

Glauber de Oliveira Motta

**APLICAÇÃO DE UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE PERDA  
POTENCIAL EM CERTIFICADOS DE RECEBÍVEIS IMOBILIÁRIOS.**

Monografia apresentada ao PECE – Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica de São Paulo, para obtenção do MBA em Engenharia Financeira.

São Paulo  
2013

Glauber de Oliveira Motta

**APLICAÇÃO DE UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE PERDA  
POTENCIAL EM CERTIFICADOS DE RECEBÍVEIS IMOBILIÁRIOS.**

Monografia apresentada ao PECE – Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica de São Paulo, para obtenção do MBA em Engenharia Financeira.

Área de Concentração:  
Engenharia Financeira

Orientador:  
Prof. Dr. Alexandre Oliveira

São Paulo  
2013

MBA/EF  
2013  
M858a

DEDALUS - Acervo - EPEL



31500020847

2345082

M8013K

M8013C

## FICHA CATALOGRÁFICA

M2013K

**Motta, Glauber de Oliveira**

**Aplicação de modelo de avaliação de perda potencial em Certificados de Recebíveis Imobiliários/ G.O. Motta. -- São Paulo, 2013.**

**54 p.**

**Monografia (MBA em Engenharia Financeira) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.**

**1. Engenharia financeira 2. Modelos de apreçamento de Certificados de Recebíveis Imobiliários I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II. t.**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Alexandre Oliveira pela orientação imprescindível na elaboração deste trabalho, pelo tempo dedicado em me proporcionar novas ideias, e por compartilhar seu amplo conhecimento em finanças quantitativas.

À minha esposa e parceira Marcela Cavalcanti Motta pela paciência, dedicação e amor com que sempre me apoiou nesta empreitada.

À minha mãe por seu exemplo de fibra e dedicação, pelo impaciente esforço em me educar e em me transferir princípios, obrigado.

Aos colegas de MBA que em grande parte serviram de incentivo e também pelas trocas de experiências sempre tão enriquecedoras.

Aos meus familiares e amigos que sempre me incentivaram em minha busca.

E a Deus por ter me dado o dom da vida.

## **RESUMO**

O objetivo deste trabalho é apresentar um modelo de avaliação de risco em Certificados de Recebíveis Imobiliários sob a ótica do investidor, considerando uma operação com lastro pulverizado e avaliando se a estrutura de subordinação suporta a perda esperada no horizonte temporal sob análise. O texto apresenta a estrutura de securitização de créditos imobiliários, o que é o produto CRI, como se caracteriza a engenharia da securitização e seu papel alavancador. É importante observar que a proposta do trabalho é focada em um tipo específico de securitização com lastro em créditos imobiliários residenciais pulverizados. Ao final do trabalho pretende-se que o leitor tenha acesso a uma metodologia de análise de perda potencial de carteira de créditos imobiliários residenciais. Adicionalmente, seguirão recomendações de melhorias e sugestões de evolução e aplicabilidade ao mercado nacional.

Palavras-chave: Risco, CRI, Securitização, Perda Esperada.

## **ABSTRACT**

The aim of this paper is to present an evaluation model for Certificados de Recebíveis Imobiliários credit risk under the view of the investor, considering one transaction with asset backed securities and analyzing with the subordination structure supports the expected loss at the time under observation. The text presents the structure of mortgage securitization, the Brazilian Mortgage Backed Securities – CRI, how to characterize the securitization and the leverage role that it means. It is important to highlight that the objective of this work is focused in one specific type of securitization backed in pulverized residential assets.

This paper is intended to provide the reader to have access to a methodology of analysis of potential loss in a portfolio credit securitization. In addition, the paper will show a recommendation of improvements and suggestion of evolution and applicability to the national market.

Key-words: Risk, CRI, Securitization, Expected Loss.

## Lista de Figuras

1	Financiamento recursos de poupança(SBPE) .....	2
2	Fluxo esquemático do CRI pulverizado.....	7
3	Fluxo de incorporação imobiliária típica – Origem dos Recebíveis.....	9
4	Evolução do estoque de CRI emitido .....	10
5	Volume de CRI negociado e quantidade de negócios realizados com CRI .....	10
6	Volume de CRI emitido pelas principais securitizadoras .....	11
7	Fluxo de caixa para obtenção de exposição no momento da inadimplência .....	20
8	Comprometimento de renda esperado.....	28
9	Endividamento das famílias esperado .....	29
10	IGPM esperado.....	29
11	Inadimplência no financiamento imobiliário verificada.....	31



## Lista de Tabelas

1	Marco Legal dos CRI .....	8
2	Características do CRI analisado .....	18
3	Valores do cálculo de exposição no momento da inadimplência.....	20
4	Estatísticas de recuperação de crédito imobiliário .....	21
5	Correlação das defasagens das variáveis explicativas do modelo .....	24
6	Resultados do teste Jarque-Bera.....	25
7	Coeficientes da regressão linear multivariada.....	25
8	Estatísticas da regressão linear multivariada .....	26
9	Valores de entrada para realização da simulação de Monte Carlo .....	27
10	Valores resultantes da simulação Monte Carlo para cálculo preditivo.....	28
11	Coeficientes da regressão linear multivariada.....	30
12	Fluxo de pagamento do CRI .....	35
13	Fluxo de caixa descontado para obtenção do EAD.....	39

# SUMÁRIO

Lista de Figuras	i
------------------	---

Lista de Tabelas	ii
------------------	----

1	Introdução.....	1
1.1	Objetivo .....	1
1.2	Situação Atual .....	2
1.3	Justificativa .....	3
1.4	Organização do Trabalho .....	4
2	O Certificado de Recebíveis Imobiliários.....	5
2.1	A Securitização.....	5
2.2	O Produto CRI .....	6
2.3	Marcos Regulatórios no Brasil .....	7
2.4	Estatísticas do Mercado de CRI no Brasil .....	8
3	Revisão da Literatura.....	11
3.1	Evolução histórica.....	11
3.2	Mensuração de Risco de Portfólio .....	13
4	O Modelo Conceitual .....	15
4.1	Premissas para construção .....	16
4.2	Virtudes do modelo.....	16
4.3	Limitações .....	16
5	Aplicação do Modelo para avaliação de Risco de Crédito em CRI.....	17
5.1	Características do CRI a ser avaliado.....	18
5.2	Estimação da exposição no Default.....	19
5.3	Estimação da Perda dado a ocorrência do Default .....	20
5.4	Estimação da Probabilidade de Default .....	21
5.4.1	Seleção das Séries Históricas .....	23
5.4.2	Identificação da Defasagem .....	23
5.4.3	Teste de Normalidade para as variáveis .....	24
5.4.4	Regressão Linear Múltipla .....	25
5.4.5	Utilização de Vasicek para previsão das variáveis .....	26
6	Resultados Obtidos .....	29
6.1	Perda Esperada para o CRI.....	30

7	Conclusões.....	32
7.1	Desenvolvimentos Futuros .....	33
	Anexo A – Fluxo financeiro da Emissão do CRI.....	35
	Anexo B – Fluxo do Desconto para cálculo do VP .....	39
	Anexo C – Algoritmo construído em Excel VBA.....	43

## Capítulo 1

### Introdução

#### 1.1. Objetivo

Este trabalho compõe as disciplinas obrigatórias para obtenção do título de MBA exigido pelo Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da USP, tem como objetivo apresentar um modelo de avaliação de risco para Certificados de Recebíveis Imobiliários (CRI) para avaliação preditiva de potencial perda em carteira objeto de securitização.

O foco do trabalho está em propor uma metodologia de avaliar os riscos incorridos em perdas por *default* numa carteira securitizada considerando uma emissão de CRI padrão, os lastros que compõem a carteira são formados apenas por recebíveis imobiliários (apartamentos), oriundos de contratos de compra e venda firmados entre promitentes compradores e incorporadoras, ou seja, o risco associado primordialmente à capacidade de pagamento dos compradores e na possível recuperação do imóvel para posterior recuperação do crédito.

Como forma de caracterizar o trabalho, vale destacar que o CRI avaliado não absorve quaisquer riscos relativos à etapa de construção (produção) do empreendimento, o ativo real, bem imóvel, que lastreia os créditos, estão performados, não havendo o risco de execução do empreendimento, tendo o risco desta etapa sido mantido na esfera do empreendedor do setor imobiliário.

#### 1.2. Situação Atual

Com a conquista da estabilidade econômica brasileira através das transformações ocorridas a partir de 1994 mediante o Plano Real, a adesão ao sistema de metas de inflação em 1999, após a crise cambial, propiciou ao mercado financeiro uma adequação maior às políticas de crédito, tornando os juros no Brasil menos distorcidos e mais acessíveis ao empresariado brasileiro. Esta comodidade deu-se não apenas no sentido de ter possibilitado ao empresário obter recursos para investimentos mais baratos, mas também em grande parcela, devido a um maior grau de previsibilidade quanto às

expectativas futuras, e facilitou o planejamento estratégico para os agentes do mercado proporcionando uma inovação na cultura de financiamento das empresas e dos meios de produção.

Por contar com uma dinâmica de ciclo razoavelmente distinta, a construção civil apresenta alguns aspectos peculiares, principalmente no que tange o financiamento da comercialização ser notadamente longo, o que implica numa decisão estratégica de alta complexidade, principalmente por historicamente ficar ao encargo das incorporadoras o papel também de financiadora dos promitentes compradores.

Quando verificada a evolução do financiamento imobiliário no Brasil, percebe-se um aumento substancial do volume financeiro direcionado para este tipo de crédito:

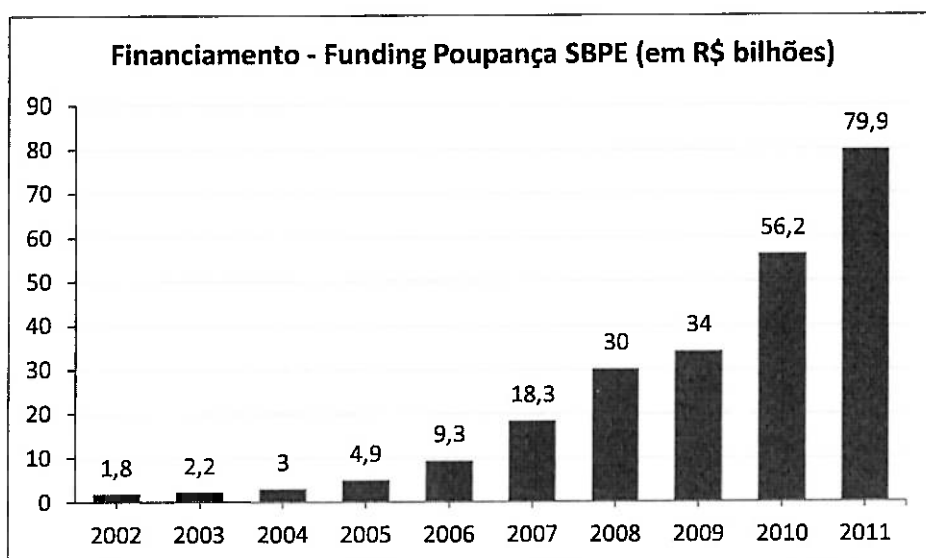


Figura 1 – Gráfico: Financiamento Recursos de Poupança(SBPE)  
Fonte: ABECIP.

Verifica-se um aumento superior a 4.000% no volume de financiamento imobiliário no período de 10 anos, que revela uma ampliação robusta da demanda por este tipo de produto, ainda que para este caso, foram considerados apenas os recursos oriundos de poupança, que possuem regulamentação própria e restritiva quanto ao tipo de imóvel a ser financiado, não sendo crédito livre.

Ainda de acordo com projeções da ABECIP, os recursos de poupança para financiamento imobiliário devem ter seu esgotamento em 2013. Em 2011, a relação

entre o estoque de financiamento e o volume de poupança estava em 46%, sendo que as projeções eram de que em 2013 esta relação seria de 76%, como o direcionamento dos recursos de poupança é por determinação do Banco Central do Brasil na ordem de 65%, a alternativa para obtenção deste *funding* será entre outras via securitização.

BARREIRO MAFRA (2006) cita que devido às distorções que o mercado de incorporação apresenta a falta de perspectiva de recursos compatíveis em prazo e volume ao mercado imobiliário, o setor imobiliário passou a buscar modelos alternativos, baseados em novos instrumentos de captação e regulados por condições de mercado.

Com a aprovação da LEI 9.514 em que fica instituído o Sistema Financeiro Imobiliário, adicionalmente é instituída a alienação da coisa fiduciária, o mercado imobiliário passou a gozar de maior mobilidade em livre negociação, além de possibilitar a recuperação do bem imóvel sem risco jurídico para as incorporadoras.

Neste novo modelo proposto pelo SFI as empresas ganharam maior mobilidade na obtenção dos recursos necessários ao financiamento à produção, garantindo melhoria de condições na obtenção das linhas, outro benefício desse novo arcabouço é a facilidade com que se pôde realizar a antecipação dos recebíveis quando da entrega das chaves dos imóveis aos compradores.

É nesse contexto que a securitização imobiliária ganha outros contornos no Brasil, prática já bastante disseminada em economias desenvolvidas em que são envolvidos basicamente dois mercados: [i] mercado primário – é a prática em que o crédito imobiliário é originado, [ii] mercado secundário – aquele que desempenha o papel de provedor de *funding* de longo prazo junto aos investidores de títulos lastreados em dívidas, grupos de ativos entre outros.

### **1.3. Justificativa**

O mercado de securitização imobiliária se apresenta de fato como uma alternativa na obtenção de recursos para financiamento à produção ou para o aumento do fluxo de capitais para a produção imobiliária através da antecipação de recebíveis caracterizada pelo ativo financeiro.

Por se tratar de um produto de investimento financeiro, na ótica do investidor do CRI, o ativo apresenta a dicotomia clássica de finanças de risco e retorno, que é passível de avaliação por investidores e gestores de riscos que dependem cada vez mais da disposição de informações claras e precisas quanto às características do lastro da carteira objeto da securitização para a correta avaliação de risco e suporte à decisão de investimento ou desinvestimentos neste tipo de carteira.

