UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

TESTES DE ESTRESSE EM SISTEMAS FINANCEIROS: UMA APLICAÇÃO AO
BRASIL

Toni Ricardo Eugênio dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Márcio Issao Nakane

SÃO PAULO

2008

Profa. Dra. Suely Vilela
Reitora da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Carlos Roberto Azzoni
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Joaquim José Martins Guilhoto
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Dante Mendes Aldrighi
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

TONI RICARDO EUGÊNIO DOS SANTOS

**TESTES DE ESTRESSE EM SISTEMAS FINANCEIROS: UMA APLICAÇÃO AO
BRASIL**

Texto apresentado ao Departamento de Economia da
Faculdade de Economia Administração e
Contabilidade da Universidade de São Paulo como
requisito para prova de qualificação para a obtenção
do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Issao Nakane

SÃO PAULO

2008

Dissertação defendida e aprovada no Departamento de Contabilidade e Atuária da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, pela seguinte banca examinadora:

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Santos, Toni Ricardo Eugênio dos

Testes de estresse em sistemas financeiros : uma aplicação
ao Brasil / Toni Ricardo Eugênio dos Santos. – São Paulo, 2008.
56 p. .

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2008

Bibliografia

1.Econometria 2. Finanças 3. Banco Central I. Universidade
de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade.
II. Título.

CDD – 330.015195

**À minha mãe e à minha esposa,
sempre presentes**

Agradeço ao professor e orientador Márcio Issao Nakane, pelo apoio e encorajamento contínuos na pesquisa, ao professores Fábio Kanczuk e José Carlos de Souza Santos, participantes da banca de qualificação e aos demais Mestres da casa, pelos conhecimentos transmitidos, e à FEA USP, pelo apoio institucional e pelas facilidades oferecidas.

Agradeço também ao Banco Central do Brasil, pelo apoio financeiro durante o período de elaboração desta obra e pelos dados, sem os quais tal trabalho não seria realizado.

RESUMO

Esta dissertação revê as metodologias de teste de estresse em sistemas financeiros e descreve uma análise de cenário e um teste de estresse aplicado ao Brasil. Os cenários macroeconômicos são modelados por vetores auto-regressivos e o teste de estresse por um probit ordenado com efeitos aleatórios. Dados para o Brasil no período de 11/2002 a 11/2007 são usados para estimar os cenários macroeconômicos. A experiência brasileira de 2002 e início de 2003 parecem particularmente interessante para um teste de estresse por incluir uma grande volatilidade de mercado com taxas de inadimplência e perdas bancárias acima da média. A introdução de cenários macroeconômicos no teste de estresse do sistema financeiro brasileiro e o uso de regressões de dados categorizados com dados em painel são a principal contribuição deste trabalho. O modelo pode ser estendido para usar dados para um setor industrial específico para identificar potenciais riscos de concentração de empréstimos.

ABSTRACT

This dissertation reviews financial system stress-testing methodologies and describes a scenario analysis and macro stress testing applied to Brazil. The macroeconomic scenarios are modeled by a vector autoregressive and the stress testing by a random effects ordered probit panel. Data for Brazil over the time period from 11/2002 to 11/2007 is used to estimate the macroeconomic scenarios. The Brazilian experience in 2002 and early 2003 appears particularly suited for macro stress-testing as it includes a great market volatility with significantly higher than average default rates and banks' losses. Introducing macroeconomic scenarios in Brazilian financial system stress-testing and using categorical regression with panel data are the main contributions of the dissertation. The model can be extended to use industrial specific sector data to stress in order to identify potential risks of loans' concentration.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	2
LISTA DE GRÁFICOS	3
1. INTRODUÇÃO	4
2. REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1. Teste de Estresse.....	6
2.2. Testes de Estresse em Sistemas Financeiros	7
2.3. Literatura Empírica Internacional.....	11
2.4. Literatura Brasileira	14
2.4.1. Procedimento Atual do Banco Central do Brasil.....	14
2.4.2. Abordagem de Simulação de Carteiras	16
3. METODOLOGIA	22
4. DESCRIÇÃO DOS DADOS.....	25
4.1. Indicadores Macroeconômicos.....	25
4.2. Indicadores de crédito.....	29
5. CENÁRIO MACROECONÔMICO	33
6. RESULTADOS DO TESTE DE ESTRESSE	40
7. CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores extremos diários em crises financeiras recentes	6
Tabela 2 – Comparação entre as abordagens de testes de estresse.	10
Tabela 3 – Resumo da Literatura	11
Tabela 4 – Provisão mínima por classificação de risco da operação de crédito.	15
Tabela 5 – Estatísticas das variáveis macroeconômicas	26
Tabela 6 – Estatísticas dos dados de crédito	30
Tabela 7 – Estatísticas dos dados de crédito de operações de pessoa física	30
Tabela 8 – Estatísticas dos dados de crédito de operações de pessoa jurídica.....	31
Tabela 9 – Estimativas do VAR das variáveis macroeconômicas	34
Tabela 10 – Causalidade de Granger das variáveis macroeconômicas	35
Tabela 11 – Probit ordenado com efeitos aleatórios	41
Tabela 12 – Fatores para o cálculo dos efeitos marginais.....	42
Tabela 13 – Probabilidades de classificação no cenário base – 1 ano	43
Tabela 14 – Probabilidades de classificação no cenário base – 6 meses	43
Tabela 15 – Probabilidades de classificação no cenário de estresse – 1 ano	43
Tabela 16 – Probabilidades de classificação no cenário de estresse – 6 meses	43
Tabela 17 – Classificação de risco em Nov/2007	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução das Provisões para Devedores Duvidosos e do Hiato do Produto	20
Gráfico 2 – Operações de crédito do SFN por classificação de risco	21
Gráfico 3 – Matriz de relações entre as variáveis macroeconômicas.....	26
Gráfico 4 – Evolução das variáveis macroeconômicas no tempo	28
Gráfico 5 – Distribuição do risco das operações de crédito por tipo de cliente.....	32
Gráfico 6 – Função de resposta ao impulso	36
Gráfico 7 – Evolução do risco Brasil	37
Gráfico 8 – Erro da expectativa do câmbio sob cenário de estresse	37
Gráfico 9 – Hiato do produto sob cenário de estresse.....	38
Gráfico 10 – Diferença entre taxa de juros de longo e curto prazo sob cenário de estresse	38
Gráfico 11 – Taxa de inflação sob cenário de estresse	39
Gráfico 12 – Participação das operações de difícil recuperação	44

1. INTRODUÇÃO

Independentemente do país a regulação prudencial tem uma importância fundamental para a estabilidade do sistema financeiro. Uma crise sistêmica não afeta apenas o setor bancário, suas conseqüências se alastram por todo o tecido econômico. Pode-se citar a crise de hipotecas nos Estados Unidos da América (EUA) em 2007 e a crise de alguns grandes bancos no Brasil na década 1990.

Dentro deste contexto, a preocupação com os sistemas financeiros extrapola as fronteiras nacionais, tanto que desde 1988, com a criação do Acordo de Capital da Basileia, o FMI e o Banco Mundial orientam as Autoridades Supervisoras quanto às observações de normas internacionais e avaliação da solidez do sistema financeiro. Uma das ferramentas utilizadas para este acompanhamento é o teste de estresse.

Testes de estresse do mercado financeiro se referem a uma gama de técnicas que ajudam avaliar a vulnerabilidade do setor financeiro em eventos excepcionais mas plausíveis. É baseado no delineamento de um conjunto comum de choques e cenários aplicados em instituições financeiras, com o objetivo de analisar tanto o efeito agregado como a distribuição destes nas instituições.

Há duas etapas claramente distintas em um teste de estresse. Primeiramente, está a elaboração do modelo econômico e a aplicação de um choque exógeno para a obtenção de um cenário de estresse. Em segundo lugar, a avaliação de como as novas condições macroeconômicas afetam as instituições financeiras.

Autoridades Supervisoras de alguns países têm trabalhos publicados sobre técnicas utilizadas de teste de estresse como ferramenta de supervisão indireta e a pesquisa em tela tem como propósito estudar os trabalhos publicados, para desenvolver uma metodologia que seja aplicável aos dados mensalmente recolhidos pelo Banco Central Brasil.

O desafio tem início com a escassa bibliografia sobre teste de estresse com os dados brasileiros. A literatura estadunidense é vasta sobre o tema, mas algumas vezes as séries de

dados utilizadas em alguns artigos não têm correspondência no Brasil. As séries brasileiras de crédito para clientes são curtas devido à exigência legal, pois os dados dos clientes só podem ser armazenados por cinco anos. Assim, o trabalho tem apenas os dados disponíveis a partir de fevereiro de 2003 a novembro de 2007. Outra limitação em comparação com os americanos é a pequena proporção de empresas cadastradas em bolsa de valores e a falta de liquidez da maioria dos papéis listados na Bolsa de Valores de São Paulo. Não obstante, a pesquisa bibliográfica relaciona artigos em que se desenvolvem modelos a partir de dados semelhantes às do Brasil.

Devido aos fatores expostos no parágrafo anterior, o presente trabalho busca um modelo para um teste de estresse do sistema financeiro brasileiro, deixando de lado a modelagem integrada entre risco de mercado e crédito e focando apenas no último fator citado. Também não serão objetos de estudo os efeitos dinâmicos devido à reação das instituições financeiras a uma crise econômica.

