



Contextus – Revista Contemporânea de Economia e
Gestão
ISSN: 1678-2089
ISSN: 2178-9258
revistacontextus@ufc.br
Universidade Federal do Ceará
Brasil

Pulhese Perim, Pablo; Soares Monte-Mor, Danilo;
Aurélio dos Santos Sanfins, Marco; Tardin, Neyla
UM NOVO MODELO DE PREVISÃO DE INSOLVÊNCIA PARA O SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL
Contextus – Revista Contemporânea de Economia
e Gestão, vol. 14, núm. 2, 2016, Maio-, pp. 143-169
Universidade Federal do Ceará
Brasil

DOI: <https://doi.org/10.19094/contextus.v14i2.830>

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=570761055007>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais informações do artigo
- Site da revista em redalyc.org

redalyc.org
UAEM

Sistema de Informação Científica Redalyc
Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe, Espanha e Portugal
Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no âmbito da iniciativa
acesso aberto

UM NOVO MODELO DE PREVISÃO DE INSOLVÊNCIA PARA O SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A NEW SOLVENCY PREDICTION MODEL FOR COMPANIES IN THE REAL ESTATE SECTOR

UNO NUEVO MODELO DE PREDICCIÓN DE INSOLVENCIA PARA LA CONSTRUCCIÓN

Pablo Pulhese Perim

Mestre em Ciências Contábeis pela Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças (FUCAPE), Brasil;
fdmotke@gmail.com

Contextus

ISSN 2178-9258

Organização: Comitê Científico Interinstitucional

Editor Científico: Carlos Adriano Santos Gomes

Avaliação : Double Blind Review pelo SEER/OJS

Revisão: Gramatical, normativa e de formatação

Recebido em 07/03/2016

ACEITO EM 09/06/2016

2^a versão aceita em 22/08/2016

Danilo Soares Monte-Mor

Doutor em Ciências Contábeis e Administração pela FUCAPE;
Professor Assistente da FUCAPE
danilo@fucape.br

Marco Aurélio dos Santos Sanfins

Doutor em Estatística pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil;
Professor Adjunto da UFRJ
marcosanfins@est.uff.br

Neyla Tardin

Doutoranda em Ciências Contábeis e Administração pela FUCAPE
neyla.macc@fucape.br

RESUMO

Este artigo propõe um modelo de cálculo do risco de insolvência para empresas do segmento da construção civil por meio de uma abordagem que considere, além da qualidade dos ativos, o grau de severidade dos descasamentos entre ativos e passivos, bem como os riscos inerentes a esse setor. A partir de simulações de Monte Carlo e de exemplos hipotéticos, verificou-se que a nova medida foi capaz de capturar os efeitos dos descasamentos entre ativos e passivos bem como os efeitos da variação das medidas de risco de crédito, o risco de liquidez e o risco de engenharia. Além disso, os resultados sugerem que a ausência de uma distribuição harmoniosa entre ativos e passivos pode acarretar um aumento do risco de insolvência, ainda que o total de ativos a valor presente seja superior ao total de passivos.

Palavras-chave: Setor da construção civil. Risco de insolvência. Simulação de Monte Carlo.

ABSTRACT

This study aims to propose a model that estimates insolvency risk for real estate companies through an approach that considers, in addition to the assets' quality, the mismatches between assets and liabilities on time, as well as different risks within the sector. Through Monte Carlo

simulations and hypothetical examples, we show that the proposed model was able to capture mismatches between assets and liabilities and the effects of changes in the risks of credit, liquidity and engineering. In addition, our results suggest that the absence of a harmonious distribution of assets and liabilities leads to increasing insolvency risks even when the present value of total assets is greater than the present value of total liabilities.

Keywords: Real Estate Sector; Insolvency Risk; Monte Carlo Simulation.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo proponer un modelo de cálculo del riesgo de insolvencia para las empresas del sector de la construcción a través de un enfoque que tenga en cuenta, además de la calidad de los activos, el grado de severidad de la falta de correspondencia entre los activos y pasivos, así como los riesgos inherentes a este sector. A partir de simulaciones de Monte Carlo y ejemplos hipotéticos, se encontró que la nueva medida fue capaz de capturar los efectos de los desajustes entre activos y pasivos, así como los efectos de los cambios en las medidas de riesgo de crédito, el riesgo de liquidez y el riesgo ingeniería. Además, nuestros resultados sugieren que la ausencia de una distribución armónica de los activos y pasivos puede conducir a un aumento del riesgo de insolvencia, aunque los activos totales a valor actual es mayor que el total de pasivos.

Palabras clave: Industria de la construcción. Simulación de Monte Carlo. Riesgo de insolvencia.

1 INTRODUÇÃO

Impulsionado por políticas de incentivo à redução do déficit habitacional, tais como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), e pela necessidade de ampliação e de modernização da infraestrutura a partir de eventos esportivos como os jogos Pan-Americanos de 2007 e a Copa do Mundo de 2014, o setor da construção civil representa um importante vetor na geração de empregos e crescimento econômico no Brasil (JUNIOR; NOGUEIRA; SHIKIDA, 2012).

Apesar do aumento dos investimentos e do grau de endividamento das empresas desse setor ao longo da década de 2000, a crise americana do *subprime* de 2008 e o agravamento dos problemas fiscais dos países membros da

União Europeia em 2011 elevaram as restrições de financiamento e de concessão de novas linhas de crédito nos mercados emergentes, acarretando redução na demanda e contração na indústria de construção civil (JUNIOR; NOGUEIRA; SHIKIDA, 2012).

Especificamente no Brasil, a crescente dívida pública, a necessidade de ajustes no orçamento da União e a redução no crédito privado têm contribuído para o aumento no número de pedidos de recuperação judicial de empresas do setor (ALVES, 2005). Nesse contexto, alguns estudos têm evidenciado os efeitos negativos da falência de empresas da construção civil, como é o caso da construtora Encol, que deixou mais de 42.000 mutuários sem seus imóveis comprados (ALVES, 2005). Entre as

principais pesquisas sobre insolvência na construção civil destacam-se Langford, Iyagba e Komba (1992), que fazem um comparativo do uso de análise de índices e o modelo Z-score proposto por Altman (1968) no Reino Unido, e Correia (2012), que utiliza os modelos de probabilidade linear em empresas de construção em Portugal. No Brasil destaca-se Horta *et al.* (2011), que propõe o uso de metodologia de *data mining* a partir de dados da Bovespa para a identificação de indicadores financeiros discrepantes entre empresas solventes e insolventes.

A maior parte dos trabalhos referentes à insolvência, entretanto, tem se limitado a informações contidas nos balanços passados e não leva em consideração para o cálculo do risco de insolvência as expectativas de descasamento de fluxo de caixa futuro das empresas, bem como riscos específicos associados a cada setor. Dentro dessa perspectiva, Thomson (1991) evidencia que outros fatores como a qualidade dos ativos e habilidades do gestor em gerenciar descasamentos devem ser levados em consideração em análises que envolvam a estimativa da probabilidade de falência das empresas. Ainda que identifiquem determinantes da insolvência condicionados a informações passadas, a maior parte dos estudos deixa aberta a questão sobre a influência de

descasamentos futuros no risco de insolvência e como riscos específicos de cada setor influenciam probabilidades de *default*.

Esta pesquisa tem por objetivo apresentar um modelo de cálculo do risco insolvência específico para empresas do setor de construção civil. Tal modelo considera, além da qualidade dos ativos, o grau de severidade entre descasamentos, riscos específicos e inerentes ao setor da construção civil, como é o caso do risco de crédito, do risco de engenharia e do risco de liquidez (KIM, 2013). Para tanto, ampliou-se o conceito de risco de insolvência apresentado no modelo de Monte-Mor e Sanfins (2014).

Monte-Mor e Sanfins (2014) propõem uma medida estatística com base na qualidade dos ativos e no descasamento entre os ativos e passivos. Por meio de um estudo de caso hipotético de uma instituição financeira, esta medida, denominada *RiD*, indica o valor presente, o risco de insolvência da instituição considerando, além dos recebíveis e das obrigações futuras, o risco dos recebíveis e o grau de severidade do descasamento em cada período analisado. No modelo *RiD*, além do risco total dado pela medida RiD^t ao longo do período, é possível medir a contribuição marginal no risco de insolvência de cada período k de maneira a identificar quais períodos contribuem mais

significativamente no indicador de insolvência da empresa.

Para que seja possível ampliar o conceito de risco de crédito do modelo apresentado por Monte-Mor e Safins (2014), foram inseridas no modelo *RiD* medidas que incorporam os riscos de não faturamento da empresa por atrasos ou penalidades na obra (risco de engenharia) e o risco de falta de liquidez de mercado para o imobilizado dado como garantia de crédito (risco de liquidez).

A partir de simulações de Monte Carlo e de exemplos hipotéticos, verificou-se que a nova medida foi capaz de capturar os efeitos dos descasamentos entre ativos e passivos bem como os efeitos da variação das medidas de risco de crédito, risco de liquidez e risco de engenharia. Além disso, os resultados sugerem que a ausência de uma distribuição harmoniosa entre ativos e passivos pode acarretar em um aumento do risco de insolvência, ainda que o total de ativos a valor presente seja superior ao total de passivos.

O presente trabalho contribui para a literatura de insolvência ao apontar que descasamentos entre fluxos de caixa futuro e riscos específicos de cada segmento, devem ser considerados para o cálculo de probabilidades de *default*. Especificamente, verificou-se que a incorporação dos riscos de liquidez e de engenharia ao risco de crédito mostrou-se

capaz de capturar os efeitos dos descasamentos entre ativos e passivos com uma diferença entre o verdadeiro percentual de descasamento e o percentual calculado inferior a 7×10^{-6} para qualquer nível percentual considerado.