Por se tratar de uma transferência de risco, a securitização requer a utilização de um ferramental analítico confiável que permita aos investidores, sejam institucionais, pessoas físicas ou empresas, a correta avaliação dos riscos contidos numa operação de Certificados de Recebíveis Imobiliários, por isso a motivação em propor um modelo de avaliação da perda potencial de uma carteira num determinado horizonte temporal e a discussão das aplicabilidades se revelam de grande valor para estudo.

#### **1.4. Organização**

O presente estudo está estruturado de forma a apresentar em linhas gerais a estrutura do produto CRI, explicando o processo de securitização, posteriormente apresentaremos o CRI pulverizado, que é o ativo objeto deste trabalho, também será apresentado o mercado de CRI, na sequência, apresentaremos a evolução histórica das Teorias de Finanças com aplicações para avaliação de riscos em portfólios de crédito, também alguns trabalhos realizados a este respeito.

Nos capítulos subsequentes apresentaremos o desenvolvimento do modelo e os resultados obtidos.

Por fim, no último capítulo, são feitas as considerações finais sobre o trabalho avaliando os resultados e sinalizando possíveis melhorias futuras para desenvolvimentos de modelos ou contribuições em outros trabalhos.

## Capítulo 2

### O Certificado de Recebíveis Imobiliários – CRI

#### 2.1. A Securitização

A palavra securitização tem origem no termo inglês *securitization*, termo semelhante também em inglês *securities* que em tradução livre seria o equivalente a valores mobiliários, ou seja, transmite uma relação direta com o uso de valores mobiliários, que são os títulos transacionados em mercado que proporcionam a transferência de recursos entre os agentes superavitários e os agentes deficitários, essa mobilidade de recursos é fundamental para a atividade econômica uma vez que permeia toda a cadeia de atividades produtivas, seja na indústria, comércio ou mesmo na prestação de serviços.

A estrutura dos títulos securitizados transmite uma relação de liquidez à ativos ilíquidos, ou ainda, tornando ativos *non tradables* em ativos *tradables* mediante a estruturação de um produto financeiro, entre outras palavras, a securitização transforma fluxos de recebíveis, que podem ter origem em diversos tipos de créditos, em um tipo de ativo cambiável no mercado financeiro.

Segundo Securato (2007), a securitização é uma operação financeira estruturada que permite a emissão de valores mobiliários lastreados em ativos, especialmente segregados, visando eliminar ou minimizar o risco de crédito da companhia emissora dos títulos aos investidores do mercado financeiro.

O processo de securitização representa uma grande inovação pois permite uma clara segregação entre o risco de crédito do originador dos recebíveis e o risco do ativo lastro da operação.

Sob uma perspectiva econômica, o avanço corrobora com a mudança do paradigma do mercado de crédito, onde no modelo tradicional existe a figura de um financiador central, através das instituições financeiras, em que estruturalmente os investidores aplicam seus recursos em troca de uma determinada remuneração, assumindo ele o risco da instituição não cumprir com sua obrigação. Um exemplo clássico é o Certificado de Depósito Bancário, instrumento pelo qual o Banco se compromete a remunerar o recurso do comprador do produto por uma taxa de juros



acordado para um determinado horizonte de tempo, caracterizando uma dívida da instituição financeira e que, portanto, o investidor do recurso assume o risco de crédito desta. Por sua vez, a instituição ao emprestar recursos ao empreendedor assume o risco do empreendimento, ou qualquer que seja o destino do empréstimo bancário a ser realizado, o participante que se endivida junto a instituição, lhe confere o risco de performance do crédito.

Resumidamente, no modelo clássico, a instituição financeira assume um passivo diante de seus investidores e adquire ativos que são os compromissos de cumprimento dos contratos de empréstimos junto a seus clientes.

Como consequência, o obter recursos junto às instituições acaba absorvendo maiores custos financeiros em função de toda a estrutura necessária à presença do intermediador financeiro.

A mudança do paradigma reside na desintermediação financeira que a securitização proporciona uma vez que as instituições financeiras migram seu papel de provedor e garantidor de recursos e passam a exercer um papel de estruturadores e distribuidores dos valores mobiliários criados. A riqueza proporcionada pela utilização de valores mobiliários está em realizar a transferência dos riscos e de igual modo e inversamente proporcional na redução dos custos incorridos, o que torna esse meio de obtenção de recursos muito mais vantajoso aos empreendedores.

## **2.2. O Produto CRI**

Os mecanismos institucionais de securitização podem ser através da estruturação de diversos produtos financeiros como os Fundos de Investimento em Direitos Creditórios, Fundos de Investimentos Imobiliários, e o produto financeiro que é o objeto de estudo deste trabalho o Certificado de Recebíveis Imobiliários – CRI.

Os Certificados de Recebíveis Imobiliários são títulos de crédito nominativos e escriturais, emitidos única e exclusivamente por companhias securitizadoras de crédito imobiliário, lastreados em que podem ser pulverizados ou concentrados dependendo da estrutura, constituindo-se em promessa de pagamento em espécie.

Os CRIs podem possuir características bastante distintas, podendo ser:

- Quanto ao ambiente de negociação, podem ser registrados e transacionados na CETIP e no Bovespafix.
- Os créditos imobiliários destinados a lastrear a emissão de CRI, gozam do regime fiduciário que permite a estipulação de um patrimônio em separado, destinado única e exclusivamente ao pagamento dos valores mobiliários aos quais tais créditos serviram de lastro.
- Os investidores têm como representante de seus interesses um agente fiduciário, que deve ser uma instituição financeira ou companhia autorizada pelo Banco Central.
- Podem ser emitidos com cláusula de correção com periodicidade mensal.
- Podem apresentar limites de exposição aos ativos componentes.
- Há a transferência do ativo por venda para o investidor final. Porém o fluxo de caixa passa pela securitizadora, normalmente. Dessa forma o investidor acaba sendo exposto não só ao risco de crédito do cliente original do ativo utilizado como lastro do CRI, mas também ao risco de crédito da securitizadora.
- São garantidos pelo lastro e pelas garantias dos ativos lastro (ex: imóveis, fiança).
- Podem ser emitidos com subordinação.

Como exemplo, o CRI com lastro pulverizado pode ser esquematizado com a seguinte estrutura:

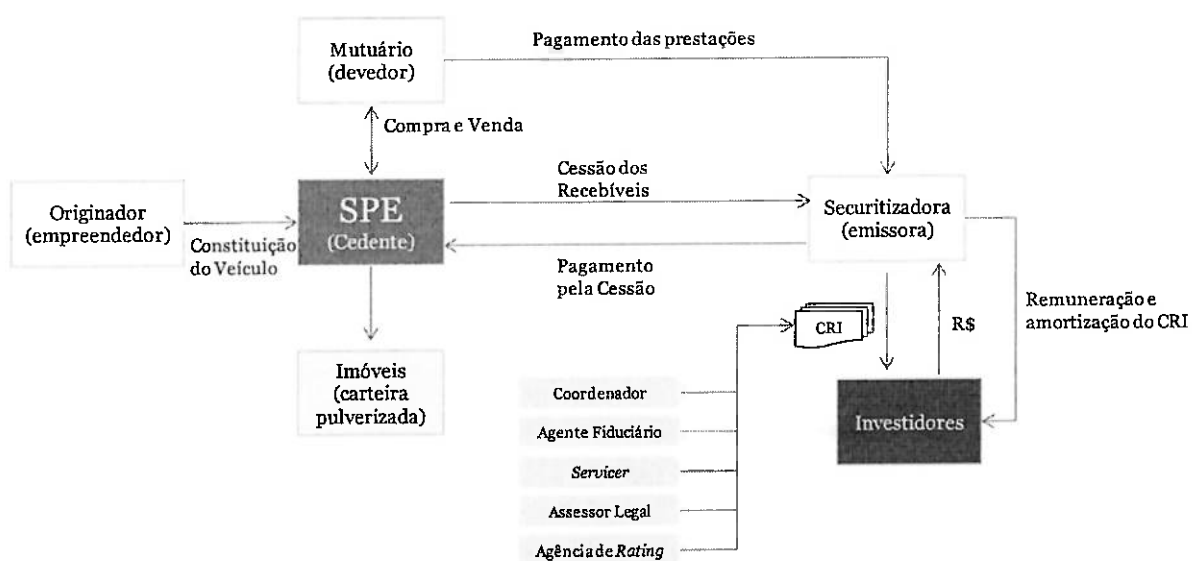


Figura 2 – Fluxo esquemático do CRI pulverizado.

Os Certificados de Recebíveis Imobiliários são títulos de crédito nominativos e escriturais, emitidos única e exclusivamente por companhias securitizadoras de crédito imobiliário, podendo ser lastreados em créditos pulverizados ou créditos concentrados dependendo da estrutura, constituindo-se em promessa de pagamento em espécie.

### 2.3. Marcos Regulatórios no Brasil

É relevante destacar que a evolução do mercado de capitais como alternativa de financiamento à produção é fruto de uma coordenação de ações que historicamente foram realizadas através do envolvimento das partes ligadas, o arcabouço legal que permitiu o desenvolvimento deste mercado foram construídos conforme a tabela:

Instituição	Base Legal
Certificado de Recebíveis Imobiliários	Lei nº 9.514/ 1997
Letra de Crédito Imobiliário (LCI)	Lei nº 10.931/ 2004
Letra Hipotecária (LH)	
Cédula de Crédito Imobiliário (CCI)	
Fundos de Investimento Imobiliário	Lei nº 8.668/ 1993

Tabela 1 – Marco legal dos CRI.

Dentre os avanços institucionais promovidos pelas leis supra mencionadas cabe destacar que a Lei nº 9.514 /1997 instituiu junto ao instrumento financeiro CRI, a alienação fiduciária de bem imóvel, instrumento legal pelo qual a recuperação do crédito se torna mais rápida e efetiva a transitar pelos recursos legais.

Esta evolução trouxe benefícios econômicos com a redução em larga escala do risco moral, ou seja, os promitentes compradores dos imóveis passam a descartar com maior rigor a hipótese da inadimplência por terem o conhecimento do artifício legal que possibilita a retomada do bem imobiliário, e contribuiu com a redução dos *spreads* para este tipo de crédito, uma vez que o risco do inadimplemento é bastante mitigado.

2.4 Estatísticas do Mercado de CRI no Brasil

Quando considerada a relevância do assunto a ser tratado, destaca-se a importância sob o aspecto do conceito econômico e as vantagens relegadas no âmbito da obtenção de recursos ao empreendedor da construção civil ao término de sua operação. É apresentado a seguir um modelo simplificado do processo de incorporação típica e onde o CRI se apresenta como possível solução de financiamento dentro desse processo, ou seja, qual o contexto em que o CRI é inserido no processo fabril da construção civil no modelo proposto pelo presente trabalho. Para ilustrar consideramos o fluxo físico-financeiro:

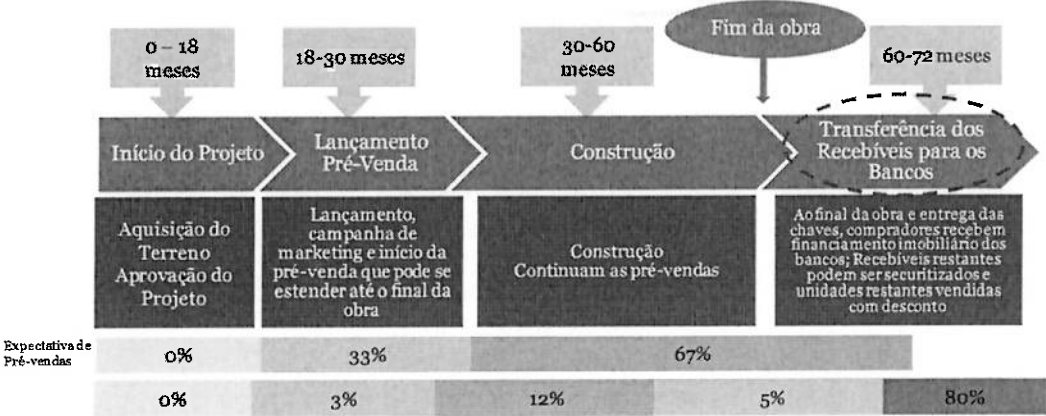


Figura 3 – Fluxo de Incorporação Imobiliária típica – a origem dos recebíveis.

Como observado, a transferência de recebíveis é realizada ao término do processo, o quando se trata de CRI cujo risco de performance não exista, considera-se que a cessão dos recebíveis é realizada no “pós-chave” no jargão do mercado de construção civil.

Ainda dentro desse contexto, vale destacar a evolução do mercado de CRI no Brasil, considerando o estoque de CRI, podemos perceber a evolução do mercado desse produto:

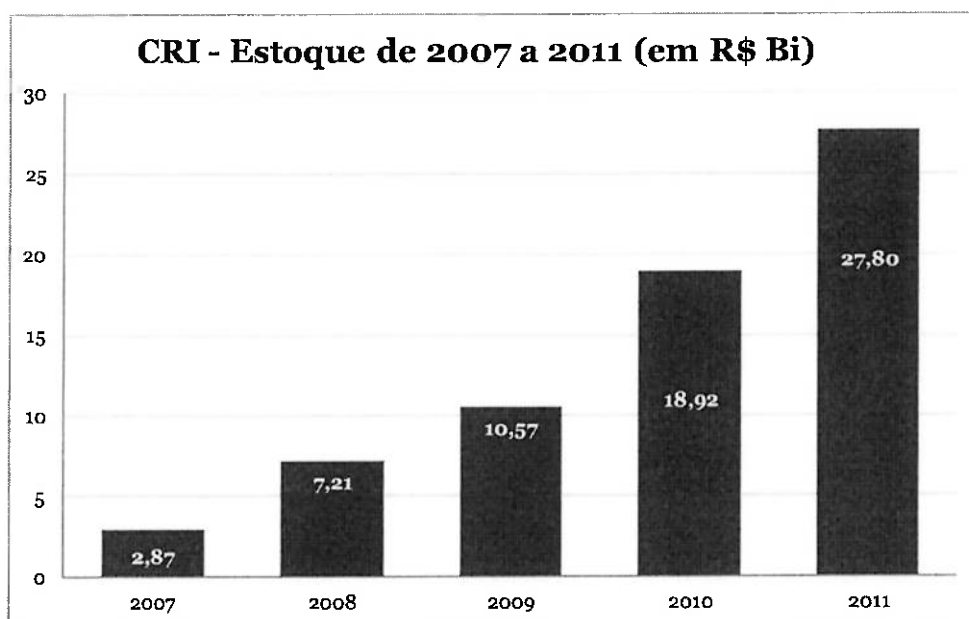


Figura 4 – Evolução do estoque de CRI emitidos  
Fonte: CETIP.