O trabalho foi dividido da seguinte maneira: o capítulo 2 é uma revisão da literatura nacional e internacional; a metodologia e os objetivos da pesquisa são descritos no capítulo 3; o capítulo 4 traz a descrição dos dados; a construção de cenários macroeconômicos é o assunto do capítulo 5; resultados preliminares são apresentados no capítulo 6 e a conclusão é feita no capítulo 7.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Teste de Estresse

Testes de estresse avaliam como eventos excepcionais ou mudanças em variáveis econômicas afetam as carteiras das instituições financeiras. Teste de estresse é definido como uma estimativa da variação do valor de uma carteira quando há grandes mudanças nos preços dos seus ativos em Banco Mundial e FMI (2005, p. 379). Jorion (2006, p. 357) o define como uma medida de risco não estatística, que identifica situações extremas que poderiam causar prejuízos a uma instituição financeira. Portanto, o teste de estresse está associado a estados anormais que podem afetar negativamente um intermediário financeiro.

O conjunto de valores extremos, mas plausíveis, para os fatores de risco é chamado de cenário, que pode ser baseado em eventos históricos ou hipotéticos (JORION, 2006, p. 358-361). Dois exemplos de cenários históricos de estresse são a crise dos mercados asiático em 1997 e do Brasil em 1998, ilustrados nas duas primeiras linhas da tabela 1. No dia 27/10/1997 a bolsa sofreu uma queda de 15% para ter uma alta de cerca de 10% em 03/11/1997. Já em 10/09/1998 o índice de ações caiu cerca de 16% e subiu 13% no dia seguinte e quase 19% no dia 15/09/1998. Estes são exemplos de eventos possíveis cuja probabilidade de ocorrência seria extremamente baixa se os retornos seguissem uma distribuição normal (JORION, 2006, p. 359).

Tabela 1 – Valores extremos diários em crises financeiras recentes

Evento	Período		Retorno do Ibovespa	Variação do câmbio	Taxa Over Selic anual	Prêmio do C-Bond
Crise asiática	outubro-97	novembro-97	-15%	35%	46,38%	755
Crise brasileira	setembro-98	outubro-98	-16%	25%	42,60%	1257
Eleições 2002	julho-02	novembro-02	-5%	4,90%	20,90%	2335

Segundo Jorion (2006, p. 374) a parte mais sensível de um teste de estresse é a construção dos cenários, que torna o método subjetivo e dependente do conhecimento e sensibilidade de quem determina o que pode afetar ou não uma carteira. Além disso, os cenários muitas vezes não são associados a uma probabilidade de que ele aconteça, o que dificulta a interpretação

dos resultados. Mas quando bem utilizado, o teste de estresse é um complemento importante na avaliação de riscos, sejam eles de mercado, crédito ou operacional.

2.2. Testes de Estresse em Sistemas Financeiros

A nomenclatura do teste de estresse aplicado a um conjunto de instituições financeiras varia entre autores. Segundo Jones *et al.* (2004) o nome teste de estresse de sistema financeiro é incorreto, pois uma autoridade supervisora considera normalmente apenas um subconjunto de instituições. Ele propõe o nome teste de estresse focado em sistema. Sorge (2004) prefere a denominação teste de estresse macro. Barnhill (2002) não entra no mérito da questão de nomenclatura. Entende-se que o nome teste de estresse de sistema financeiro pode ser usado sem grande prejuízo de compreensão, pois ainda não há uma denominação consolidada na literatura.

O teste de estresse pode produzir informações relevantes sobre a resiliência do sistema financeiro em eventos extremos. O aumento da volatilidade dos retornos nos cenários descritos anteriormente pode causar problemas em algumas instituições financeiras, o que obrigaria a autoridade monetária a ajudar as instituições com problemas de liquidez para evitar um contágio no sistema financeiro. Inicialmente o teste de estresse que era usado apenas em carteiras de ativos de instituições isoladas, passou a ser um instrumento importante para a supervisão bancária (BANCO MUNDIAL; FMI, 2005, p. 380; SORGE, 2004). Jones *et al.* (2004) chama a atenção para a recomendação do Comitê de Basiléia de Supervisão Bancária de aumentar a ênfase no uso de teste de estresse para vários propósitos. Além de ser um instrumento do Programa de Avaliação do Setor Financeiro (FSAP)¹ (BANCO MUNDIAL e FMI, 2005, p. 379).

Em que o teste de estresse em sistema financeiro é diferente do feito pelos intermediários financeiros? Os testes de estresses feitos por instituições financeiras são exercícios sobre suas carteiras de ativos com o propósito de limitar suas exposições aos riscos de mercado, crédito,

¹ Os FSAP (Financial Sector Assessment Programs) conduzidos pelo FMI e Banco Mundial junto aos países membros são exames do sistema financeiro que visam avaliar a Regulação e Supervisão do sistema nomeadamente quanto à aplicação de determinadas normas internacionais, por exemplo, o Acordo de Basiléia. A avaliação da solidez dos sistemas financeiros, principalmente quanto à solvabilidade, rentabilidade, liquidez e capacidade de resistência a choques.

liquidez, etc. Procura-se saber se um evento extremo ocorresse, quais investimentos causariam maior impacto negativo no balanço. O teste de estresse em sistema financeiro é aplicado em um contexto mais amplo. Aplica-se o mesmo choque às instituições financeiras para identificar vulnerabilidades comuns entre elas que possam comprometer a estabilidade do sistema financeiro. Outra diferença é o grau de agregação dos dados, pois um teste de estresse de sistema financeiro utiliza somatório de carteiras de clientes agrupados por bancos ou setores financeiros. (JONES *et al.*, 2004).

Sorge (2004) descreve a diferença entre previsões macroeconômicas, a análise de indicadores prévios de alerta e teste de estresse. Previsões macroeconômicas são utilizadas para antecipar o panorama mais provável da economia como um todo ou de um setor em particular a partir de dados históricos. Enquanto modelos de indicadores prévios de alerta e de teste de estresse estão preocupados com eventos improváveis que podem ter consequências severas para as instituições financeiras. Mas os indicadores prévios de alerta procuram prever a probabilidade de ocorrer uma crise utilizando dados históricos. No caso do teste de estresse utiliza-se da simulação de um cenário de crise para avaliar a vulnerabilidade de um sistema financeiro.

As descrições feitas por Jones (2004) e Sorge (2004) do processo de teste de estresse contêm os seguintes estágios:

- Identificação de vulnerabilidades;
- Construção de cenários;
- Avaliação da vulnerabilidade do sistema;
- Efeitos de retroalimentação;
- Interpretação dos resultados.

As inter-relações entre os estágios descritos podem ser vistas na Figura 1.

Figura 1 – Visão geral do teste de estresse macro

Fonte: SORGE, 2004, p. 2.

Os testes de estresse de sistemas financeiros são classificados por tipo de abordagem, por partes ou integrada (SORGE,2004). Na abordagem por partes, os fatores de riscos são avaliados separadamente e então se analisa o resultado. Enquanto na abordagem integrada todos os fatores de risco são avaliados em conjunto, relaxando a hipótese de correlação zero entre risco de mercado e crédito. A tabela 2 faz uma comparação entre as vantagens e desvantagens de cada tipo de abordagem.

Tabela 2 – Comparação entre as abordagens de testes de estresse.

	Abordagem por partes Modelos de previsão de indicadores individuais de estabilidade financeira.	Abordagem integrada Combina a análise de vários fatores de risco em uma única distribuição de perda de carteira.
Principais opções de modelagem	Séries de tempo ou dados em painel; Forma reduzida ou modelos estruturais.	Modelo de risco macro-econométrico; Modelo de risco micro-estrutural.
PROS	Intuitivo e com baixa carga computacional; Caracterização mais ampla do cenário de stress	Análise integrada dos riscos de crédito e mercado; Simula desvios em toda distribuição de perda impulsionados pelo impacto dos choques nos componentes de riscos individuais; É aplicado para capturar efeitos não-lineares de choques macroeconômicos no risco de crédito.
CONTRAS	Freqüentemente funções lineares são usadas; Instabilidade nos parâmetros de longo prazo; Ausência de efeitos de realimentação; Provisões de perdas para empréstimos e prejuízos podem gerar ruídos nos indicadores de risco de crédito.	Métricas do valor em risco entre as instituições não são aditivas; A maioria dos modelos foca apenas o risco de crédito, freqüentemente limitado a um horizonte de curto prazo; Estudos disponíveis não lidam com efeitos de retroalimentação ou parâmetros instáveis no longo prazo.

Fonte: SORGE, 2004, p. 8.

Após discorrer sobre as duas abordagens e de descrever sobre efeitos de retroalimentação, Sorge (2004) chamou a atenção para os seguintes pontos em sua conclusão:

- *Impossibilidade de adicionar riscos e métricas de riscos.* Um conjunto de choques correlacionados ao compasso da atividade macroeconômica, taxas de juros ou preços de ativos pode ser uma fonte de risco de crédito e de mercado para as instituições financeiras. Neste sentido, dada sua probabilidade conjunta de ocorrência, os riscos não deveriam ser analisados usando modelos separados e então simplesmente adicionando-os. Uma abordagem superior consiste em integrar modelos de riscos de mercado e de crédito. De modo similar, desde que as perdas potenciais enfrentadas pelas várias instituições financeiras são também correlacionadas, medidas como o valor em risco, calculado como um indicador de vulnerabilidade de uma única carteira ou de uma instituição financeira, não podem ser simplesmente somados para se conseguir retratos do risco sistemático. Ao contrário, uma abordagem macro da carteira é necessária para modelar as perdas potenciais do sistema financeiro;
- *Tamanho do horizonte de tempo.* Choques macroeconômicos parecem ser correlacionados no tempo. De fato, vulnerabilidades sistêmicas surgem da erosão progressiva das reservas de capital como um resultado de tensões financeiras que persistem por vários anos;
- *Efeitos de retroalimentação e instabilidade nos parâmetros endógenos.* Medir o impacto total de um conjunto de choques macroeconômicos na fragilidade do sistema financeiro no longo prazo requer também um relaxamento da hipótese de equilíbrio parcial e em particular na hipótese de invariância da carteira, usualmente adotada na prática de gerenciamento de risco de instituições financeiras individuais.

