta e nove bons sinais contra vinte e três

sinais falhos, o Risco-país emitiu setenta e nove bons sinais e trinta e três falhos. Apesar destes indicadores apresentarem os melhores resultados, ainda estão aquém dos resultados ideais uma vez que os valores da célula C e B deveriam tender a zero. Os indicadores representados pelo PIB, Risco-país, Exportações e Dívida total/PIB apresentaram o valor de B igual a zero, enquanto os indicadores Meios de pagamentos (M1), Demissões e Importações apresentaram o valor de C igual a zero. Esses indicadores se aproximaram do ideal, mas emitiram altos números de sinais falhos o que os distanciam dos indicadores ideais.

Três indicadores apresentaram um pior desempenho, a saber: Termos de troca (com oitenta e nove sinais falhos), Dívida total /PIB (com setenta e nove sinais falhos) e Exportações (com sessenta falhas). Estes proporcionalmente falharam mais, ao não emitir um sinal que teria sido considerado um bom sinal, em relação aos bons sinais. Os demais indicadores apresentaram um número equilibrado entre os bons sinais e os sinais falhos. O número de sinais que não foram seguidos de crise, os ruídos, foi relativamente pequeno, entre todos os indicadores.

Para uma melhor visualização dos resultados alcançados, informações adicionais sobre os desempenhos individuais dos indicadores estão expostos na Tabela 4. Nesta, pode-se observar uma série de parâmetros que facilita a comparação entre os indicadores.

Tabela 4: Desempenho dos indicadores na abordagem de sinais

|                         | CRISES<br>PREVISTAS<br>(%) | BONS<br>SINAIS/<br>POSSÍVEIS<br>BONS<br>SINAIS<br>(%) | RUÍDOS/<br>POSSÍVEIS<br>RUÍDOS<br>(%) | RUÍDO<br>SINAL<br>(AJUSTADA)              | $P\left(\frac{\text{CRISE}}{\text{SINAL}}\right)$ | $P\left(\frac{\text{CRISE}}{\text{SINAL}}\right) - P(\text{CRISE})$ |
|-------------------------|----------------------------|---|---------------------------------------|---|---|---|
|                         | (1) <sup>a</sup>           | (2)   | (3)                                   | (4) <sup>b</sup>                          | (5) <sup>c</sup>                                  | (6) <sup>d</sup>  |
| EM TERMOS DE MATRIZ     |                            | $\frac{A}{(A+C)}$                                     | $\frac{B}{(B+D)}$                     | $\frac{\frac{B}{(B+D)}}{\frac{A}{(A+C)}}$ | $\frac{A}{(A+B)}$                                 |   |
| Crise EUA               | 23,08                      | 10,71   | 10,00                                 | 0,93                                      | 85,71   | 0,87  |
| PIB                     | 77,00                      | 52,68   | 0,00                                  | 0,00                                      | 100,00  | 15,15   |
| IPCA                    | 100,00                     | 56,25   | 30,00                                 | 0,53                                      | 91,30   | 6,45  |
| Meios de pagamento (M1) | 100,00                     | 87,50   | 100,00                                | 1,14                                      | 83,05   | -1,80   |
| Demissões               | 100,00                     | 88,39   | 100,00                                | 1,13                                      | 83,19   | -1,65   |
| Risco – país            | 77,00                      | 70,54   | 0,00                                  | 0,00                                      | 100,00  | 15,15   |
| Importações             | 100,00                     | 87,50   | 100,00                                | 1,14                                      | 83,05   | -1,80   |
| Exportações             | 77,00                      | 46,43   | 0,00                                  | 0,00                                      | 100,00  | 15,15   |
| Dívida total/PIB        | 38,46                      | 29,46   | 0,00                                  | 0,00                                      | 100,00  | 15,15   |
| Reservas/importação     | 100,00                     | 79,46   | 50,00                                 | 0,63                                      | 89,90   | 5,05  |
| Termos de troca         | 62,00                      | 20,54   | 10,00                                 | 0,49                                      | 92,00   | 7,15  |

Fonte: Elaboração própria.

<sup>a</sup> Número de crises no qual o indicador emitiu no mínimo um sinal dividido pelo número total de crises.

<sup>b</sup> Razão de falsos sinais (medido como proporção de meses em que falsos sinais poderiam ter sido emitidos) por bons sinais (medido como proporção de meses em que bons sinais poderiam ter sido emitidos).