Em termos práticos, verifica-se que o modelo proposto possibilita um posicionamento mais realista das obrigações presentes no balanço patrimonial no que tange principalmente aos quesitos cumprimento de metas e redirecionamento de recursos no longo prazo. O estabelecimento de uma ferramenta que auxilie na gestão do fluxo de caixa da empresa e no remanejamento de recursos tem potencial para contribuir com análises que envolvam o risco de falência no segmento da construção civil, principalmente em cenários de instabilidade econômica e de aumento do número de pedidos de recuperação judicial.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Modelos de previsão de insolvência, suas características e particularidades

A insolvência de uma empresa pode ser definida como a incapacidade da mesma no cumprimento de suas obrigações e na manutenção de suas atividades operacionais. Em particular, quando as expectativas de lucro futuro a valor presente não garantem a manutenção de

suas operações, diz-se que uma empresa encontra-se em posição de insolvência (ALTMAN, 1968).

Altman (1968), por meio de um estudo baseado em análise discriminante, propôs o modelo *Z-Score* para previsão de falências de instituições financeiras. O modelo *Z-score* considera um índice formado a partir de indicadores de mercado e de informações contidas no balanço das empresas que têm efeito na probabilidade de falência das empresas (HANNAN; HANWECK, 1988). A partir da análise de uma amostra com 66 instituições financeiras, Altman (1968) obteve o *Z-score* a partir da seguinte equação discriminante:

$$z = 0,012x_1 + 0,014x_2 + 0,033x_3 + 0,006x_4 + 0,999x_5$$

no qual x_1 , x_2 , x_3 , x_4 e x_5 representam respectivamente Capital de giro/Ativo total, Lucro acumulado/Ativo total, Lucro antes de juros e impostos/Ativo total, Valor de mercado/Dívida total e Vendas/Ativo total.

A partir do modelo de Altman (1968), diversos outros estudos avaliaram empiricamente a aplicabilidade do *Z-score*. Thomson (1991), por exemplo, mostrou que, além da liquidez, a insolvência foi responsável pela falência de 770 bancos entre 1984 e 1989. Outros trabalhos como Kanitz (1976) e Brito e Assaf Neto (2008)

apontam evidências de que empresas apresentam riscos de insolvência em períodos anteriores à falência ou ao período em que incorrem em pedidos de recuperação judicial.

Especificamente no setor de construção civil, Langford, Iyagba e Komba (1992) fizeram um estudo comparativo do uso de análise de índices e o modelo *Z-Score* no Reino Unido utilizando três empresas insolventes nos 4 anos que antecederam o período de falência. Tal estudo foi baseado na função *Z-Score* adaptada por Mason e Harris (1979), os quais analisaram 40 empresas do setor setor de construção civil do Reino Unido, das quais 20 eram insolventes, o que resultou na seguinte equação discriminante:

$$z = 25,4 - 51,2 x_1 + 87,8 x_2 - 4,8x x_3 - 14,5 x_4 - 9,1 x_5 - 4,5 x_6$$

no qual x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5 e x_6 representam, respectivamente, o Lucro antes do juros/Ativo líquido; Lucro antes do juros/Capital empregado; Devedores/Credores, Passivo circulante/Ativo circulante; \log_{10} (média em dias para recebimento dos devedores por ano); e tendência em dias para pagamento aos credores. O estudo de caso concluiu que a utilização do *Z-Score* se mostrava mais eficiente na predição de

falência das empresas analisadas do que a análise de índices financeiros de desempenho.

Mais recentemente alguns trabalhos apresentaram abordagens que ampliam a análise do Z-score. Décamps, Rochet e Roger (2004), por exemplo, baseados nas contribuições de Merton (1977, 1978) acerca do custo dos seguros e de garantias, consideram a insolvência como um fator endógeno e que está relacionado à capacidade de captação de recursos de terceiros. Outros trabalhos como Salcedo-Sanz *et al.* (2005) e Hsiao e Whang (2009) apresentam medidas para o cálculo do risco de insolvência a partir de abordagens baseadas em algoritmos genéricos e em redes neurais artificiais para estimar probabilidades de *default*.

No segmento de *Real Estate*, Correia (2012) utilizou os modelos de probabilidade linear, logit e probit em uma análise com 300 empresas de Portugal e concluiu que o indicador que tinha a maior importância na determinação de insolvência era o de Fluxo de caixa/Ativo total. Horta *et al.* (2011), em uma análise aplicada à firmas brasileiras, propõe o uso de metodologia de *data mining* com o intuito de caracterizar empresas que apresentam maiores potenciais de se tornarem insolventes a partir de uma amostra em que a proporção de empresas

insolventes é bastante inferior à de empresas solventes.

A maior parte dos trabalhos referentes à insolvência, entretanto, tem se limitado a informações contidas nos balanços passados e não levam em consideração para o cálculo do risco de insolvência as expectativas de descasamento de fluxo de caixa futuro das empresas, bem como riscos específicos associados a cada setor. Dentro dessa perspectiva, Thomson (1991) evidencia que outros fatores como a qualidade dos ativos e habilidades do gestor em gerenciar descasamentos devem ser levados em consideração em análises que envolvam a estimativa da probabilidade de falência das empresas. Ainda que identifiquem determinantes da insolvência condicionados à informações passadas, a maior parte dos estudos deixa aberta a questão sobre a influência de descasamentos futuros no risco de insolvência e como riscos específicos de cada setor influenciam probabilidades de *default*.

Nesse contexto, Monte-Mor e Sanfins (2014) propõe uma medida estatística com base na qualidade dos ativos e no descasamento entre os ativos e passivos. Por meio de um estudo de caso hipotético de uma instituição financeira, essa medida, denominada de *RiD*, indica a valor presente o risco de insolvência da

instituição considerando, além dos recebíveis e obrigações futuras, o risco dos recebíveis (risco de crédito) e o grau de severidade do descasamento em cada período analisado. No modelo *RiD*, o risco de insolvência de uma instituição em um instante de tempo t é dado por

$$RiD^t = \sum_{k=1}^n W_k^t \cdot \delta^t[(p_k^t, a_k^t)|\theta] \cdot f^t[(p_k^t, a_k^t)|\theta],$$
$$k = 1, \dots, n$$

no qual p_k^t e a_k^t representam os totais de ativos e passivos em cada período analisado, W_k^t , $\delta^t[(p_k^t, a_k^t)|\theta]$ e $f^t[(p_k^t, a_k^t)|\theta]$ determinam o peso do descasamento no período k , a posição relativa de insolvência dada à qualidade dos recebíveis desse período e o valor presente do descasamento relativo do período k , respectivamente. Já a variável θ representa uma medida de risco de crédito. Com este modelo, além do risco total dado pela medida RiD^t , é possível medir a contribuição marginal no risco de insolvência de cada período k de maneira a identificar quais períodos contribuem mais significativamente no indicador de insolvência da empresa.

Especificamente para o caso do setor de construção civil, alguns estudos evidenciam o efeito do risco de crédito, do risco de engenharia e do risco de liquidez

na manutenção das atividades operacionais das empresas. Na próxima seção, será apresentada uma adaptação do modelo de Monte-Mor e Sanfins (2014), de forma que tal medida de insolvência se torne apropriada a análises no segmento de construção civil.

2.2 Um modelo de insolvência adaptado ao setor de construção civil (RIDCivil)

Nesta seção, amplia-se o conceito de risco de insolvência, apresentado no modelo de Monte-Mor e Sanfins (2014), inserindo os conceitos de risco de engenharia e risco de liquidez. Essas novas variáveis inseridas no modelo *RiD* incorporam novos fatores de risco relativos ao segmento de construção civil. Em particular: o risco de engenharia refere-se ao risco de não faturamento da empresa por atrasos ou penalidades na obra; o risco de liquidez refere-se ao risco de falta de liquidez de mercado para o imobilizado dado como garantia de crédito.

Nas análises a serem apresentadas, define-se como recebíveis os ativos disponíveis para venda em estoque mais os recebíveis das unidades já vendidas. Considera-se ainda como passivos as obrigações da empresa ao longo dos períodos.

Para que seja possível a consideração dos riscos de crédito, liquidez, engenharia e de mercado para o

cálculo do risco de crédito a partir do modelo de Monte-Mor e Sanfis (2014), define-se primeiramente o descasamento a valor presente de um dado período k como

$$D_k^t = [a1_k^t \cdot \theta_1 + a2_k^t \cdot \theta_2 + a3_k^t \cdot (\theta_2 \cdot \theta_3) + a4_k^t \cdot (\theta_1 \cdot \theta_3)] - p_k^t$$

no qual D_k^t representa o descasamento a valor presente entre a soma dos ativos disponíveis para venda e os recebíveis de unidades já vendidas menos as obrigações p_k^t do período k .

Em particular, denota-se por a_k^t a soma a valor presente dos quatro tipos de recebíveis do período k :

$$a_k^t = a1_k^t + a2_k^t + a3_k^t + a4_k^t$$

no qual $a1_k^t$ representa o valor presente dos recebíveis no período k de unidades prontas e já vendidas; $a2_k^t$ representa os ativos disponíveis para venda no período k de unidades prontas e que encontram-se em estoque no período t ; $a3_k^t$ se refere aos ativos disponíveis para venda no período k de unidades em construção ou lançadas no instante t ; e $a4_k^t$ representa os recebíveis no período k de unidades em construção no instante t e já vendidas.

Essa decomposição de ativos no período k se faz necessária uma vez que os mesmos estarão sujeitos a diferentes fatores de risco, a saber: um fator de risco de crédito θ_1 , ou seja, de inadimplência do

devedor; um fator de risco de liquidez de mercado θ_2 referente ao ativo em estoque; e um fator de risco de engenharia θ_3 que representa a possibilidade de não recebimento devido a atrasos na entrega das unidades. Na equação de descasamento, p_k^t representa as obrigações totais no período k trazidas a valor presente no instante t .

