

## **Ganhos Potenciais do Uso do *Blockchain* na Avaliação do Risco de Crédito**

### **Potential Gains from Using Blockchain in Credit Risk Assessment**

**Rafael Xavier de Oliveira<sup>1</sup>**

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Contábeis pela Universidade de Brasília

[rafael\\_oliveira1@yahoo.com.br](mailto:rafael_oliveira1@yahoo.com.br)

**Nilton Oliveira da Silva**

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Contábeis pela Universidade de Brasília

[niltonos2@gmail.com](mailto:niltonos2@gmail.com)

**Rodrigo de Souza Gonçalves**

Doutor em Ciências Contábeis e Professor do Departamento de Ciências Contábeis e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade de Brasília, FACE, Brasília/DF

[rgoncalves@unb.br](mailto:rgoncalves@unb.br)

**José Alves Dantas**

Doutor em Ciências Contábeis e Professor do Departamento de Ciências Contábeis e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade de Brasília, FACE Brasília/DF,

[josealvesdantas@unb.br](mailto:josealvesdantas@unb.br)

#### **Resumo**

Este estudo buscou apresentar os ganhos potenciais na mensuração do risco de crédito a partir da adoção da tecnologia *blockchain*. Para isso, foram analisadas as informações contábeis de três grandes empresas brasileiras no período de 2011 a 2018, simulando uma *proxy* de um novo ambiente informacional a partir do advento do *blockchain*, propiciando a chamada *real-time accounting*, com vistas ao monitoramento do risco de crédito. Assim, demonstrou-se como seria o efeito de se obter informações contábeis nesse ambiente (quase de simultaneidade), contrastando com informações trimestrais. Utilizando o modelo *Z-score* de Altman (1968) como referência – embora não seja propósito validar a pertinência desse modelo como medida efetiva de risco de crédito – foi constatado que a curva do gráfico de risco estimado com os dados diários prediz mais apropriadamente os dados de risco calculados com as informações trimestrais, ou seja, a tecnologia *blockchain* tem o potencial de proporcionar novos benefícios quanto a maior tempestividade de análise. Como contribuições ao avanço da literatura sobre o tema, este estudo amplia a discussão sobre os benefícios potenciais do *real time accounting*, em especial na avaliação de risco de crédito. A realização das simulações dos efeitos proporcionados pelo uso do *blockchain* contribui para que o debate sobre o uso dessa tecnologia na preparação e divulgação das informações contábeis supere as discussões eminentemente teóricas, procurando estimar, de certa forma, os seus impactos.

**Palavras-chave:** Risco de Crédito; *Blockchain*; *Z-Score*; *Real-time accounting*.

---

<sup>1</sup> Os autores agradecem aos avaliadores e participantes do XVII Congresso Internacional de Contabilidade e Auditoria (CICA), em especial Dra Maria José Angélico Gonçalves. Aos avaliadores blind review da revista Sociedade, Contabilidade e Gestão, que contribuíram, com seus questionamentos, para o aprimoramento do estudo.

## Abstract

This paper aimed to present the potential gains in measuring credit risk from the adoption of blockchain technology. For this, we analyzed the accounting information of three large Brazilian companies from 2011 to 2018, simulating a proxy for a new informational environment from the advent of the blockchain, providing the so-called real-time accounting, with a view to monitoring the risk of credit. Thus, it was demonstrated how would be the effect of obtaining accounting information in this environment (almost simultaneous), contrasting with quarterly information. Using the Altman Z-score model (1968), as a reference - although it is not intended to validate the relevance of this model as an effective measure of credit risk - it was found that the curve of the estimated risk graph with the daily data more appropriately predicts then risk calculated with the quarterly information, that is, blockchain technology has the potential to provide new benefits in terms of increased analysis timeliness. As contributions to the advancement of the literature on the subject, this study expands the discussion on the potential benefits of real time accounting, especially in the assessment of credit risk. The simulations of the effects provided by the use of blockchain contribute to the debate on the use of this technology in the preparation and dissemination of accounting information to overcome the eminently theoretical discussions, trying to estimate, in a certain way, its impacts.

**Keywords:** Credit risk; Blockchain; Z-Score; Real-time accounting.

## 1. Introdução

No mercado de crédito, um melhor ajuste nos critérios de concessão passa pela mensuração de forma mais adequada do risco de crédito, na tentativa de mitigar ao máximo os eventos de inadimplência, pois estes correspondem a um custo elevado dentro do processo de intermediação e contribuem negativamente para o desenvolvimento do mercado (MERTON, 1974; OREIRO et al., 2006; BECKER et al., 2016).

Berger e DeYoung (1997), por exemplo, verificaram que as empresas perto de entrarem em *default* apresentam grandes percentuais de créditos inadimplentes, levando à conclusão de que esse fator tem importante papel na hora de verificar possibilidade de insolvência. Para Chaia (2003), apesar de todas as operações de crédito apresentarem uma inadimplência esperada, normalmente as políticas de crédito em instituições bancárias focam-se na análise e concessão do crédito (primeira parte do processo) e pouco no ciclo completo da operação, que também corresponde ao momento pós-concessão, que é onde se obtém o retorno do valor do crédito concedido.

Chaia (2003) ainda destaca que a análise para concessão do crédito depende de características dos devedores (obtidas por meio do cadastro de clientes da instituição) e das condições econômicas e de mercado, que são analisadas à luz do modelo de risco de crédito, de forma a subsidiar a decisão quanto ao risco de *default* e aprovação ou não do crédito, considerando a tolerância ao risco que a instituição possui para a operação.

Complementarmente, constata-se que o estabelecimento de mecanismos como *covenants* (DEMIROGLU; JAMES, 2010; REISEL, 2014), relatório de auditores independentes, especialmente com opinião modificada (CHEN et al, 2016) e análises por meio de indicadores macroeconômicos (TANG; YAN, 2010; ALI; DALY, 2010) são incorporados aos modelos de análise de risco de crédito e desempenham importante papel na mitigação do risco de inadimplência via redução da assimetria informacional entre as partes. No caso do estudo de Demiroglu e James (2010) ficou evidenciado que o estabelecimento de *covenants* está diretamente relacionado a reduções no custo de emissão de títulos, papel semelhante ao que desempenha o relatório com opinião modificada dos auditores independentes, conforme constatado por Chen et al. (2016).

Portanto, a partir de uma série de variáveis, os modelos de mensuração do risco de

crédito são alimentados com informações relativas: às condições macroeconômicas e de mercado (TANG; YANG, 2010) – fatores alheios a cada tomador de crédito, mas que afetam diretamente a percepção das instituições bancárias sobre a sua probabilidade de *default*; e às características dos devedores – que são encontradas nas bases de dados dos clientes das instituições financeiras, de acordo com os parâmetros definidos pelas áreas de concessão de crédito, apoiados por avaliações da capacidade de pagamento de cada cliente, sendo os dados históricos de inadimplência muito importantes nesse contexto (CHAIA, 2003).

Logo, constata-se que os bancos buscam dispor de bases de dados de clientes atualizadas e fidedignas, para que se possa obter informações confiáveis para a área gestora de crédito, buscando reduzir ao máximo a assimetria existente entre a situação do tomador do crédito e a análise feita em sua concessão. Nesse sentido, segundo Boles (2017), a digitalização promovida pela transformação tecnológica ganha força, e com ela, a tecnologia da contabilidade distribuída, também conhecida como *blockchain*.

Para Fanning e Centers (2016), esse novo paradigma tecnológico proposto gerou muito interesse ao apresentar uma alternativa aos meios de pagamento que não dependia de confiança, mas de prova criptográfica para certificar transações. Na mesma corrente está Antonopoulos (2014), ao mencionar que há uma mudança de paradigma em curso, na qual, a confiança das transações não será depositada mais nas pessoas, mas na matemática. Um ano após a divulgação de Nakamoto (2008), a tecnologia passou a ser utilizada, permitindo a mineração e geração de moedas virtuais (criptomoedas) denominadas “*bitcoins*”.