2.3. Literatura Empírica Internacional

Tabela 3 – Resumo da Literatura

Referência	País	Variável dependente	Dados	Período da amostra	Metodologia
Barnhill e Maxwell (2002)	África do Sul	Classificação de risco do cliente.	Estrutura a termo de 8 taxas de juros domésticas e três estrangeiras (EUA, Grã-Bretanha e Japão), três taxa de câmbio (Dólar Americano, Libra Esterlina e Yen), 20 índices setoriais de ações, 20 índices regionais de preços do mercado imobiliário, preço do ouro e taxa de inflação doméstica.	Janeiro de 1996 a junho de 1999.	Abordagem de simulação de carteiras.
Misina et al (2006)	Canadá	Probabilidade de inadimplência.	Número de inadimplentes e totais de créditos de 4 setores: indústria, construção, varejo e restaurantes e hotelaria. Crescimento do PIB, taxa de juros real, índice de preços de matérias primas, crescimento real do PIB Americano e a taxa real de juros dos EUA.	Primeiro trimestre de 1987 ao quarto trimestre de 2005	Regressão logística e vetores autoregressivos (VAR).
Sorge e Virolainen (2006)	Finlândia	Variação da razão provisão de créditos duvidosos sobre total de créditos	Provisão sobre o total de créditos concedidos, crescimento do PIB dessazonalizado e taxa de juros de curto prazo	Primeiro trimestre de 1992 ao segundo trimestre de 2003	Mínimos quadrados ordinários

Referência	País	Variável dependente	Dados	Período da amostra	Metodologia
Sorge e Virolainen (2006)	Finlândia	Probabilidade de Inadimplência	Inadimplência de setores industriais, crescimento anual do PIB, hiato do produto, taxa de juros, nível de endividamento.	Primeiro trimestre de 1986 ao segundo trimestre de 2003	Sistema de equações aparentemente não-relacionadas (SUR) e simulação de Monte Carlo
Van den End et al (2006)	Holanda	Perda dada a inadimplência	Provisão para devedores duvidosos e totais de créditos por banco. Taxa de juros dos títulos de dez anos do governo, taxa de juros livre de risco para três meses e crescimento do PIB.	Ano de 1990 ao ano de 2004	Mínimos quadrados ordinários e Mínimos quadrados generalizados

As características principais de alguns artigos que tratam sobre teste de estresse estão resumidas na tabela 3. Vale a pena destacar os trabalhos de Sorge e Virolainen (2006) e de Van den End et al (2006), devido à restrição de dados disponíveis serem semelhantes ao caso brasileiro.

Sorge e Virolainen (2006) fazem o mapeamento entre variáveis macroeconômicas e taxas de inadimplência de setores corporativos no exercício cuja variável dependente é a probabilidade de inadimplência. O modelo é baseado em um sistema de três equações reproduzidas a seguir.

$$\begin{cases} PD_{j,t,s} = \frac{1}{1 + \exp(y_{j,t,s})} \\ y_{j,t,s} = \beta_{j,0} + \beta_{j,1}X_{1,t,s} + \beta_{j,2}X_{2,t,s} + \dots + \beta_{j,n}X_{n,t,s} + v_{n,t,s} \\ X_{i,t} = k_{i,0} + k_{i,1}X_{i,t-1} + k_{i,2}X_{i,t-2} + \dots + k_{i,p}X_{i,t-p} + \varepsilon_{i,t} \end{cases}$$

Onde $PD_{j,t,s}$ é a probabilidade de inadimplência da contraparte na indústria j no tempo t, no estado s; $y_{j,t,s}$ é um índice setorial, como por exemplo, o índice setorial de telecomunicações (ITEL) da Bovespa, X é um vetor de variáveis macroeconômicas, tais como, crescimento do

PIB, taxas de juros, etc. As variáveis X são modeladas como um conjunto de equações autorregressivas de ordem p . Além disso, foi feita a seguinte hipótese pelos autores.

$$\left\{ \begin{array}{l} \begin{pmatrix} \nu \\ \varepsilon \end{pmatrix} \sim N(0, \Sigma) \\ \Sigma = \begin{bmatrix} \Sigma_\nu & \Sigma_{\nu, \tau} \\ \Sigma_{\tau, \nu} & \Sigma_\tau \end{bmatrix} \end{array} \right.$$

Onde Σ é matriz de variância-covariância de erros.

Após estimar as equações descritas anteriormente, os autores simulam os valores futuros das taxas de inadimplência específicas para cada indústria pelo método de Monte Carlo para determinar as distribuições de perda de crédito para as carteiras sob cenários macroeconômicos simulados.

Van den End et al (2006) descrevem o teste de estresse usado pela autoridade supervisora holandesa. Os cenários macroeconômicos são construídos a partir de um modelo estrutural usado pelo Banco da Holanda para projeções de crescimento econômico e inflação para horizontes de um a três anos. O risco de crédito é modelado pelo sistema de equações a seguir.

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda(TaxaInad)_t = \alpha + \beta_1 PIB_t + \beta_2 (JL_t - JC_t) + \nu_t \\ \lambda\left(\frac{Prov}{Cred}\right)_{i,t} = efeitos_fixos_i + \beta_3 PIB_t + \beta_4 JL_t + \beta_5 \lambda(TaxaInad)_t + \eta_t \end{array} \right.$$

Na primeira equação $TaxaInad$ é o número de inadimplentes sobre a população de firmas, PIB é o produto interno bruto, JL e JC são as taxa de juros de longo e curto prazo respectivamente, todas medidas no mesmo período t . A razão entre provisão para credores duvidosos e o total de crédito do banco i no tempo t é dado por $(Prov/Cred)_{i,t}$. As diferenças estruturais entre os bancos são levadas em conta no vetor de efeitos fixos. A função λ pode ser qualquer função não linear que mapeie números reais para o intervalo $[0,1]$, por exemplo, a função logit.

A Perda dada a Inadimplência, PDI, é obtida para cada banco a partir da relação a seguir.

$$PE = PI * PDI * EAI$$

PE é a perda esperada, PI é a probabilidade de inadimplência e EAI é a exposição à inadimplência. A razão $(Prov/Cred)_{i,t}$ é utilizada por Van den End et al (2006) como aproximação para PE/EAI e TaxaInad para PI. Obtém-se assim a perda dada a inadimplência para cada banco sob cenários de estresses.

O risco de crédito a que estão expostos os bancos holandeses é avaliado separando-se as carteiras em domésticas e estrangeiras. O pior cenário de estresse feito pelos autores resulta em uma perda média na carteira de crédito de cerca de 5% dos fundos próprios dos bancos dos Países Baixos.

2.4. Literatura Brasileira

2.4.1. Procedimento Atual do Banco Central do Brasil

Pela nomenclatura adotada por Sorge (2004) a metodologia usada pela autoridade supervisora brasileira pode ser classificada como uma abordagem por partes a partir da descrição feita pelo Banco Central do Brasil (2007):

Para efeito do estresse de risco de crédito, realiza-se o rebaixamento de dois níveis nas classificações de risco para todos os clientes da instituição financeira, a partir dos dados do balancete – carteira classificada. Da nova classificação, obtém-se como resultado uma nova necessidade de provisão. Desse resultado, subtrai-se a provisão real para se verificar o aumento de provisão necessário. Em seguida, calcula-se o efeito do aumento de provisão sobre o PLE e sobre o PR e, conseqüentemente, apura-se o impacto sobre o índice de Basileia.

Para a identificação dos parâmetros a serem utilizados nos cenários de estresse de risco de mercado (taxa de juros prefixada e cambial), utiliza-se o maior valor obtido da aplicação de dois modelos: VaR e Híbrido. Com relação ao VaR, utilizou-se, basicamente, a metodologia do RiskMetrics, que trabalha com a hipótese de comportamento normal para o logaritmo dos retornos das variáveis em análise. Já o modelo híbrido utiliza dados históricos, mas não traça hipóteses quanto à distribuição dos retornos das variáveis analisadas, e faz uso da técnica de alisamentos exponenciais – combinando assim algumas características do VaR, do RiskMetrics – e dos métodos de simulação histórica.

A classificação de risco das operações de crédito e arrendamento mercantil citada no trecho anterior é determinada pela Resolução 2.682 de 1999 do Banco Central do Brasil. Os níveis de risco definidos são “AA”, “A”, “B”, “C”, “D”, “E”, “F”, “G” e “H” de acordo com características do devedor e de seus garantidores, bem como das características da operação.

Além disso, resolveu-se que a classificação de risco deve ser revista periodicamente em função de atraso nas obrigações e nas características do devedor e de seus garantidores e em relação à operação. A provisão para cada nível de risco não pode ser inferior ao que está descrito na tabela 4.

Tabela 4 – Provisão mínima por classificação de risco da operação de crédito.