Uma vez estabelecidos os fatores de risco, ampliam-se as funções presentes no modelo proposto por Monte-Mor e Sanfins (2014) a partir das seguintes definições:

$$a_k^t = a1_k^t + a2_k^t + a3_k^t + a4_k^t;$$

$$\theta = \frac{\sum_{k=1}^n (a1_k^t \cdot \theta_1) + \sum_{k=1}^n (a2_k^t \cdot \theta_2) + \sum_{k=1}^n [a3_k^t \cdot (\theta_2 \cdot \theta_3)] + \sum_{k=1}^n [a4_k^t \cdot (\theta_1 \cdot \theta_3)]}{\sum_{k=1}^n a_k^t};$$

$$W^t(k) = \frac{p_k^t}{\sum_{i=1}^n p_i^t};$$

$$f^t[(p_k^t, \theta \cdot a_k^t) | \theta]$$

$$= \begin{cases} \frac{p_k^t - \theta \cdot a_k^t}{p_k^t}, & p_k^t \geq \theta \cdot a_k^t \\ \frac{\theta \cdot a_k^t - p_k^t}{p_k^t}, & p_k^t < \theta \cdot a_k^t, \theta \neq 0 \end{cases};$$

$$\delta^t[(p_k^t, a_k^t) | \theta] = \begin{cases} 1, & p_k^t \geq a_k^t \\ \theta, & \theta \cdot a_k^t \leq p_k^t < a_k^t \\ 0, & p_k^t < \theta \cdot a_k^t \end{cases};$$

$$k = 1, \dots, n.$$

no qual: a_k^t representa os ativos totais disponíveis para venda mais os recebíveis

totais de unidades já vendidas a valor presente no instante t referente ao período k ; θ representa o fator de risco ponderado e que leva em consideração os riscos inerentes ao setor de construção civil; $W^t(k)$ avalia a posição relativa das obrigações de cada período k com relação às obrigações totais da instituição (ou seja, representa o peso a ser atribuído à ocorrência de um descasamento de um determinado período k); $f^t[(p_k^t, \theta, a_k^t)|\theta]$ representa os impactos relativos do descasamento entre os passivos e ativos totais do período k , dados os riscos associados à cada tipo de ativo desse

período; e $\delta^t[(p_k^t, a_k^t)|\theta]$ representa a posição relativa de insolvência no período k .

A partir dessas definições, propõe-se uma medida para evidenciar o grau de insolvência para empresas do setor de construção civil por meio da seguinte função:

$$RiD_{civil}^t = \sum_{k=1}^n W^t(k) \cdot \delta^t[(p_k^t, a_k^t)|\theta] \cdot f^t[(p_k^t, \theta, a_k^t)|\theta], \quad k=1, \dots, n.$$

O Quadro 1 apresenta resumidamente a descrição das variáveis utilizadas para construção do RiD_{civil}^t .

Quadro 1 - Descrição das variáveis utilizadas para a construção da medida RiD_{civil}^t

Medida	Descrição
p_k^t	Representa as obrigações do período k .
$a_k^t = a1_k^t + a2_k^t + a3_k^t + a4_k^t$	Representa a soma a valor presente dos quatro tipos de recebíveis do período k , no qual $a1_k^t$ representa o valor presente dos recebíveis no período k de unidades prontas e já vendidas; $a2_k^t$ representa os ativos disponíveis para venda no período k de unidades prontas e que encontram-se em estoque no período t ; $a3_k^t$ refere-se aos ativos disponíveis para venda no período k de unidades em construção ou lançadas no instante t ; e $a4_k^t$ representa os recebíveis no período k de unidades em construção no instante t e já vendidas.
D_k^t	Representa o descasamento a valor presente entre a soma dos ativos disponíveis para venda e os recebíveis de unidades já vendidas menos as obrigações p_k^t do período k .
01, 02 e 03	Representam o risco de inadimplência do devedor (risco de crédito); risco de liquidez de mercado de ativos em estoque (risco de liquidez) e risco de não recebimento devido a atrasos na entrega das unidades (risco de engenharia), respectivamente.
θ	Representa o fator de risco ponderado e que leva em consideração os riscos inerentes ao setor de construção civil;
$W^t(k)$	Avalia a posição relativa das obrigações de cada período k com relação às obrigações totais da instituição (ou seja, representa o peso a ser atribuído à ocorrência de um descasamento de um determinado período k);
$f^t[(p_k^t, \theta, a_k^t) \theta]$	Define os impactos relativos do descasamento entre os passivos e ativos totais do período k , dados os riscos associados à cada tipo de ativo desse período
$\delta^t[(p_k^t, a_k^t) \theta]$	Define a posição relativa de insolvência no período k .

Fonte: Elaboração dos autores.

Assim como no modelo proposto por Monte-Mor e Sanfins (2014), é possível determinar quais períodos têm maior impacto marginal na composição do índice de insolvência da instituição, tal como exposto a seguir. Nesse caso, verifica-se que ambas as medidas RiD_{civil}^t e r_{civil}^t podem indicar o valor total de risco de insolvência bem como os períodos que mais contribuem para este risco em empresas do setor de construção civil, respectivamente.

$$r_{civil}^t(k \mid p, a, \theta) = \frac{W^t(k) \cdot \delta^t[(p_k^t, a_k^t) \mid \theta] \cdot f^t[(p_k^t, \theta, a_k^t) \mid \theta]}{\sum_{i=1}^n W^t(i) \cdot \delta^t[(p_i^t, a_i^t) \mid \theta] \cdot f^t[(p_i^t, \theta, a_i^t) \mid \theta]}, \quad k = 1, \dots, n.$$

Na próxima seção, apresentam-se simulações com o intuito de verificar o comportamento da medida proposta a partir de diferentes níveis de descasamento e de diferentes valores para os riscos de engenharia, de crédito e de liquidez considerados.

3 SIMULAÇÃO

O propósito desta seção é, por meio de simulações de Monte-Carlo, verificar como a medida RiD_{civil} se comporta diante de diferentes cenários de descasamento entre ativos e passivos e de aplicação dos fatores de risco. Após as simulações, é

feito um teste com dados hipotéticos para verificar a aplicabilidade do modelo e aderência dos resultados obtidos com as conclusões das simulações feitas.

3.1 Resultados da simulação

Com o intuito de verificar a sensibilidade da nova medida RiD_{civil} aos riscos de crédito, engenharia e liquidez, variáveis endógenas ao modelo, foram realizadas duas simulações, nas quais para determinados valores de $\theta 1$, $\theta 2$ e $\theta 3$, são escolhidos a partir de valores de risco de crédito, liquidez e engenharia aleatórios e proveniente de uma distribuição beta com média j e variância 0.01. As simulações foram feitas tanto a partir do descasamento de ativos em relação a passivos, ou seja, valores de ativo superiores aos valores de passivo ($p^t < a^t$), quanto a partir do descasamento do passivo em relação ao ativo ($a^t < p^t$). Para tanto o seguinte algoritmo foi elaborado:

- passo 1 - o percentual de descasamento i variando de 10, 30, 50, 70 e 90 é escolhido;
- passo 2 - o percentual j para o risco de crédito variando de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 é escolhido;
- passo 3 - o percentual k para o risco de liquidez variando de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 é escolhido;

- Passo 4 - o percentual l para o risco de engenharia variando de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 é escolhido;
- passo 5 - são escolhidos aleatoriamente valores para os riscos de crédito, liquidez e engenharia, a partir de uma distribuição beta com média j , k e l , respectivamente, e variância 0.01;
- passo 6 - são escolhidos aleatoriamente n períodos para se realizar o descasamento;
- passo 7 - para os n períodos escolhidos, é escolhido aleatoriamente o percentual proporcional a ser descasado;
- passo 8 - a medida RiD_{civil} é calculada;
- passo 9 - para cada (i, j, k, l) , repetir 100 vezes a partir do passo 5 e armazenar a medida RiD_{civil} ;
- passo 10 - calcular o valor esperado das 100 simulações;
- passo 11 - retornar ao passo 4 e incrementar l ;
- passo 12 - retornar ao passo 3 e incrementar k ;
- passo 13 - retornar ao passo 2 e incrementar j ;
- passo 14 - retornar ao passo 1 e incrementar i .

A Tabela 1 mostra os valores esperados da medida RiD_{civil} para as simulações a partir do descasamento do ativo em relação ao passivo, para um valor fixo de risco de crédito de 10%, enquanto a Tabela 2 mostra os valores esperados da medida RiD_{civil} para as simulações a partir do descasamento do passivo em relação ao ativo ($a^t < p^t$) para a mesma condição de risco de crédito fixo em 10%.

Observa-se a partir dos resultados da Tabela 1 no Painel A que quanto maiores os fatores de risco de liquidez e engenharia, maior é o resultado da medida RiD_{civil} . Observa-se ainda que, analisando-se os resultados dos painéis B, C, D e E, para cada aumento no valor do descasamento do ativo em relação ao passivo, o valor da medida RiD_{civil} se aproxima de zero. No entanto verifica-se que mesmo quando o ativo tem valor 90% superior ao passivo, o risco de insolvência não é nulo para elevados riscos de liquidez e engenharia. Esse fato indica que mesmo que o ativo da empresa seja superior ao passivo, existe um risco de insolvência associado à possibilidade de não recebimento dos ativos.