De modo geral, estudos que analisaram a implementação da tecnologia *blockchain* no setor bancário salientam que se as empresas mantiverem seus registros financeiros e contábeis nessa plataforma, as oportunidades para gerenciamento de resultados poderiam ser reduzidas, permitindo uma gestão de risco de crédito mais adequada, haja vista que as transações estariam disponíveis com mais acurácia e tempestividade aos *stakeholders* (WARD-BAILEY, 2016; TAPSCOTT; TAPSCOTT, 2017; COCCO et al., 2017; NOFER et al., 2017; BYSTRÖM, 2019; WANG et al., 2019).

Ao reduzir a margem para gerenciamento de resultados, que é parte integrante do risco operacional, acredita-se que o risco de crédito diminua, uma vez que a tomada de decisão por parte da instituição financeira na concessão ou não de um empréstimo para os agentes deficitários se baseia nas informações apresentadas (DUFFIE; LANDO, 2001).

Assim, caso as empresas aumentem a transparência, a qualidade da informação evidenciada e sua tempestividade permitirá a análise e a avaliação do risco de crédito com maior eficácia, podendo impactar significativamente todo o processo atualmente existente (BYSTRÖM, 2019).

Naturalmente que a redução da assimetria informacional entre o tomador do crédito e o ofertante tem significativo peso no *trade-off* entre risco e retorno. Nesse sentido, as características do *blockchain* podem reduzir o tempo de processamento dos dados e custos de transação, melhorar a segurança e a transparência das informações, o que ajudaria a reduzir o problema da assimetria (BYSTRÖM, 2019; WANG et al., 2019). Diante disso, há benefícios na avaliação do risco de crédito a partir de uma maior tempestividade das informações contábeis advindas pelo uso da tecnologia *blockchain*?

Como objetivo do estudo, portanto, propõe-se discutir os benefícios potenciais associados ao *real-time accounting* propiciada pelo uso da tecnologia *blockchain* na produção das informações contábeis e sua utilização na avaliação do risco de crédito. Para esse fim, além dos aspectos teóricos, são simulados os impactos do ganho informacional na avaliação do risco de crédito das empresas em um ambiente de *real-time accounting*, utilizando dados de três grandes companhias brasileiras listadas na B3 – Petrobrás, Vale e MRV.

Embora ainda não se tenha uma forma concreta de avaliar como o *blockchain* impactará a mensuração do risco de crédito da maneira como se conhece atualmente, por não haver

situações práticas de aplicação dessa tecnologia, a partir dos estudos de Byström (2019) e Wang *et al.* (2019) identificou-se uma *proxy* de como poderia funcionar a *blockchain* na redução da assimetria informacional, e por conseguinte, no gerenciamento do risco de crédito.

Assim, este estudo contribui para o avanço da literatura, ao discutir e procurar estimar os benefícios do uso da tecnologia *blockchain* aplicada à produção das informações financeiras e ao gerenciamento do risco de crédito. Amplia, portanto, o debate a respeito do tema, avançando em relação a estudos com abordagem mais qualitativa e de aspectos gerais, de como a tecnologia pode ser aplicada nos diversos setores da economia – como Pires (2016), Katori (2018), Lima *et al.* (2018), Cardoso *et al.* (2018) e Roman (2018) – ou agregando novas percepções sobre a aplicação prática do *blockchain* – como o fizeram Nakamoto (2008), Swan (2015), Ward-Bailey (2016), Tapscott e Tapscott (2017), Cocco *et al.* (2017), Nofer *et al.* (2017), Zemlianskaia (2017), Wang *et al.* (2019) e Byström (2019).

Apesar de se basear em Byström (2019), o único com foco equivalente, para simular os efeitos do *real time accounting* na avaliação de risco de crédito, este estudo inova não apenas por ajustes metodológicos aplicados, mas também pelo fato de considerar os dados de companhias brasileiras – com características de negócio, de organização e de mercado distintas das consideradas no estudo original.

Ante o exposto, o estudo busca apresentar, por meio das próximas seções, a tecnologia *blockchain*, de que forma sua utilização poderá auxiliar na segurança de dados e na redução da assimetria informacional que reflete na redução de custos para o sistema financeiro, especificamente, no que tange o gerenciamento do risco de crédito. E, a partir da análise das empresas da amostra, corroborar com os achados de Byström (2019) e Wang *et al.* (2019), que a adoção da tecnologia estará relacionada a uma nova visão metodológica do risco de crédito, à medida que a redução do *timing* das informações proporcionará um efeito supostamente relevante no modo em que se analisa crédito atualmente.

## 2. Referencial Teórico

Essa seção busca apresentar a discussão acerca do surgimento da tecnologia *blockchain*, as vantagens relacionadas à informação obtida por meio desse mecanismo, bem como essa tecnologia pode contribuir na modelagem do risco de crédito em instituições financeiras.

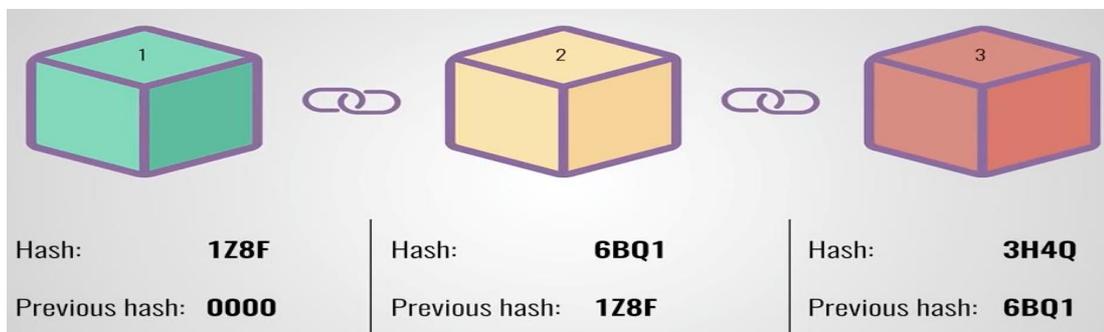
### 2.1 *Blockchain*: Qualidade e Segurança da Informação

Em 2008, surgiu um novo modelo de sistema de pagamentos apresentado por Nakamoto (2008), o qual garantia suprir as fragilidades existentes até então. Em seu trabalho, houve a apresentação da primeira criptomoeda, o *bitcoin*, que causou grande interesse pelo seu potencial econômico, e, ao mesmo tempo, como toda nova tecnologia, cautela no uso dessa plataforma (PETERS; PANAYI, 2016; COCCO *et al.*, 2017).

Essas criptomoedas são utilizadas em transações financeiras e não possuem aceitação irrestrita, além de não serem controladas por uma autoridade central, o que as tornam mais atraentes. Na tentativa de que as transações se tornassem seguras e confiáveis, foi desenvolvida a tecnologia denominada *blockchain* (FANNING; CENTERS, 2016).

Essa tecnologia pode ser descrita, segundo Nakamoto (2008), como uma cadeia de blocos de forma criptografada para verificar e armazenar dados, além de utilizar algoritmos matemáticos para conferência e atualização. Para tanto, ela se vale de um crescente registro de informações, listados cronologicamente, no qual, após o primeiro *input*, todas as alterações ou transações ficam registradas e protegidas contra adulteração e revisão. Para Yermack (2017), por conta dessas características o uso do *blockchain* traz maior segurança digital com redução de custos em escala.

Contudo, as operações precisam ser validadas antes de serem registradas, para que assim não ocorra a inserção de informação espúria na cadeia de dados. Esse processo é realizado por diversos computadores espalhados por todo o mundo e sem relação um com o outro, e se todos os computadores validam o *input* de dados, a transação é registrada (WARD-BAILEY, 2016). Essa cadeia de blocos dispostos em ordem cronológica está apresentada na Figura 1.