<sup>c</sup> Percentagem de sinais emitidos pelo indicador que antecedem pelo menos uma crise nos 24 meses subsequente a emissão do sinal.

<sup>d</sup>  $P(\text{CRISE})$  é a probabilidade incondicional de crise, em termos de matriz é  $(A+C)/(A+B+C+D)$ . O valor para a probabilidade incondicional neste modelo foi de 84,85% para todas as variáveis.

A primeira variável analisada via estimação por sinal foi a variável de contágio representada pela existência de crise nos Estados Unidos. Se a ocorrência de uma crise em outro lugar do mundo, no caso os Estados Unidos, ajuda a prever a ocorrência de crise na economia local, no caso o Brasil, então, a probabilidade de ocorrência de uma crise cambial no Brasil, constante na quinta coluna da Tabela 4, condicionada pela existência de uma crise nos Estados Unidos deve ser maior que a probabilidade não condicionada (que neste modelo

foi de 84,85%). O resultado consta na sétima coluna, onde se verifica que a probabilidade condicional é superior a não condicionada. Desse modo, há fortes evidências de existência de contágio de uma crise nos Estados Unidos para o Brasil.

A ocorrência de crise nos Estados Unidos aumenta em 85,71% a probabilidade de ocorrência de uma crise no Brasil. Assim, o conhecimento da existência de uma crise na economia norte-americana é uma informação útil para a previsão de uma crise futura na economia brasileira e as chances de escapar ileso são poucas. O tamanho do efeito do contágio vai depender da capacidade de defesa que a economia afetada possui no momento em que é atingida pelos efeitos de uma crise em outra parte do mundo. Outro ponto que deixa evidente a existência de contágio, considerando o intervalo de vinte e quatro meses antecedentes a crise no Brasil, é o fato de que cerca de 23% das crises que ocorreram no Brasil foram precedidas de pelo menos uma crise nos Estados Unidos.

Na primeira coluna da Tabela 4 expõe-se o percentual de crises corretamente previstas por cada indicador. Esta é definida como a proporção do número de crises no qual o indicador emitiu no mínimo um sinal nos vinte e quatro meses que precedem a ocorrência de uma crise na economia brasileira em relação ao número total de crises sobre o qual o indicador foi avaliado. Os indicadores apresentaram altas taxas de capacidade de previsão de uma crise. Alguns indicadores emitiram no mínimo um sinal nos vinte e quatro meses que antecedem todas as crises registradas, de modo que apresentou uma capacidade de previsão de 100%.

A coluna dois, Tabela 4, expõe o número de bons sinais como percentagem do número de meses que um sinal considerado como bom poderia ter sido emitido. Quando o indicador emite sinais todos os meses que precedem uma crise esta relação apresentam um percentual de 100%. O maior percentual observado entre os indicadores é o representado pelo número de Demissões, com 88,4%; Meios de pagamentos (M1) e Importações, ambos com 87,5%. O menor percentual foi apresentado pelos Termos de troca com um valor igual a 20,5%.

O desempenho individual do indicador em relação à emissão de falso sinal pode ser analisado na coluna três, que expõe a relação do número de meses de sinais falhos, ou ruídos, em relação ao número de meses total que um mau sinal poderia ter sido emitido. Ceteris paribus, quanto menor o valor dessa relação melhor é o indicador. Os indicadores que demonstram melhor desempenho são o PIB, Risco-país, Exportações e Dívida total/PIB, com 0% de possibilidade de maus sinais. Os piores desempenhos foram de Meios de pagamentos (M1), Demissões e Importações, com possibilidade de 100% de maus sinais.

A capacidade de emitir bons sinais e evitar maus sinais pode ser combinada dentro de uma medida única por indicador, que está exposta na coluna quatro. Esta coluna mostra a razão ruído por sinal calculada de acordo com a equação 4. Uma vez que o melhor indicador é aquele que imite sinal todos os meses que antecede uma crise, de modo que  $A/(A+C) = 100\%$ , e ao mesmo tempo que não emita sinais quando não há crise nos vinte e quatro meses seguintes, de modo que  $B/(B+D) = 0\%$ , pela ótica da equação 4 os melhores indicadores são aqueles que apresentam a relação razão ruído indefinido, ou infinitas, devido a divisão por zero. Assim, por este critério os melhor indicadores são: PIB, Risco-país, Exportações e Dívida total/PIB. As maiores razões ruído, sendo por este critério o indicador de pior desempenho, são: Meios de pagamentos (M1), Demissões e importações.