Tabela 1 - Resultados das simulações para descasamento do ativo em relação ao passivo

Painel A: Resultados das simulações do RiD_{civil} com descasamento de 10% e risco de crédito de 10%

Risco de Líquidez	Risco de Engenharia										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,0	0,0080	0,0096	0,0109	0,0124	0,0137	0,0152	0,0162	0,0169	0,0204	0,0214	0,0218
0,1	0,0225	0,0265	0,0296	0,0325	0,0357	0,0389	0,0420	0,0457	0,0492	0,0541	0,0572
0,2	0,0390	0,0439	0,0507	0,0553	0,0603	0,0659	0,0726	0,0763	0,0821	0,0881	0,0933
0,3	0,0581	0,0636	0,0709	0,0786	0,0859	0,0903	0,0987	0,1058	0,1119	0,1198	0,1250
0,4	0,0753	0,0837	0,0914	0,1017	0,1087	0,1170	0,1260	0,1334	0,1396	0,1472	0,1555
0,5	0,0927	0,1022	0,1139	0,1220	0,1320	0,1396	0,1499	0,1576	0,1652	0,1731	0,1795
0,6	0,1099	0,1204	0,1317	0,1425	0,1514	0,1617	0,1696	0,1775	0,1863	0,1933	0,2003
0,7	0,1260	0,1375	0,1494	0,1610	0,1704	0,1783	0,1898	0,1966	0,2035	0,2095	0,2155
0,8	0,1407	0,1524	0,1644	0,1760	0,1857	0,1956	0,2031	0,2101	0,2186	0,2234	0,2275
0,9	0,1548	0,1687	0,1783	0,1903	0,2008	0,2098	0,2158	0,2232	0,2268	0,2300	0,2321
1,0	0,1670	0,1804	0,1949	0,2031	0,2117	0,2198	0,2247	0,2288	0,2322	0,2327	0,2334

Painel B: Resultados das simulações do RiD_{civil} com descasamento de 30% e risco de crédito de 10%

Risco de Líquidez	Risco de Engenharia										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,0	0,0014	0,0018	0,0021	0,0024	0,0032	0,0033	0,0039	0,0051	0,0052	0,0052	0,0059
0,1	0,0058	0,0073	0,0083	0,0105	0,0120	0,0147	0,0156	0,0184	0,0199	0,0215	0,0234
0,2	0,0140	0,0169	0,0190	0,0209	0,0256	0,0306	0,0331	0,0364	0,0409	0,0449	0,0478
0,3	0,0222	0,0288	0,0332	0,0395	0,0437	0,0495	0,0547	0,0608	0,0635	0,0703	0,0746
0,4	0,0362	0,0428	0,0469	0,0559	0,0614	0,0695	0,0741	0,0847	0,0912	0,0951	0,1021
0,5	0,0467	0,0555	0,0634	0,0694	0,0821	0,0897	0,0979	0,1056	0,1154	0,1212	0,1267
0,6	0,0603	0,0692	0,0819	0,0919	0,1000	0,1080	0,1194	0,1287	0,1371	0,1455	0,1517
0,7	0,0751	0,0891	0,0965	0,1090	0,1180	0,1294	0,1372	0,1479	0,1558	0,1638	0,1698
0,8	0,0898	0,1026	0,1112	0,1257	0,1349	0,1483	0,1557	0,1660	0,1731	0,1807	0,1870
0,9	0,1041	0,1154	0,1273	0,1414	0,1515	0,1602	0,1723	0,1795	0,1867	0,1940	0,1967
1,0	0,1164	0,1316	0,1423	0,1544	0,1642	0,1756	0,1827	0,1904	0,1955	0,2012	0,2025

Painel C: Resultados das simulações do RiD_{civil} com descasamento de 50% e risco de crédito de 10%

Risco de Líquidez	Risco de Engenharia										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,0	0,0002	0,0003	0,0003	0,0006	0,0005	0,0007	0,0006	0,0009	0,0010	0,0012	0,0013
0,1	0,0018	0,0019	0,0025	0,0028	0,0029	0,0045	0,0043	0,0054	0,0062	0,0071	0,0085
0,2	0,0039	0,0056	0,0060	0,0078	0,0093	0,0119	0,0137	0,0148	0,0167	0,0194	0,0210
0,3	0,0081	0,0102	0,0119	0,0151	0,0187	0,0220	0,0264	0,0272	0,0306	0,0360	0,0386
0,4	0,0136	0,0176	0,0209	0,0249	0,0292	0,0333	0,0389	0,0431	0,0491	0,0559	0,0578
0,5	0,0202	0,0277	0,0323	0,0355	0,0447	0,0503	0,0552	0,0611	0,0726	0,0787	0,0834
0,6	0,0300	0,0366	0,0416	0,0482	0,0578	0,0657	0,0737	0,0803	0,0891	0,0965	0,1043
0,7	0,0380	0,0459	0,0553	0,0669	0,0711	0,0837	0,0927	0,1000	0,1095	0,1167	0,1272
0,8	0,0510	0,0588	0,0673	0,0803	0,0896	0,0977	0,1095	0,1176	0,1288	0,1346	0,1408
0,9	0,0607	0,0712	0,0851	0,0949	0,1042	0,1170	0,1236	0,1374	0,1409	0,1499	0,1571
1,0	0,0716	0,0859	0,0969	0,1057	0,1201	0,1311	0,1414	0,1469	0,1582	0,1658	0,1707

Tabela 1 - Resultados das simulações para descasamento do ativo em relação ao passivo (cont.)

Painel D: Resultados das simulações do RiD_{civil} com descasamento de 70% e risco de crédito de 10%

		Risco de Engenharia										
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Risco de Líquidez	0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0002	0,0001	
	0,1	0,0001	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	0,0005	0,0007	0,0009	0,0010	0,0013	0,0017
	0,2	0,0006	0,0006	0,0011	0,0013	0,0015	0,0034	0,0027	0,0033	0,0046	0,0050	0,0064
	0,3	0,0017	0,0019	0,0029	0,0023	0,0041	0,0063	0,0059	0,0079	0,0112	0,0121	0,0155
	0,4	0,0031	0,0052	0,0054	0,0064	0,0091	0,0110	0,0154	0,0168	0,0182	0,0196	0,0245
	0,5	0,0059	0,0087	0,0100	0,0144	0,0168	0,0197	0,0232	0,0282	0,0295	0,0334	0,0407
	0,6	0,0103	0,0130	0,0148	0,0190	0,0212	0,0305	0,0349	0,0377	0,0435	0,0520	0,0579
	0,7	0,0135	0,0167	0,0237	0,0290	0,0332	0,0410	0,0457	0,0528	0,0595	0,0700	0,0752
	0,8	0,0192	0,0233	0,0297	0,0356	0,0471	0,0524	0,0591	0,0688	0,0793	0,0828	0,0947
	0,9	0,0257	0,0363	0,0407	0,0537	0,0582	0,0649	0,0762	0,0844	0,0914	0,1031	0,1111
	1,0	0,0348	0,0421	0,0506	0,0593	0,0680	0,0823	0,0920	0,0982	0,1064	0,1202	0,1243

Painel D: Resultados das simulações do RiD_{civil} com descasamento de 90% e risco de crédito de 10%

		Risco de Engenharia									
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Risco de Líquidez	0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	0,1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	0,2	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0002	0,0000
	0,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0006	0,0001	0,0003	0,0003	0,0004
	0,4	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0007	0,0007	0,0005	0,0015	0,0024
	0,5	0,0005	0,0005	0,0010	0,0007	0,0010	0,0009	0,0019	0,0030	0,0046	0,0055
	0,6	0,0005	0,0009	0,0009	0,0014	0,0037	0,0048	0,0053	0,0048	0,0064	0,0103
	0,7	0,0011	0,0009	0,0022	0,0038	0,0056	0,0082	0,0086	0,0094	0,0144	0,0164
	0,8	0,0018	0,0026	0,0034	0,0052	0,0067	0,0105	0,0133	0,0168	0,0171	0,0289
	0,9	0,0025	0,0051	0,0048	0,0075	0,0117	0,0182	0,0182	0,0272	0,0306	0,0384
	1,0	0,0054	0,0078	0,0099	0,0130	0,0181	0,0251	0,0302	0,0368	0,0463	0,0475

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 2, que indica o descasamento do passivo em relação ao ativo ($a^t < p^t$), nota-se que a medida RiD_{civil} captura com precisão o risco de insolvência atrelado a não disponibilização dos recebíveis, mesmo para um valor baixo

de descasamento de 10%, como se observa no Painel A. Observa-se também nos painéis subsequentes que este risco de insolvência é maior quanto maior for o descasamento e os fatores de risco atrelados aos ativos.

Tabela 2 - Resultados das Simulações em que o passivo é descasado em relação ao ativo

Painel A: Resultados das simulações do RiD_{civil} com descasamento de 10% e risco de crédito de 10%

Risco de Líquidez	Risco de Engenharia										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,0	0,1225	0,1247	0,1270	0,1292	0,1315	0,1337	0,1360	0,1382	0,1405	0,1427	0,1450
0,1	0,1450	0,1495	0,1540	0,1585	0,1630	0,1675	0,1720	0,1765	0,1810	0,1855	0,1900
0,2	0,1675	0,1742	0,1810	0,1877	0,1945	0,2012	0,2080	0,2147	0,2215	0,2282	0,2350
0,3	0,1900	0,1990	0,2080	0,2170	0,2260	0,2350	0,2440	0,2530	0,2620	0,2710	0,2800
0,4	0,2125	0,2237	0,2350	0,2462	0,2575	0,2687	0,2800	0,2912	0,3025	0,3137	0,3250
0,5	0,2350	0,2485	0,2620	0,2755	0,2890	0,3025	0,3160	0,3295	0,3430	0,3565	0,3700
0,6	0,2575	0,2732	0,2890	0,3047	0,3205	0,3362	0,3520	0,3677	0,3835	0,3992	0,4150
0,7	0,2800	0,2980	0,3160	0,3340	0,3520	0,3700	0,3880	0,4060	0,4240	0,4420	0,4600
0,8	0,3025	0,3227	0,3430	0,3632	0,3835	0,4037	0,4240	0,4442	0,4645	0,4847	0,5050
0,9	0,3250	0,3475	0,3700	0,3925	0,4150	0,4375	0,4600	0,4825	0,5050	0,5275	0,5500
1,0	0,3475	0,3722	0,3970	0,4217	0,4465	0,4712	0,4960	0,5207	0,5455	0,5702	0,5950

Painel B: Resultados das simulações do RiD_{civil} com descasamento de 30% e risco de crédito de 10%