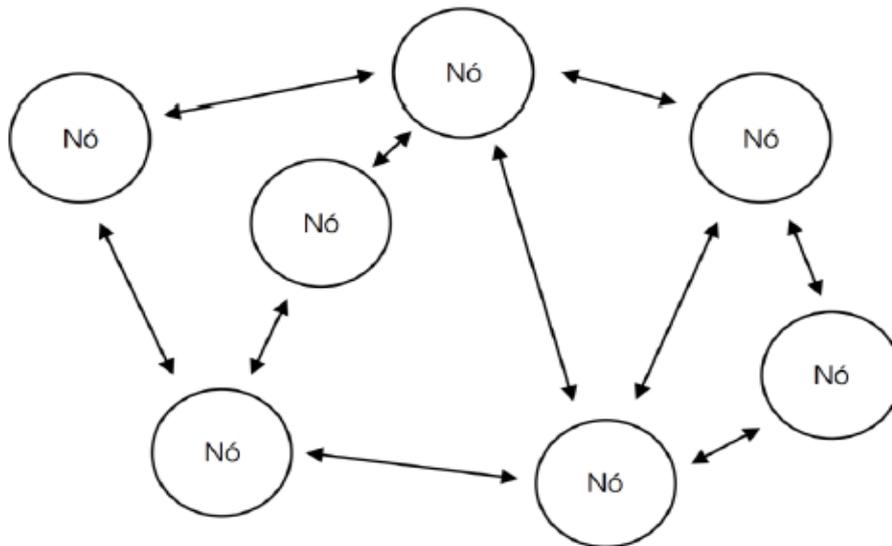
**Figura 1: Transações cronológicas na cadeia de blocos**  
Fonte: adaptado de Antonopoulos (2014, p. 29)

Na figura 1, o bloco inicial, justamente por ser o primeiro da cadeia, não possui o *hash* do bloco anterior, sendo chamado, portanto, de Bloco Gênesis. A partir de então, os demais blocos informacionais adicionados posteriormente à cadeia possuem seu próprio *hash* e só se ligam ao anterior a partir da validação feita pelo algoritmo de que este não possui alteração no seu conteúdo. Caso se verificasse essa alteração, o elo seria rompido, pois para cada mudança de informação em um bloco da cadeia, há um novo *hash* gerado automaticamente, logo, a chave de entrada para o bloco seguinte seria corrompida, evidenciando exatamente o local que ocorreu a ruptura.

Segundo Lazanis (2015) e Byström (2019) o *blockchain* é basicamente um livro-razão que dificilmente pode ser alterado ou cujos registros possam ser deletados. Daí tira-se sua utilidade como um livro de registros confiável para ser utilizado como base de dados para registros financeiros e contábeis.

Zemlianskaia (2017) define de maneira bem ampla a tecnologia como sendo um grande registro distribuído entre muitas partes diferentes e protegido criptograficamente. Esse sistema de registros distribuído contém todas as informações em forma de blocos e cria elos entre eles para facilitar a recuperação da informação. Permite também uma garantia que essa informação não está sendo alterada ou deletada e assegurar que todos os registros transacionais realizados desde o início da operação estejam protegidos.

A Figura 2 apresenta esse modelo distribuído, baseado na arquitetura *p2p*, que se contrapõe ao modelo tradicional centralizado, cliente-servidor, em um mesmo servidor. Assim, cada computador, chamado nó, executa ao mesmo tempo as funções cliente e servidor, diferentemente do modelo tradicional, no qual cada máquina executa a função cliente, envia solicitações e aguarda a resposta do servidor central (PIRES, 2016).



**Figura 2: Modelo blockchain p2p de informação descentralizada**

Fonte: Adaptado de WANG et al. (2009)

Ward-Bailey (2016) menciona que para adulterar uma transação dentro do *blockchain*, o usuário teria que quebrar a criptografia existente, o que provocaria erros em cadeia nas validações feitas por boa parte dos computadores. Assim seria possível que se chegasse, quase imediatamente, no ponto de rompimento.

As características do *blockchain* admitem que as transações financeiras recebam menores custos de transação e redução no tempo de processamento dessas transações, conseqüentemente, uma melhora na segurança das informações. Isso se dá também pelo fato de tais características indicarem uma descentralização, forte autenticação e resistência à adulteração, a partir do momento que todos os envolvidos publicam e verificam os novos registros, por meio da capacidade do sistema averiguar, de forma criptografada, os dados trabalhados (WANG *et al.*, 2019).

Conforme Zemlianskaia (2017), essa nova visão trazida pelo *blockchain* é avaliada pelas instituições financeiras como uma forma que afasta a ameaça sistêmica e aproxima de uma nova ferramenta de melhoria, modernização e otimização de processos. Isso tem impulsionado a criação de alguns consórcios e congressos com o objetivo de investigar e desenvolver formas de utilização dos registros distribuídos em *blockchain* para o sistema financeiro.

Verifica-se que o *blockchain*, inserido nesse contexto, está modificando a forma como os dados são trabalhados e manipulados, pois o processo de sistema de registros distribuído e compartilhado tende a tornar o ambiente mais seguro para empresas, clientes, bancos, governo, etc., de forma que os atores participantes desta rede, centrada em informações totalmente *peer-to-peer*, sem o auxílio de intermediários, pode garantir uma transparência digital e maior confiança nos registros das informações (LEWIS *et al.*, 2017; RÜCKESHÄUSER, 2017).

Yermack (2017) enfatiza que a área em que é possível ver a utilização eficiente do *blockchain* é justamente a do mercado financeiro, representando uma economia financeira relevante nas transações, como liquidação e de pagamentos, bem como maior fidedignidade nas informações disponíveis.

## **2.2 O Blockchain como Ferramenta de Redução da Assimetria da Informação**

No contexto econômico mundial, os intermediadores financeiros assumem papel relevante na eficiência da economia a partir do fornecimento de serviços de liquidez e gerenciamento de riscos, ajudando a potencializar os mercados financeiros com a canalização

dos fundos credores para os devedores (MISHKIN; EAKINS, 2015). No entanto, esses mercados não estão isentos de serem atingidos pela problemática de que uma parte geralmente não sabe o suficiente sobre a outra, gerando uma desigualdade informacional, característica típica na maioria dos negócios (SCOTT, 1997).

Sob a ótica da análise de crédito, as informações normalmente são obtidas por meio das demonstrações financeiras que são preparadas em intervalos regulares, geralmente trimestrais, que devem apresentar, de maneira fidedigna e relevante informações acerca da entidade. Para assegurar que essa informação atenda as características qualitativas ora mencionadas e reflitam a realidade ali contida, tem-se a figura do auditor independente (CHEN et al, 2016). Na ponta desse processo informacional, aparecem os financiadores do negócio interessados em saber da situação econômico-financeira da entidade. Esses são representados, principalmente, por bancos e investidores que confiam no papel da auditoria e nas informações publicadas para poderem aplicar seus recursos, com interesse de obter remuneração para o capital investido.

Nesse cenário, a confiança tem papel relevante na tomada de decisão, pois, acredita-se que as demonstrações financeiras se apresentam de forma não enviesada e que o auditor cumpriu bem com o seu trabalho (CHEN et al, 2016). Nesse contexto, o *blockchain* pode vir a se tornar um agente redutor das incertezas (LAZANIS, 2015; BYSTRÖM, 2019).

Segundo Roman (2018), na tecnologia *blockchain*, baseada na descentralização do controle da informação, há uma transferência de poder, no qual, a informação passa das mãos de um único indivíduo para um grupo maior de usuários, possibilitando maior integridade informacional entre os agentes do sistema. Em outras palavras, Roman (2018) afirma que a assimetria informacional está positivamente relacionada ao aumento do risco e negativamente relacionada à perda do valor de mercado de uma empresa.

Ainda para Okupski (2014), quando se usa a tecnologia *blockchain*, não há interesse que haja informação assimétrica, enquanto Yermack (2017) afirma que se todas as transações comerciais de uma entidade ou de uma pessoa física fossem colocadas no *blockchain*, essas informações não seriam assimétricas para nenhum agente de mercado, que poderiam visualizá-las em tempo real.

Nesse cenário, a mensuração do risco de crédito por parte dos bancos também seria impactada, pois, ao invés desses agentes esperarem para calcular este risco trimestralmente, com as informações publicadas, esse poderia ser calculado em tempo real, sempre que necessário, com informações públicas, não corrompíveis e sempre tempestivas (BYSTRÖM, 2019).

Dessa forma, o *blockchain* pode ser visto como uma oportunidade de registro de dados com melhor confiabilidade, disponibilidade e integridade (esta última característica relacionada à acurácia, consistência e validade dos dados ao longo de toda a cadeia), rejeitando transações que já tenham sido modificadas ou suprimidas anteriormente (TAPSCOTT; TAPSCOTT, 2017; WARD-BAILEY, 2016; ZEMLIANSKAIA, 2017; WANG et al., 2019; BYSTRÖM, 2019). Para os serviços bancários de operações de crédito, as três características supracitadas são importantes, dada a relevância do produto para a instituição financeira (PETERS; PANAYI, 2016).