Uma maneira alternativa de analisar o desempenho dos indicadores é comparando a probabilidade de uma crise condicionada pela emissão de um bom sinal pelo indicador e a probabilidade de crise não condicionada. Para que o indicador apresente uma informação útil na previsão de crise a probabilidade condicional deve ser maior que a probabilidade incondicional. A coluna cinco expõe a probabilidade condicional. Neste caso, a probabilidade incondicional foi de 84,85% para todos os indicadores. A coluna seis mostra o resultado da subtração da probabilidade incondicional da probabilidade condicional: três indicadores (Meios de pagamentos (M1), Demissões e importações) não apresentaram informações úteis para a previsão de uma crise na economia brasileira, o que poder ser verificado pelos seus

valores negativos nesta coluna; os demais indicadores apresentaram valores positivos de modo que contribuem com a previsão de uma crise.

Nota-se que os indicadores que não contribuem com informações para previsão de uma crise na economia brasileira são também aqueles que apresentaram as relações de razão ruído maiores que um na coluna quatro, sendo os indicadores de maior razão ruído. Desse modo as condições fornecidas pelas colunas quatro e seis podem ser consideradas equivalentes, ambas corroboram que os três indicadores, Meios de pagamentos (M1), Demissões e importações, são os que apresentam o pior desempenho entre os indicadores analisados. Outro ponto a se ressaltar é o fato destes três indicadores apresentarem ao mesmo tempo os melhores desempenho em relação à emissão de bons sinais e o pior desempenho em relação a contribuição na previsão de crise e na razão ruído. Isso é resultado da alta percentagem (100%) na emissão de maus sinais, que é considerado tanto no cálculo da probabilidade de crise quanto no da razão ruído.

O tamanho do erro do Tipo I e de Tipo II também se apresenta como uma alternativa na verificação da qualidade de cada indicador. As probabilidades são construídas em cima da hipótese nula ( $H_0$ ) de ocorrência de crise contra a hipótese alternativa ( $H_A$ ) de não ocorrência de crise. Os resultados encontram-se na Tabela 5.

O erro Tipo I fornece a probabilidade de não antecipação de uma crise, isto é, rejeita  $H_0$  quando ele é verdadeiro. O erro do Tipo II fornece a probabilidade de aceitar um ruído como bom sinal, ou seja, a probabilidade de aceita  $H_0$  quando ele é falso. Quando uma crise é prevista, as autoridades podem mudar algumas condutas políticas com intuito de antecipar os efeitos mais perversos de uma crise na economia local. Desse modo, o melhor indicador é aquele que minimiza o erro do Tipo I, uma vez que os custos por não antecipação de uma crise são mais altos do que os custos de quando ela foi prevista.

Tabela 5: Erros tipo I e tipo II

| EM TERMOS DE MATRIZ     | ERRO TIPO I         | ERRO TIPO II        |
|-------------------------|---------------------|---------------------|
|                         | $\frac{C}{(A + C)}$ | $\frac{B}{(B + D)}$ |
| Crise EUA               | 89,29               | 10,00               |
| PIB                     | 47,32               | 0,00                |
| IPCA                    | 43,75               | 30,00               |
| Meios de pagamento (M1) | 12,50               | 100,00              |
| Demissões               | 11,61               | 100,00              |
| Risco – país            | 29,46               | 0,00                |
| Importações             | 12,50               | 100,00              |
| Exportações             | 53,57               | 0,00                |
| Dívida total/PIB        | 70,54               | 0,00                |
| Reservas/importação     | 20,54               | 50,00               |
| Termos de troca         | 79,46               | 10,00               |

Fonte: Elaboração própria.

Conforme os dados constantes na Tabela 5, o indicador Demissões apresentou a menor probabilidade de incorrer em um erro Tipo I, com uma probabilidade de 11,6%; em seguida vem o Importação e Meios de pagamentos (M1) (ambos com 12,5%). O indicador com maior probabilidade de cometer um erro do Tipo I é o Termos de troca, com probabilidade de aproximadamente 79,5%; em seguida a relação Dívida total/PIB, com uma chance de 70,5% de cometer um erro do Tipo I.