Risco de Líquidez	Risco de Engenharia										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,0	0,3175	0,3192	0,3210	0,3227	0,3245	0,3262	0,3280	0,3297	0,3315	0,3332	0,3350
0,1	0,3350	0,3385	0,3420	0,3455	0,3490	0,3525	0,3560	0,3595	0,3630	0,3665	0,3700
0,2	0,3525	0,3577	0,3630	0,3682	0,3735	0,3787	0,3840	0,3892	0,3945	0,3997	0,4050
0,3	0,3700	0,3770	0,3840	0,3910	0,3980	0,4050	0,4120	0,4190	0,4260	0,4330	0,4400
0,4	0,3875	0,3962	0,4050	0,4137	0,4225	0,4312	0,4400	0,4487	0,4575	0,4662	0,4750
0,5	0,4050	0,4155	0,4260	0,4365	0,4470	0,4575	0,4680	0,4785	0,4890	0,4995	0,5100
0,6	0,4225	0,4347	0,4470	0,4592	0,4715	0,4837	0,4960	0,5082	0,5205	0,5327	0,5450
0,7	0,4400	0,4540	0,4680	0,4820	0,4960	0,5100	0,5240	0,5380	0,5520	0,5660	0,5800
0,8	0,4575	0,4732	0,4890	0,5047	0,5205	0,5362	0,5520	0,5677	0,5835	0,5992	0,6150
0,9	0,4750	0,4925	0,5100	0,5275	0,5450	0,5625	0,5800	0,5975	0,6150	0,6325	0,6500
1,0	0,4925	0,5117	0,5310	0,5502	0,5695	0,5887	0,6080	0,6272	0,6465	0,6657	0,6850

Painel C: Resultados das simulações do RiD_{civil} com descasamento de 50% e risco de crédito de 10%

Risco de Líquidez	Risco de Engenharia										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,0	0,5125	0,5137	0,5150	0,5162	0,5175	0,5187	0,5200	0,5212	0,5225	0,5237	0,5250
0,1	0,5250	0,5275	0,5300	0,5325	0,5350	0,5375	0,5400	0,5425	0,5450	0,5475	0,5500
0,2	0,5375	0,5412	0,5450	0,5487	0,5525	0,5562	0,5600	0,5637	0,5675	0,5712	0,5750
0,3	0,5500	0,5550	0,5600	0,5650	0,5700	0,5750	0,5800	0,5850	0,5900	0,5950	0,6000
0,4	0,5625	0,5687	0,5750	0,5812	0,5875	0,5937	0,6000	0,6062	0,6125	0,6187	0,6250
0,5	0,5750	0,5825	0,5900	0,5975	0,6050	0,6125	0,6200	0,6275	0,6350	0,6425	0,6500
0,6	0,5875	0,5962	0,6050	0,6137	0,6225	0,6312	0,6400	0,6487	0,6575	0,6662	0,6750
0,7	0,6000	0,6100	0,6200	0,6300	0,6400	0,6500	0,6600	0,6700	0,6800	0,6900	0,7000
0,8	0,6125	0,6237	0,6350	0,6462	0,6575	0,6687	0,6800	0,6912	0,7025	0,7137	0,7250
0,9	0,6250	0,6375	0,6500	0,6625	0,6750	0,6875	0,7000	0,7125	0,7250	0,7375	0,7500
1,0	0,6375	0,6512	0,6650	0,6787	0,6925	0,7062	0,7200	0,7337	0,7475	0,7612	0,7750

Tabela 2 - Resultados das Simulações em que o passivo é descasado em relação ao ativo (cont.)

Painel D: Resultados das simulações do RiD_{civil} com descasamento de 70% e risco de crédito de 10%
Risco de Engenharia

		Risco de Engenharia										
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Risco de Liquidez	0,0	0,7075	0,7082	0,7090	0,7097	0,7105	0,7112	0,7120	0,7127	0,7135	0,7142	0,7150
	0,1	0,7150	0,7165	0,7180	0,7195	0,7210	0,7225	0,7240	0,7255	0,7270	0,7285	0,7300
	0,2	0,7225	0,7247	0,7270	0,7292	0,7315	0,7337	0,7360	0,7382	0,7405	0,7427	0,7450
	0,3	0,7300	0,7330	0,7360	0,7390	0,7420	0,7450	0,7480	0,7510	0,7540	0,7570	0,7600
	0,4	0,7375	0,7412	0,7450	0,7487	0,7525	0,7562	0,7600	0,7637	0,7675	0,7712	0,7750
	0,5	0,7450	0,7495	0,7540	0,7585	0,7630	0,7675	0,7720	0,7765	0,7810	0,7855	0,7900
	0,6	0,7525	0,7577	0,7630	0,7682	0,7735	0,7787	0,7840	0,7892	0,7945	0,7997	0,8050
	0,7	0,7600	0,7660	0,7720	0,7780	0,7840	0,7900	0,7960	0,8020	0,8080	0,8140	0,8200
	0,8	0,7675	0,7742	0,7810	0,7877	0,7945	0,8012	0,8080	0,8147	0,8215	0,8282	0,8350
	0,9	0,7750	0,7825	0,7900	0,7975	0,8050	0,8125	0,8200	0,8275	0,8350	0,8425	0,8500
	1,0	0,7825	0,7907	0,7990	0,8072	0,8155	0,8237	0,8320	0,8402	0,8485	0,8567	0,8650

Painel D: Resultados das simulações do RiD_{civil} com descasamento de 90% e risco de crédito de 10%

		Risco de Engenharia										
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Risco de Liquidez	0,0	0,9025	0,9027	0,9030	0,9032	0,9035	0,9037	0,9040	0,9042	0,9045	0,9047	0,9050
	0,1	0,9050	0,9055	0,9060	0,9065	0,9070	0,9075	0,9080	0,9085	0,9090	0,9095	0,9100
	0,2	0,9075	0,9082	0,9090	0,9097	0,9105	0,9112	0,9120	0,9127	0,9135	0,9142	0,9150
	0,3	0,9100	0,9110	0,9120	0,9130	0,9140	0,9150	0,9160	0,9170	0,9180	0,9190	0,9200
	0,4	0,9125	0,9137	0,9150	0,9162	0,9175	0,9187	0,9200	0,9212	0,9225	0,9237	0,9250
	0,5	0,9150	0,9165	0,9180	0,9195	0,9210	0,9225	0,9240	0,9255	0,9270	0,9285	0,9300
	0,6	0,9175	0,9192	0,9210	0,9227	0,9245	0,9262	0,9280	0,9297	0,9315	0,9332	0,9350
	0,7	0,9200	0,9220	0,9240	0,9260	0,9280	0,9300	0,9320	0,9340	0,9360	0,9380	0,9400
	0,8	0,9225	0,9247	0,9270	0,9292	0,9315	0,9337	0,9360	0,9382	0,9405	0,9427	0,9450
	0,9	0,9250	0,9275	0,9300	0,9325	0,9350	0,9375	0,9400	0,9425	0,9450	0,9475	0,9500
	1,0	0,9275	0,9302	0,9330	0,9357	0,9385	0,9412	0,9440	0,9467	0,9495	0,9522	0,9550

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir dos resultados destas simulações, verifica-se que a medida RiD_{civil} é capaz de mensurar riscos de insolvência para quaisquer que sejam os descasamentos a valor presente entre ativos e passivos e qualquer que seja a forma que esses descasamentos estejam distribuídos ao longo do tempo. Como a incidência dos riscos de crédito, liquidez e engenharia sob as carteiras ao longo do tempo também foi aleatorizada, permitiu-se que carteiras de diferentes períodos pudessem estar suscetíveis a diferentes riscos, o que

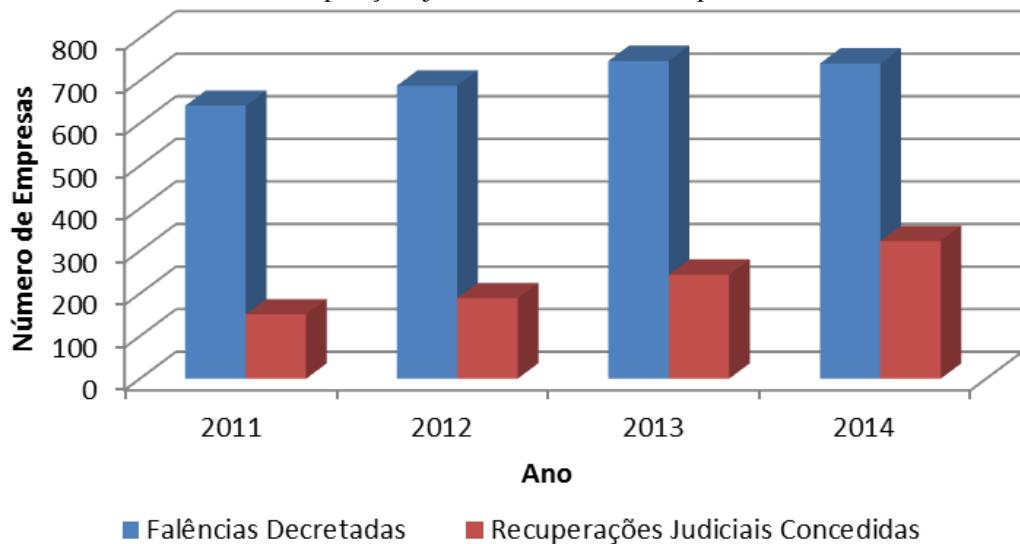
aproxima a simulação de contextos reais, nos quais carteiras compostas por diferentes riscos possuem perdas esperadas distintas.

Diante de cenários de instabilidade econômica com crescente número de pedidos de recuperação judicial e decretação de falências, análises como as fornecidas pela medida proposta têm potencial para contribuir tanto para gestores das empresas como para investidores do segmento de construção civil. Só no Brasil, por exemplo, segundo

dados do Serasa Experian (2015), as falências decretadas tiveram um aumento a partir de 2011 até 2013. Já o número de

recuperações judiciais concedidas continua crescendo significativamente de 2011 a 2014, conforme Gráfico 1.

Gráfico 1 - Falências decretadas e recuperações judiciais concedidas a empresas brasileiras



Fonte: SERASA Experian (2015).

Na próxima seção, será apresentada a aplicação da metodologia do RiD_{civil} para dados representativos de ativos e passivos presentes em um balanço patrimonial hipotético. Dessa forma, será possível uma melhor visualização do impacto dos fatores de risco no risco de insolvência e a influência marginal que cada período possui na medida RiD_{civil} , dadas as distribuições dos ativos e passivos.