Classificação	AA	A	B	C	D	E	F	G	H
Provisão	0%	0,50%	1%	3%	10%	30%	50%	70%	100%

Fonte: Resolução 2.682/99 do Banco Central do Brasil

O patrimônio líquido mínimo exigido, ou PLE, é definido pelas Resoluções 2.099, 2.692, 2.788 e 2.891 e pelas Circulares 3.196 e 3.353 do Banco Central do Brasil. No manual de normas e instruções 02-02-03, ou MNI a fórmula a seguir pode ser encontrada:

$$PLE = 11\% * APR + 20\% * \sum_{i=1}^{n1} RCD_i + 100\% * \max \left\{ \sum_{i=1}^{n2} Aprc_i - K * PR; 0 \right\} + \sum_{i=1}^{n3} EC_i$$

Onde:

- APR é o ativo ponderado pelo risco definido como o produto dos títulos do Ativo Circulante e Realizável a Longo Prazo (código 1.0.0.00.00-7 do Plano Contábil das Instituições do Sistema Financeiro Nacional, ou Cosif) pelos fatores de riscos correspondentes somado ao produto do Ativo Permanente (código 2.0.0.00.00-4 do Cosif) pelo fator de risco correspondente mais o produto dos títulos Coobrigações e Riscos em Garantias Prestadas (código 3.0.0.00.00-4 do Cosif) pelos fatores de riscos correspondentes;
- O limite n1 é igual ao número de operações de swap inscritas na conta Contrato de Ações, Ativos Financeiros e Mercadorias, 3.0.6.10.60-4 do Cosif;
- RCD_i é o risco de crédito da i-ésima operação de swap inscrita na conta 3.0.6.10.60-4 do Cosif, consistente na ponderação do valor de referência da operação no momento da respectiva contratação (VN_i) pelo valor de risco potencial correspondente, considerando seu prazo a decorrer, dado pela fórmula:

$$RCD_i = VN_i * \sqrt{Ra_i^2 + Rp_i^2 - 2 * rap_i * Ra_i * Rp_i}$$

- Ra_i é o risco do referencial ativo da i -ésima operação;
- Rp_i é o risco do referencial passivo da i -ésima operação;
- A correlação entre os referenciais ativo e passivo é dada por rap_i para a i -ésima operação;
- O limite $n2$ é igual ao número de posições líquidas em cada moeda e ouro;
- $Aprc_i$ é o valor das posições líquidas das operações com ouro e com ativos e passivos referenciados em variação cambial, incluídas aquelas realizadas em mercados de derivativos;
- K é igual a:
 - $0,05$ para $\frac{\sum_{i=1}^{n2} Aprc_i}{PR} \leq 0,05$;
 - 0 caso contrário;
- PR é o Patrimônio de Referência, apurado nos termos da seção 02-02-01 do MNI;
- O limite $n3$ é igual ao número de parcelas representativas do valor de PLE para a cobertura do risco de mercado de taxa de juros em determinada moeda ou base de remuneração;
- EC_i é igual à parcela representativa do valor de PLE para cobertura do risco de mercado de taxa de juros em determinada moeda ou base de remuneração.

Tanto fatores de risco de crédito quanto de mercado são utilizados no PLE. Variáveis macroeconômicas são utilizadas no modelo de teste de estresse para o risco de mercado do Banco Central do Brasil, mas não no teste de estresse para o crédito. Portanto, um modelo que explique como a qualidade do crédito é influenciada por ciclos econômicos pode fazer com que se utilize apenas um cenário para os testes de estresse para o risco de mercado e para o risco de crédito. Esta é a principal contribuição desta dissertação à literatura brasileira sobre teste de estresse em sistemas financeiros.

2.4.2. Abordagem de Simulação de Carteiras

Sorge (2004) classificou a metodologia de simulação de carteiras proposta por Barnhill e Maxwell (2002) como um teste de estresse integrado. No modelo, as classificações de risco de crédito dos títulos são modeladas simultaneamente ao cenário através de simulações. O risco

de mercado e o risco de crédito dos títulos são avaliados em conjunto, caracterizando uma abordagem integrada.

Segundo Barnhill e Maxwell (2002), sob uma abordagem de marcação a mercado, uma distribuição de probabilidades de perdas pode ser obtida ao medir o impacto de um grande conjunto de cenários adversos nos valores de mercados dos ativos e passivos dos bancos. Um cenário é simulado ao se conseguir um conjunto de taxas de juros, taxas de câmbio, taxa de inflação, índice setoriais de ações e índice de preços do mercado imobiliário de um processo estocástico exógeno. Aqueles ativos e passivos que estão sujeitos apenas ao risco de mercado são simplesmente reavaliados usando o fluxo de caixa descontado baseado no cenário simulado para inflação, taxas de juros e da estrutura a termo da taxa livre de risco. Por sua vez, a avaliação de empréstimos requer uma análise integrada dos riscos de crédito e mercado. Se não há inadimplência, os empréstimos são apreçados descontando seu fluxo de caixa esperado com as taxas de juros simuladas correspondente à sua classificação de risco em qualquer cenário. No caso do cliente não honrar os seus compromissos, o lucro da operação é dado pelo valor líquido de custos de transações. As taxas de recuperação de crédito são dadas por uma distribuição beta. As taxas de inadimplência e suas variâncias e correlações são uma função da classificação de risco do cliente, que dependem do cenário simulado. Os autores usaram o nível da alavancagem, razão entre débitos e o total de ativos, para estimar a qualidade do crédito dos títulos emitidos pelas empresas. Dado o valor do passivo, a alavancagem de uma firma é uma função do valor de mercado das ações das empresas do seu setor. Assim, Barnhill e Maxwell (2002) conseguiram classificar o risco de crédito dos clientes ao montar uma correspondência entre alavancagem e qualidade do crédito em cada setor da economia.

Barnhill et al (2006) aplicam metodologia desenvolvida em Barnhill e Maxwell (2002) ao sistema financeiro brasileiro. Carteiras de crédito de seis bancos hipotéticos são avaliadas sob dois cenários. No primeiro as taxas de juros são as vigentes em dezembro de 2002 e no segundo as taxas de juros são iguais a 60% das vigentes em dezembro de 2002.

As variáveis empregadas por Barnhill et al (2006) para modelar o ambiente financeiro foram taxas de juros de curto prazo do Brasil e dos EUA, taxa de câmbio dólar/real, ouro, IPCA, petróleo (Brent), índice de mercado de ações do Brasil (IBOVESPA), índices setoriais de mercado (bancos, química, mineração, petróleo, papel, telecomunicação, têxtil, tabaco, etc) e taxas de desemprego dessazonalizadas de 5 regiões metropolitanas.

A análise dos balanços dos bancos feita pelos autores os leva a concluir que há uma quantidade significativa de empréstimos a pessoas físicas e empresas com taxas de juros elevadas, grande quantidade de títulos públicos em carteira, mas uma exposição insignificante ao mercado imobiliário.

Para simular a matriz de transição de crédito, primeiramente Barnhill et al (2006) estimam os betas de 543 companhias em relação aos seus respectivos setores de mercado. Os autores justificam o uso dos dados mensais devido à falta de liquidez de alguns ativos brasileiros.

Em segundo lugar, Barnhill et al (2006) mapeiam as razões de débito pela classificação de risco de crédito de cada empresa, que é dada pela média ponderada das classificações feitas pelos bancos brasileiros. Os autores analisam a distribuição das razões de débito para várias classificações de risco de crédito. Definem os limites inferiores e superiores da razão de débito para os quais uma empresa poderia mudar para uma classificação de risco melhor ou pior. Por exemplo, se a razão de débito crescer para um valor maior que 0,9 então a classificação de risco da firma cairá para C. Os autores concluem que a deterioração da classificação de risco de crédito é uma função crescente dos riscos sistemático e não sistemático e da razão de débito.

Em terceiro lugar, Barnhill et al (2006) estimam os retornos dos índices de mercado e das companhias via *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), para cada ciclo de simulação. Os retornos são usados para estimar a distribuição dos possíveis valores de mercado das ações no futuro e das razões de débito. As razões de débito simuladas são então mapeadas nas classificações de risco de crédito como explicado no parágrafo anterior. A figura 2 resume o processo descrito.

Figura 2 – Fluxograma da Abordagem da Simulação de Carteiras

Fonte: BARNHILL *et al*, 2006.

A hipótese feita por Barnhill et al (2006) de que o mapeamento da razão de débito com a classificação de risco das empresas com ações negociadas na bolsa de valores de São Paulo vale para todos os clientes do sistema financeiro brasileiro, inclusive pessoas físicas, parece ser forte demais. Bangia et al (2002) mostram que as matrizes de transição de crédito têm comportamento diferente sob cenários de recessão e expansão econômica a partir de uma série histórica de classificação de risco de 7.328 empresas pela Standard & Poor's de 1981 a 1998. Nickell et al (2000) estimam, usando um probit ordenado, a dependência das probabilidades das transições das classificações de crédito em relação não apenas aos cenários econômicos,

mas também em relação ao tipo de indústria e país de origem com dados de 1970 a 1987 da classificação de risco de títulos de longo prazo de 6.534 empresas acompanhadas pela Moody's. Portanto, as matrizes condicionadas por setores econômicos é uma alternativa à metodologia usada por Barnhill et al (2006).

O hiato do produto e o nível de provisão no sistema financeiro do Brasil são comparados no gráfico 1. Nota-se que quando o hiato do produto é negativo a provisão é maior que nos períodos em que o hiato se torna positivo, indicando uma possível relação entre ciclo econômico e provisões das instituições financeiras.

Gráfico 1 – Evolução das Provisões para Devedores Duvidosos e do Hiato do Produto

Fonte: Banco Central do Brasil

O relacionamento entre ciclo econômico e a classificação de risco de crédito é ilustrado pelo gráfico 2. Os meses de outubro de 2003 e de outubro de 2007 foram escolhidos, o primeiro mês corresponde a um ano após as eleições de 2002, quando houve uma crise econômica que antecedeu o pleito. Pela figura 1, outubro de 2003 corresponde a um mês em que o hiato do produto esteve em baixa enquanto em outubro de 2007 o hiato do produto esteve mais elevado. Em outubro de 2007, o volume de classificações melhores que C são maiores proporcionalmente que em outubro de 2003. Mas, a situação se inverte para classificações mais baixas. Ou seja, há uma melhora na qualidade do crédito de 2003 para 2007.