No geral, dos dez indicadores testados no modelo univariado, quatro se destacaram, a saber: PIB, Risco País, Exportações e Dívida total/PIB. Estes se sobressaíram como melhores indicadores ao apresentarem um menor número de sinais falhos, minimizando a razão ruído por sinal, e por terem apresentado informações úteis para a previsão de uma crise na economia brasileira. Vale ressaltar que o indicador Dívida total/PIB deve ser utilizado com cautela, dada sua alta probabilidade em incorrer um erro Tipo I.

Além da análise do desempenho dos indicadores individualmente, pode-se verificar também seu desempenho conjunto de acordo com o índice composto desenvolvido por Kaminsky e Reinhart (2001), a qual possibilita avaliar a probabilidade de ocorrência de uma crise na economia brasileira condicionada aos sinais dos múltiplos indicadores simultaneamente. O índice composto para os dez indicadores de crise na economia brasileira foi de 8,15%. Quando inserido a variável de análise de contágio, a probabilidade aumenta para 9,23%, um aumento de 13,18% na probabilidade de previsão conjunta dos indicadores. Mais uma vez, há evidências de um efeito contágio de uma crise nos Estados Unidos para o Brasil, mostrando que a inclusão de dados a respeito de crise na economia norte-americana ajuda a prever a chegada de uma crise na economia brasileira.

### **Considerações finais**

Utilizando uma ferramenta estatística classificada dentro dos modelos denominados internacionalmente de “*early warning systems*”, o modelo “*signal approach*” ou “estimação por sinais”, o objetivo deste trabalho foi encontrar variáveis macroeconômicas que seu monitoramento permitisse a antecipação da chegada de uma crise na economia brasileira, assim como, verificar se uma crise na economia norte americana aumenta a probabilidade de crise nesta.

O intervalo amostral abrangeu um período de forte instabilidade na economia norte-americana. Durante a crise norte-americana de 2008 observou-se que quando a crise do mercado *subprime* revelou-se ao mundo (setembro de 2008), o Brasil logo sofreu os primeiros efeitos da crise, mostrando que não estava imune aos seus impactos. Cabe ressaltar que, a magnitude e duração dos impactos de uma crise dos Estados Unidos no Brasil dependem de quão vulnerável se encontra a economia no momento em que os primeiros efeitos do contágio são sentido. Verificou-se que o condicionamento da economia brasileira no momento que a crise *subprime* se anunciou e, também, o empenho do governo em suavizar possíveis impactos mais severos que pudessem desencadear um ambiente perverso de crise na economia brasileira, permitiram o bom desempenho da economia brasileira, permitindo-a reverter rapidamente o ambiente de recessão que se instaurou depois da crise.

O modelo de estimação por sinal comprovou que uma crise na economia norte-americana é seguida por uma crise na economia brasileira, ou seja, tem impactos no Brasil, uma vez que, de 14 crises ocorridas nos Estados Unidos, 12 (86% das crises) ocorreram dentro dos vinte e quatro meses que precederam uma crise na economia brasileira.

Entre os dez indicadores monitorados para analisar seu poder de previsão de uma crise na economia brasileira, quatro se sobressaíram: PIB, exportações, Risco-país e Dívida total/PIB. Estes indicadores apresentaram bons resultados em quase todas as estatísticas calculadas pelo modelo. Deste modo, estes indicadores constituem de variáveis que devem ser monitoradas na tentativa de prever a chegada de uma crise na economia brasileira, permitindo a elaboração de políticas que suavizem seus impactos mais argutos. Pois, quando se consegue prever com antecedência o surgimento de uma crise, e também quando se conhece a vulnerabilidade de uma economia frente a outras em crise, os efeitos de uma crise podem ser enfraquecidos com políticas governamentais mais profundas que evitem, ou torne rapidamente passageiro, o período de recessão.

## Referências bibliográficas

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BACEN. PIB mensal – valores correntes (Tabela 4380). **Séries Temporais**. Disponível em:< <http://www.bacen.gov.br/>>. Acesso: 16 de Out. de 2011a.

\_\_\_\_\_. Meios de pagamentos – M1 (média nos dias úteis do mês) (Tabela 1824). **Séries Temporais**. Disponível em:< <http://www.bacen.gov.br/>>. Acesso: 16 de Out. de 2011b.

\_\_\_\_\_. Importações de bens (fob) - mensal (Tabela 2734). **Séries Temporais**. Disponível em:< <http://www.bacen.gov.br/>>. Acesso: 16 de Out. de 2011c.