Quanto à liquidez, podemos perceber que para este tipo de ativo financeiro notamos um crescimento substancial das negociações e também dos volumes transacionados:

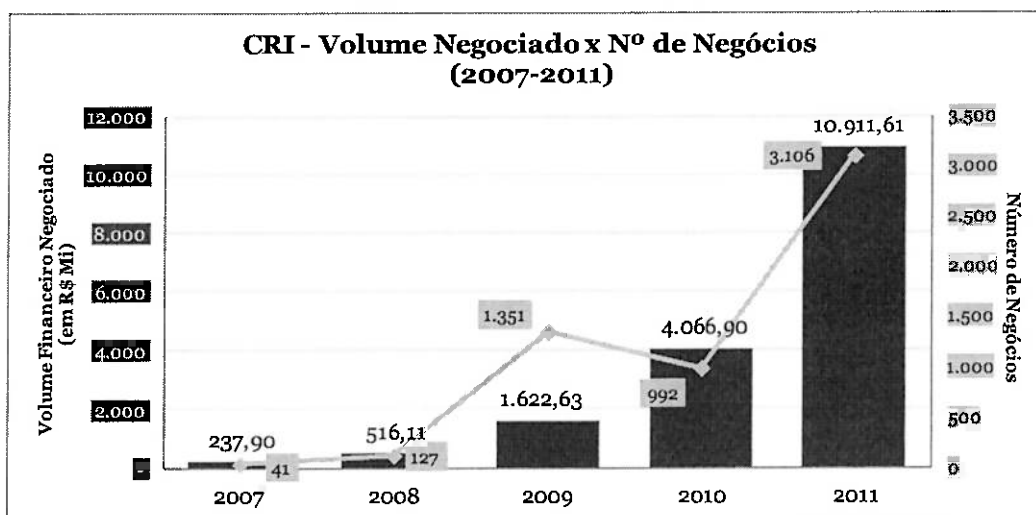


Figura 5 – Volume de CRI negociado e quantidade de negócios realizados com CRI  
Fonte: CETIP.

O demanda por este tipo de ativo implica na participação de Securitizadoras como estruturados responsáveis e indispensáveis no processo de originação e estruturação desses ativos financeiros, em relação à participação de mercado, entre 2007 e 2011 sumarizados destacam-se:

### Securitizadoras por Volume Emitido (2007 - 2011)

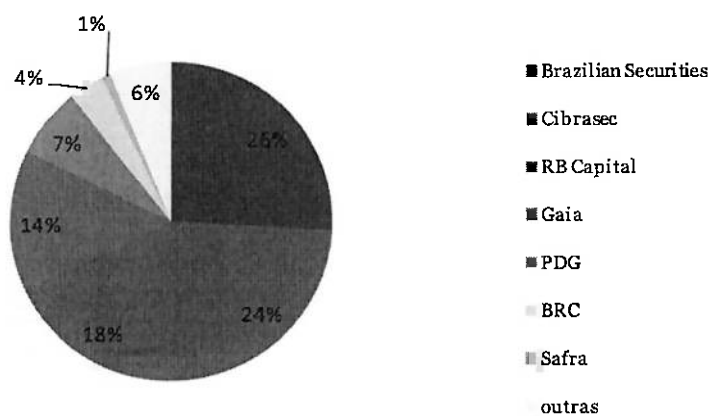


Figura 6 – Volume de CRI emitido pelas principais securitizadoras  
Fonte: CETIP.

## **Capítulo 3**

### **Revisão da Literatura**

Na seção anterior foram apresentadas em linhas gerais como são caracterizados os CRI, quais as principais características o funcionamento e a estrutura de securitização de créditos imobiliários, nesta seção será apresentada sucintamente a evolução histórica da avaliação de perdas em portfólio de crédito e também alguns conceitos básicos sobre mensuração de risco de portfólio. As definições matemáticas apresentam-se de forma geral e contínua no tempo de modo que possam ser aplicadas no desenvolvimento dos modelos de mensuração de risco de crédito para portfólio de créditos imobiliários.

#### **3.1 Evolução Histórica**

Quando falamos em gestão de risco de crédito trata-se de um tema de grande atenção no mercado financeiro e na comunidade acadêmica, sobretudo em razão da evolução das técnicas de mensuração e gerenciamento de risco de crédito que vem ocorrendo ao longo dos últimos anos e a tecnicidade exigida para obtenção de maior grau de assertividade na sua mensuração.

Verifica-se que as instituições financeiras dão maior ênfase na utilização de modelos quantitativos como suporte às decisões de crédito, principalmente pelo interesse que os bancos têm em determinar o montante de capital econômico que deve ser alocado em razão dos riscos inerentes aos seus portfólios.

Podemos atribuir às instituições financeiras a incessante busca pelo aprimoramento das técnicas de gestão de risco de portfólio de crédito exatamente por demandarem novas tecnologias de cálculo e obtenção do risco de carteiras, entretanto, devido ao grau de desenvolvimento econômico maior, diversos modelos gerados foram realizados no mercado internacional, portanto, sem considerar as distinções no ambiente econômico e institucional do Brasil, fazendo com que a aplicação seja bastante restrita necessitando passar por algumas adaptações.

Segundo Assaf Neto (2008), crédito consiste no ato de colocar um determinado valor à disposição de um tomador, mediante compromisso de pagamento em data futura. Sob essa perspectiva, o crédito está relacionado à

expectativa do recebimento de um valor em certo período de tempo. O risco de crédito consiste na chance de que essa expectativa não se cumpra.

A exposição ao risco de crédito também pode ser definida como a possibilidade da ocorrência de perdas geradas pela não realização de um evento de pagamento ou ocorrência de *default* (inadimplência) daquele que tomou os recursos ou ainda pela deterioração de sua qualidade de crédito. Quanto à classificação do evento de *default* fica ao critério das instituições, se caracterizá-lo em função do tempo de atraso e em qual medida neste tempo. No caso brasileiro, a prática verificada por grande maioria das entidades privadas são os atrasos nos pagamentos superiores a 90 dias corridos da data estabelecida.

Bessis (1998) observa que o risco de crédito pode ser dividido em três partes: risco de *default*, risco de exposição e risco de recuperação. O risco de *default* refere-se à probabilidade de ocorrer um evento de *default* com o tomador; o risco de exposição decorre da incerteza em relação ao valor futuro da operação de crédito; o risco de recuperação refere-se à incerteza quanto ao valor que pode ser recuperado no caso de um *default* do tomador.

As principais referências para os modelos de risco de crédito de portfólio foram durante a década de 1990, onde predominantemente vemos os bancos internacionais e empresas provedoras de serviços de consultoria os grandes motores desse desenvolvimento.

Esses modelos apresentaram como principal contribuição à modelagem do risco agregado ao tratar do portfólio e não apenas as exposições individuais dos tomadores e transações, como nas abordagens até então utilizadas.

Podemos destacar entre os principais modelos difundidos na indústria financeira internacional os modelos KMV, desenvolvido pela KMV Corporation (KEALHOFER e BOHN, 1993), CreditMetrics, desenvolvido pelo J.P. Morgan (GUPTON et al., 1997), CreditRisk+, desenvolvido pela Crédit Suisse First Boston (CSFB, 1997) e CreditPortfolioView, desenvolvido pela McKinsey (WILSON, 1997a; 1997b).

As dificuldades de adoção e implementação desses modelos na realidade do mercado doméstico vão desde o uso de informações a valores de mercado com poucos dados disponíveis sobre as companhias, no caso do KMV e CreditMetrics, a obtenção de dados referentes às longas taxas de *default* relativas a diversos



segmentos da carteira, e até na obtenção de dados macroeconômico no caso do modelo CreditPortfolioView.

Quando comparado às outras metodologias, o CreditRisk+ não requer muitos parâmetros de entrada, o que torna sua aplicação no caso do mercado brasileiro mais fácil de ser implementada. O problema apresentado por este modelo reside no fato de que para uso aderente espera-se que as taxas de *default* sejam baixas, o que pode não ter aderência ao mercado brasileiro.

### 3.2 Mensuração de Risco de Portfólio

Segundo Assaf Neto (2008), os principais conceitos utilizados na mensuração de risco de crédito são a perda esperada (*expected loss* — EL) e a severidade do *default* (*loss given default* — LGD). Podemos definir a perda esperada como a estimativa da média das perdas do portfólio e representa a perda que uma carteira de crédito por incorrer ao longo de determinado período. Os principais componentes para a estimação da perda esperada são a probabilidade de *default* associada ao devedor, o valor da exposição no momento em que o *default* ocorre e a efetiva exposição financeira no momento desta ocorrência, que pode ser recuperada de acordo com a característica do crédito. Portanto, podemos afirmar que os principais procedimentos de mensuração de risco de crédito esses três parâmetros: risco de *default*, risco de exposição e risco de recuperação.

A severidade dado a ocorrência do *default* - LGD, podemos considerar como combinação entre o risco de recuperação do crédito e o risco de exposição do tomador, apresentando o conceito de perda caso ocorra a inadimplência (*loss given default* — LGD). Consideramos então a perda, como o montante que a detentor da carteira de crédito espera perder caso ocorra o evento de *default*, sendo esta perda dada pelo valor da exposição no momento da inadimplência (*exposure*), deduzida da taxa de recuperação (*recovery rate*):

$$LGD = Exposure \times (1 - Recovery Rate)$$

Podemos portanto obter a perda esperada através do produto entre a probabilidade de *default* (*default probability* — DP) e a perda dado o *default*:

$$EL = DP \times LGD$$

O principal parâmetro para a construção de modelagem de risco de crédito é o risco de *default*, que pode ser definido como a incerteza em relação à capacidade do devedor em honrar o compromisso assumido com seu financiador, seja num carteira de crédito bancário ou em qualquer produto financeiro em que exista o comprometimento entre as partes que caracterize a relação creditícia.

Não é escopo deste trabalho o risco de perda não esperada, conceito amplamente debatido no meio bancário em função da ampla regulação que estes estão sujeitos e que são medidas utilizadas para a alocação do capital econômico a fim de garantir a solvência do sistema bancário em situações de estresse de mercado, o objetivo do presente trabalho é o de apresentar a aplicação de um modelo de avaliação de risco para uma carteira hipotética securitizada de CRI onde seja possível mensurar preditivamente a perda potencial.

## Capítulo 4

### O Modelo Conceitual

Como verificado no capítulo anterior, a abordagem central para o cálculo do risco de crédito é baseada na tríade, probabilidade de inadimplência, recuperação do crédito e exposição financeira no momento da ocorrência da inadimplência. O modelo proposto se fundamenta nesta proposição, adicionalmente, como forma buscar um nível de sofisticação maior, para determinar os valores que essas variáveis podem assumir, foram adotadas premissas para a construção do modelo e também modelos matemáticos utilizados em finanças quantitativas para inferência desses valores.

O modelo construído busca obter a probabilidade de *default* para o financiamento imobiliário através da utilização de regressão linear multivariada, onde as variáveis explicativas para o evento são: comprometimento de renda das famílias, endividamento das famílias e o Índice Geral de Preços a Mercado (IGPM-FGV). As séries históricas foram obtidas no sítio do Banco Central do Brasil entre setembro de 2005 e dezembro de 2011. A escolha das variáveis como explicativas da inadimplência foram definidas conceitualmente sem que houvesse um aprofundamento no referencial teórico, entretanto, foram utilizados testes estatísticos para validar, posteriormente, a relevância destas na explicação do fenômeno econômico observado.

Após a definição das variáveis, como será apresentado adiante, foi construído um algoritmo para simulação de Monte Carlo para o portfólio de crédito, para simular diversas vezes o comportamento da inadimplência associado ao comportamento da recuperação do crédito, que conforme se verifica, segue uma distribuição Beta de probabilidade.

O uso da Simulação de Monte Carlo permite avaliar, com base na teoria dos grandes números e para um dado intervalo de confiança, qual o comportamento, na média, dessas variáveis. Cabe observar que objetivo deste trabalho não é discorrer sobre os ferramentais matemáticos utilizados, mas apresentar um modelo de avaliação de risco de perda para o ativo.

## 4.1 Premissas para Construção

Para construção do modelo, foram consideradas premissas relevantes, sendo estas passíveis de análise mais aprofundada:

- Homogeneidade do portfólio securitizado, os CRI são instrumentos que agregam diversos contratos que lastreiam a operação, portanto, a característica dos diversos contratos são naturalmente distintas, as características dos imóveis também são distintas entre si. O modelo assume que os lastros são homogêneos em sua totalidade.
- Não foram consideradas as correlações de inadimplência potencialmente existentes entre os créditos que lastreiam a operação avaliada.
- O modelo desenvolvido considera que as condições econômicas permanecerão inalteradas no horizonte de tempo avaliado, e que, portanto as correlações entre o comportamento do crédito e o ciclo macroeconômico permanecerão inalteradas.
- A probabilidade de *default* é equivalente à inadimplência histórica para o financiamento imobiliário, num contexto em que medida de probabilidade é uma medida de incerteza.
- Aceitação da premissa de que as variáveis explicativas da regressão linear são de fato variáveis que explicam, validados posteriormente pelo teste estatístico apresentado.