3.2 Exemplo de aplicação da medida RiD_{civil}

Como exemplo de aplicação da nova medida RiD_{civil} , foi construído um balanço patrimonial hipotético para 36 períodos com dados já apresentados a valor

presente no período $t=1$. Para que alterações no custo de capital da empresa hipotética ao longo do tempo não distorçam inferências a serem feitas a partir do fluxo analisado, as séries apresentadas na Tabela 3 foram inicialmente formuladas de modo a já representar o valor presente de cada ativo/passivo. A Tabela 3 detalha as informações desse balanço com os dados assumidos pelas funções componentes da medida RiD_{civil} .

Para o cálculo do RiD_{civil} considerou-se uma perda média por risco de liquidez de 5% com variância de 0,1. A perda média por risco de crédito foi considerada de 1%, uma vez que os contratos firmados para esses recebíveis

dão o próprio objeto do contrato como garantia. Já para a perda média por risco de engenharia, assumiu-se um valor médio de 5%. Assim os ativos disponíveis para venda mais os recebíveis totais, aqui definidos apenas como ativos, de todos os períodos analisados foram penalizados seguindo esse critério. Espera-se que dessa forma, assumindo-se diferentes fatores de risco em diferentes períodos com uma probabilidade média de 95% desses ativos, tenha-se uma informação mais verossímil, uma vez que as diferentes classes de ativos de uma carteira estão associadas a diferentes perdas esperadas. Dessa maneira, o valor dos ativos em questão em cada período depende diretamente da

qualidade desses ativos, aproximando-se esse exemplo de um caso real.

Observando-se os resultados da Tabela 3, o risco de insolvência total dado pela medida RiD_{civil} ficou em 30,01%, ou seja, mesmo que os ativos totais disponíveis para venda mais os recebíveis totais, sejam superiores às obrigações totais, ambos trazidos a valor presente no período 1, existe um risco de a empresa ser insolvente em 30,01%. Observa-se também que os períodos de 10 a 16 são os que mais contribuem marginalmente para esse risco de insolvência e representam 64,47% de peso no risco de insolvência em todos os períodos analisados.

Tabela 3 - Informações da função RiD_{civil} para o exemplo hipotético

ANO	a1	a2	a3	a4	ATIVO	PASSIVO	$W^t(k)$	$\delta^t(p,a)$	$\theta 1$	$\theta 2$	$\theta 3$	θ	f^t	RiD_{civil}^t	$R^t(k / p,a)$
1	79742403	191488555	53427917	76033659	400692534	125414379	4,64%	0	0,99	1,00	0,95	0,98	0,67	0,00%	0,00%
2	231354289	86175859	54487625	88552776	460570549	132482725	4,90%	0	0,99	0,43	0,95	0,81	0,52	0,00%	0,00%
3	65226096	125849408	183501039	65995733	440572275	145335304	5,38%	0	0,99	0,95	0,95	0,93	0,60	0,00%	0,00%
4	124556622	30403554	52480836	113039840	320480852	140467435	5,20%	0	0,99	0,96	0,95	0,96	0,52	0,00%	0,00%
5	90364688	79665778	21764785	28826487	220621738	150599121	5,57%	0	0,99	1,00	0,95	0,98	0,30	0,00%	0,00%
6	43712070	54063100	28731002	49931147	176437319	138532455	5,13%	0	0,99	0,97	0,95	0,96	0,17	0,00%	0,00%
7	29154009	44322114	17121562	25824265	116421950	120341248	4,45%	1	0,99	1,00	0,95	0,98	0,06	0,25%	0,82%
8	24133637	26579989	13366465	28273342	92353432	95511020	3,53%	1	0,99	0,89	0,95	0,92	0,11	0,38%	1,26%
9	42316861	30681512	2517278	8473444	83989095	100708949	3,73%	1	0,99	0,90	0,95	0,95	0,21	0,78%	2,61%
10	15047996	13206168	29969319	17651917	75875401	134915136	4,99%	1	0,99	0,93	0,95	0,93	0,48	2,39%	7,97%
11	23095850	5290446	10334005	21464476	60184777	145222993	5,37%	1	0,99	0,88	0,95	0,94	0,61	3,29%	10,97%
12	2741555	17771797	2070565	19921318	42505235	124437575	4,60%	1	0,99	1,00	0,95	0,97	0,67	3,08%	10,27%
13	16235467	6282736	1504696	6703290	30726190	118816688	4,40%	1	0,99	1,00	0,95	0,98	0,75	3,28%	10,94%
14	7942646	5496738	4172371	7197301	24809056	113817310	4,21%	1	0,99	0,88	0,95	0,93	0,80	3,36%	11,20%
15	20212806	966379	21993718	2371746	45544648	109163423	4,04%	1	0,99	1,00	0,95	0,97	0,60	2,41%	8,02%
16	5465194	22606583	6188002	26567491	60827270	100150599	3,71%	1	0,99	1,00	0,95	0,97	0,41	1,53%	5,10%
17	16420485	19396542	18295150	16479257	70591434	90977379	3,37%	1	0,99	0,97	0,95	0,96	0,26	0,87%	2,89%
18	13529058	23865642	5273542	22442619	65110860	82941989	3,07%	1	0,99	1,00	0,95	0,97	0,24	0,73%	2,42%
19	8249392	5002161	31873772	10540136	55665462	73111520	2,71%	1	0,99	0,92	0,95	0,91	0,31	0,83%	2,77%
20	19903784	21410173	933906	2153210	44401074	64344038	2,38%	1	0,99	0,87	0,95	0,93	0,36	0,86%	2,87%
21	3565260	8930306	7148171	10411155	30054893	55740026	2,06%	1	0,99	0,83	0,95	0,88	0,53	1,09%	3,63%
22	5468883	6344731	10441617	5023900	27279132	50624435	1,87%	1	0,99	0,98	0,95	0,95	0,49	0,91%	3,04%
23	2043593	14691285	7774806	11451917	35961602	44176721	1,63%	1	0,99	0,68	0,95	0,78	0,37	0,60%	2,01%
24	8417682	6687424	12209731	3044160	30358998	36084843	1,34%	1	0,99	1,00	0,95	0,97	0,18	0,24%	0,81%
25	5277045	6391652	890218	12618158	25177073	32274905	1,19%	1	0,99	1,00	0,95	0,97	0,25	0,30%	0,98%
26	242478	10619432	4189562	4615069	19666541	27967757	1,03%	1	0,99	0,97	0,95	0,96	0,33	0,34%	1,13%
27	2332321	5473061	8576256	4361264	20742902	25850043	0,96%	1	0,99	0,80	0,95	0,83	0,33	0,32%	1,06%
28	2100167	5150923	4439214	5585145	17275449	20698334	0,77%	1	0,99	1,00	0,95	0,97	0,19	0,15%	0,50%

Tabela 3 - Informações da função RiD_{civil} para o exemplo hipotético (cont.)

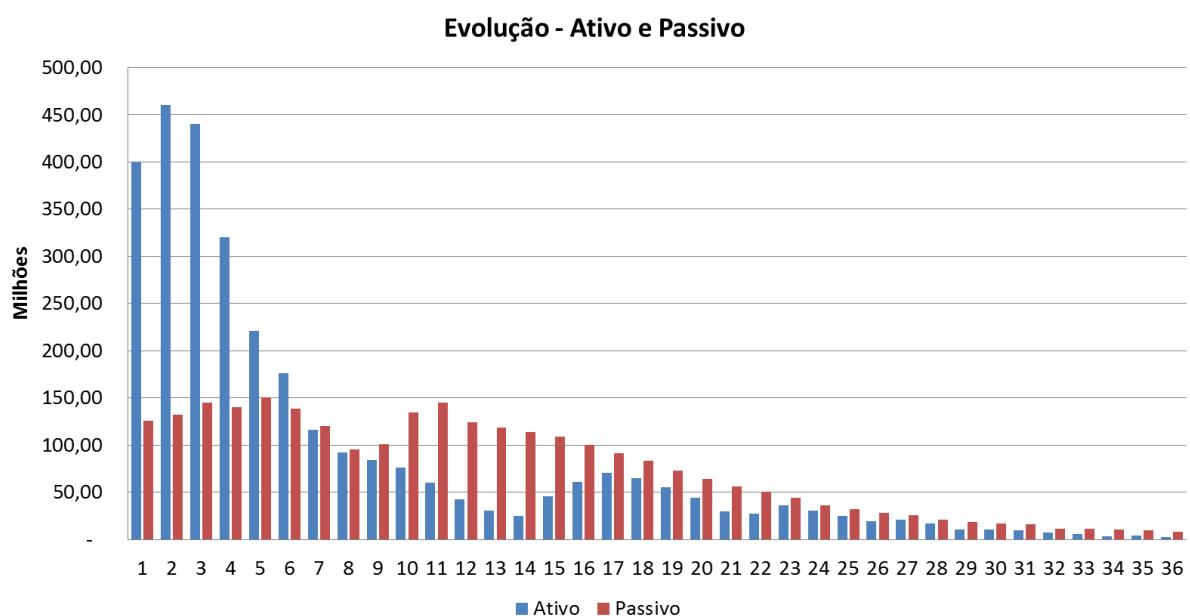
29	5839679	2513011	1321303	642436	10316429	18242272	0,68%	1	0,99	0,86	0,95	0,93	0,47	0,32%	1,06%
30	3576726	2225702	3346244	1134844	10283516	16649793	0,62%	1	0,99	0,47	0,95	0,70	0,57	0,35%	1,17%
31	3002431	2966644	3392807	302586	9664468	15927867	0,59%	1	0,99	0,98	0,95	0,96	0,41	0,24%	0,81%
32	438621	2881840	2165873	1669461	7155795	11034030	0,41%	1	0,99	0,97	0,95	0,95	0,39	0,16%	0,52%
33	1788097	1883661	992446	743187	5407391	11000840	0,41%	1	0,99	0,86	0,95	0,90	0,56	0,23%	0,75%
34	1774687	932013	216651	580641	3503992	10809914	0,40%	1	0,99	0,94	0,95	0,96	0,69	0,28%	0,92%
35	343435	1656651	985641	1428360	4414086	9568285	0,35%	1	0,99	0,75	0,95	0,82	0,62	0,22%	0,73%
36	913377	1328390	92258	84433	2418458	8340909	0,31%	1	0,99	0,95	0,95	0,97	0,72	0,22%	0,74%
TOTAL	926529392	891201959	628190352	702140170	3148061873	2702282263	100,00%	-					-	30,01%	100,00%

Fonte: Dados da pesquisa.