Gráfico 2 – Operações de crédito do SFN por classificação de risco

Fonte: Banco Central do Brasil

3. METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é construir um modelo que permita mapear a influência de variáveis macroeconômicas na classificação de risco das operações de crédito. Assim, é possível avaliar a saúde do sistema financeiro sob cenários macroeconômicos adversos.

O trabalho envolve, portanto, a implementação das seguintes etapas:

- construção do cenário de estresse;
- simulação sobre o sistema financeiro utilizando o cenário construído.

A construção de cenários macroeconômicos pode ser feita a partir de um modelo estrutural como em Van den End et al (2006), mas tais modelos envolvem centenas ou até milhares de equações. Assim, optou-se na presente dissertação por um modelo de vetores auto-regressivos (VAR), por ser simples e de fácil interpretação.

Após a estimação do VAR, previsões estáticas são feitas para a obtenção dos cenários de base e de estresse para o horizonte de um ano. Tais previsões utilizam-se da última previsão obtida para se calcular a próxima. Distribuições das variáveis são geradas através de simulações estocásticas de Monte Carlo e a média de cada uma delas é usada como cenário. Para tanto, é necessária a existência de pelo menos uma variável exógena no modelo, pois é a partir dela, que os choques podem ser definidos.

Uma vez que o cenário de estresse é construído, utilizam-se as informações do sistema financeiro para realizar as simulações.

Apesar de o Sistema de Informações de Crédito (SCR) ter dados mais detalhados em cortes transversais em comparação com aqueles utilizados por Bangia et al (2002) e Nickell et al (2000), estão disponíveis apenas 4 matrizes semestrais, 06/2005-12/2005, 12/2005-06/2006, 06/2006-12/2006 e 12/2006-06/2007, segmentadas por 12 setores econômicos conforme a classificação feita pelo Datastream e 4 matrizes das operações de pessoas físicas. Infelizmente, não é possível relaxar a hipótese de Barnhill et al (2006) a partir dos dados existentes.

A alternativa é a utilização de modelos para prever a classificação a partir do balanço de clientes, como em Gray et al (2005). Como no SCR há dados contábeis para apenas alguns clientes que possuem exposição acima de 5 milhões de reais em um banco, esta abordagem não é viável, pois a amostra coletada desta maneira não é aleatória e, portanto é necessário fazer uma hipótese forte de que o comportamento destes clientes representa os dos demais devedores do sistema financeiro nacional.

Um caminho factível é partir dos resultados de Sorge e Virolainen (2006) que relacionam dados de provisão do sistema financeiro finlandês e ciclo econômico. Mas o modelo apresentado pelos autores não responde quais bancos necessitam de maior atenção por parte da autoridade supervisora. Busca-se prever as classificações de risco de crédito agregadas por instituição financeira a partir de variáveis macroeconômicas e características das operações ou dos bancos, pois são dados disponíveis para todos os clientes cadastrados no SCR.

Quando a variável dependente em um modelo econométrico é categórica, como a classificação de risco, uma metodologia possível de ser utilizada é o probit ordenado, como em Amato e Furfine (2004). Além disto, os dados brasileiros estão em painel e é um caso semelhante daquele tratado por van den End et al (2006).

Os modelos multinomiais ordenados em painel partem de uma equação com uma única variável latente como visto a seguir (CAMERON e TRIVEDI, 2005).

$$y_{it}^* = x_{it}'\beta + \varepsilon_{it} \quad i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, T$$

$$\varepsilon_{it} = v_{it} + u_i$$

$$Var(\varepsilon_{it}) = \sigma_v^2 + \sigma_u^2 = 1 + \sigma_u^2$$

$$Corr(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{is}) = \rho = \frac{\sigma_u^2}{1 + \sigma_u^2}$$

Onde a variável y_{it}^* não é observável. Os dados observados são:

$$y_{it} = \begin{cases} 0 & \text{se } y_{it}^* \leq \mu_0 \\ 1 & \text{se } \mu_0 < y_{it}^* \leq \mu_1 \\ 2 & \text{se } \mu_1 < y_{it}^* \leq \mu_2 \\ \vdots & \\ J & \text{se } \mu_{J-1} < y_{it}^* \end{cases}$$

Se $y_{it} = j$ define-se $a_{it} = \mu_{j-1} - x'_{it}\beta$ e $b_{it} = \mu_j - x'_{it}\beta$, onde $\mu_{-1} = -\infty$ e $\mu_J = \infty$. Então o logaritmo da função de verossimilhança é $L = \sum_{i=1}^N \ln(P(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iT}))$, onde a expressão para a probabilidade dentro do logaritmo é dada a seguir.

$$\begin{aligned} P(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iT}) &= \int_{a_{i1}}^{b_{i1}} \cdots \int_{a_{iT}}^{b_{iT}} f(\varepsilon_{i1}, \dots, \varepsilon_{iT}) d\varepsilon_{iT} \cdots d\varepsilon_{i1} \\ &= \int_{a_{i1}}^{b_{i1}} \cdots \int_{a_{iT}}^{b_{iT}} \int_{-\infty}^{\infty} \prod_{t=1}^T f(v_{it} | u_i) f(u_i) du_i dv_{iT} \cdots dv_{i1} \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \prod_{t=1}^T [F(b_{it} | u_i) - F(a_{it} | u_i)] du_i \end{aligned}$$

Onde $F(\cdot)$ é a função não linear escolhida, no caso do probit é a função normal acumulada.

4. DESCRIÇÃO DOS DADOS

Os dados macroeconômicos utilizados são do Banco Central do Brasil para todos os cálculos, e os sobre crédito são do Sistema de Informações de Crédito da autarquia em tela. A variável que mede o risco soberano Brasileiro tem como fonte o jornal Valor Econômico. Foi escolhida a periodicidade mensal para todos os dados.

4.1. Indicadores Macroeconômicos

Os indicadores macroeconômicos escolhidos para a análise são o hiato do produto, a diferença entre a taxa do swap DI x Pré com prazo de 360 dias e a taxa do swap DI x Pré de 30 dias, o erro de previsão da pesquisa Focus para o câmbio em 12 meses, o índice de preços ao consumidor amplo, IPCA, acumulado em 12 meses e o prêmio de risco do título Global 12. Outras especificações dessas variáveis foram estudadas, por exemplo, para o câmbio, retorno mensal, nível e taxa real; em relação ao PIB, o crescimento anual; no que se refere à taxa de juros, taxa Selic mensal e anual. Todas as regressões com essas grandezas não trazem bons resultados e por essa razão a especificação descrita inicialmente é utilizada para a construção de cenários. O período coletado é de 11/2002 a 11/2007; a restrição do limite inferior é devida à série da pesquisa Focus. O hiato do produto é obtido através da diferença entre o PIB e o PIB potencial calculado por um filtro Hodrick-Prescott (HODRICK e PRESCOTT, 1997). As demais variáveis são utilizadas sem transformação alguma. A tabela 5 informa algumas estatísticas das variáveis macroeconômicas citadas, enquanto o gráfico 3 relaciona visualmente os dados utilizados.

Tabela 5 – Estatísticas das variáveis macroeconômicas

	HIATO	Juros	Câmbio	IPCA	Global12
Média	-3.229,23	-0,18	-0,34	0,07	441,79
Desvio Padrão	14.103,14	1,40	0,47	0,04	382,75
percentil 25	-16.453,78	-1,02	-0,68	0,04	139,00
percentil 50	-4.829,23	-0,40	-0,46	0,06	364,36
percentil 75	10.272,76	0,16	-0,28	0,08	582,59
Máximo	19.527,32	6,32	0,95	0,17	1.752,80
Mínimo	-25.265,11	-2,71	-0,94	0,03	72,64
Assimetria	0,06	1,99	1,39	1,10	1,59
Curtose	1,39	9,48	4,20	2,99	5,42
Observações	61	61	61	61	61

Fonte: Banco Central do Brasil e jornal Valor Econômico

Gráfico 3 – Matriz de relações entre as variáveis macroeconômicas

Fonte: Banco Central do Brasil e jornal Valor Econômico

Algumas inferências podem ser feitas a partir da tabela 5 e do gráfico 3. Primeiramente, os desvios-padrão são grandes em relação às médias, o que indica uma volatilidade importante nas variáveis. Em segundo lugar, a variável Juros é que mais se afasta de uma distribuição simétrica e com a maior curtose.

O gráfico 3 mostra que as variáveis Juros, Câmbio, Global 12 e IPCA parecem não serem sensíveis às variações do hiato do produto. O quadro mostra uma relação positiva entre Global 12 e as variáveis Juros, Câmbio e IPCA, como também entre Câmbio e IPCA. Nas demais combinações não é possível estabelecer uma analogia tão clara.

O gráfico 4 mostra o comportamento do risco país (GLOBAL 12), hiato do produto (HIATO), inflação (IPCA), erro de previsão (VCAMBIO) e diferença entre as taxas dos swaps DI x Pré de 360 e 30 dias no período entre novembro de 2002 e novembro de 2007.

Gráfico 4 – Evolução das variáveis macroeconômicas no tempo

Fonte: Banco Central do Brasil e jornal Valor Econômico

Do gráfico 4 pode-se ver que em 2002 as variáveis macroeconômicas alcançaram valores extremos simultaneamente. Este período coincide com um ambiente desfavorável aos

ingressos líquidos de capitais privados nos países emergentes e ao acesso a financiamento por devedores abaixo do grau de investimento. Já no ano seguinte, as políticas fiscal e monetária austeras do novo governo, a redução das incertezas no cenário externo e o aumento da liquidez internacional levaram os indicadores macroeconômicos a resultados favoráveis no período. Em 2004, a deterioração do cenário externo, em conjunção com uma alta no preço do petróleo acarretou em uma alta da aversão ao risco por parte dos investidores. Tal situação acarretou no aumento de volatilidade, com depreciação cambial e aumento do prêmio entre as taxas de juros de longo e curto prazo. A melhora nas contas externas e no perfil da dívida mobiliária atenuaram o impacto do cenário externo desfavorável o que fez as variáveis macroeconômicas retornarem ao nível do início de 2004. A partir de 2005, há uma maior demanda por matérias-primas devido ao crescimento econômico global, o que possibilitou a melhora das transações correntes acompanhada de crescimento econômico devido ao aumento das exportações nacionais, o que explica a mudança de patamar do hiato do produto em 2005. Além disso, a elevada liquidez internacional colaborou para que houvesse melhora da conta capital e financeira também, colaborando assim para que a previsão feita para o câmbio pela pesquisa Focus fosse sempre superestimada em comparação à taxa nominal realizada.