## 4.2 Virtudes do Modelo

O modelo apresentado possui como principais virtudes a facilidade na obtenção dos dados utilizados e a fidedignidade dos dados, pois se tratam de informações obtidas junto ao Banco Central do Brasil.

Outra virtude a se destacar é a facilidade de implementação do modelo, mesmo com o uso de ferramentas matemáticas sofisticadas, não existe um

aprofundamento teórico, tornando seu uso acessível. Também neste contexto, o modelo não requer conhecimento avançado de computação tendo sido implementado em planilha eletrônica de uso doméstico.

### 4.3 Limitações

O modelo apresenta também limitações que podem ser alvo de estudos futuros, entre elas, destacam-se:

- Não foram consideradas informações quanto à concessão do crédito na originação dos contratos, dessa forma, não existe nenhum aspecto sócio-econômico incorporado ao modelo e que potencialmente tenha significância na ocorrência de eventos de *default*.
- O modelo não incorpora o percentual entre o financiamento e o valor do imóvel, argumento este que implica na propensão que o promitente comprador do imóvel tem em inadimplir.
- O modelo não explora características da safra da carteira, ou seja, em que momento do prazo do contrato, na média, os contratos foram cedidos para compor o lastro do CRI, informação relevante também na observação quanto a propensão à inadimplência que os promitentes compradores possuem na medida que amortizam suas dívidas individualmente.

## Capítulo 5

### Aplicação do Modelo para avaliação de risco em CRI

No capítulo 2 foram apresentadas em linhas gerais o que são e como são estruturados os Certificados de Recebíveis Imobiliários lastreados em créditos pulverizados e algumas estatísticas de mercado, no último capítulo verificou-se em linhas gerais quais foram as evoluções de modelagem para crédito e também quais os parâmetros utilizados na avaliação do risco de crédito quando avaliados em conjunto constituindo um portfólio. Nesta seção apresentaremos a estimação do parâmetros apresentados anteriormente para a avaliação de risco de um CRI e a avaliação do comportamento do risco de perdas tendo em vista o nível de subordinação proposto na operação.

#### 5.1 Características do CRI a ser avaliado

Para realização deste trabalho, escolhemos o CRI emitido pela securitizadora Brazilian Securities com as seguintes características:

Características da Emissão	
Nº da Emissão	263 e 264
Data de Emissão	20/08/2012
Valor da Operação	R\$ 24.926.167,38
Saldo devedor médio	R\$ 135.468,30
Prazo Máximo (meses)	166
LTV ( <i>Loan to Value</i> ) Ponderado	55%
Quantidade de Contratos	184
Quantidade de CRI emitido	82
Juros Remuneratórios Cota Sênior (a.a.)	8,00%
Juros Remuneratórios Cota Subordinada (a.a.)	39,61%
% de Subordinação	15%

Tabela 2 – Características do CRI analisado.

Quanto à caracterização da carteira que lastreia a operação, consideramos, para simplificar o problema, que todos os contratos assumem um valor médio equivalente, também não foi preocupação deste trabalho verificar a tipificação do imóvel quanto às características de seus promitentes compradores, de forma que não há discriminação dos dados quanto à processos de *scoring* de crédito, ou perfil de crédito quanto aos aspectos de concessão.

## 5.2 Estimação do EAD

O CRI tem por característica gerar um fluxo de caixa oriundo de outros fluxos, ou seja, a medida que os promitentes compradores realizam seus respectivos pagamentos em função das dívidas imobiliárias assumidas, estes recursos são capturados através da estrutura e enviados à um caixa central, papel exercido pela securitizadora, que conforme o cronograma de amortização e rendimento do CRI efetua o pagamento aos investidores deste. Dadas as customizações dos financiamentos imobiliários, os CRI possuem baixo grau de homogeneidade quanto a seu lastro.

Para aplicação neste trabalho, geramos o fluxo de caixa da operação considerando os vértices de pagamento conforme o prospecto de apresentação do produto, entretanto, como forma de simplificação do modelo, aplicamos o Sistema de Amortização Constante (SAC) sobre o montante da emissão.

Segundo Vieira Sobrinho (2006), este sistema é extremamente simples e sua denominação deriva da sua principal característica, ou seja, as amortizações periódicas são todas iguais ou constantes.

Para estimar o EAD, após a estrutura do fluxo, consideramos o valor presente do título no horizonte de tempo conveniente para avaliação do risco, no caso do presente trabalho optamos pelo horizonte de 1 ano.

O calculo do valor presente é baseado na fórmula:

$$VP_t(i) = \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

Onde,

$i$  = taxa de juros periódica;

$F_t$  = valor do fluxo no período;

$VP_t(i)$  = valor presente do  $t$ -ésimo fluxo;

$VP(i)$  = valor presente do fluxo total.

Para a construção do nosso modelo, os fluxos de pagamento do CRI foram descapitalizados diariamente em relação à data de avaliação, e por uma taxa considerada como a taxa de originação dos créditos que lastreiam a operação, equivalente a 15,71% a.a.:

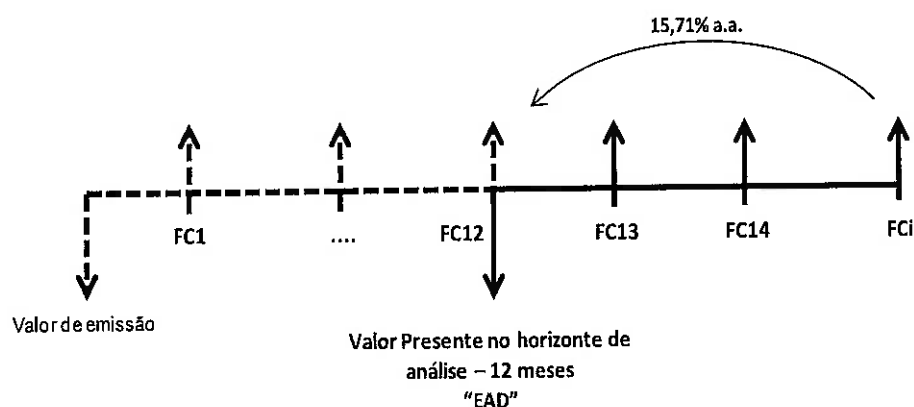


Figura 7 – Fluxo de Caixa para cálculo da exposição no momento da inadimplência - EAD.

Após a construção do fluxo e a realização dos cálculos, obtivemos os seguintes resultados:

**Dia Análise**      **20/08/2012**  
**Horizonte**      **12 meses**

Valor Emissão	R\$ 24.926.167,38		
Data Emissão:	20/08/2012	Taxa de Desconto	15,71%
Vencimento:	20/08/2016	Contratos	184
Duration:	1.352 Dcs	EAD por CRI	286.718,17
PU Inicial	300.972,63	EAD da Emissão	23.510.890,04
Qtde:	82 CRIs	saldo devedor medio	127.776,58

Tabela 3 – Valores do cálculo de exposição no momento da inadimplência.



### 5.3 Estimação do LGD

Para estimar a perda dado a ocorrência do *default* utilizamos a distribuição Beta, que segundo (Gupton & Stein) possui maior aderência à recuperação desse tipo de crédito, para cada obrigação que lastreia o CRI, de forma que a definição dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da distribuição foram obtidos através de dados históricos em obtidos pela conforme tabela:

Taxas de recuperação por classe de senioridade (% do valor face, i.e., "par")

Senioridade	Média (%)	Desvio Padrão (%)
Garantias Sênior	53,80%	26,86%
Subordinadas	32,74%	20,18%

Tabela 4 – Valores de recuperação de crédito imobiliário.

Para este trabalho nosso objetivo é considerar o risco de crédito para o investidor, portanto, tomamos como estatística para a estimação da perda dado a ocorrência do *default* os dados de garantia sênior, ou seja, com média 53,80% e desvio padrão 26,86%.

### 5.4 Estimação da PD

Retomando o conceito de perda esperada apresentado no capítulo anterior, podemos afirmar que o portfólio de crédito consiste em  $n$  obrigações, cada qual com sua exposição financeira no momento da ocorrência do *default*  $w_i$  e a probabilidade de ocorrência do *default*  $p_i$ . A ocorrência do *default* pode se modelada como uma variável aleatória de Bernoulli,  $D_i$ , tal que:

$$D_i \begin{cases} 1 \text{ com probabilidade } p_i \\ 0 \text{ com probabilidade } 1 - p_i \end{cases}$$

Tornando a severidade da perda denotada por  $\lambda$ , a perda incorrida devido ao *default* da obrigação  $i$  é dada por  $L_i = w_i \lambda_i D_i$ , podemos portanto assumir que a perda do portfólio é dada por:

$$L = \sum_{i=1}^n L_i = \sum_{i=1}^n w_i \lambda_i D_i$$

A relação matemática assumida implica que para identificarmos a perda de um portfólio de crédito, é realizada mediante a identificação da parametrização correta, ou seja, escolha e definição de variáveis que tenham comportamento aderente à realidade prática, mas também das inter-relações existentes entre essas variáveis dentro do contexto e dinâmica econômica em que estão inseridas.

Foram apresentados para o exemplo prático como foram calculados a exposição financeira do CRI, a perda uma vez que ocorra o default sendo caracterizada por uma variável aleatória com distribuição Beta e cujos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  pré definidos tendo sua origem em dados históricos obtidos, neste tópico do capítulo, será apresentado como a probabilidade de *default* foi calculada para cada obrigação existente no CRI sob análise.

Para definição da perda esperada neste modelo, consideramos a perda esperada como a própria taxa de inadimplência do setor imobiliário verificada. Tendo se definido a perda esperada como equivalente a inadimplência, o desafio do trabalho neste ponto é, portanto, obter com assertividade o valor da inadimplência do financiamento imobiliário no horizonte preditivo que orienta esta análise.

Optamos em sistematizar a escolha das variáveis de forma a seguir o seguinte fluxo para estimar a perda esperada:

- a) Obtenção de séries históricas cuja relação econômica tenha razoabilidade crítica, escolha realizada discricionariamente;
- b) Verificação entre as variáveis, qual a defasagem possui maior correlação com a variável explicada;
- c) Realização de teste de normalidade com as variáveis explicativas;
- d) Realização da regressão linear múltipla;
- e) Utilização do modelo de Vasicek para obtenção dos valores das variáveis explicativas no horizonte de análise;

### 5.4.1 Seleção das Séries Históricas

Para o cálculo da regressão foram coletados dados mensais dos índices, no período compreendido entre janeiro de 2005 a dezembro 2011, as seguintes séries históricas foram obtidas:

- Inadimplência Financiamento Imobiliário
- Endividamento das Famílias;
- Comprometimento de Renda das Famílias;
- Índice Geral de Preços do Mercado – IGPM.

### 5.4.2 Identificação da Defasagem entre as Variáveis

Como um fenômeno econômico é em si social, é relevante para a nossa análise saber a se existe uma relação temporal entre a inadimplência do financiamento imobiliário e as demais variáveis que explicam o modelo. Para realizar uma identificação mais precisa, foram geradas defasagens de até 6 meses e selecionadas aquelas que apresentaram melhor coeficiente de correlação.

Coeficiente de Correlação de Pearson definido por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{cov(X, Y)}{\sqrt{var(X) \cdot var(Y)}}$$

Onde,

$x_1, x_2, \dots, x_n$  e  $y_1, y_2, \dots, y_n$  são os valores medidos de ambas as variáveis;

$\bar{x}$  e  $\bar{y}$  correspondem as médias de ambas as variáveis;

$var(x)$  e  $var(y)$  correspondem as variâncias de ambas as variáveis.

Para as séries históricas selecionadas, obtive-se:

	Comprometimento de Renda das Famílias	Endividamento das Famílias	Índice Geral de Preços do Mercado (IGPM)
Inadimplência Financeiramente Imobiliário	Defasagem 6 Correlação -0,74925	Defasagem 0 Correlação -0,90627	Defasagem 2 Correlação -0,86932

Tabela 5 – Correlação das defasagens das variáveis explicativas do modelo

### 5.4.3 Realização do Teste de Normalidade para as Variáveis Explicativas

Afim de verificar como se distribuem as variáveis explicativas, realizamos o Teste Jarque-Bera, baseado na diferença entre os coeficientes de assimetria e curtose dos dados  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

As hipóteses nula e alternativa no teste, são:

$$H_0: x_1, x_2, \dots, x_n \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_1: \text{não } H_0$$

A estatística do teste é

$$JB = n \left( \frac{\alpha_3^2}{6} + \frac{(\alpha_4 - 3)^2}{24} \right),$$

$$\alpha_3 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^3}{n s^3},$$

$$\alpha_4 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^4}{n s^4},$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}.$$

Para as variáveis selecionadas em nosso modelo os resultados obtidos foram:

Resultados do teste Jarque-Bera			
	Comprometimento de Renda	Endividamento das Famílias	IGPM
$JB = (n/6) * (S^2 + (1/4) * (K-3)^2)$			
Observações	76	76	76
Assimetria (S)	-0,2179	-0,0376	0,2855
Curtose(K)	0,3551	-1,1799	-0,1379
JB	22,7538	55,3435	32,2135
g.l.	74	74	74
limite	95,0815	95,0815	95,0815
Normalidade	Normal	Normal	Normal

Tabela 6 – Resultados do teste Jarque-Bera

#### 5.4.4 Realização da Regressão Linear Múltipla

O software utilizado para obtenção da regressão foi Excel, cujo método adotado é o MMQO (Método dos Mínimos Quadrados Ordinários) para os estimadores OLS.

Resultados:

	Coefficients
Intercept	7,236872302
Comprometimento de Renda das Famílias	0,186755052
Endividamento das Famílias	-0,219883099
IGPM	-0,335799787

Tabela 7 – Coeficientes da regressão multivariada.