### **2.3 Gerenciamento do Risco de Crédito**

De acordo com Caouette et al. (1999) e Ferreira (2017), risco de crédito é a possibilidade de o credor incorrer em perdas devido ao não cumprimento do contrato da dívida pela contraparte. Naturalmente, tais perdas não são imediatas, porém, podem aumentar à medida que a possibilidade de inadimplência aumenta. Conforme Brito e Neto (2008), a perda da qualidade da carteira de crédito de um banco está intimamente ligada ao incremento da probabilidade de que os eventos de inadimplência ocorram. Por sua vez, a mensuração do risco

de crédito é feita por modelos de gerenciamento e podem ser segregados em três tipos, segundo Andrade (2003) e Brito e Neto (2008), conforme Quadro 1:

**Quadro 1: Modelos de Gerenciamento de Risco de Crédito**

Modelos	Características
Modelos de classificação de risco	buscam avaliar o risco de maneira individualizada, avaliando, especificamente, determinado devedor ou operação, sendo atribuída uma espécie de expectativa de perda, expressa quantitativamente pelo <i>score</i> dado pelo modelo de gerenciamento de risco em questão.
Modelos estocásticos de risco de crédito	buscam avaliar o comportamento probabilístico do risco de crédito ou das variáveis que o determinam, não definindo uma solução, mas um conjunto de soluções associadas a uma distribuição de probabilidades. Ou seja, diferentemente do <i>credit score</i> do primeiro ponto, no qual, a partir de uma determinada pontuação, infere-se a adimplência ou inadimplência do contrato, com esses modelos estocásticos o resultado das análise é um conjunto de probabilidades.
Modelos de risco de portfólio	utilizam eventos de probabilidade para se chegar ao risco de perda de uma carteira como um todo, e não para uma única operação. Essa ferramenta é relevante, pois permite que o risco de crédito também seja avaliado de maneira conjunta, considerando os efeitos da diversificação produzidos pelas correlações entre as variáveis presentes no modelo

Fonte: Adaptado de Andrade (2003) e Brito e Neto (2008)

Mensurar o risco de crédito é, portanto, avaliar a probabilidade de o agente deficitário não honrar com as obrigações estabelecidas no contrato de -empréstimo nas datas previamente definidas. É relevante destacar que não há ferramenta que assegure com 100% de eficácia se determinado tomador de crédito quitará suas dívidas, razão pela qual o gerenciamento do risco se baseia na premissa de que, no futuro, nem que seja curto prazo, as informações obtidas serão similares com os dados históricos recentes. Assim, busca-se modelar o perfil dos bons e maus pagadores, analisando as características dos que tiveram créditos adimplentes e inadimplentes (DANTAS; DESOUZA, 2008).

As informações contábeis têm papel relevante na alimentação desses modelos, pois são, com frequência, utilizadas como variáveis em diversos estudos, pois reforçam que os índices econômicos financeiros por elas produzidos apresentam que o evento de insolvência geralmente não é um processo repentino (BRITO; NETO, 2008). As referências utilizadas para que a instituições financeiras possam oferecer ao tomador a possibilidade de crédito, associam o risco a um juro quanto a possível perda ou deterioração do patrimônio, impossibilitando o cumprimento da dívida (GONÇALVES et al., 2013).

Sob a ótica do gerenciamento de risco, uma vez concedido o crédito, o monitoramento contínuo é relevante não apenas para avaliar não apenas para acompanhar o risco da carteira, mas também as suas conexões com o risco sistêmico, ou seja, por vezes a variação das condições de um único cliente não altera o risco da carteira de crédito, mas alterações conjunturais e macroeconômicas podem se alterar provocando sua deterioração (TANG; YAN, 2010; ALI; DALY, 2010). Nessa circunstância, quanto mais rápida for a ação, seja do agente que concedeu o crédito, seja da autoridade monetária, maior a possibilidade de recuperação do ativo.

### 3. Metodologia

Considerando o propósito de discutir os potenciais benefícios do *real-time accounting* – propiciada pelo uso da tecnologia *blockchain* na produção das informações contábeis – este

estudo se concentra na simulação dos efeitos de um modelo de risco de crédito baseado em informações contábeis, utilizando dados divulgados em intervalos periódicos trimestrais, em comparação com o que seriam informações diárias possibilitadas a partir do uso do *blockchain*.

Para esse fim, baseado em Byström (2019), que buscou estimar como as mudanças das informações contábeis fornecidas na ótica da tecnologia *blockchain* poderiam influenciar na metodologia de risco de crédito pelos bancos, utilizou-se como referência o modelo *Z-score* proposto por Altman (1968). Ainda que o estudo original de Byström (2019) tenha testado tanto o modelo de Altman quanto o Merton (1974), o presente estudo se concentra no primeiro, tendo em vista que: não há a pretensão de defender ou testar a pertinência desse modelo para a estimação do risco de crédito dos clientes bancários, mas estimar os efeitos do uso de informações contábeis mais tempestivas (diárias) em comparação ao atual padrão de divulgação financeira; e não obstante a clara inspiração, o presente estudo não chega ser uma replicação, tendo em vista que o método de estimação dos valores diários das variáveis se dá de forma distinta.

Embora baseado em Byström (2019), este trabalho se diferencia do original tanto nos critérios de estimação dos efeitos da *real-time accounting* possibilitada pelo uso do *blockchain*, – substituindo o método de números aleatórios por uma distribuição linear entre dois dados trimestrais consecutivos, melhor especificado na Seção 3.2 – bem como pelo fato de considerar os dados de companhias brasileiras – com características de negócio, de organização e de mercado distintas das consideradas no estudo original.

### 3.1 Modelo *Z-Score* de Altman (1968)

Um dos modelos mais conhecidos que trata o risco de crédito é o *Z-Score* de Altman (1968), que utiliza variáveis advindas das informações contábeis para prever a possibilidade de falência ou não de uma empresa. Esse método procura combinar alguns índices financeiros extraídos de dados das demonstrações financeiras das companhias, no intuito de identificar os clientes com menores ou maiores probabilidades de falir. Se enquadra, portanto, como um modelo preditivo.

O modelo *Z-Score* de Altman (1968), sintetizado na equação 1, consiste numa análise multivariada, na qual, cinco medidas são ponderadas e somadas para atingir um índice que serve de base para classificar as empresas em um dos dois grupos definidos *a priori*.

$$Z = 0,012 (X1) + 0,014 (X2) + 0,033 (X3) + 0,006 (X4) + 0,999 (X5) \quad (1)$$

Onde:

$X1$  = Capital de giro / Ativo total

$X2$  = Reserva de lucros / Ativo total

$X3$  = EBIT / Ativo total

$X4$  = Valor de mercado do patrimônio líquido / Valor contábil do passivo exigível

$X5$  = Receita líquida de vendas / Ativo total

A partir dos resultados obtidos com o *Z-score*, é possível estabelecer um valor crítico, no qual, a concessão de crédito por parte das instituições financeiras seria negada para as empresas que fossem classificadas “arriscadas”. Nesse modelo, Altman (1968) previu um valor de corte de 2,675, que separava as empresas solventes das insolventes. Porém, na possibilidade de ocorrência de erro em qualquer teste amostral, ele resolveu abrir uma chamada “zona cinzenta”, que aloca as empresas que recebem *score* entre 1,81 e 2,99, dentro da qual, existem

dúvidas sobre a continuidade das operações dessas companhias, mas não categoricamente classificadas como empresas ruins para se emprestar recursos. Assim, empresas que estivessem com *Z-score* menor que 1,81 seriam classificadas como empresas arriscadas para se conceder crédito e empresas com pontuação acima de 2,99 seriam classificadas como empresas menos arriscadas para se conceder recurso.

A utilização do modelo *Z-score* proposto por Altman (1968) para estimar como as mudanças das informações contábeis, possibilitadas numa nova ótica pela tecnologia *blockchain* poderiam influenciar na mensuração do risco de crédito dos clientes bancários, foi realizada por Byström (2019), tendo por referência duas grandes empresas americanas, Apple e Groupon. Como as informações contábeis de ambas são divulgadas trimestralmente, foram simulados valores diários, para que o *Z-score* pudesse ser calculado diariamente.