4.2. Indicadores de crédito

As informações sobre empréstimos e financiamentos são do Sistema de Informações de Crédito do Banco Central do Brasil (SCR), um banco de dados sobre operações com características de crédito acima de cinco mil reais alimentado mensalmente por dados enviados pelas instituições financeiras.

O período da amostra vai de abril de 2003 a novembro de 2007 para 121 bancos. Os campos disponíveis são: quantidade de clientes, número de operações, taxa de juros prefixada média das operações, carteira ativa, prejuízo, responsabilidade total e prazo médio ponderado pela carteira de crédito. Estes dados foram agregados por código da instituição financeira e classificação de risco da operação conforme a Resolução 2.682 de 1999. Onde:

- carteira ativa: é o conjunto das operações de crédito ou com característica de crédito (operações de arrendamento mercantil, outros créditos e repasses interfinanceiros)

contabilizadas no balancete patrimonial da instituição financeira, representando direitos de futuros recebimentos de operações vencidas e a vencer;

- prejuízo: compreende as operações de crédito consideradas contabilmente como perdas pelas Instituições Financeiras. Os créditos baixados como prejuízo estão fora do balancete patrimonial, contabilizados no COSIF em uma rubrica contábil de controle;
- carteira de crédito: é a soma da carteira ativa com o prejuízo;
- responsabilidade total: é a soma da carteira de crédito com avais e fianças prestados por uma Instituição Financeira para um cliente.

A tabela 6 é o resumo das estatísticas da amostra extraída do SCR, enquanto as tabelas 7 e 8 descrevem tais estatísticas por operações de pessoas físicas e jurídicas respectivamente.

Tabela 6 – Estatísticas dos dados de crédito

	Clientes	Operações	Taxa de juros	Carteira ativa (R\$ Mil)	Prejuízo (R\$ Mil)	Responsabilidade Total (R\$ Mil)
Média	6.532	8.269	35,71	195.700	13.590	222.962
Desvio Padrão	40.215	47.768	20,42	948.735	141.078	1.090.160
Percentil 25	8	12	18,99	516	0	550,88477
Percentil 50	53	90	33,64	4.609	0	4.968
Percentil 75	603	919	48,18	41.933	0	47.910
Máximo	1.064.630	1.385.108	100	17.520.870	4.129.297	30.262.385
Mínimo	1	1	6	0	0	5
Assimetria	11,68	10,81	0,68	9,07	15,62	10,23
Curtose	172,78	147,80	3,04	103,64	303,61	150,94

Fonte: Banco Central do Brasil

Tabela 7 – Estatísticas dos dados de crédito de operações de pessoa física

	Clientes	Operações	Taxa de juros	Carteira ativa (R\$ Mil)	Prejuízo (R\$ Mil)	Responsabilidade Total (R\$ Mil)
Média	11.603	13.651	39,32	188.023	14.627	192.908
Desvio Padrão	55.635	64.954	20,70	934.842	148.829	945.865
Percentil 25	14	16	24,23	356	0	380
Percentil 50	137	156	39,29	2.950	0	3.050
Percentil 75	1.532	1.754	51,65	26.554	0	28.195
Máximo	1.064.630	1.385.108	99,93	17.093.033	4.129.297	17.311.733
Mínimo	1	1	6,00	0	0	5
Assimetria	8,43	8,11	0,42	8,69	16,17	8,65
Curtose	90,10	82,23	2,83	95,08	333,34	94,32

Fonte: Banco Central do Brasil

Tabela 8 – Estatísticas dos dados de crédito de operações de pessoa jurídica

	Clientes	Operações	Taxa de juros	Carteira ativa (R\$ Mil)	Prejuízo (R\$ Mil)	Responsabilidade Total (R\$ Mil)
Média	1.341	2.761	32,02	203.556	12.529	253.720
Desvio Padrão	7.165	15.464	19,45	962.698	132.671	1.219.546
Percentil 25	5	9	16,68	748	0	819
Percentil 50	25	55	27,99	7.276	0	8.270
Percentil 75	171	451	43,05	59.088	0	69.251
Máximo	183.629	372.383	100,00	17.520.870	3.826.426	30.262.385
Mínimo	1	1	6,00	0	0	5
Assimetria	11,41	11,84	0,99	9,42	14,64	10,63
Curtose	179,99	180,90	3,66	111,24	245,00	159,41

Fonte: Banco Central do Brasil

A tabela 7 mostra que há uma média de 13.651 operações de pessoas físicas por classificação de risco em cada banco, enquanto na tabela 8 pode-se ver que para pessoas jurídicas tal média é de 2.761 operações. Em compensação a média da responsabilidade total das operações de crédito é de R\$ 253.720,00 para as pessoas jurídicas e de R\$ 192.908,00 para as operações de pessoas físicas. Quanto à qualidade dos dados, as taxas de juros anuais menores que 6 ou maiores que 100 foram eliminadas. Dados cuja responsabilidade total eram menores que 5 mil reais também foram desprezados.

O gráfico 5 ilustra a distribuição das operações de crédito por classificação de risco agregadas por tipo de cliente.

Gráfico 5 – Distribuição do risco das operações de crédito por tipo de cliente

Fonte: Banco Central do Brasil

Além do volume de operações de pessoas físicas ser menor, a sua distribuição é diferente em relação às pessoas jurídicas no que tange à classificação de risco, conforme pode ser visto no gráfico 5. A resposta está na Resolução 2.682 de 1999 que permite a classificação de operações neste nível apenas para clientes sujeitos a uma análise de um modelo interno do banco. Pode-se inferir que nos dois tipos de clientes há uma concentração de operações de créditos nos níveis de AA até C.

5. CENÁRIO MACROECONÔMICO

O cenário de estresse é construído a partir de um modelo VAR. O hiato do produto interno bruto (HIATO), a diferença entre a taxa do swap DI x Pré com prazo de 360 dias e a taxa do swap DI x Pré de 30 dias (TXJUROS), o erro de previsão da pesquisa Focus para o câmbio em 12 meses (VCAMBIO), o índice de preços ao consumidor amplo, IPCA, acumulado em 12 meses são as variáveis macroeconômicas endógenas e o prêmio de risco do título Global 12 é a variável exógena. Testes de Perron para raiz unitária com quebra estrutural tem como resultado que todas as variáveis listadas são estacionárias. A tabela 9 apresenta o resultado da melhor especificação de modelo VAR encontrado.

Tabela 9 – Estimativas do VAR das variáveis macroeconômicas

	HIATO	IPCA	TXJUROS	VCAMBIO
HIATO(-1)	1,38 [8,68183]	0,00 [1,73036]	0,00 [-1,51985]	0,00 [0,21066]
HIATO(-2)	-0,35 [-1,23754]	0,00 [-1,67040]	0,00 [0,43630]	0,00 [-0,32612]
HIATO(-3)	0,14 [0,48037]	0,00 [0,76488]	0,00 [-1,26001]	0,00 [-0,46806]
HIATO(-4)	-0,48 [-1,85758]	0,00 [-0,41091]	0,00 [0,76879]	0,00 [0,47063]
HIATO(-5)	0,24 [1,49272]	0,00 [0,53371]	0,00 [1,83105]	0,00 [1,12191]
IPCA(-1)	142.235,50 [2,11512]	1,28 [8,88321]	-7,29 [-0,53249]	-2,22 [-0,56429]
IPCA(-2)	-240.649,10 [-2,14968]	-0,70 [-2,89337]	4,19 [0,18365]	-2,82 [-0,43051]
IPCA(-3)	144.971,70 [1,23805]	0,26 [1,04246]	-4.484.134,00 [-0,18804]	2,42 [0,35228]
IPCA(-4)	-85.935,61 [-0,79388]	0,46 [1,97871]	16,29 [0,73903]	3,11 [0,49040]
IPCA(-5)	16.232,58 [0,25588]	-0,52 [-3,84542]	-45,42 [-3,51596]	-6,84 [-1,83998]
TXJUROS(-1)	31,76 [0,04450]	0,00 [-0,43428]	0,20 [1,34312]	-0,07 [-1,78097]
TXJUROS(-2)	-1.108,40 [-1,47557]	0,00 [-0,92762]	0,03 [0,19862]	-0,05 [-1,04143]
TXJUROS(-3)	367,81 [0,48251]	0,00 [0,78866]	-0,04 [-0,25397]	0,00 [-0,00883]
TXJUROS(-4)	-631,11 [-0,89719]	0,00 [-0,77593]	-0,21 [-1,48180]	0,06 [1,36500]
TXJUROS(-5)	580,20 [1,17867]	0,00 [0,01414]	-0,32 [-3,18036]	-0,03 [-1,20974]
VCAMBIO(-1)	-6.957,50 [-2,20356]	0,00 [-0,55444]	-2.040.543,00 [-3,17339]	0,54 [2,93150]
VCAMBIO(-2)	4.988,91 [1,22396]	0,02 [1,94840]	0,65 [0,77921]	0,22 [0,92000]
VCAMBIO(-3)	-3.474,59 [-0,81811]	-0,01 [-0,87058]	0,13 [0,14697]	-0,13 [-0,53011]
VCAMBIO(-4)	2.237,46 [0,53070]	-0,01 [-0,98479]	-0,08 [-0,09783]	-0,02 [-0,07303]
VCAMBIO(-5)	1.095,01 [0,40431]	0,00 [0,68805]	0,43 [0,78420]	0,14 [0,88973]
C	537,28 [0,39813]	0,00 [1,31889]	-0,49 [-1,79938]	-0,11 [-1,40889]
GLOBAL12	-0,23 [-0,04722]	0,00 [2,73415]	0,01 [7,15727]	0,00 [4,41705]

O modelo VAR apresentado na tabela 9, com 5 defasagens é estável, os números entre colchetes são a estatística t. O teste LM rejeita a hipótese de não autocorrelação dos erros ao nível de 5% e a normalidade dos erros é rejeitada.