Por não ser o objetivo fim deste trabalho uma modelagem puramente econométrica, utilizamos o coeficiente de determinação, também chamado de  $R^2$  como principal referência de avaliação quanto à qualidade da regressão, ou, o quanto a variável inadimplência do financiamento imobiliário é explicada pelas outras variáveis consideradas no modelo.

O Coeficiente de determinação é uma medida de qualidade do modelo em relação à sua habilidade de estimar corretamente os valores da variável resposta.

O  $R^2$  indica quanto da variância da variável resposta é explicada pela variância das variáveis explicativas. Seu valor está no intervalo de 0 a 1: Quanto maior, mais explicativo é o modelo.

A inclusão de inúmeras variáveis, mesmo que tenha muito pouco poder explicativo sobre a variável resposta, aumentarão o valor de  $R^2$ , o que é ruim, pois incentiva a inclusão indiscriminada de variáveis, indo contra o princípio da parcimônia. Para resolver este embate, podemos usar uma medida ajustada do coeficiente de determinação que é penalizada quando incluimos variáveis pouco explicativas, de forma que consideramos para este fim o Coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$  ajustado.

O  $R^2$  ajustado é determinado pela fórmula:

$$\overline{R^2} = 1 - \frac{SQR/(n - k)}{SQT/(n - 1)}$$

Onde,

$$SQT = SQE + SQR$$

$$SQR = \sum y_i - \hat{y}_i$$

$$SQE = \sum \hat{y}_i^2$$

Estatísticas da Regressão:

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,915179895
R Square	0,837554241
Adjusted R Square	0,830785667
Standard Error	0,589432089
Observations	76

Tabela 8 – Estatísticas da regressão multivariada.

Obtivemos um  $R^2$  ajustado = 0,8307856, o que confere alta capacidade explicativa quanto ao fenômeno observado.

#### 5.4.5 Utilização do Modelo de Vasicek para previsão das variáveis explicativas

O modelo de Vasicek, Oldrich (1977) utiliza o processo estocástico de Ornstein–Uhlenbeck:

$$dx = \eta(\bar{x} - x)dt + \sigma dz$$

Onde  $\eta$  é o fator de reversão à média,  $\sigma$  é o desvio padrão e  $z$  é o processo de Wiener,  $dz$  é a variável aleatória normal padrão.

Sua forma discreta é assim representada:

$$x_t = x_{t-1}e^{-\eta\Delta t} + \bar{x}(1 - e^{-\eta\Delta t})\sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2\eta\Delta t}}{2\eta}} \varepsilon_t$$

Para obtenção dos valores preditivos das variáveis explicativas do modelo da regressão, foi implementado o modelo de simulação de Monte Carlo, que basicamente consiste em gerar  $n$  sucessivas amostras das variáveis com a geração de números pseudo-aleatórios, entretanto, como os valores  $\varepsilon$  são independentes e identicamente distribuídos, através da fatoração de Cholesky obtivemos as sementes aleatórias correlacionadas, e portanto variáveis explicativas geradas num contexto econômico em que se correlacionam.

Dessa forma, definição dos parâmetros para o cálculo estocástico ficou assim definido:

	Comprometimento de Renda das Famílias	Endividamento das Famílias	IGPM
Spot	21,28	41,89	0,53
Média - $\mu$	18,41	31,86	0,44
Vol Mensal - $\sigma$	2,09%	0,75%	0,59%
Fator Reversão	17,24	22,90	0,13
T	6	12	10
Simulações	5000		

Tabela 9 – Valores para realização da simulação Monte Carlo.

Onde,

*Spot* = último valor obtido da série histórica da variável.

Média = média aritmética da série histórica.

Vol Mensal = desvio padrão da série histórica.

Fator de Reversão = média aritmética dos últimos 12 meses da série histórica.

T = Horizonte de tempo, em meses, de projeção.

Simulações = quantidade de iterações para o cálculo.

Os resultados obtidos foram:

	Comprometimento de Renda das Famílias	Endividamento das Famílias	IGPM
Valor Esperado	18,41%	31,86%	0,50%

Tabela 10 – Valores resultantes da simulação de Monte Carlo com a aplicação de Vasicek no cálculo preditivo.

Graficamente, constata-se a conversão à média para as simulações:

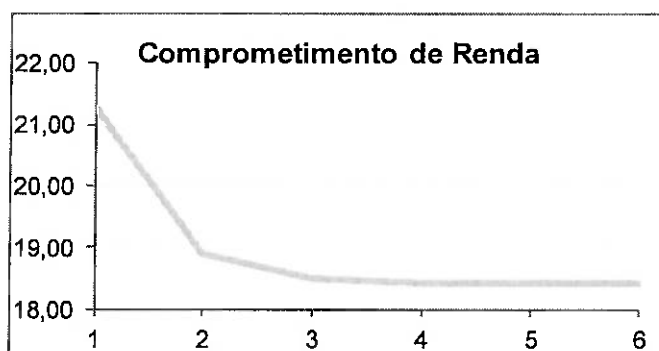


Figura 8 – Gráfico: comprometimento de renda esperado.



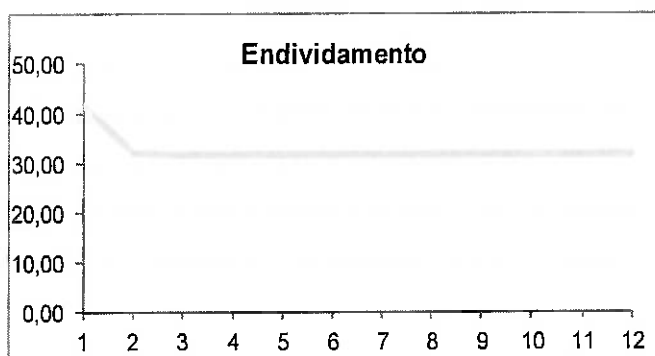


Figura 9 – Gráfico: endividamento das famílias esperado.

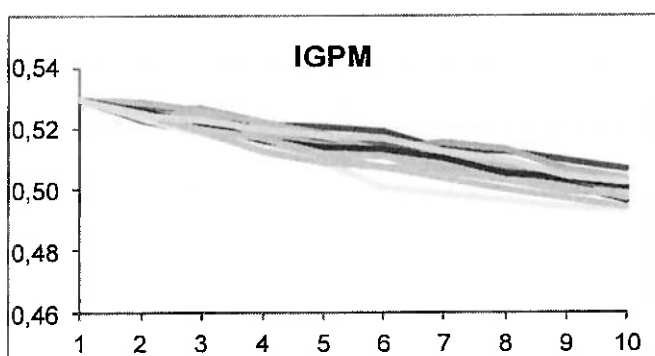


Figura 10 – Gráfico: IGPM esperado.

Com a obtenção dos valores esperados das variáveis que explicam o modelo da regressão, foi possível estimarmos o valor esperado para a inadimplência no financiamento imobiliário no horizonte de tempo desejado para a avaliação.

## Capítulo 6

### Resultados Obtidos

Nesta Seção serão apresentados os resultados obtidos do trabalho, a Perda Esperada para a carteira que lastreia o CRI. Posteriormente trataremos das conclusões definidas através da avaliação dos resultados. Para encerrar, mencionaremos as limitações do modelo proposto e também as possíveis contribuições para desenvolvimentos futuros.

#### 6.1 Perda Esperada para o CRI

Após a realização das iterações, conforme apresentado no capítulo 4, com base no modelo de regressão linear:

Probabilidade de Default	
Intercepto	7,2369
Comp. de Renda Famílias	0,18676
Endividamento Famílias	-0,21988
IGPM	-0,3358

Tabela 11 – Coeficientes da regressão linear multivariada.

Retomando o modelo de risco em portfólio,

$$L = \sum_{i=1}^n L_i = \sum_{i=1}^n w_i \lambda_i D_i$$

A Perda Esperada para a carteira do CRI ficou em 2,2740% com 5% de significância, ou seja, existe a probabilidade de 95% de que a perda esperada da carteira seja de 2,2740% em um horizonte de 1 ano.

Como a exposição no momento do *default*, apresentada anteriormente ficou em R\$ 23.510.890,00, a perda financeira da emissão pelo risco de portfólio de crédito em um ano seria equivalente a:

$$2,2740\% \times R\$ 23.510.890 = R\$ 534.655$$

O modelo proposto busca obter num primeiro momento o nível de inadimplência para o financiamento imobiliário, que para o caso apresentado no horizonte de um ano da operação com emissão em agosto de 2012 a inadimplência estimada para 12 meses é de 3,50%, entretanto, quando verificadas as inadimplências ocorridas nos últimos meses de 2012, percebe-se uma clara tendência de baixa, conforme gráfico:

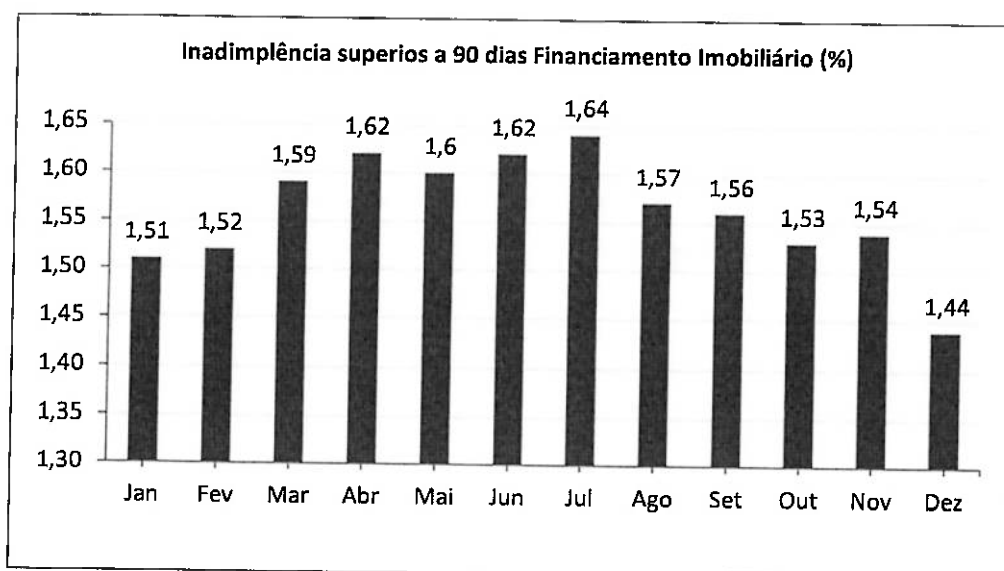


Figura 11 – Inadimplência no Financiamento Imobiliário verificada.

A diferença entre o observado no modelo e a tendência verificada pode-se atribuir à memória que o modelo carrega por se valer dos níveis de inadimplência verificado desde 2005, cabe a propósito desta observação, para trabalhos futuros, a adoção de algum tipo de critério de ponderação das variáveis explicativas ao modelo.

Como o objetivo é verificar a qualidade do portfólio, o modelo se revela, portanto, mais conservador, e não impeditivo quanto à tomada de decisão, ou seja, o fato do modelo apresentar inadimplência em índice mais elevado do que a provável tendência, o valor não se torna impeditivo ao investidor tomar sua decisão quanto à aquisição do CRI ou não. Dessa forma, o modelo mesmo sendo conservador quando comparado o resultado da probabilidade de inadimplência, é bastante assertivo quanto ao aspecto de seu principal objetivo que é o de subsidiar a decisão do investidor.

Uma vez considerada a estrutura de subordinação, podemos no nosso caso, avaliar restritamente o percentual de perda esperada, que é de 2,2740% em um ano, com o percentual de subordinação da operação, que para o CRI avaliado é de 15%, ou seja, podemos concluir que para o horizonte de 1 ano, a estrutura de subordinação mais do que suporta o risco de crédito da operação.

Como forma de verificar a sensibilidade da carteira, foi realizado ainda um testes adicionais para verificação da inadimplência no horizonte de um ano, foi dado um choque arbitrário de 5 pontos percentuais nas variáveis explicativas da regressão multivariada e verificou-se um aumento da inadimplência para 5,12%, portanto, conclui-se que a inadimplência é altamente sensível a ciclos econômicos, se erros nas conduções macroeconômicas elevar o nível de endividamento em geral das famílias certamente esses créditos deverão estar mais propensos à inadimplência.

Cabe mencionar que o prazo para o término da operação é aproximadamente de 13 anos e a análise está voltada para o horizonte de 1 ano, portanto, é necessário uma melhor avaliação para concluirmos quanto a qualidade do crédito no transcorrer do prazo da operação como um todo.

## Capítulo 7

### Conclusões

O presente trabalho procurou construir um modelo de avaliação de perda preditiva para carteira de crédito imobiliário securitizados através do CRI, para esta construção, foram utilizados os conceitos fundamentais de risco de crédito em portfólio dentro do contexto em que variáveis macroeconômicas são determinantes no comportamento da inadimplência verificada, a relevância deste fato reside em que é possível por meio destes verificar quais ciclos macroeconômicos podem afetar severamente este tipo de crédito, e como consequência esse instrumento financeiro apresentado.

Foram apresentadas também as principais características do instrumento financeiro CRI e também a engenharia de processo que desenha este produto que apresenta, geralmente, a possibilidade da estrutura de subordinação como forma de garantia adicional à seus investidores de que seu patrimônio será preservado, neste contexto, é válido mencionar que essa distinção se dá pela diferença entre cotas, sendo a cota vendida aos investidores a sênior e a cota subordinada, que é a parcela de recursos que absorve as perdas, sendo normalmente adquiridas pelo originador dos créditos, conferindo inclusive o interesse deste quanto a qualidade dos créditos que lastreiam a operação.

Do ponto de vista do investidor, o título é atrativo caso seja possível encontrar um mercado secundário pujante onde exista a possibilidade de se desfazer do título mediante a venda a outro participante de mercado.