Ao fazer isso, Byström (2019) buscou aproximar o modelo preditivo trimestral para situações diárias, exatamente como se estima que irá ocorrer com o advento do *blockchain*. Logo, o risco de crédito das empresas não precisaria ser calculado com base em informações trimestrais; elas já estariam disponíveis a todo instante e o risco poderia ser calculado diariamente, mudando a perspectiva observada, nos dias atuais, de como mensurar risco de crédito das empresas. À medida que essa estimativa for validada, é possível inferir que as informações diárias tornariam o processo de monitoramento do risco de crédito mais confiável, criando alertas mais tempestivos para a instituição financeira tomar ações no sentido de garantir o cumprimento da obrigação contratual.

### **3.2 Estimação do *Z-Score* com o uso da *real-time accounting***

Embora baseado em Byström (2019), este estudo apresenta uma diferença metodológica relevante para a estimativa dos efeitos da *real-time accounting* possibilitada pelo uso do *blockchain*. Para estimar os valores diários do *Z-Score*, Byström (2019) considerou uma amostra de números aleatórios normalmente distribuídos com médias e desvios padrões estimados dos valores históricos reais, usando a regra *square root* e assumindo que os movimentos diários são independentes.

Neste estudo, ao contrário, são estimados os valores diários de cada um dos componentes das variáveis do modelo (eq. 1), utilizando a premissa de que há uma distribuição linear entre dois dados trimestrais consecutivos. Por esse método, os valores diários da variável  $X_1$  do modelo (eq. 1), por exemplo, são estimados a partir da distribuição linear entre dois trimestres consecutivos (dados reais) do Ativo Circulante, do Passivo Circulante e do Ativo Total. Essa mesma lógica é aplicada às demais variáveis, incluindo as de fluxo, como  $X_3$  e  $X_5$  – nesse caso, a premissa é que as receitas e despesas (reais) de um trimestre ocorrem de forma linear ao longo do período, ou seja, o valor diário corresponde à relação entre o valor do trimestre e o número de dias úteis.

### **3.3 Estimação dos efeitos da *real-time accounting* na mensuração do *Z-Score***

A partir da estimativa dos valores diários do *Z-Score* com o uso da *real-time accounting*, conforme Seção 3.1, o passo seguinte consiste em se avaliar os efeitos comparativos desse método com os decorrentes do uso dos dados contábeis trimestrais, na periodicidade em que é divulgada regularmente.

Assim, são comparadas, graficamente, curvas de *Z-Score*, usando (i) os dados contábeis históricos, no padrão atual, ou seja, divulgados periodicamente em até 45 dias após a data-base

trimestral e (ii) a estimação de valores diários, admitindo-se a premissa da distribuição linear de cada componente das variáveis entre dois trimestres consecutivos, que representaria um ambiente possível com a adoção da tecnologia *blockchain* na produção e divulgação das informações financeiras.

É importante ressaltar que, diferentemente de Byström (2019), em que os valores das duas séries convergem na data final de cada período, no presente estudo não há essa convergência, em função da consideração da defasagem de 45 dias, em relação à data-base, para a divulgação das demonstrações financeiras, conforme dispõe o art. 16, inciso VIII da Instrução Normativa nº 202/1993 da Comissão de Valores Mobiliários (CVM).

### 3.4 Objeto de estudo: empresas e período

Para a realização dos testes destacados nas Seções 3.2 e 3.3, são utilizados os dados trimestrais de três companhias brasileiras listadas na B3 – Petrobrás S/A, Vale do Rio Doce S/A e MRV S/A – considerando o período de 12/2011 a 12/2018.

A escolha por tais entidades se deu pela relevância que têm no cenário econômico brasileiro, bem como pelo fato de, ou individualmente ou o segmento terem enfrentado algum tipo de dificuldade: a Petrobrás foi envolvida em um processo de apuração de corrupção de grande repercussão; a Vale enfrentou problemas decorrente de segurança ambiental na exploração de mineração; e a MRV integra o segmento da construção civil, que enfrentou forte desaceleração econômica, em decorrência de problemas macroeconômicos do país.

A definição do período estudado, 2011 a 2018, se justifica, por sua vez, por coincidir com a adoção das *International Financial Reporting Standards* (IFRS) no Brasil, propiciando o uso de informações comparáveis, por usarem o mesmo padrão contábil. As informações foram obtidas diretamente na base de dados Economática®.

## 4. Discussão dos resultados

A Tabela 1 apresenta os resultados para as estatísticas descritivas de cada variável utilizada na estimação do modelo do *Z-score* conforme equação 1, verificadas no período pesquisado.

**Tabela 1: Estatísticas descritivas das variáveis de apuração do *Z-score*, de 31/12/2011 a 31/12/2018**

Empresas	Estatística	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	<i>X4</i>	<i>X5</i>
Petrobrás	Média	-0.0164	0.1783	0.0052	0.7006	0.0927
	Mediana	-0.0402	0.1898	0.0100	0.5690	0.0920
	Máximo	0.0960	0.2488	0.0203	1.7810	0.1119
	Mínimo	-0.1288	0.1066	-0.0586	0.2282	0.0758
	Desv padrão	0.0584	0.0513	0.0189	0.4194	0.0090
Vale	Média	0.0525	0.1540	0.0180	1.3856	0.0529
	Mediana	0.0533	0.1571	0.0245	1.3163	0.0538
	Máximo	0.0938	0.3184	0.0510	3.0119	0.0818
	Mínimo	-0.0048	0.0036	-0.0931	0.3536	0.0274
	Desv padrão	0.0271	0.1127	0.0266	0.7654	0.0131
MRV	Média	0.2260	0.0630	0.0148	0.9486	0.0653
	Mediana	0.2274	0.0625	0.0128	0.9203	0.0656

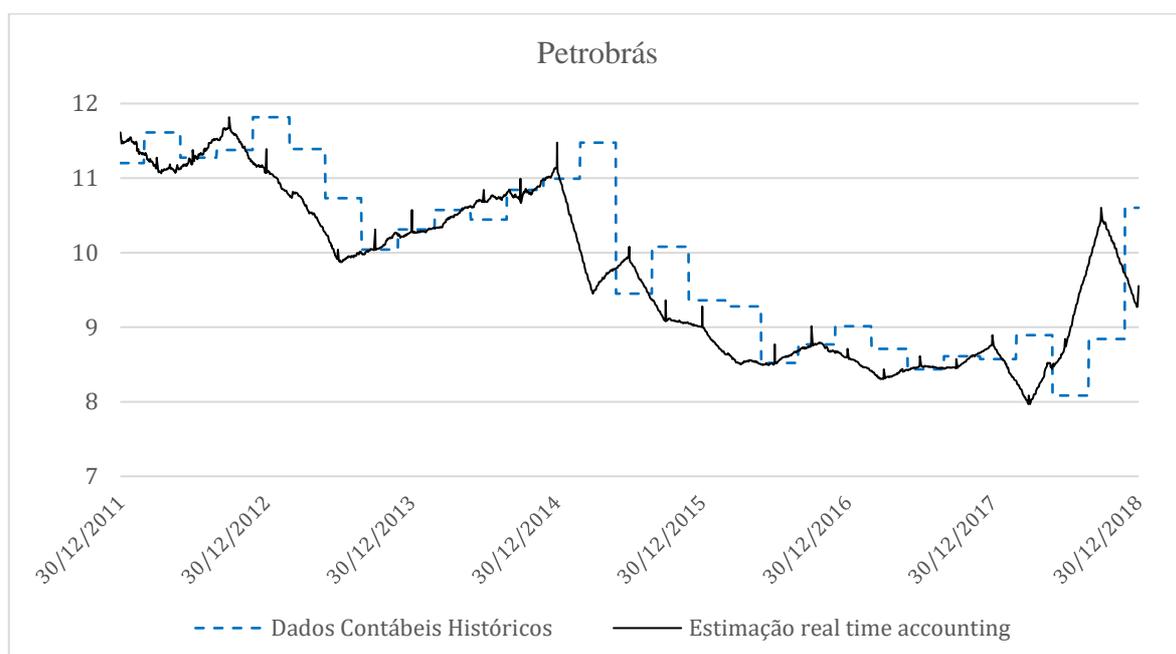
Máximo	0.2830	0.1352	0.0464	1.4956	0.0954
Mínimo	0.1684	0.0138	0.0088	0.5821	0.0451
Desv padrão	0.0281	0.0348	0.0074	0.1952	0.0121