O teste de causalidade de Granger realizado no modelo descrito anteriormente é apresentado na tabela 10. A hipótese nula do teste é que a variável não Granger causa a variável dependente. Os p-valores descritos mostram que se pode rejeitar a hipótese nula a 1% no caso de hiato, ipca e txjuros em conjunto não Granger causarem vcambio e hiato, ipca e vcambio não Granger causarem txjuros.

Tabela 10 – Causalidade de Granger das variáveis macroeconômicas

Variável dependente: HIATO				Variável dependente: IPCA			
Excluída	Chi-sq	df	Prob,	Excluída	Chi-sq	df	Prob,
IPCA	6,069030	5	0,2996	HIATO	3,956892	5	0,5556
TXJUROS	6,930972	5	0,2258	TXJUROS	3,390636	5	0,6400
VCAMBIO	6,796213	5	0,2362	VCAMBIO	6,155019	5	0,2914
Todas	13,52941	15	0,5615	Todas	19,97814	15	0,1728
Variável dependente: TXJUROS				Variável dependente: VCAMBIO			
Excluída	Chi-sq	df	Prob,	Excluída	Chi-sq	df	Prob,
HIATO	37,16499	5	0,0000	HIATO	12,35545	5	0,0302
IPCA	59,04178	5	0,0000	IPCA	20,30273	5	0,0011
VCAMBIO	16,34247	5	0,0059	TXJUROS	20,18709	5	0,0012
Todas	92,47321	15	0,0000	Todas	40,55111	15	0,0004

O resultado obtido no teste de causalidade de Granger fornece algumas pistas de como se pode fazer a ordenação da menos endógena para a mais endógena para a decomposição de resposta ao impulso. Uma ordenação possível para a decomposição de Cholesky é então hiato, ipca, vcambio e txjuros.

O gráfico 6 é a função de resposta ao impulso no modelo VAR entre as variáveis macroeconômicas.

Gráfico 6 – Função de resposta ao impulso

Do gráfico 6 se pode inferir que a variável txjuros responde a vcambio e vcambio a hiato e durante um período. As demais variáveis só respondem a choques causados nas próprias.

O cenário escolhido para a crise é a fuga dos investidores estrangeiros no ano de 2002. Na época o prêmio sobre os títulos brasileiros chegou a 2068 pontos conforme pode ser visto no gráfico 7. Ao aplicar os mesmos níveis da variável Global 12 no ano de 2002 para o período de dezembro de 2007 a novembro de 2008 obtêm-se os resultados representados pelas linhas pontilhadas nos gráficos 8 a 11. As linhas contínuas no mesmo período do estresse são as previsões caso o risco país seja o mesmo do ano de 2007.

Gráfico 7 – Evolução do risco Brasil

Fonte: Jornal Valor Econômico

Gráfico 8 – Erro da expectativa do câmbio sob cenário de estresse

Fonte: Banco Central do Brasil

Gráfico 9 – Hiato do produto sob cenário de estresse

Fonte: Banco Central do Brasil

Gráfico 10 – Diferença entre taxa de juros de longo e curto prazo sob cenário de estresse

Fonte: IPEA

Gráfico 11 – Taxa de inflação sob cenário de estresse

6. RESULTADOS DO TESTE DE ESTRESSE

Para simular o risco de crédito sob o cenário de estresse hipotético é utilizado um probit ordenado em painel com efeitos aleatórios com a inclusão das variáveis macroeconômicas endógenas do capítulo anterior acrescidas dos seguintes indicadores:

- diferença entre a taxa de juros média da operação e a taxa swap DIxPré com prazo mais próximo da prazo médio (ISpread);
- logaritmo natural da razão entre a quantidade de clientes pessoas físicas sobre jurídicas (IQCli);
- logaritmo natural da razão entre quantidade de operações de pessoas físicas sobre operações de pessoas jurídicas (IQOper);
- carteira de crédito (CCred);
- prazo médio das operações ponderado pelo volume (PRAZOMEDIO);
- logaritmo natural da responsabilidade total (IRT).

A variável dependente é a classificação de risco do cliente. O hiato do produto foi dividido por mil para fins computacionais. Foram feitas várias regressões com todas as combinações possíveis das variáveis macroeconômicas utilizadas na elaboração dos cenários macroeconômicos. As classificações de risco de D até H estão agrupadas em uma nova categoria, chamada de DH, que corresponde a créditos de difícil recuperação.

Dos modelos apresentados na tabela 11, a equação 5 é a que apresentou as melhores respostas apesar do coeficiente do erro da previsão de 12 meses à frente do câmbio nominal mensal da pesquisa Focus (VCambio) não ser significativo. As demais equações verificam a robustez do modelo proposto.

	Eq. 1	Eq. 2	Eq. 3	Eq. 4	Eq. 5	Eq. 6	Eq. 7
ISpread	1,213*** (0)	1,275*** (0)	1,019*** (0)	1,269*** (0)	1,027*** (0)	1,285*** (0)	1,080*** (0)
IQCli	-0,203*** (0)	-0,267*** (0)				-0,213*** (0)	-0,00499 0,41
IQOper	0,228*** (0)	0,287*** (0)	0,0540*** (0)			0,235*** (0)	
CCred	-0,105*** (0)			-0,0546*** (0)	-0,0619*** (0)		-0,0608*** (0)
IRT	-0,375*** (0)	-0,364*** (0)	-0,484*** (0)	-0,410*** (0)	-0,427*** (0)	-0,396*** (0)	-0,441*** (0)
PRAZOMEDIO	0,000832*** (0)	0,000836*** (0)	0,000806*** (0)	0,000973*** (0)		0,000886*** (0)	0,000693*** (0)
txJuros	0,0329** 0,02	0,0277** 0,049	0,0278** 0,047	0,0308** -0,028	0,0289** 0,038	0,0327** 0,02	0,0279** 0,047
VCambio	0,0362 0,35	0,0403 0,3	0,0184 0,63	0,0644 0,1	0,0322 0,4		
Corte 1	-5,232*** (0)	-4,251*** (0)	-7,679*** (0)	-4,844*** (0)	-6,472*** (0)	-4,528*** (0)	-6,079*** (0)
Corte 2	-4,000*** (0)	-3,064*** (0)	-6,486*** (0)	-3,621*** (0)	-5,240*** (0)	-3,330*** (0)	-4,845*** (0)
Corte 3	-3,232*** (0)	-2,323*** (0)	-5,723*** (0)	-2,854*** (0)	-4,490*** (0)	-2,575*** (0)	-4,077*** (0)
Corte 4	-2,395*** (0)	-1,491*** -0,0000031	-4,885*** (0)	-2,027*** (0)	-3,693*** (0)	-1,739*** (0)	-3,258*** (0)
Corte 5	0,417*** (0)	0,491*** (0)	0,510*** (0)	0,494*** (0)	0,528*** (0)	0,444*** (0)	0,555*** (0)
Observações	7130	7130	7130	7130	7130	7130	7130

p values in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tabela 11 – Probit ordenado com efeitos aleatórios

Cabe alertar que os sinais e magnitude dos efeitos marginais não podem ser deduzidos prontamente pelos coeficientes apresentados das regressões, pois o probit é uma função não linear. Para tanto, a fórmula a seguir foi utilizada para o cálculo dos efeitos marginais.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial P(y=1|\mathbf{x})}{\partial x_k} = -\beta_k f(\mu_1 - \mathbf{x}\beta) \\ \frac{\partial P(y=m|\mathbf{x})}{\partial x_k} = -\beta_k [f(\mu_m - \mathbf{x}\beta) - f(\mu_{m-1} - \mathbf{x}\beta)] \quad \text{para } m=2 \text{ a } J-1 \\ \frac{\partial P(y=J|\mathbf{x})}{\partial x_k} = \beta_k f(\mu_J - \mathbf{x}\beta) \end{array} \right.$$

Onde $f(\cdot)$ é a função densidade de probabilidade da distribuição normal, β_k é o coeficiente da variável k e J é o número de categorias.

Na tabela 12 são apresentados os fatores que devem ser usados para se multiplicar os coeficientes β_k para que se obtenha os efeitos marginais. Note que, como o fator mDH é positivo para todos modelos, temos que um sinal positivo de um coeficiente leva a uma piora da classificação de risco se tal variável aumentar e um sinal negativo tem o efeito contrário.