Por ser um instrumento que permite a alavancagem financeira, o cuidado em controlar a contento o risco de crédito deste produto é além de informar, possibilitar maior controle da securitização, garantindo a não existência de risco sistêmico no mercado financeiro, os títulos de securitização objetivam isolar os riscos do empreendimento, no caso avaliado, por se tratar de uma estrutura em que o risco de performance não existe por serem imóveis performados, a operação se caracteriza em sendo uma antecipação de recebíveis, que gera caixa para a incorporadora de rendimentos que ela teria no horizonte de tempo se lhe fosse conveniente financiar o promitente comprador.

Na medida em que a evolução da análise for feita com maior eficácia, também será possível o uso desta metodologia para cálculo do risco de carregamento deste tipo de ativo pelas instituições financeiras, promovendo maior abertura de informações e redução do risco moral decorrente da inexatidão dos valores a mercado desses instrumentos financeiros, principalmente através da transferência de riqueza incorrida para estruturas de fundos de investimentos cuja marcação a mercado dos CRI ainda é financeiramente rudimentar.

O modelo é de fácil utilização e com processo de obtenção de informações e dados acessíveis, quanto aos principais procedimentos abordados de rápida aplicação, podendo ser adotados dentro de uma estrutura geral de classificação da operação, outros aspectos de riscos não contemplados no modelo como a questão fiduciária, por exemplo, por investidores ou mesmo estruturadores de crédito ou agências de classificação de riscos.

Como a securitização imobiliária se apresenta como alternativa de recursos para a construção civil, tratadas no início do trabalho, acredita-se ter contribuído a essa tendência fornecendo uma metodologia de avaliação que proporcione, através de dados de fácil obtenção e veracidade comprovada, um auxílio no processo de análise de risco de perda por inadimplência presente nos CRI.

## **7.1 Desenvolvimentos Futuros**

1. O modelo apresentado no presente trabalho não contempla o risco da realização de pré-pagamento por parte dos promitentes compradores de seus respectivos financiamentos imobiliários, mesmo este risco sendo representativo e impactando no risco de reinvestimento e não configurando o *default*, entretanto, é possível versar sobre condições de incorporar esse componente de risco numa avaliação preditiva.
2. Quando da aplicação do modelo de Vasicek, para efeitos de reversão à média, foi adota a média aritmética dos parâmetros da regressão, todavia, por se tratarem de variáveis altamente correlacionadas à macroeconomia, quaisquer mudança de paradigma econômico no contexto em que se aplicam pode perder a eficácia, algumas linhas de estudo podem ser tomadas exemplificadamente o uso de séries temporais para previsão das variáveis conforme o horizonte de análise a ser verificado.

3. A perda dado a ocorrência de *default* adotada foi através da distribuição beta com os parâmetros avaliados, cabe observar que os dados de recuperação de crédito foram observados no mercado de *mortgages* que é a versão norte americana do financiamento imobiliário, dentro do contexto econômico e do arcabouço legal que garante a recuperação do imóvel naquele país, para se obter maior grau de eficácia, é importante destacar a necessidade de obtenção de dados que possam permitir uma avaliação coerente da dinâmica de recuperação de crédito desta natureza para a realidade brasileira.
4. Um grande passo a ser dado no desenvolvimento deste trabalho é de acrescentar ao modelo alguma medida de perspectiva temporal para a recuperação do crédito, ou seja, quanto tempo é efetivamente gasto entre a retomada do imóvel alienado e a liquidação deste para honrar o não pagamento e financeiramente qual o impacto deste recurso conforme o rendimento prometido ao investidor do CRI.
5. Um dos objetivos na estruturação deste trabalho era, em posse do modelo, realizar *back testing* para verificar a aderência do modelo tendo em vista o histórico de uma emissão, a fim de verificar com que grau de eficácia o modelo conseguiria prever a inadimplência, de forma que se poderia verificar a história de uma emissão quanto às suas perdas, entretanto, não foi possível obter o histórico de perda do título, nem mesmo seu preço unitário no decorrer do prazo em que vigora o que impediu a realização deste importante passo para avaliação do modelo.
6. Por fim, uma grande contribuição a ser considerada é através da adoção de modelos de intensidade, por exemplo Duffie e Gârleanu (2003), é possível obter-se o valor de prêmio, em percentual, a ser exigido pelo risco de crédito assumido na operação, com isto, é possível o desenvolvimento de uma estrutura a termo para a taxa de juros com risco de crédito e como consequência uma metodologia mais apropriada para avaliação do custo de oportunidade desses títulos.

## Anexo A – Fluxo Financeiro do CRI

PMT #	Data	Dias	Fator Pré	Saldo devedor atualizado	Amortização	Juros	PMT	Novo Saldo devedor
1	20/08/2012			24.926.167				24.926.167
2	20/09/2012	31	1,012644	25.241.342	151.068	315.175	466.243	24.775.100
3	20/10/2012	30	1,012234	25.078.198	151.068	303.098	454.166	24.624.032
4	20/11/2012	31	1,012644	24.935.387	151.068	311.355	462.422	24.472.964
5	20/12/2012	30	1,012234	24.772.366	151.068	299.402	450.469	24.321.897
6	20/01/2013	31	1,012644	24.629.431	151.068	307.534	458.602	24.170.829
7	20/02/2013	31	1,012644	24.476.453	151.068	305.624	456.692	24.019.761
8	20/03/2013	28	1,011414	24.293.916	151.068	274.155	425.223	23.868.694
9	20/04/2013	31	1,012644	24.170.497	151.068	301.804	452.871	23.717.626
10	20/05/2013	30	1,012234	24.007.787	151.068	290.161	441.228	23.566.558
11	20/06/2013	31	1,012644	23.864.542	151.068	297.983	449.051	23.415.491
12	20/07/2013	30	1,012234	23.701.955	151.068	286.464	437.532	23.264.423
13	20/08/2013	31	1,012644	23.558.586	151.068	294.163	445.231	23.113.355
14	20/09/2013	31	1,012644	23.405.608	151.068	292.253	443.321	22.962.288
15	20/10/2013	30	1,012234	23.243.207	151.068	280.920	431.988	22.811.220
16	20/11/2013	31	1,012644	23.099.653	151.068	288.433	439.500	22.660.152
17	20/12/2013	30	1,012234	22.937.376	151.068	277.224	428.291	22.509.084
18	20/01/2014	31	1,012644	22.793.697	151.068	284.612	435.680	22.358.017
19	20/02/2014	31	1,012644	22.640.719	151.068	282.702	433.770	22.206.949
20	20/03/2014	28	1,011414	22.460.413	151.068	253.464	404.532	22.055.881
21	20/04/2014	31	1,012644	22.334.763	151.068	278.882	429.950	21.904.814
22	20/05/2014	30	1,012234	22.172.797	151.068	267.983	419.051	21.753.746
23	20/06/2014	31	1,012644	22.028.808	151.068	275.062	426.129	21.602.678
24	20/07/2014	30	1,012234	21.866.965	151.068	264.287	415.354	21.451.611
25	20/08/2014	31	1,012644	21.722.852	151.068	271.241	422.309	21.300.543
26	20/09/2014	31	1,012644	21.569.874	151.068	269.331	420.399	21.149.475
27	20/10/2014	30	1,012234	21.408.217	151.068	258.742	409.810	20.998.408
28	20/11/2014	31	1,012644	21.263.919	151.068	265.511	416.579	20.847.340
29	20/12/2014	30	1,012234	21.102.386	151.068	255.046	406.113	20.696.272
30	20/01/2015	31	1,012644	20.957.963	151.068	261.691	412.758	20.545.205
31	20/02/2015	31	1,012644	20.804.985	151.068	259.780	410.848	20.394.137
32	20/03/2015	28	1,011414	20.626.910	151.068	232.773	383.841	20.243.069
33	20/04/2015	31	1,012644	20.499.029	151.068	255.960	407.028	20.092.002
34	20/05/2015	30	1,012234	20.337.807	151.068	245.805	396.873	19.940.934
35	20/06/2015	31	1,012644	20.193.074	151.068	252.140	403.208	19.789.866
36	20/07/2015	30	1,012234	20.031.975	151.068	242.109	393.176	19.638.799
37	20/08/2015	31	1,012644	19.887.118	151.068	248.320	399.387	19.487.731
38	20/09/2015	31	1,012644	19.734.140	151.068	246.409	397.477	19.336.663
39	20/10/2015	30	1,012234	19.573.227	151.068	236.564	387.632	19.185.595
40	20/11/2015	31	1,012644	19.428.185	151.068	242.589	393.657	19.034.528
41	20/12/2015	30	1,012234	19.267.396	151.068	232.868	383.936	18.883.460



42	20/01/2016	31	1,012644	19.122.229	151.068	238.769	389.837	18.732.392
----	------------	----	----------	------------	---------	---------	---------	------------

43	20/02/2016	31	1,012644	18.969.251	151.068	236.859	387.926	18.581.325
44	20/03/2016	29	1,011824	18.801.026	151.068	219.701	370.769	18.430.257
45	20/04/2016	31	1,012644	18.663.295	151.068	233.038	384.106	18.279.189
46	20/05/2016	30	1,012234	18.502.816	151.068	223.627	374.695	18.128.122
47	20/06/2016	31	1,012644	18.357.340	151.068	229.218	380.286	17.977.054
48	20/07/2016	30	1,012234	18.196.985	151.068	219.931	370.998	17.825.986
49	20/08/2016	31	1,012644	18.051.384	151.068	225.398	376.465	17.674.919
50	20/09/2016	31	1,012644	17.898.406	151.068	223.488	374.555	17.523.851
51	20/10/2016	30	1,012234	17.738.237	151.068	214.386	365.454	17.372.783
52	20/11/2016	31	1,012644	17.592.451	151.068	219.667	370.735	17.221.716
53	20/12/2016	30	1,012234	17.432.406	151.068	210.690	361.758	17.070.648
54	20/01/2017	31	1,012644	17.286.495	151.068	215.847	366.915	16.919.580
55	20/02/2017	31	1,012644	17.133.517	151.068	213.937	365.005	16.768.513
56	20/03/2017	28	1,011414	16.959.904	151.068	191.391	342.459	16.617.445
57	20/04/2017	31	1,012644	16.827.561	151.068	210.117	361.184	16.466.377
58	20/05/2017	30	1,012234	16.667.826	151.068	201.449	352.517	16.315.310
59	20/06/2017	31	1,012644	16.521.606	151.068	206.296	357.364	16.164.242
60	20/07/2017	30	1,012234	16.361.995	151.068	197.753	348.821	16.013.174
61	20/08/2017	31	1,012644	16.215.650	151.068	202.476	353.544	15.862.107
62	20/09/2017	31	1,012644	16.062.672	151.068	200.566	351.633	15.711.039
63	20/10/2017	30	1,012234	15.903.247	151.068	192.208	343.276	15.559.971
64	20/11/2017	31	1,012644	15.756.717	151.068	196.746	347.813	15.408.903
65	20/12/2017	30	1,012234	15.597.416	151.068	188.512	339.580	15.257.836
66	20/01/2018	31	1,012644	15.450.761	151.068	192.925	343.993	15.106.768
67	20/02/2018	31	1,012644	15.297.783	151.068	191.015	342.083	14.955.700
68	20/03/2018	28	1,011414	15.126.401	151.068	170.700	321.768	14.804.633
69	20/04/2018	31	1,012644	14.991.828	151.068	187.195	338.262	14.653.565
70	20/05/2018	30	1,012234	14.832.836	151.068	179.271	330.339	14.502.497
71	20/06/2018	31	1,012644	14.685.872	151.068	183.374	334.442	14.351.430
72	20/07/2018	30	1,012234	14.527.005	151.068	175.575	326.643	14.200.362
73	20/08/2018	31	1,012644	14.379.916	151.068	179.554	330.622	14.049.294
74	20/09/2018	31	1,012644	14.226.938	151.068	177.644	328.712	13.898.227
75	20/10/2018	30	1,012234	14.068.257	151.068	170.030	321.098	13.747.159
76	20/11/2018	31	1,012644	13.920.983	151.068	173.824	324.891	13.596.091
77	20/12/2018	30	1,012234	13.762.425	151.068	166.334	317.402	13.445.024
78	20/01/2019	31	1,012644	13.615.027	151.068	170.003	321.071	13.293.956
79	20/02/2019	31	1,012644	13.462.049	151.068	168.093	319.161	13.142.888
80	20/03/2019	28	1,011414	13.292.898	151.068	150.009	301.077	12.991.821
81	20/04/2019	31	1,012644	13.156.094	151.068	164.273	315.341	12.840.753
82	20/05/2019	30	1,012234	12.997.846	151.068	157.093	308.161	12.689.685
83	20/06/2019	31	1,012644	12.850.138	151.068	160.453	311.520	12.538.618
84	20/07/2019	30	1,012234	12.692.015	151.068	153.397	304.465	12.387.550
85	20/08/2019	31	1,012644	12.544.182	151.068	156.632	307.700	12.236.482
86	20/09/2019	31	1,012644	12.391.204	151.068	154.722	305.790	12.085.414
87	20/10/2019	30	1,012234	12.233.267	151.068	147.853	298.920	11.934.347