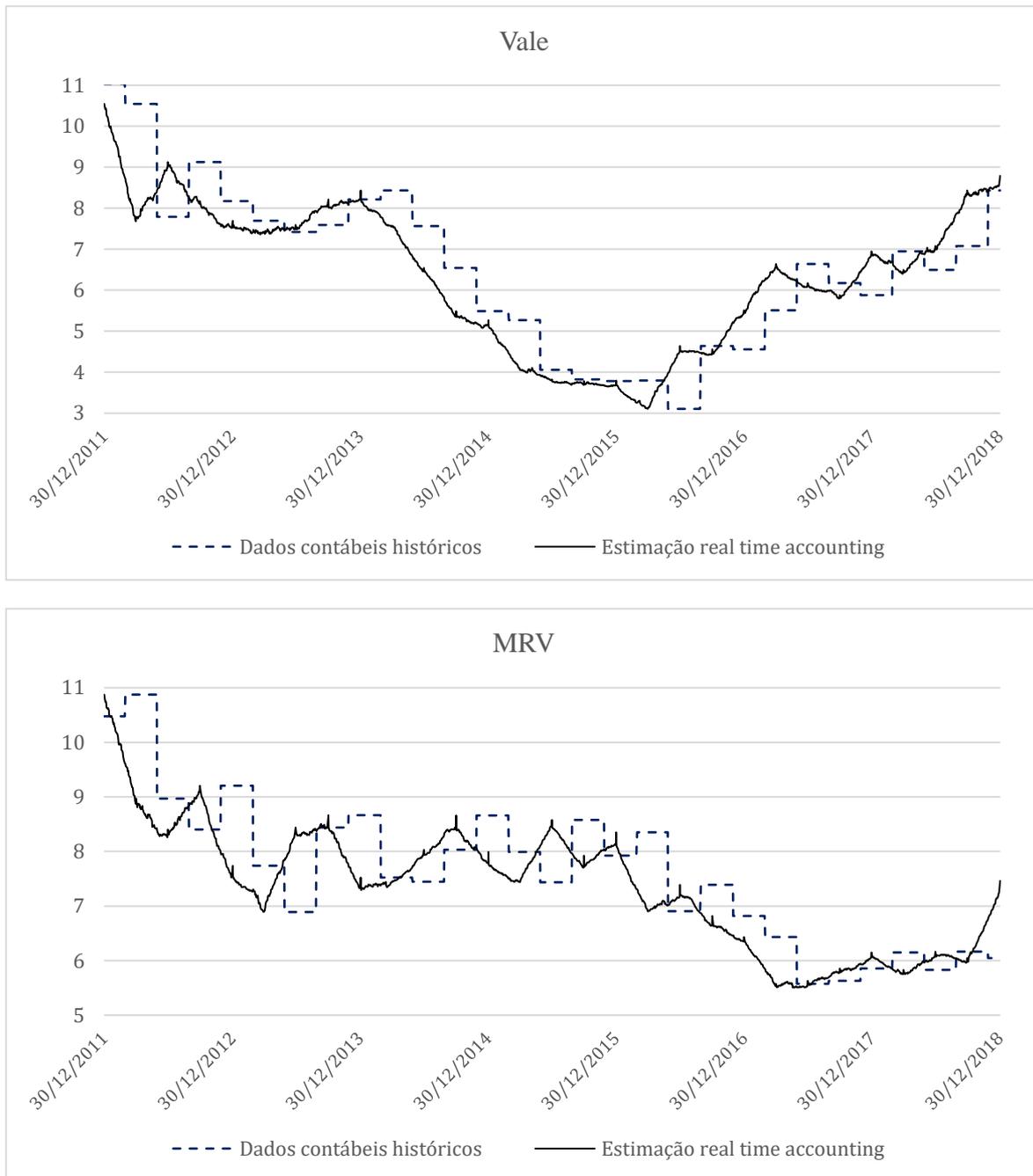
Nota: X1 = Capital de giro / Ativo total; X2 = Reserva de lucros / Ativo total; X3 = EBIT / Ativo total; X4 = Valor de mercado do patrimônio líquido / Valor contábil do passivo exigível; X5 = Receita líquida de vendas / Ativo total.

Os dados revelam que, comparativamente às duas outras companhias, a Petrobrás registrou, nesse período, menor patamar de capital de giro, geração de resultado (EBIT) e menor valor de mercado, o que pode ser explicado pelo período de crise vivenciado, particularmente em relação ao nível de endividamento da empresa. A Vale foi a que registrou maior nível médio de valor de mercado e de rentabilidade no período, mesmo quando o mercado de commodities já registrava sinais de recrudescimento em relação ao verificado na década anterior. Por fim, a MRV se destaca pelo maior nível de capital de giro e menor patamar de reservas, o que pode ser associado às características do setor econômico de atuação – quando comparado ao mercado de petróleo e gás e de mineração das outras duas companhias.

Para analisar o impacto do ganho informacional na avaliação do risco de crédito das empresas, foi simulada uma *proxy* do que seria um novo ambiente informacional a partir do advento do *blockchain*, propiciando a chamada *real-time accounting*. Partindo disso, é possível demonstrar o efeito de se ter informações contábeis de maneira quase que instantânea, ao invés de apenas periodicamente – no caso, trimestrais. Dada essa possibilidade, a análise do risco de crédito não precisaria ficar pautada com base nas informações publicadas trimestralmente, com um hiato temporal, pois haveria possibilidade de atualizá-la frequentemente, a depender da necessidade da instituição financeira, o que representaria um ganho informacional relevante para tomadas de decisão com mais assertividade.

Na Figura 3 são comparados, graficamente, o comportamento do *Z-score*, mensurado conforme modelo (eq. 1), das empresas analisadas – Petrobrás, Vale e MRV – entre 31/12/2011 e 31/12/2018, considerando (i) a base de dados contábeis históricos, em que as variáveis só são atualizadas periodicamente, quando da divulgação das demonstrações financeiras e (ii) a estimação de valores diários, que representaria o ambiente de divulgação com a adoção da tecnologia *blockchain* na produção e divulgação das informações financeiras.





**Figura 3: Comparação do Z-score calculado com base em dados contábeis históricos e em simulação de real time accounting, de 31/12/2011 a 31/12/2018**

Fonte: elaborado pelos autores

Como a volatilidade hipotética dos dados de risco diário é calculada com base na volatilidade real dos dados de risco trimestral das empresas estudadas, as flutuações existentes nos dois parâmetros fornecem uma visão minimamente razoável de como e de quanto o gerenciamento do risco de crédito pode ser afetado como resultado da introdução da tecnologia *blockchain* no ambiente informacional.

A oscilação da curva intra-trimestre dos dados diários estimados não é irrelevante, o que indica que tomadas de decisão poderiam ser diferentes em um ambiente com informações disponíveis de maneira mais tempestiva ao se passar a análise do *Z-score* de trimestral para

diário. Em termos práticos, a defasagem informacional do modelo atual vigente em relação ao *real time accounting* alcança um período de 45 a 135 dias, considerando o hiato temporal entre a data-base das demonstrações financeiras e sua publicação – como dispõe o artigo 16, inciso VIII, da Instrução Normativa CVM nº 202/1993, as demonstrações trimestrais são divulgadas em até 45 dias da data-base. Assim, as informações relativas ao primeiro dia de determinado trimestre só estariam contempladas na informação publicada 45 dias após o encerramento do trimestre, alcançando uma defasagem de 135 dias.

Percebe-se a importância dessa informação mais tempestiva. Como é possível notar, a curva que mensura o risco de crédito com base na estimação das informações diárias prediz a curva que mensura o risco de crédito com base nas informações contábeis divulgadas apenas nas datas das demonstrações financeiras. Em outras palavras, no ambiente da *real-time accounting*, propiciado a partir da tecnologia *blockchain*, o gerenciamento do risco de crédito por parte das instituições financeiras melhoraria substancialmente. É possível salientar, conforme evidenciado nos gráficos da Figura 3, que a distância entre as duas curvas é mais acentuada em momentos de oscilações mais relevantes, para melhor ou pior, da situação econômica da empresa em questão. É exatamente em momentos como esse, que a avaliação do risco de crédito se tornaria mais crítica.