Tabela 12 – Fatores para o cálculo dos efeitos marginais

	Eq. 1	Eq. 2	Eq. 3	Eq. 4	Eq. 5	Eq. 6	Eq. 7
mAA	-0,04	-0,062	-0,041	-0,072	-0,085	-0,079	-0,081
mA	0,075	0,108	0,076	0,099	0,106	0,106	0,097
mB	0,067	0,063	0,058	0,057	0,054	0,051	0,053
mC	0,057	0,025	0,047	0,018	0,004	0,009	0,012
mDH	0,238	0,258	0,222	0,245	0,249	0,246	0,243

As Probabilidades de classificação apresentadas nas tabelas 13 e 14 são calculadas de acordo com as fórmulas a seguir e a partir dos coeficientes estimados apresentados na tabela 11.

$$\begin{cases} \Pr(y = 1 | \mathbf{x}) = F(\mu_1 - \mathbf{x}\beta) \\ \Pr(y = m | \mathbf{x}) = F(\mu_m - \mathbf{x}\beta) - F(\mu_{m-1} - \mathbf{x}\beta) \\ \Pr(y = J | \mathbf{x}) = 1 - F(\mu_{J-1} - \mathbf{x}\beta) \end{cases} \quad \text{para } m = 2 \text{ a } J-1$$

Onde $F(\cdot)$ é a distribuição normal acumulada.

Cria-se então um arquivo com dados de um cenário de base e um de estresse no período 12/2007 a 12/2008 a partir do modelo VAR detalhado no capítulo 5. No cenário base se considera que não há choques e portanto apenas se faz uma previsão baseada nos dados de hoje, enquanto para o cenário de estresse é feita a hipótese que o risco país repita a trajetória do ano de 2002. As médias das seguintes variáveis, quantidade de cliente, quantidade de operações, taxa de juro média, carteira de crédito e responsabilidade total são calculadas para cada campo de código da instituição financeira. Com os dados dos cenários de base e de estresse pronto recalculam-se as probabilidades a partir da fórmula apresentada anteriormente para cada modelo. As distribuições das classificações de risco são obtidas para cada banco e os

resultados apresentados nas tabelas 13 a 16 são as médias dessas classificações para o conjunto das instituições analisadas.

Tabela 13 – Probabilidades de classificação no cenário base – 1 ano

	Eq. 1	Eq. 2	Eq. 3	Eq. 4	Eq. 5	Eq. 6	Eq. 7
pAA	1%	2%	1%	3%	4%	3%	4%
pA	6%	11%	6%	13%	15%	13%	14%
pB	11%	15%	10%	17%	17%	17%	17%
pC	19%	23%	17%	23%	22%	23%	22%
pDH	63%	49%	66%	46%	41%	44%	43%

Tabela 14 – Probabilidades de classificação no cenário base – 6 meses

	Eq. 1	Eq. 2	Eq. 3	Eq. 4	Eq. 5	Eq. 6	Eq. 7
pAA	2%	2%	2%	4%	6%	3%	5%
pA	6%	9%	6%	10%	14%	11%	12%
pB	8%	12%	8%	13%	15%	13%	13%
pC	15%	20%	13%	20%	20%	21%	20%
pDH	69%	58%	71%	54%	46%	53%	50%

Tabela 15 – Probabilidades de classificação no cenário de estresse – 1 ano

	Eq. 1	Eq. 2	Eq. 3	Eq. 4	Eq. 5	Eq. 6	Eq. 7
pAA	1%	1%	1%	2%	4%	2%	4%
pA	5%	7%	5%	8%	12%	9%	11%
pB	7%	10%	7%	10%	13%	12%	12%
pC	13%	18%	12%	17%	19%	19%	18%
pDH	75%	64%	75%	62%	52%	58%	54%

Tabela 16 – Probabilidades de classificação no cenário de estresse – 6 meses

	Eq. 1	Eq. 2	Eq. 3	Eq. 4	Eq. 5	Eq. 6	Eq. 7
pAA	1%	1%	1%	2%	4%	2%	4%
pA	4%	6%	5%	8%	11%	8%	10%
pB	6%	9%	7%	10%	12%	11%	12%
pC	12%	17%	11%	17%	18%	19%	18%
pDH	76%	66%	76%	64%	54%	60%	56%

Comparando-se as tabelas 13 e 14 com os resultados dos estresses em 15 e 16, é visível que o modelo apresenta resultados esperados quanto à migração da classificação risco entre um cenário de base e um de estresse. Há uma clara deterioração nas carteiras em um cenário extremo em relação a um cenário de base no qual se supõe que não haverá choques macroeconômicos no horizonte de um ano ou seis meses.

A tabela 17 ilustra a frequência da classificação de risco de crédito das operações em novembro de 2007.

Tabela 17 – Classificação de risco em Nov/2007

	Frequência	Porcentagem
AA	7	7%
A	17	16%
B	17	16%
C	22	21%
DH	43	41%
Total	106	100,00%

Ao comparar a tabela 13 e 17, percebe-se que a equação 5 é a que apresenta resultados mais próximos da realidade. Ou seja, o modelo apresentado não superestima o risco em cenário em que não há choques macroeconômicos.

A evolução da participação das operações de difícil recuperação na amostra estudada, ou seja, classificadas de D a H, é ilustrada no gráfico 12.

Gráfico 12 – Participação das operações de difícil recuperação

A partir do gráfico 12, pode-se ver que a proporção das operações de difícil recuperação em relação ao total situa-se entre 29% e 41% no período analisado. Ao comparar com os

resultados apresentados nas tabelas 15 e 16 para as operações entre D e H, a conclusão é que o teste de estresse realizado superestima os efeitos de uma crise macroeconômica.

7. CONCLUSÃO

Testes de estresses têm por objetivo avaliar a capacidade dos bancos sobreviverem a eventos extremos. O cenário de estresse apresentado no presente trabalho pode ser utilizado tanto para o cálculo do estresse do risco de mercado quanto para se obter provisões estressadas. Os resultados então seriam utilizados no cálculo do novo patrimônio líquido mínimo exigido dos bancos. Pode-se inferir que a possibilidade de integração via cenário macroeconômico e a metodologia de probit ordenado com efeitos aleatórios são contribuições para a literatura brasileira de teste de estresse em mercados financeiros.

O modelo apresentado consegue prever efeitos das variáveis macroeconômicas nas classificações de risco das operações de crédito com os sinais esperados e com coeficientes significantes. A pesquisa futura deve se focar na busca de modelos mais detalhados que permitam caracterizar de forma mais precisa a relação entre crises econômicas e a saúde financeira dos bancos brasileiros, como por exemplo, a abertura por setor econômico ou a influência das crises sobre as garantias .

Apesar das dificuldades apresentadas para a implementação de teste de estresse para o risco de crédito, entende-se que os benefícios de se construir um modelo, mesmo que rudimentar, são substanciais. Pois, haverá uma teoria econômica como base para guiar a elaboração de cenários extremos verossimilhantes.

REFERÊNCIAS

AMATO, Jeffrey D. e FURFINE, Craig H. (2004). “Are Credit Ratings Procyclical?”. *Journal of Banking and Finance*, **28**.

BANCO MUNDIAL e FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL – FMI. “Financial Sector Assessment: a handbook”. Washington, DC, 2005. Disponível em: <<http://www.imf.org/external/pubs/ft/fsa/eng/index.htm>>. Acesso em: 26/01/2007

BANCO CENTRAL DO BRASIL (2007a). “Cenários de Estresse”. Relatório de Estabilidade Financeira. Brasília, **6**, 1, 64-70.

_____. (2007b). “Conceitos e Metodologias: Cenários de Estresse. Relatório de Estabilidade Financeira”. Brasília, **6**, 1, 80.

BANGIA, Ania; DIEBOLD, Francis X.; KRONIMUS, André; SCHAGEN, Christian e SCHUERMANN, Til (2002). “Ratings Migration and the business cycle, with application to credit portfolio stress testing”. *Journal of Banking and Finance*, **26**.

BARNHILL JR., Theodore M. e MAXWELL, William F (2002). “Modeling Correlated Interest Rate, Spread Risk, and Credit Risk for Fixed Income Portfolios”. *Journal of Banking and Finance*, **26**.

_____; SOUTO, Marcos, R.; TABAK e Benjamin M. “An Analysis of Off-Site Supervision of Bank’s Profitability, Risk and Capital Adequacy: a portfolio simulation approach applied to brazilian banks” (2007). Brasília: *Textos para Discussão 117*. Banco Central do Brasil. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pec/wps/ingl/wps117.pdf>>. Acesso em: 07/02/2007.

CAMERON, A. Colin e TRIVEDI, Pravin K. (2005). *Microeconometrics: Methods and Applications*. 1st ed. New York: Cambridge University Press.

GRAY, Stephen; MIRKOVIC, Alexsander e RAGUNATHAN, Vanitha (2005). “The Determinants of Credit Ratings: Australian Evidence”. *University of Queensland*.

HODRICK, Robert J. e PRESCOTT, Edward C. (1997). “Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation”. *Journal of Money, Credit, and Banking*, **29**, No. 1, pp. 1-16.

JONES, Matthew T.; HILBERS, Paul e SLACK, Graham (2004). “Stress Testing Financial Systems: What to Do When the Governor Calls”. Washington : *IMF Working Papers*, 127.

JORION, Philippe (2006). *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.

MISINA, Miroslav; TESSIER, David e DEY, Shubhasys (2006). “Stress Testing the Corporate Loans Portfolio of the Canadian Banking Sector”. Ottawa: *Bank of Canada Working Papers*, 2006-47.

NICKELL, Pamela; PERRAUDIN, William. e VAROTTO, Simone (2002). “Stability of rating transitions”. *Journal of Banking and Finance*, **24**.

SORGE, Marco; VIROLAINEN, Kimmo (2006). “A comparative analysis of macro stress-testing methodologies with application to Finland”. *Journal Financial Stability*, **2**.

_____ (2004). “Stress-testing financial systems: an overview of current methodologies”. *BIS Working Papers*, 165.

VAN DEN END, Jan Willem; HOEBERICHTS, Marco e TABBAE, Mostafa (2006). “Modelling scenario analysis and macro stress-testing”. Amsterdam: *De Nederlandsche Bank NV Working Papers*, 119.