88	20/11/2019	31	1,012644	12.085.249	151.068	150.902	301.970	11.783.279
89	20/12/2019	30	1,012234	11.927.435	151.068	144.156	295.224	11.632.211
90	20/01/2020	31	1,012644	11.779.293	151.068	147.082	298.149	11.481.144
91	20/02/2020	31	1,012644	11.626.315	151.068	145.171	296.239	11.330.076
92	20/03/2020	29	1,011824	11.464.040	151.068	133.964	285.032	11.179.008
93	20/04/2020	31	1,012644	11.320.360	151.068	141.351	292.419	11.027.941
94	20/05/2020	30	1,012234	11.162.856	151.068	134.915	285.983	10.876.873
95	20/06/2020	31	1,012644	11.014.404	151.068	137.531	288.599	10.725.805
96	20/07/2020	30	1,012234	10.857.025	151.068	131.219	282.287	10.574.738
97	20/08/2020	31	1,012644	10.708.448	151.068	133.711	284.778	10.423.670
98	20/09/2020	31	1,012644	10.555.470	151.068	131.800	282.868	10.272.602
99	20/10/2020	30	1,012234	10.398.277	151.068	125.675	276.742	10.121.535
100	20/11/2020	31	1,012644	10.249.515	151.068	127.980	279.048	9.970.467
101	20/12/2020	30	1,012234	10.092.445	151.068	121.978	273.046	9.819.399
102	20/01/2021	31	1,012644	9.943.559	151.068	124.160	275.227	9.668.332
103	20/02/2021	31	1,012644	9.790.581	151.068	122.250	273.317	9.517.264
104	20/03/2021	28	1,011414	9.625.891	151.068	108.628	259.695	9.366.196
105	20/04/2021	31	1,012644	9.484.626	151.068	118.429	269.497	9.215.129
106	20/05/2021	30	1,012234	9.327.866	151.068	112.738	263.805	9.064.061
107	20/06/2021	31	1,012644	9.178.670	151.068	114.609	265.677	8.912.993
108	20/07/2021	30	1,012234	9.022.034	151.068	109.041	260.109	8.761.926
109	20/08/2021	31	1,012644	8.872.714	151.068	110.789	261.856	8.610.858
110	20/09/2021	31	1,012644	8.719.736	151.068	108.879	259.946	8.459.790
111	20/10/2021	30	1,012234	8.563.287	151.068	103.497	254.564	8.308.722
112	20/11/2021	31	1,012644	8.413.781	151.068	105.058	256.126	8.157.655
113	20/12/2021	30	1,012234	8.257.455	151.068	99.801	250.868	8.006.587
114	20/01/2022	31	1,012644	8.107.825	151.068	101.238	252.306	7.855.519
115	20/02/2022	31	1,012644	7.954.847	151.068	99.328	250.396	7.704.452
116	20/03/2022	28	1,011414	7.792.388	151.068	87.937	239.004	7.553.384
117	20/04/2022	31	1,012644	7.648.892	151.068	95.508	246.575	7.402.316
118	20/05/2022	30	1,012234	7.492.876	151.068	90.560	241.627	7.251.249
119	20/06/2022	31	1,012644	7.342.936	151.068	91.687	242.755	7.100.181
120	20/07/2022	30	1,012234	7.187.044	151.068	86.863	237.931	6.949.113
121	20/08/2022	31	1,012644	7.036.980	151.068	87.867	238.935	6.798.046
122	20/09/2022	31	1,012644	6.884.002	151.068	85.957	237.024	6.646.978
123	20/10/2022	30	1,012234	6.728.297	151.068	81.319	232.387	6.495.910
124	20/11/2022	31	1,012644	6.578.047	151.068	82.136	233.204	6.344.843
125	20/12/2022	30	1,012234	6.422.465	151.068	77.623	228.690	6.193.775
126	20/01/2023	31	1,012644	6.272.091	151.068	78.316	229.384	6.042.707
127	20/02/2023	31	1,012644	6.119.113	151.068	76.406	227.474	5.891.640
128	20/03/2023	28	1,011414	5.958.885	151.068	67.246	218.313	5.740.572
129	20/04/2023	31	1,012644	5.813.158	151.068	72.586	223.653	5.589.504
130	20/05/2023	30	1,012234	5.657.886	151.068	68.382	219.450	5.438.437
131	20/06/2023	31	1,012644	5.507.202	151.068	68.765	219.833	5.287.369
132	20/07/2023	30	1,012234	5.352.054	151.068	64.686	215.753	5.136.301
133	20/08/2023	31	1,012644	5.201.246	151.068	64.945	216.013	4.985.233
134	20/09/2023	31	1,012644	5.048.268	151.068	63.035	214.103	4.834.166

135	20/10/2023	30	1,012234	4.893.307	151.068	59.141	210.209	4.683.098
136	20/11/2023	31	1,012644	4.742.313	151.068	59.215	210.282	4.532.030
137	20/12/2023	30	1,012234	4.587.475	151.068	55.445	206.512	4.380.963
138	20/01/2024	31	1,012644	4.436.357	151.068	55.394	206.462	4.229.895
139	20/02/2024	31	1,012644	4.283.379	151.068	53.484	204.552	4.078.827
140	20/03/2024	29	1,011824	4.127.055	151.068	48.227	199.295	3.927.760
141	20/04/2024	31	1,012644	3.977.424	151.068	49.664	200.732	3.776.692
142	20/05/2024	30	1,012234	3.822.896	151.068	46.204	197.272	3.625.624
143	20/06/2024	31	1,012644	3.671.468	151.068	45.844	196.911	3.474.557
144	20/07/2024	30	1,012234	3.517.064	151.068	42.508	193.575	3.323.489
145	20/08/2024	31	1,012644	3.365.512	151.068	42.023	193.091	3.172.421
146	20/09/2024	31	1,012644	3.212.534	151.068	40.113	191.181	3.021.354
147	20/10/2024	30	1,012234	3.058.317	151.068	36.963	188.031	2.870.286
148	20/11/2024	31	1,012644	2.906.579	151.068	36.293	187.361	2.719.218
149	20/12/2024	30	1,012234	2.752.485	151.068	33.267	184.335	2.568.151
150	20/01/2025	31	1,012644	2.600.623	151.068	32.473	183.540	2.417.083
151	20/02/2025	31	1,012644	2.447.645	151.068	30.562	181.630	2.266.015
152	20/03/2025	28	1,011414	2.291.879	151.068	25.864	176.931	2.114.948
153	20/04/2025	31	1,012644	2.141.690	151.068	26.742	177.810	1.963.880
154	20/05/2025	30	1,012234	1.987.906	151.068	24.026	175.094	1.812.812
155	20/06/2025	31	1,012644	1.835.734	151.068	22.922	173.989	1.661.744
156	20/07/2025	30	1,012234	1.682.074	151.068	20.330	171.397	1.510.677
157	20/08/2025	31	1,012644	1.529.778	151.068	19.102	170.169	1.359.609
158	20/09/2025	31	1,012644	1.376.800	151.068	17.191	168.259	1.208.541
159	20/10/2025	30	1,012234	1.223.327	151.068	14.785	165.853	1.057.474
160	20/11/2025	31	1,012644	1.070.845	151.068	13.371	164.439	906.406
161	20/12/2025	30	1,012234	917.495	151.068	11.089	162.157	755.338
162	20/01/2026	31	1,012644	764.889	151.068	9.551	160.618	604.271
163	20/02/2026	31	1,012644	611.911	151.068	7.641	158.708	453.203
164	20/03/2026	28	1,011414	458.376	151.068	5.173	156.240	302.135
165	20/04/2026	31	1,012644	305.956	151.068	3.820	154.888	151.068
166	20/05/2026	30	1,012234	152.916	151.068	1.848	152.916	0

Tabela 12 – Fluxo de pagamentos do CRI.

# Anexo B – Fluxo Descontado para Valor Presente na ocorrência do *Default*

DCs	VP (PMT)	1.352		1352
-329	0	0	0	0
-299	0	0	0	0
-268	0	0	0	0
-238	0	0	0	0
-207	0	0	0	0
-176	0	0	0	0
-148	0	0	0	0
-117	0	0	0	0
-87	0	0	0	0
-56	0	0	0	0
-26	0	0	0	0
5	444.329	2.221.647	0,01889888	0,09449
36	436.899	15.728.360	0,01858283	0,66898
66	420.585	27.758.579	0,01788892	1,18067
97	422.556	40.987.940	0,01797278	1,74336
127	406.802	51.663.893	0,01730272	2,19745
158	408.653	64.567.214	0,01738145	2,74627
189	401.781	75.936.672	0,01708916	3,22985
217	370.471	80.392.210	0,01575742	3,41936
248	388.832	96.430.360	0,01653838	4,10152
278	374.395	104.081.791	0,01592432	4,42696
309	375.966	116.173.371	0,01599113	4,94126
339	362.030	122.728.109	0,01539839	5,22005
370	363.496	134.493.386	0,01546073	5,72047
401	357.333	143.290.639	0,01519863	6,09465
431	344.123	148.316.848	0,01463673	6,30843
462	345.439	159.592.678	0,01469271	6,78803
492	332.691	163.683.741	0,01415049	6,96204
523	333.912	174.635.965	0,01420244	7,42788
554	328.217	181.832.012	0,0139602	7,73395
582	303.181	176.451.233	0,01289534	7,50509
613	317.481	194.615.783	0,01350357	8,27769
643	305.818	196.641.263	0,01300752	8,36384
674	306.820	206.796.966	0,01305014	8,79579
704	295.571	208.082.087	0,01257167	8,85046
735	296.491	217.921.109	0,01261081	9,26894
766	291.389	223.203.863	0,01239378	9,49364
796	280.737	223.466.495	0,01194071	9,50481
827	281.540	232.833.918	0,01197489	9,90324
857	271.269	232.477.636	0,01153802	9,88808

888	271.999	241.535.292	0,01156907	10,2733
919	267.287	245.636.547	0,01136864	10,4478
948	252.480	239.350.890	0,01073885	10,1804
979	258.296	252.871.692	0,01098622	10,7555
1009	248.922	251.162.167	0,01058751	10,6828
1040	249.482	259.460.900	0,01061132	11,0358
1070	240.447	257.278.477	0,01022706	10,9429
1101	240.944	265.279.155	0,01024818	11,2832
1132	236.728	267.976.133	0,01006887	11,398
1162	228.184	265.149.993	0,00970547	11,2778
1193	228.591	272.709.287	0,00972278	11,5993
1223	220.360	269.500.235	0,00937268	11,4628
1254	220.711	276.771.072	0,00938759	11,772
1285	216.820	278.613.731	0,00922211	11,8504
1313	201.132	264.086.160	0,00855484	11,2325
1344	209.481	281.542.132	0,00890995	11,975
1374	201.983	277.524.307	0,00859103	11,8041
1405	202.203	284.095.621	0,00860041	12,0836
1435	194.984	279.801.806	0,00829334	11,9009
1466	195.156	286.099.197	0,00830068	12,1688
1497	191.678	286.942.404	0,00815275	12,2047
1527	184.861	282.282.751	0,00786278	12,0065
1558	184.966	288.176.363	0,00786723	12,2571
1588	178.404	283.306.290	0,00758816	12,05
1619	178.466	288.937.108	0,0075908	12,2895
1650	175.259	289.177.950	0,00745439	12,2997
1678	162.991	273.499.258	0,00693258	11,6329
1709	169.207	289.174.585	0,00719696	12,2996
1739	163.246	283.885.198	0,00694343	12,0746
1770	163.210	288.882.141	0,0069419	12,2872
1800	157.477	283.459.432	0,00669806	12,0565
1831	157.406	288.209.618	0,00669501	12,2586
1862	154.542	287.757.382	0,00657321	12,2393
1892	149.138	282.169.264	0,00634336	12,0016
1923	149.016	286.557.175	0,00633816	12,1883
1953	143.821	280.882.448	0,00611721	11,9469
1984	143.667	285.035.415	0,00611066	12,1235
2015	141.029	284.173.646	0,00599846	12,0869
2043	131.537	268.730.101	0,00559473	11,43
2074	136.048	282.164.208	0,00578661	12,0014
2104	131.344	276.347.687	0,00558652	11,754
2135	131.118	279.936.589	0,0055769	11,9067
2165	126.599	274.087.611	0,00538471	11,6579
2196	126.347	277.458.108	0,00537398	11,8013
2227	123.995	276.136.574	0,00527393	11,745
2257	119.744	270.263.028	0,00509314	11,4952
2288	119.455	273.314.060	0,00508086	11,625
2318	115.375	267.440.326	0,00490732	11,3752

2349	115.064	270.284.844	0,00489406	11,4962
2380	112.899	268.699.806	0,00480199	11,4287
2409	107.359	258.626.698	0,00456633	11,0003
2440	108.766	265.388.022	0,00462618	11,2879
2470	105.086	259.562.946	0,00446968	11,0401
2501	104.723	261.912.432	0,00445424	11,14
2531	101.195	256.123.967	0,00430417	10,8938
2562	100.813	258.283.327	0,00428793	10,9857
2593	98.887	256.412.965	0,00420599	10,9061
2623	95.576	250.695.537	0,00406517	10,663
2654	95.169	252.577.793	0,00404786	10,743
2684	91.996	246.918.271	0,00391293	10,5023
2715	91.573	248.621.941	0,00389494	10,5748
2746	89.802	246.597.454	0,00381961	10,4886
2774	84.364	234.025.112	0,00358829	9,9539
2805	86.455	242.505.698	0,00367722	10,3146
2835	83.606	237.023.152	0,00355606	10,0814
2866	83.148	238.301.598	0,00353657	10,1358
2896	80.421	232.900.411	0,0034206	9,90607
2927	79.951	234.015.901	0,00340058	9,95351
2958	78.377	231.837.796	0,00333363	9,86087
2988	75.826	226.568.752	0,00322515	9,63676
3019	75.339	227.447.601	0,00320442	9,67414
3049	72.900	222.273.018	0,0031007	9,45405
3080	72.403	222.999.819	0,00307953	9,48496
3111	70.957	220.747.813	0,00301806	9,38917
3139	66.965	210.202.542	0,00284825	8,94065
3170	68.223	216.268.241	0,00290178	9,19864
3200	66.046	211.348.573	0,00280918	8,98939
3231	65.526	211.714.795	0,00278705	9,00497
3261	63.448	206.903.243	0,00269866	8,80032
3292	62.920	207.132.033	0,0026762	8,81005
3323	61.637	204.821.219	0,00262165	8,71176
3353	59.701	200.177.467	0,00253929	8,51424
3384	59.163	200.207.452	0,00251641	8,51552
3414	57.317	195.678.874	0,00243787	8,3229
3445	56.773	195.581.524	0,00241474	8,31876
3476	55.597	193.254.575	0,00236473	8,21979
3504	52.756	184.856.299	0,00224389	7,86258
3535	53.371	188.667.875	0,00227007	8,0247
3565	51.735	184.436.243	0,00220048	7,84472
3596	51.179	184.038.191	0,0021768	7,82778
3626	49.622	179.928.229	0,00211058	7,65297
3657	49.061	179.416.255	0,00208674	7,6312
3688	48.020	177.097.877	0,00204246	7,53259
3718	46.577	173.172.771	0,00198108	7,36564
3749	46.011	172.496.709	0,00195702	7,33689
3779	44.640	168.695.960	0,00189871	7,17523