Esses resultados sugerem que, mesmo com esses ativos totais superiores às obrigações da empresa, vê-se a necessidade de uma redistribuição mais harmoniosa desses ativos ao longo dos períodos a fim de diminuir o risco de insolvência da empresa. A partir dessa análise os gestores da empresa poderiam, por exemplo, rever um plano de venda dos imóveis, postergar ou antecipar as formas de pagamento ou até mesmo fazer provisões para esses períodos de maior risco marginal, com o intuito de reduzir o risco de insolvência da empresa.

O Gráfico 2 mostra a distribuição desarmoniosa dos ativos considerados e das obrigações (passivos) do balanço hipotético, em que há uma grande concentração de ativos disponíveis nos primeiros períodos e um descasamento dos passivos em relação aos ativos a partir do sétimo período. É possível observar também um descasamento mais acentuado nos períodos de 10 a 16, que seriam os mais representativos ao risco de insolvência da empresa.

Gráfico 2 - Gráfico comparativo entre ativos e passivos hipotéticos para os 36 períodos considerados

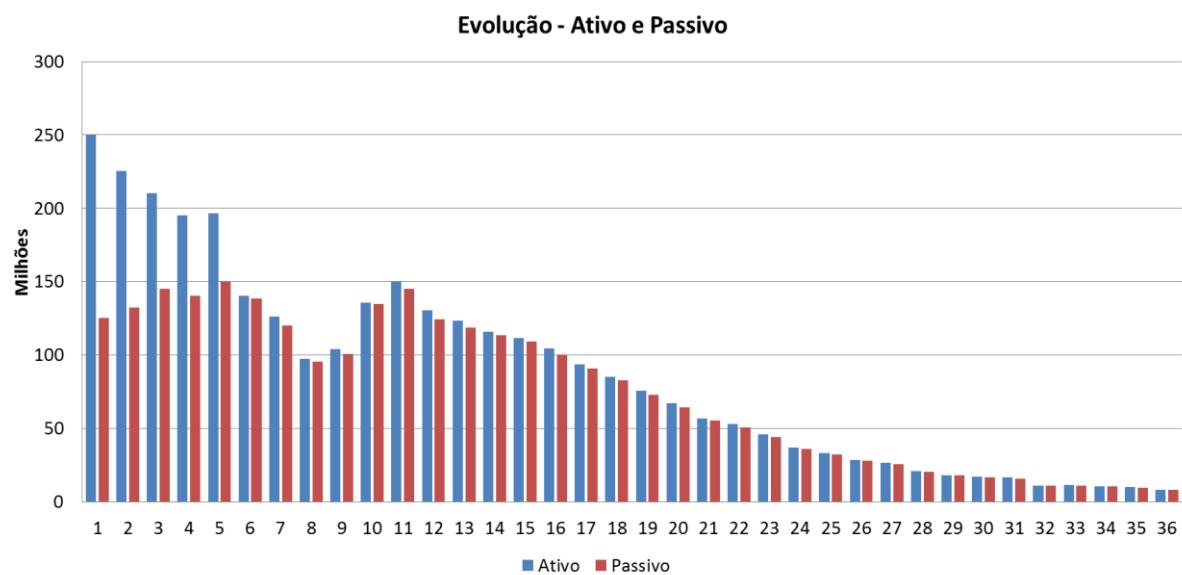


Fonte: Dados da pesquisa.

O Gráfico 3 mostra como ficaria esse balanço hipotético com uma redistribuição nos ativos considerados ao

longo dos 36 períodos, tendo como critério que em todos os períodos ativos superiores aos passivos.

Gráfico 03 - Gráfico comparativo entre ativos redistribuídos e passivos para os 36 períodos



Fonte: Dados da pesquisa.

Por fim, a Tabela 4 mostra uma proposta de redistribuição desses ativos a fim de minimizar o efeito do descasamento entre ativos e passivos considerados ao longo dos períodos analisados representados no Gráfico 3.

Com essa redistribuição de ativos ao longo dos períodos, de forma que os ativos sejam sempre superiores aos passivos, observa-se que ainda assim existe um risco de insolvência de 2,27%, risco este que será tão maior quanto maiores forem os riscos de crédito, de liquidez e de engenharia da carteira de ativos associados.

Tabela 4 - Informações da função RiD_{civil} para o exemplo hipotético - redistribuição de ativos

ANO	a1	a2	a3	a4	ATIVO	PASSIVO	W ^t (k)	δ ^t (p,a)	θ1	θ2	θ3	θ	f ^t	RiD ^t _{civil}	R ^t (k / p,a)
1	49771278	119517720	33347073	47456463	250092534	125414379	4,64%	0	0,99	1,00	0,95	0,98	0,48	0,00%	0,00%
2	113308839	42205772	26686039	43369899	225570549	132482725	4,90%	0	0,99	0,43	0,95	0,81	0,22	0,00%	0,00%
3	31174924	60149940	87704636	31542774	210572275	145335304	5,38%	0	0,99	0,95	0,95	0,93	0,24	0,00%	0,00%
4	75974694	18544985	32011268	68949905	195480852	140467435	5,20%	0	0,99	0,96	0,95	0,96	0,24	0,00%	0,00%
5	80534503	70999458	19397136	25690641	196621738	150599121	5,57%	0	0,99	1,00	0,95	0,98	0,22	0,00%	0,00%
6	34793126	43032148	22868773	39743272	140437319	138532455	5,13%	0,96	0,99	0,97	0,95	0,96	0,03	0,13%	5,80%
7	31658177	48129138	18592209	28042426	126421950	120341248	4,45%	0	0,99	1,00	0,95	0,98	0,02	0,00%	0,00%
8	25440228	28019026	14090123	29804056	97353432	95511020	3,53%	0,9232	0,99	0,89	0,95	0,92	0,06	0,19%	8,49%
9	52393612	37987582	3116707	10491193	103989095	100708949	3,73%	0,9467	0,99	0,90	0,95	0,95	0,02	0,08%	3,49%
10	26947502	23649211	53668161	31610526	135875401	134915136	4,99%	0,9266	0,99	0,93	0,95	0,93	0,07	0,31%	13,62%
11	57633263	13201752	25787422	53562340	150184777	145222993	5,37%	0,9351	0,99	0,88	0,95	0,94	0,03	0,17%	7,31%
12	8417488	54565338	6357324	61165085	130505235	124437575	4,60%	0	0,99	1,00	0,95	0,97	0,02	0,00%	0,00%
13	65381191	25300952	6059499	26994548	123736190	118816688	4,40%	0	0,99	1,00	0,95	0,98	0,02	0,00%	0,00%
14	37076394	25658858	19476694	33597110	115809056	113817310	4,21%	0,9251	0,99	0,88	0,95	0,93	0,06	0,23%	10,08%
15	49503737	2366784	53865417	5808709	111544648	109163423	4,04%	0,968	0,99	1,00	0,95	0,97	0,01	0,04%	1,87%
16	9418495	38959276	10664154	45785345	104827270	100150599	3,71%	0	0,99	1,00	0,95	0,97	0,01	0,00%	0,00%
17	21770584	25716295	24256050	21848504	93591434	90977379	3,37%	0,9563	0,99	0,97	0,95	0,96	0,02	0,05%	2,30%
18	17684758	31196413	6893407	29336282	85110860	82941989	3,07%	0,972	0,99	1,00	0,95	0,97	0,00	0,01%	0,34%
19	11213309	6799384	43325675	14327094	75665462	73111520	2,71%	0,91	0,99	0,92	0,95	0,91	0,06	0,14%	6,31%
20	30214053	32500761	1417675	3268585	67401074	64344038	2,38%	0,9258	0,99	0,87	0,95	0,93	0,03	0,07%	2,93%
21	6768134	16952902	13569775	19764081	57054893	55740026	2,06%	0,876	0,99	0,83	0,95	0,88	0,10	0,19%	8,23%
22	10681328	12391954	20393622	9812228	53279132	50624435	1,87%	0	0,99	0,98	0,95	0,95	0,00	0,00%	0,00%
23	2611864	18776555	9936780	14636402	45961602	44176721	1,63%	0,7751	0,99	0,68	0,95	0,78	0,19	0,25%	10,81%
24	10358582	8229371	15024980	3746065	37358998	36084843	1,34%	0	0,99	1,00	0,95	0,97	0,01	0,00%	0,00%
25	6953823	8422596	1173084	16627570	33177073	32274905	1,19%	0,9651	0,99	1,00	0,95	0,97	0,01	0,01%	0,40%
26	353444	15479203	6106832	6727063	28666541	27967757	1,03%	0,9557	0,99	0,97	0,95	0,96	0,02	0,02%	0,89%
27	3006958	7056174	11056986	5622784	26742902	25850043	0,96%	0,8313	0,99	0,80	0,95	0,83	0,14	0,11%	4,91%

28	2586445	6343580	5467081	6878343	21275449	20698334	0,77%	0,9655	0,99	1,00	0,95	0,97	0,01	0,01%	0,25%
29	10368128	4461755	2345924	1140621	18316429	18242272	0,68%	0,9319	0,99	0,86	0,95	0,93	0,06	0,04%	1,78%
30	6011407	3740740	5624035	1907334	17283516	16649793	0,62%	0,6968	0,99	0,47	0,95	0,70	0,28	0,12%	5,23%
31	5177099	5115392	5850226	521750	16664468	15927867	0,59%	0	0,99	0,98	0,95	0,96	0,01	0,00%	0,00%
32	683805	4492753	3376568	2602668	11155795	11034030	0,41%	0,9477	0,99	0,97	0,95	0,95	0,04	0,02%	0,71%
33	3772156	3973757	2093657	1567821	11407391	11000840	0,41%	0,9044	0,99	0,86	0,95	0,90	0,06	0,02%	1,01%
34	5320018	2793917	649458	1740599	10503992	10809914	0,40%	1	0,99	0,94	0,95	0,96	0,06	0,03%	1,15%
35	779140	3758386	2236089	3240471	10014086	9568285	0,35%	0,8246	0,99	0,75	0,95	0,82	0,14	0,04%	1,76%
36	3179392	4624019	321142	293905	8418458	8340909	0,31%	0,9654	0,99	0,95	0,95	0,97	0,03	0,01%	0,34%
TOTAL	908921880	875113848	614811682	749224463	3148071873	2702282263	100,00%	-			-	2,27%	100,00%		

Fonte: Dados da pesquisa.