\_\_\_\_\_. Exportações de bens (fob) - mensal (Tabela 2733). **Séries Temporais**. Disponível em:< <http://www.bacen.gov.br/>>. Acesso: 16 de Out. de 2011d.

\_\_\_\_\_. Reservas internacionais – conceito liquidez – mensal (Tabela 3546). **Séries Temporais**. Disponível em:< <http://www.bacen.gov.br/>>. Acesso: 16 de Out. de 2011e.

EICHENGREEN, Barry; ROSE, Andrew K; WYPLOSZ, Charles. Exchange market mayhem: the antecedents and aftermath of speculative attacks. **Economic Policy**, n.21, p.249-312, Jun. de 1996.

FRANKEL, Jeffrey A; ROSE, Andrew K. Currency crashes in emerging markets: An Empirical Treatment. **International Finance Discussion Papers** Nº 534, p.p. 1-28, Jan. of 1996.

HERRERA, Santiago; GARCIA, Conrado. User's guide to an early warning system for macroeconomic vulnerability in Latin American countries. **Policy Research Working Paper** Nº 2233, p.p.1-16, Nov. de 1999.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Inflação IPCA (% mensal)**. Dados macroeconômicos. Disponível em:< <http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 16 de Out. de 2011a.

\_\_\_\_\_. **Empregados – demissões (unidades de pessoas)**. Dados macroeconômicos. Disponível em:< <http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 16 de Out. de 2011b.

\_\_\_\_\_. **EMBI + Risco Brasil (pontos)**. Dados macroeconômicos. Disponível em:< <http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 16 de Out. de 2011c.

\_\_\_\_\_. **Dívida total líquida do Governo Federal e Banco Central (% PIB)**. Dados macroeconômicos. Disponível em:< <http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 16 de Out. de 2011d.

KAMINSKY, Graciela L; REINHART; Carmen M ; LIZONDO, Saul. Leading indicators of currency crises. 1998. International Monetary Fund, **IMF Staff Papers**, Vol.45, Nº1. p.p. 1-48, March, 1998.

KAMINSKY, Graciela L; REINHART, Carmen M. The twin crises: the causes of banking and balance-of-Payments problem. 1996. Board of Governors of the Federal Reserve System. **International Finance Discussion Papers**. N 544, p.p. 1-28, March of 1996.

KRUGMAN, Paul R. A model of balance-of-payments crises. **Journal of Money, Credit and Banking**, Vol. 11, No. 3, p.p. 311-325, Aug. of 1979.

ITO, Takatoshi; ORII, Keisuke. Early warning systems of currency crises. Policy Research Institute, Ministry of Finance, Japan, **Public Policy Review**, Vol.5, No.1,p.p. 1-24, Oct. of 2009.

LENZ NETO, Mathias. **Indicadores antecedentes de crises financeiras de soberanos: Uma aplicação ao mercado brasileiro**. 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade de Brasília (UNB): Brasília, 2006.

MOREIRA, Tito Belchior Silva; PAULA PINTO, Maurício Barata; SOUZA, Geraldo da Silva. Uma metodologia alternativa para mensuração de pressão sobre o mercado de câmbio. **Estudos Econômicos**, V.34, N.º1, p.p. 73-99, Jan - Mar. de 2004.

ORII, Keisuke. A new regression approach to early warning systems: with emphasis on different crisis types between east Asia and Latin America. JBICI Discussion Paper Series. **Discussion Paper** No.7, p.p.1-50, Dec. of 2003.

REINHART, Carmen M; GOLDSTEIN, Morris; KAMINSKY, Graciela. Assessing Financial Vulnerability, an Early Warning System for Emerging Markets: Introduction. 2000. **MPRA Paper n°** 13629, p.p. 1-56, Feb. Of 2000.

REINHART, Carmen M; ROGOFF, Kenneth S. Baking crises: an equal opportunity menace. National Bureau of Economic Research. **NBER Working Paper No. 14587**, p.p. 1-82, Dec. of 2008.

REINHART, Carmen M; ROGOFF, Kenneth S. From Financial Crash to Debt Crisis. National Bureau of Economic Research. **NBER Working Paper** 15795, p.p.1-46, Mar. of 2010.

SILVA, Claudeci. Early warning systems: uma análise empírica de canais de contágio de crises dos Estados Unidos para o Brasil (2000 – 2010). 2012. 184 f. Dissertação (Mestrado em Teoria Econômica). Universidade Estadual de Maringá: Maringá, 2012.