As estatísticas descritivas das diferenças relativas entre as duas medidas de *Z-score*, conforme Tabela 2, demonstram a relevância da *real time accounting*, considerando que a medida de risco chega a apresentar diferença equivalente a quase 50%, no caso da Vale, verificado no segundo semestre de 2016, quando os efeitos dos problemas de rompimento da barragem de Mariana, verificado no final de 2015, ainda estavam se materializando em termos informacionais. Essa evidência demonstra que o problema da defasagem informacional é mais relevante exatamente em momentos de crise, quando a demanda por informações mais tempestivas é ainda mais necessária.

**Tabela 2: Estatísticas descritivas da diferença relativa do Z-score calculado com bases em dados contábeis históricos e em simulação de *real time accounting*, de 31/12/2011 a 31/12/2018**

	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio padrão
Petrobrás	-0.0182	-0.0084	0.2162	-0.1766	0.0618
Vale	-0.0106	-0.0358	0.4935	-0.2714	0.1490
MRV	-0.0282	-0.0213	0.2337	-0.2259	0.0928

Fonte: elaborado pelos autores

Com o uso do *blockchain*, o risco de crédito poderia ser mais rapidamente previsto, pois não haveria necessidade de se esperar a divulgação das informações contábeis periódicas da empresa interessada na operação para que a atualização da base de dados, que alimenta os modelos de análise de risco, fosse realizada.

Por fim, é importante destacar que não foi propósito do presente estudo avaliar a pertinência do modelo *Z-score* de Altman (1968). O seu uso se deu exclusivamente para testar os efeitos das informações sob o *real time accounting*. De qualquer forma, é possível inferir que a partir da introdução da tecnologia *blockchain*, modelos de estimação de risco como esse também sejam afetados. Com possíveis mudanças tão impactantes na contabilidade, é até natural pensar na reformulação dos modelos de risco de crédito – como o *Z-score* de Altman (1968) e o *Distance to Default* (DD) de Merton (1974), por exemplo – a partir de novos indicadores e informações, possibilitando, inclusive, uma ponderação diferente das variáveis.

## 5. Conclusões

Este estudo teve por propósito discutir os benefícios potenciais associados ao *real-time accounting*, propiciada pelo uso da tecnologia *blockchain*, na produção das informações contábeis e sua utilização na avaliação do risco de crédito, utilizando uma simulação desses efeitos, a partir da abordagem apresentada por Byström (2019).

Para isso, foram analisadas as informações contábeis de três relevantes empresas brasileiras – Petrobrás, Vale e MRV – no período de 2011 a 2018. As análises foram baseadas com base no modelo *Z-score* proposto por Altman (1968) para verificar se o cálculo do risco de crédito em um ambiente com menor assimetria informacional, proporcionado pelo *blockchain*, possui ganhos quanto à melhor predição dos resultados das empresas e, conseqüentemente, análise mais tempestiva da situação de risco de cada uma, ajudando na tomada de decisão mais assertiva por parte da instituição bancária.

Os resultados vão ao encontro dos encontrados por Byström (2019) de que uma contabilidade em tempo real, inserida em um ambiente de menor assimetria informacional, propiciada pela tecnologia *blockchain*, apresenta ganhos preditivos potenciais na análise de risco de crédito por parte das instituições financeiras. Nesse novo contexto, as instituições financeiras teriam ganhos informacionais quando as empresas passassem a utilizar o *blockchain* como sistema de registros para divulgação de suas informações contábeis, até mesmo no sentido de maior segurança da informação.

Atualmente, as empresas divulgam suas informações de maneira trimestral, mas esse prazo acaba se tornando maior porque os dados não se tornam públicos exatamente no último dia de cada trimestre, pois a legislação define um prazo para elaboração e apresentação das demonstrações contábeis. Dessa forma, o máximo que as instituições financeiras conseguem fazer é tentar capturar e prever, por meio dos modelos de gerenciamento de risco de crédito, os dados futuros divulgados pelas companhias, além de outras conjecturas, para que a empresa que já detenha operações ou que necessite de captação seja enquadrada em determinado nível de *rating* mais adequado ao seu risco.

O que esse estudo se dispôs a fazer foi justamente simular uma *proxy* de um ambiente de *real-time accounting*, com informações seguras e disponíveis diariamente, para que a tomada de decisão quanto à concessão ou não do empréstimo bancário possa ocorrer com a maior segurança possível. O lapso temporal entre as informações disponíveis entre uma data de divulgação e outra torna prejudicial a tomada de decisão mais acurada por parte dos bancos, pois há incentivos por parte dos gestores das companhias de tentarem captar recursos com a menor taxa de juros possível, além de, em muitas circunstâncias, o ambiente interno de negócios poder mudar substancialmente entre a data de divulgação dos últimos dados e o meio do período para a próxima divulgação, o que potencializa o incentivo dos gestores das empresas de tirar vantagens nesse ambiente de assimetria.

Como limitação da pesquisa, deve-se ressaltar que, mesmo que as transações comerciais e demais informações das empresas sejam registradas no *blockchain* de maneira mais limitada, ou seja, não tão abertas como abordado pela literatura, ou mesmo que o processo de *input* das supracitadas informações no *blockchain* seja diferente do esperado, é possível supor que os modelos de risco de crédito sejam afetados de alguma forma, de maneira que, mesmo que nem tudo esteja disposto no *blockchain* em tempo real como proposto neste estudo, algumas das informações sejam possíveis de se capturar.

Outra limitação do trabalho é a utilização de empresas que possuem seus dados publicados em bolsa de valores, ou seja, dados de domínio público. Em outras palavras, não necessariamente as constatações deste estudo podem ser replicadas para todas as empresas nacionais, que contraem operações de crédito nas instituições bancárias. Além do mais, como as empresas analisadas são brasileiras, é possível que os resultados aqui expostos não expliquem o comportamento de companhias em outros países.

Também há que se ressaltar que o estudo se restringe aos efeitos das informações na

análise do risco de crédito, que utiliza um conjunto bem mais amplo de informações sobre as características dos devedores e das condições econômicas e de mercado. Adicionalmente, ao buscar simular o ambiente do *real time accounting*, foi necessário realizar a estimação dos dados conforme apontado na seção 3 deste estudo, e tal aspecto constitui-se em uma limitação se comparado ao ambiente interno das organizações que de fato se utilizam das informações oriundas do *blockchain*.

Como contribuições ao avanço da literatura sobre o tema, este estudo amplia a discussão sobre os benefícios potenciais do *real time accounting*, em especial na avaliação de risco de crédito. A realização das simulações dos efeitos proporcionados pelo uso do *blockchain* contribui para que o debate sobre o uso dessa tecnologia na preparação e divulgação das informações contábeis supere as discussões eminentemente teóricas, procurando estimar, de certa forma, os seus impactos.

## Referências

ALI, A.; DALY, K. Macroeconomic determinants of credit risk: Recent evidence from a cross country study. **International Review of Financial Analysis**, v. 19, n. 3, p. 165-171, 2010.

ALTMAN, E. I. Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. **The Journal of Finance**, v.23, n. 4, p. 589-609, 1968

ANTONOPOULOS, A. M. **Mastering Bitcoin: unlocking digital cryptocurrencies**. "O'Reilly Media, Inc.", 1<sup>st</sup> ed., 2014 Sebastopol, CA. 2014

BECKER, G. P.; SEIBERT, R. M.; WBATUBA, B. B. R.; SALLA, N. M. C. G. A Inadimplência Empresarial em Instituições Bancárias: um Estudo de Caso em Cobrança Terceirizada. **Pensar Contábil**, Vol. 18, No. 66, 2016.

BERGER, A. N.; DEYOUNG, R. Problem loans and cost efficiency in commercial banks, **Journal of Banking & Finance**, Vol. 21 No.6, pp. 849-870, 1997

BOLES, J. R. S. “**Impactos da tecnologia no sistema bancário brasileiro**”. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Faculdade de Ciências Econômicas. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil, 2017.

BRASIL. **Dispõe sobre as Sociedades por Ações**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/16404consol.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16404consol.htm) (acessado em 15 novembro 2018), 1976.