4 CONCLUSÃO

Embora existam na literatura modelos que buscam indicar previamente situações de insolvência em empresas, suas abordagens não são direcionadas a empresas do setor de construção civil e, portanto, esses modelos não permitem indicar quais classes de ativos da carteira estariam contribuindo em maior proporção para essa situação de risco da empresa, bem como quais seriam os períodos críticos.

O risco de crédito é importante no contexto de risco de insolvência em geral uma vez que o mesmo representa o risco de inadimplência dos devedores da empresa. No entanto observa-se no caso de empresas do setor de construção que, na maioria das vezes, esse risco é minimizado, uma vez que o objeto do contrato passa a ser uma garantia real do recebimento desse ativo. Em contrapartida, diferentemente de empresas do setor financeiro, observa-se que a disponibilização desse ativo para liquidação das obrigações da empresa está intimamente ligada à liquidez do ativo, que por sua vez está sujeita a uma condição de mercado do setor em um período específico.

Outro fator importante é que as empresas do setor na prática da modalidade de incorporação imobiliária

realizam uma venda para entrega futura, ou seja, os seus recebimentos passam a estar intimamente ligados à sua capacidade técnica de entrega do produto no prazo acertado do contrato de venda. Os impactos desses riscos, nomeados de liquidez e engenharia, na solvência da empresa, podem ser ainda maiores quando o descasamento entre ativos e passivos não for suficiente para compensar a diferença entre ativos provisionados como recebíveis e ativos efetivamente recebidos.

O objetivo deste trabalho foi o de formular uma nova medida estatística em que, além de ter base no descasamento entre ativos e passivos com o risco de crédito incorporado, como indicou Monte-Mor e Sanfins (2014) na formulação da medida *RiD*, incorpore também os riscos de liquidez e engenharia na determinação do risco de insolvência ao qual a instituição está submetida. Essa nova medida foi nomeada neste trabalho de *RiD_{civil}*.

Por meio das simulações apresentadas, verifica-se que a abordagem proposta para o risco de insolvência para empresas do setor de construção civil permite não só o acompanhamento periódico do descasamento entre ativos e passivos, fornecendo a valor presente um grau de insolvência de uma instituição do setor, mas também incorpora diferentes riscos inerentes a diferentes classes de

recebíveis, dando assim uma resposta mais precisa para empresas do setor da construção civil.

Como verificado pelas simulações, a incorporação dos fatores de risco de liquidez e engenharia ao risco de crédito no modelo foi capaz de capturar os efeitos dos descasamentos entre ativos e passivos com uma diferença entre o verdadeiro percentual de descasamento e o percentual calculado inferior a 7×10^{-6} para qualquer nível percentual considerado. Observando-se os resultados fornecidos pelas medidas RiD_{civil}^t e R^t , conclui-se que essas medidas possibilitam um posicionamento mais realista das obrigações presentes no balanço patrimonial, no que tange principalmente aos quesitos cumprimento de metas e redirecionamento de recursos no longo prazo.

Essa funcionalidade da ferramenta como auxílio à gestão financeira de empresas desse setor pode ser avaliada na aplicação do exemplo hipotético, em que foi mostrado que a ferramenta permite indicar em quais períodos o descasamento é mais severo e também quais classes de ativos estão influenciando mais no descasamento entre ativos e passivos. Em estudos posteriores, pretende-se estabelecer uma medida probabilística ao RiD_{civil} , que indicará a influência da habilidade do gestor na redistribuição dos recursos. Outro tema de estudo futuro é a

criação de uma função estatística para determinação de valores condizentes com o mercado brasileiro da construção civil, para as medidas de risco de crédito, risco de liquidez e risco de engenharia.

Por fim, o novo modelo RiD_{civil} , além de indicar uma probabilidade mais realística de insolvência para empresas do setor da construção civil, fornece resultados que permitem uma gestão mais eficiente dos recursos da empresa no longo prazo. Assim, os resultados obtidos pela medida RiD_{civil} , tanto os globais quanto os marginais, podem ser utilizados para que as empresas de construção tracem estratégias de forma a minimizar o risco de falência, dadas as perdas esperadas associadas à atividade em questão, ou ainda para que os processos de recuperação judicial sejam desenhados de forma a permitir a efetiva recuperação da empresa em questão.

Vale ressaltar ainda que, para que alterações no custo de capital ao longo do tempo não distorçam as inferências a serem feitas a partir da medida proposta, todas as simulações apresentadas nesse trabalho consideraram fluxos de recebíveis e obrigações inicialmente formulados de forma a já representarem o valor presente de cada ativo/passivo futuro da empresa. Recomenda-se que futuras pesquisas avaliem o comportamento da medida de insolvência proposta em cenários

macroeconômicos em que haja alterações das taxas de inflação, de juros e do custo de capital das empresas.

REFERÊNCIAS

ALTMAN, E.I. Financial ratios, discriminant analysis and prediction of corporate bankruptcy. **Journal of Finance**, v. 23, n. 4, p. 189-209, 1968.

ALVES, P.R.R. **O desenvolvimento do sistema financeiro imobiliário e da securitização de recebíveis imobiliários na redução do déficit habitacional brasileiro.** 2005. 86 f Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO. Perspectivas do investimento 2010-2013 na Construção Civil. Disponível em: <<http://www.bnDES.gov.br>>. Acesso em: 12 fev. 2010.

BOLSA DE VALORES DO ESTADO DE SÃO PAULO. Dados de mercado. Disponível em: <<http://bmfbovespa.comuniques.com.br>>. Acesso em: 12 fev. 2010.

BRITO, G.A.S.; ASSAF NETO, A. Modelo de Classificação de Risco de Crédito das Empresas. **Revista Contabilidade e Finanças**, v. 19, n. 46, p. 18-29, 2008.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Participação da Construção Civil no PIB Brasil. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/home/participacao-da-construcao-civil-no-pib-brasil>>. Acesso em: 12 fev. 2010.

CORREIA, C.S.V. Previsão da insolvência: Evidência no setor da construção. 2012. 72 f. Dissertação

(Mestrado) - Universidade de Aveiro, Portugal, 2012.

DÉCAMP, J.; ROCHE, J.; ROGER, B. The three pillars of Basel II: Optimizing the mix, **Journal of Financial Intermediation** v. 13, p. 132-155, 2004.

EXAME.COM. Cenário interno leva ações de construtoras a perderem valor. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/mercados/noticias/cenario-interno-leva-acoes-de-construtoras-a-perdem-valor>>. Acesso em: 12 fev. 2010.

HANNAN, T.H.; HANWECK, G.A. Bank Insolvency Risk and the Market for Large Certificates of Deposit. **Journal of Money, Credit and Banking**, v.20, n. 2, p. 203-211, 1988.

HORTA, R.A.M.; BORGES, C.C.H.; CARVALHO, F.A.A.; ALVES, F.J. dos S. Previsão de Insolvência: Uma Estratégia para Balanceamento da Base de Dados Utilizando Variáveis Contábeis de Empresas Brasileiras. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p. 21-36, 2011.

HSIAO, S.H.; WHANG, T.J. A study of financial insolvency prediction model for life insurers. **Expert Systems with Applications**. v.36, p. 6100-6107, 2009.

JUNIOR, A.F.A.; NOGUEIRA, D.G.; SHIKIDA, C.D. Analysis of the efficiency of national civil construction firms. **Brazilian Business Review**, v. 9, n. 3, p. 45-70, 2012.

KANITZ, S. C. **Indicadores contábeis e financeiros de previsão de insolvência:** a experiência na pequena e média empresa brasileira. São Paulo: 1976. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo.

KIM, YONG. Modeling of commercial real estate credit risks. **Quantitative Finance**. v. 13 n. 12, p. 1977-1989, 2013.

LANGFORD, D.; IYAGBA, R.; KOMBA, D. M. Prediction of solvency in construction companies. **Construction Management and Economics**, v. 11, n. 5, p. 317-325, 1993.

MASON, R.J.; HARRIS, F.C. Predicting company failure in the construction industry. **Proceedings Institution of Civil Engineers**, v. 66, n. 2, p. 301-317, 1979.

MERTON, R. C. Theory of Rational Option Pricing. **Bell Journal of Economics and Management Science**, v. 4, 141-183, 1973.

MONTE-MOR, D.S.; SANFINS, M. A. dos S. RiD: Uma Nova Abordagem para o Cálculo do Risco de Insolvência. **Revista Brasileira de Finanças**, v. 12, n. 2, p. 229-255, 2014.

SALCEDO-SANZ, S.; FERNANDEZ-VILLACANAS, J.; BOUSONO-CALZON, C., & SERGOVIA-VARGAS, M. Genetic Programming for the Prediction of Insolvency in Non-Life Insurance Companies. **Computers & Operations Research**, v. 32, p. 749-765, 2005.

SERASA EXPERIAN. **Indicador Serasa Experian de Falências e Recuperações**. Disponível em: <<http://noticias.serasaexperian.com.br/indicadores-economicos/falencias-e-recuperacoes/>>. Acesso em: 12 fev. 2015.

THOMSON, J. B. Predicting Bank Failures in the 1989s. **Economic Review**, v. 27, p. 9-20. Federal Reserve Bank of Cleveland, 1991.