3810	44.072	167.915.163	0,00187454	7,14202
3841	43.119	165.621.072	0,00183401	7,04444
3870	41.520	160.682.958	0,001766	6,83441
3901	41.297	161.100.780	0,00175652	6,85218
3931	40.095	157.613.240	0,00170538	6,70384
3962	39.522	156.586.101	0,00168101	6,66015
3992	38.383	153.224.312	0,00163256	6,51716
4023	37.809	152.104.588	0,00160814	6,46954
4054	36.967	149.865.423	0,00157235	6,3743
4084	35.919	146.692.265	0,00152775	6,23933
4115	35.344	145.439.862	0,0015033	6,18606
4145	34.353	142.392.058	0,00146114	6,05643
4176	33.778	141.055.304	0,00143668	5,99957
4207	33.009	138.867.625	0,00140398	5,90652
4235	31.792	134.638.767	0,00135222	5,72666
4266	31.551	134.595.775	0,00134197	5,72483
4296	30.693	131.858.723	0,0013055	5,60841
4327	30.119	130.324.771	0,00128106	5,54317
4357	29.312	127.710.904	0,00124673	5,43199
4388	28.738	126.103.390	0,00122234	5,36362
4419	28.061	124.000.855	0,00119353	5,27419
4449	27.325	121.570.151	0,00116224	5,1708
4480	26.754	119.857.876	0,00113794	5,09797
4510	26.064	117.547.871	0,00110859	4,99972
4541	25.494	115.769.319	0,00108436	4,92407
4572	24.876	113.735.350	0,00105808	4,83756
4600	24.213	111.381.237	0,00102988	4,73743
4631	23.704	109.773.211	0,00100821	4,66904
4661	23.119	107.759.243	0,00098335	4,58338

Tabela 13 – Fluxo de caixa descontado para obtenção da exposição financeira no momento da inadimplência.

## Anexo C – Algoritmo construído em Excel VBA

```
Sub MC_Indicadores()
```

```
'xxxxx Declaração de Variáveis
```

```
Dim Spot1 As Double, Spot2 As Double, Spot3 As Double
```

```
Dim S1() As Double, S2() As Double, S3() As Double
```

```
Dim Sim As Long
```

```
Dim T1 As Long
```

```
Dim vol1 As Double, vol2 As Double, vol3 As Double
```

```
Dim med1 As Double, med2 As Double, med3 As Double
```

```
Dim rever1 As Double, rever2 As Double, rever3 As Double
```

```
Dim i As Long
```

```
Dim PDEstimada() As Double, CalcEL() As Double
```

```
Dim Media As Double, DesvioPad As Double
```

```
Sheets("MonteCarlo").Select
```

```
Application.ScreenUpdating = False
```

```
'xxxxx Entrada de dados
```

```
Spot1 = Range("C3").Value
```

```
Spot2 = Range("D3").Value
```

```
Spot3 = Range("E3").Value
```

```
med1 = Range("C4").Value
```

```
med2 = Range("D4").Value
```

```
med3 = Range("E4").Value
```

```
vol1 = Range("C5").Value
```

```
vol2 = Range("D5").Value
```

```
vol3 = Range("E5").Value
```

```
rever1 = Range("C6").Value
```

```
rever2 = Range("D6").Value
```

```
rever3 = Range("E6").Value
```



T1 = Range("C7").Value

Sim = Range("C8").Value

dt = 1 / 12

Media = Range("L3").Value

DesvioPad = Range("L4").Value

'xxxxx Redimensionando os S's

ReDim S1(Sim, T1) As Double

ReDim S2(Sim, T1) As Double

ReDim S3(Sim, T1) As Double

ReDim PDEstimada(Sim, T1) As Double

ReDim CalcEL(Sim, T1) As Double

'xxxxx Criação do looping para calculo dos S's

'xxxxx Declarando as variáveis

Dim Epson1() As Double

Dim Epsolon1() As Double

Dim Chow1() As Double

Dim k As Long, l As Long

'xxxxx Capturando a Matriz Cholesky

Sheets("Cholesky").Select

ReDim Chow1(1 To 3, 1 To 3) As Double

Range("G8").Select

For k = 1 To 3

For l = 1 To 3

```

Cells(8 + k, 6 + l).Select
Chow1(k, l) = ActiveCell.Value
Next l

```

```

Next k

```

'xxxxx Gerando as Matrizes de Semente Pseudo Aleatoria

```

Sheets("MonteCarlo").Select

```

```

Sim = Range("C8").Value
T1 = Range("C7").Value

```

'xxxxx Redimensionando as Matrizes

```

ReDim Epson1(1 To Sim, 1 To T1) As Double
ReDim Epsolon1(1 To Sim, 1 To T1) As Double

```

```

For i = 1 To Sim

```

```

    For j = 1 To T1

```

```

        Epson1(i, j) = Application.WorksheetFunction.NormSInv(Rnd())

```

```

    Next j

```

```

Next i

```

```

For i = 1 To Sim

```

```

    For j = 1 To T1

```

```

        For k = 1 To 3

```

```

            For l = 1 To 3

```

```

                Epsolon1(i, j) = Epson1(i, j) * Chow1(k, l)

```

```

            Next l

```

Next k

Next j

Next i

For i = 1 To Sim

S1(i, 0) = Spot1

S2(i, 0) = Spot2

S3(i, 0) = Spot3

For j = 1 To T1

S1(i, j) = S1(i, j - 1) \* Exp(-Spot1 \* dt) + med1 \* (1 - Exp(-dt \* Spot1)) + vol1 \* (((1 - Exp(-2 \* Spot1 \* dt)) / (2 \* Spot1)) ^ 0.5) \* Epsolon1(i, j)

S2(i, j) = S2(i, j - 1) \* Exp(-Spot2 \* dt) + med2 \* (1 - Exp(-dt \* Spot2)) + vol2 \* (((1 - Exp(-2 \* Spot2 \* dt)) / (2 \* Spot2)) ^ 0.5) \* Epsolon1(i, j)

S3(i, j) = S3(i, j - 1) \* Exp(-Spot3 \* dt) + med3 \* (1 - Exp(-dt \* Spot3)) + vol3 \* (((1 - Exp(-2 \* Spot3 \* dt)) / (2 \* Spot3)) ^ 0.5) \* Epsolon1(i, j)

PDEstimada(i, j) = 7.2369 + 0.18676 \* S1(i, j) - 0.21988 \* S2(i, j) - 0.3358 \* S3(i, j)

CalcEL(i, j) = PDEstimada(i, j) \* Application.BetaDist(Rnd(), Media, DesvioPad)

Next j

Next i

'xxxxx Construção das Bases de Dados

Sheets("BD\_Comprometimento").Select

Cells.Select

Selection.ClearContents

Range("A1").Select

i = 0

j = 0

For i = 1 To Sim

Cells(i + 1, 1) = i

```

For j = 1 To T1
    If i = 1 Then
        Cells(1, j + 1) = j
    End If
    Cells(i + 1, j + 1) = S1(i, j - 1)
Next j

```

```

Next i

```

```

Sheets("BD_Endividamento").Select
Cells.Select
Selection.ClearContents

```

```

Range("A1").Select

```

```

i = 0

```

```

j = 0

```

```

For i = 1 To Sim
    Cells(i + 1, 1) = i

```

```

For j = 1 To T1
    If i = 1 Then
        Cells(1, j + 1) = j
    End If
    Cells(i + 1, j + 1) = S2(i, j - 1)
Next j

```

```

Next i

```

```

Sheets("BD_IGPM").Select
Cells.Select
Selection.ClearContents

```

```

Range("A1").Select

```

```

i = 0

```

```

j = 0

```

```
For i = 1 To Sim
```

```
Cells(i + 1, 1) = i
```

```
For j = 1 To T1
```

```
    If i = 1 Then
```

```
        Cells(1, j + 1) = j
```

```
    End If
```

```
    Cells(i + 1, j + 1) = S3(i, j - 1)
```

```
Next j
```

```
Next i
```

```
Sheets("Probab Default").Select
```

```
Cells.Select
```

```
Selection.ClearContents
```

```
Range("A1").Select
```

```
i = 0
```

```
j = 0
```

```
For i = 1 To Sim
```

```
Cells(i + 1, 1) = i
```

```
For j = 1 To T1
```

```
    If i = 1 Then
```

```
        Cells(1, j + 1) = j
```

```
    End If
```

```
    Cells(i + 1, j + 1) = PDEstimada(i, j - 1)
```

```
Next j
```

```
Next i
```

```
Sheets("Calculo_EL").Select
```

```
Cells.Select
```

```
Selection.ClearContents
```

```
Range("A1").Select
```

```
i = 0
```

j = 0

For i = 1 To Sim

Cells(i + 1, 1) = i

For j = 1 To T1

If i = 1 Then

Cells(1, j + 1) = j

End If

Cells(i + 1, j + 1) = CalcEL(i, j - 1)

Next j

Next i

Sheets("MonteCarlo").Select

End Sub

# Referências Bibliográficas

- ALENCAR, C. T. **A tomada de decisões estratégicas no segmento de empreendimentos residenciais: uma sistemática de análise**. 1993. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BANCO CENTRAL. Brasil. Apresenta dados relativos a financiamentos imobiliários via SBPE. Disponível em: <<http://www.bacen.gov.br>>. Acesso em: 30/07/2012.
- BLATT, A. **Avaliação de risco e decisão de crédito**, São Paulo: Nobel, 1º Ed., 1999.
- BONFIM, A. N. **Derivativos de Crédito e Outros Instrumentos**, Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BRAZILIAN SECURITIES – Empresa com trabalhos dedicados ao mercado de capitais, em especial ao mercado primário e secundário de emissões de CRI. Brasil. Informações sobre o volume de emissões de CRIs. Disponível em: <<http://www.bfre.com.br/braziliansecurities/pt>>. Acesso em: 30/07/2012.
- BRITO, G. A. S., NETO, A. A. **Modelo de risco para carteiras de créditos corporativos**. Revista de Administração, vol 43, nº 3. 2008.
- CAOQUETTE J. B.; ALTAMAN E. I.; NARAYANAN P.; **Gestão do Risco de Crédito – o próximo grande desafio financeiro**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000.
- CETIP SA – MERCADOS ORGANIZADOS. Brasil. Apresenta dados e sobre o mercado de títulos privados no Brasil. Disponível em: <<http://www.cetip.com.br>>. Acesso em 30/07/2012.
- CHALHUB, MELHIM NAMEM; **Da Incorporação Imobiliária**. Rio de Janeiro: Renovar, 2003.
- COMISSÃO DE VALORES IMOBILIÁRIOS. Brasil. Apresenta dados e regulamentações sobre o mercado de capitais no Brasil. Disponível em: <<http://www.cvm.gov.br>>. Acesso em 30/07/2012.
- COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2º Ed., 2002.
- CROUHY, M., GALAI, D., MARK, R. **Fundamentos da Gestão de Risco**. Rio de Janeiro: Qualitymark; São Paulo: Serasa, 2007.

- FABOZZI F. J. **The Handbook of Mortgage Backed Securities**. 5th ed., United States, 2001.
- FORTUNA, E. **Mercado Financeiro: Produtos e Serviços**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 16ª Ed., 2005.
- HUANG, X., OOSTERLEE, C. W. **Generalized Beta Regression Models for Random Loss-Given-Default**. Reports of the Department of Applied Mathematical Analysis. Delft. 2008.
- KLUMB, P. **O desenvolvimento do mercado brasileiro de securitização imobiliária**. Apresentação FEHAB, 2004, São Paulo.
- LANDO, D. **Credit Risk Modeling**. New Jersey: Princeton University Press, 2004.
- LOFFLER, G., POSCH, P.N. **Credit Risk Modeling Using Excel and VBA**. West Sussex: John Wiley & Sons, 2007.
- MAFRA, F.D.B. **Classificação de Riscos dos Certificados de Recebíveis Imobiliários: Estruturação de um Processo de *Rating* da Perda Potencial da Carteira Securitizada**. 2006. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MEYER, P. L. **Probabilidade: aplicações à estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 2ª Ed., 1983.
- MOODY'S Investors Service. **Diretrizes sobre *ratings* em moeda local**: catálogo. São Paulo. 1998. 7 p. Disponível em: <<http://www.moodys.com.br/>>. Acesso em: 30/08/2012.
- MOODY'S KMV COMPANY. **LOSSCALC - Model for predicting loss given default**: catalogue. New York, 2002.
- MOODY'S KMV COMPANY. **MODELING DEFAULT RISK**: catalogue. New York, 2003.
- MOODY'S Investors Service. **Introdução aos *ratings* da Moody's**: catálogo. 1999b. 19 p. Disponível em <<http://www.moodys.com.br/>>. Acesso em: 30/08/2012.
- OLIVEIRA TRUST – Empresa com trabalhos dedicados ao mercado de capitais, em especial ao mercado primário e secundário de emissões de debêntures. Brasil. Informações sobre o volume de emissões de CRIs. Disponível em: <<http://www.oliveiratrust.com.br/>>. Acesso em: 30/07/2012.



SARTORIS A. **Estatística e introdução à econometria**. São Paulo: Saraiva, 1ª Ed., 2003.

UQBAR – Empresa com trabalhos dedicados à securitização de recebíveis, em especial ao mercado primário e secundário de emissões de debêntures. Brasil. |<<http://www.uqbar.com.br>>. Acesso em: 30/07/2012.