BRITO, G. A. S.; NETO, A. A. Modelo de classificação de risco de crédito de empresas, **Revista Contabilidade & Finanças**, Vol. 19 No.46, pp. 18-29, 2018

BYSTRÖM, H. Blockchains, *Real-time Accounting, and the Future of Credit Risk Modeling*. **Ledger**, Vol. 4, 2019

CAOUILLE, J. B., ALTMAN, E. I.; NARAYANAM, P. **Gestão do risco de crédito: o próximo grande desafio do futuro**. Tradução de Allan Hastings. Supervisão técnica João Carlos Douat. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999. pp. 119-121 e 130-144.

CARDOSO, A. A.; COSTA, E. S.; SILVEIRA, F. A. “Criptomoedas e Blockchain no

processo de inovação social”,. *In: II Congresso Sul Catarinense de Administração e Comércio Exterior*, 20 a 21 junho 2018, Santa Catarina, Brasil, Vol. 2, 2018

CHAIA, A. J. **Modelos de gestão do risco de crédito e sua aplicabilidade ao mercado brasileiro**. (Dissertação de Mestrado), Universidade de São Paulo, Brasil, 2003.

CHEN, P. F. et al. The information role of audit opinions in debt contracting. **Journal of Accounting and Economics**, v. 61, n. 1, p. 121-144, 2016.

COCCO, L., PINNA, A.; MARCHESI, M. Banking on blockchain: Costs savings thanks to the blockchain technology, **Future Internet**, Vol. 9 No.3, pp. 25, 2017.

DANTAS, R. F.; DESOUZA, S. A. Modelo de risco e decisão de crédito baseado em estrutura de capital com informação assimétrica, **Pesquisa Operacional**, Vol.28 No.2, pp.263-284, 2008.

DEMIROGLU, C.; JAMES, C. M.. The Information Content of Bank Loan Covenants, *The Review of Financial Studies*, Vol. 23, Issue 10, October, p. 3700–3737, 2010.

DUFFIE, D.; LANDO, D. *Term Structures of Credit Spreads with Incomplete Accounting Information*, **Econometrics**, Vol. 69 No.3, pp.633-664, 2001.

FANNING, K.; CENTERS, D. P. Blockchain and its coming impact on financial services, **Journal of Corporate Accounting & Finance**, Vol. 27 No.5, pp.53-57, 2016.

FERREIRA, G. S. **Modelo de previsão de entrada em recuperação judicial**. (Dissertação de Mestrado) Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, Brasil, 2017.

GONÇALVES, E. B., GOUVÊA, M. A.; MANTOVANI, D. M. N. Análise de risco de crédito com o uso de regressão logística, **Revista Contemporânea de Contabilidade**, Vol.10 No.20, pp.139-160, 2013.

KATORI, F. Y. **Impactos das Fintechs e do Blockchain no sistema financeiro: uma análise crítico-reflexiva** (Monografia), Universidade de Brasília, Brasil, 2018.

LAZANIS, R. *How technology behind Bitcoin could transform accounting as we know it*, **TechVibes**, January, 22, 2015.

LEWIS, B. R., MCPARTLAND, J. W.; RANJAN, R. Blockchain and Financial Market Innovation, **Economic Perspectives**, Vol. 4 No.7, pp 1-17, 2017.

LIMA, B. H. N.; HITOMI, F. A. C.; OLIVEIRA, G. S. Aplicação da tecnologia blockchain em ambientes corporativos. **FaSci-Tech**, Vol. 1, No. 13, 2018.

MERTON, R. C. On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates. **The Journal of finance**, Vol.29 No.2, pp. 449-470, 1974.

MISHKIN, F. S; EAKINS, S. G. **Financial markets and institutions**, The Prentice Hall series in finance, 7th ed. Boston, MA, 2015

- NAKAMOTO, S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system, 2008. Disponível em: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. (acessado em 13 setembro 2018)
- NOFER, M., GOMBER, P., HINZ, O.; SCHIERECK, D. Blockchain, **Business & Information Systems Engineering**, Vol.59 No.3, pp.183-187, 2017.
- OKUPSKI, K. **Bitcoin developer reference**. Eindhoven, 2014. Disponível em [https://bclist.cc/static/upload\\_media/upload\\_11515238624028\\_Bitcoin\\_Developer\\_Reference.pdf](https://bclist.cc/static/upload_media/upload_11515238624028_Bitcoin_Developer_Reference.pdf), (acessado em 30 outubro 2018).
- OREIRO, J. L. D. C.; PAULA, L. F. D.; SILVA, G. J. C. D.; ONO, F. H. Determinantes macroeconômicos do spread bancário no Brasil: teoria e evidência recente. **Economia Aplicada**, Vol.10 No.4, pp.609-634, 2006.
- PALEPU, K. G.; HEALY, P. M.; BERNARD, V. L. **Business Analysis & Valuation: Using Financial Statements**, 3rd ed., Cincinnati, OH: South Western College Pub, 2004.
- PETERS, G.W; PANAYI E. *Understanding Modern Banking Ledgers Through Blockchain Technologies: Future of Transaction Processing and Smart Contracts on the Internet of Money*, In: Tasca P., Aste T., Pelizzon L., Perony N. (eds) **Banking Beyond Banks and Money**, New Economic Windows. Springer, Cham, 2016.
- PIRES, T. P. **Tecnologia Blockchain e suas aplicações para provimento de transparência em transações eletrônicas**. (Trabalho de Conclusão de Curso - TCC), Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília – UnB, Brasília, Brasil, 2016.
- REISEL, N.. On the value of restrictive covenants: Empirical investigation of public bond issues. **Journal of Corporate Finance**, 27, p. 251-268, 2014.
- ROMAN, D. **Como as blockchains podem ser utilizadas para gerar maior confiança na asseguaração de dados ambientais, sociais e de governança corporativa**. (Dissertação de mestrado.), Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, SP, Brasil, 2018.
- RÜCKESHÄUSER, N. **Do We Really Want Blockchain-Based Accounting ?** Decentralized Consensus as Enabler of Management Override of Internal Controls, 2017. Disponível em <https://aisel.aisnet.org/wi2017/track01/paper/2/>, (acesso em 09 outubro 2018).
- SCOTT, W. R. **Financial accounting theory** (Vol. 343). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997
- SWAN, M. **Blockchain: Blueprint for a new economy**. "O'Reilly Media, Inc." 1<sup>st</sup> ed., Sebastapol, CA, 2015.
- TANG, D. Y.; YAN, H.. Market conditions, default risk and credit spreads. **Journal of Banking & Finance**, v. 34, n. 4, p. 743-753, 2010.
- TAPSCOTT, D.; TAPSCOTT, A. **La Revolución blockchain: Descubre cómo esta nueva**

**tecnología transformará la economía global**, traduzido por Juan Manuel Salmerón, Ediciones Deusto, Barcelona, 2017.

TAVARES, A. L. **A eficiência da análise financeira fundamentalista na previsão de variações no valor da empresa** (Tese de Doutorado). Programa de Doutorado Multi-institucional e Inter-Regional de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade de Brasília, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UnB / UFPB / UFRN). Brasília, DF, Brasil, 2010.

VASCONCELOS, L. A.; GONÇALVES, R. S.; MEDEIROS, O. R. Contribuição da Análise Financeira Fundamentalista à Concessão de Crédito: Estudo de Caso em uma Instituição Financeira. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, Vol. 9 No. , n. 1, pp.25-47, 2014.

WANG, P., WU, L., ASLAM, B.; ZOU, C. C. “A systematic study on peer-to-peer botnets”, In **Proceedings of 18th International Conference on Computer Communications and Networks** , San Francisco, CA, USA , 3-6 Aug. 2009 (pp. 1-8). IEEE, 2009.

WANG, R.; LIN, Z.; LUO, H. Blockchain, bank credit and SME financing. **Quality & Quantity**, Vol.53 No.3, pp.1127-1140, 2019.

WARD-BAILEY, J. **How bitcoin’s “blockchain” could transform banking, voting, and data?** Academic Search Premier, 2016.

YERMACK, D. Corporate governance and blockchains. **Review of Finance**, Vol.21 No.1, pp.7-31, 2017.

ZEMLIANSKAIA, A. **Tecnología blockchain como palanca de cambio en el sector financiero y bancario** (Dissertação de Mestrado), Universidad de Sevilla, Espanha, 2017.