



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 11, Issue, 04, pp. 46093-46099, April, 2021

<https://doi.org/10.37118/ijdr.21549.04.2021>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

APLICAÇÃO DA BLOCKCHAIN À GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA BRASILEIRA SOB A PERSPECTIVA DO NÍVEL DE PRONTIDÃO TECNOLÓGICA

Henrico Hernandes Nunes dos Santos^{1*}, Osvaldo de Freitas Fogatti², Eduardo Meireles³, Carlos Sabino Caldas⁴, João Paulo Leonardo de Oliveira⁵, Miriam Pinheiro Bueno⁶, Anderson Alves de Carvalho⁷ and Igor Isnardi Barreto⁸

¹Mestrando em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT), Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Frutal, Minas Gerais Brasil; ²Mestrando em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT), Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Frutal, Minas Gerais, Brasil; ³Doutor em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Coordenador e professor do Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT), Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Frutal, Minas Gerais, Brasil; ⁴Doutor em Comunicação pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Vice-coordenador e professor do Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT), Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Frutal, Minas Gerais Brasil; ⁵Doutor em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Professor do Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT), Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Frutal, Minas Gerais Brasil; ⁶Doutora em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Professora do Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT), Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Frutal, Minas Gerais, Brasil; ⁷Mestrando em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT), Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Frutal, Minas Gerais, Brasil; ⁸Mestrando em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT), Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Frutal, Minas Gerais, Brasil

ARTICLE INFO

Article History:

Received 03rd January, 2021

Received in revised form

18th February, 2021

Accepted 04th March, 2021

Published online 22nd April, 2021

Key Words:

Blockchain, Inovação, Maturidade tecnológica, Tecnologia.

*Corresponding author:

Henrico Hernandes Nunes dos Santos

ABSTRACT

A gestão da cadeia de suprimentos é um dos elementos que demanda inovação no âmbito da administração pública brasileira. Neste estudo, objetiva-se avaliar a aplicação da tecnologia *blockchain* ao mencionado setor, com parâmetros determinados pelo nível de maturidade tecnológica. Estudam-se os níveis de maturidade tecnológica, desde os aspectos conceituais até aplicações instrumentais, bem como se desenvolve abordagem sobre a cadeia suprimentos e as interações desta com a *blockchain*, com inserção no âmbito da administração pública. Metodologicamente, explora-se o referencial teórico, com análise da literatura e exposição dissertativa e descritiva acerca do nível de maturidade da tecnologia avaliada. Os resultados apontam para o atingimento do grau 9 dentro dos níveis de maturidade tecnológica no modelo proposto, e aptidão para implementação em ambiente operacional real. Com o trabalho, busca-se contribuir para o aprimoramento das instituições públicas e para o desenvolvimento de tecnologias como a *blockchain*.

Copyright © 2021, Henrico Hernandes Nunes dos Santos et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Henrico Hernandes Nunes dos Santos, Osvaldo de Freitas Fogatti, Eduardo Meireles, Carlos Sabino Caldas et al. "Aplicação da blockchain à gestão da cadeia de suprimentos na administração pública brasileira sob a perspectiva do nível de prontidão tecnológica", *International Journal of Development Research*, 11, (04), 46093-46099.

INTRODUÇÃO

As atividades de administração pública no Brasil encontram uma série de obstáculos hodiernamente, com especial destaque para a situação contemporânea na qual os administradores tentam promover

austeridade fiscal, a qual tende a impactar na necessidade de transformação dos setores que sofrem as principais restrições orçamentárias, em razão da relação entre custos e receitas. Essas limitações encontram duas bases jurídicas fundamentais, de maneira que a primeira é de natureza principiológica, com base no artigo 37, *caput*, da Constituição Federal Brasileira, em que a eficiência é

preconizada como princípio orientador de toda a atividade administrativa nacional (Brasil, 1988). E a outra é a Lei de Responsabilidade Fiscal (Lei Complementar nº 101/2000), a qual estabeleceu normas de finanças públicas direcionadas à responsabilidade na gestão fiscal (Brasil, 2000) e, passadas quase duas décadas, ainda se mostra um dos maiores desafios dos gestores públicos brasileiros, os quais frequentemente descumprem suas balizas ou trabalham com limites extremos. Nesse cenário, a otimização da gestão pública, na busca para confluir redução de custos com manutenção e até mesmo melhorias nos serviços públicos invariavelmente passa pela cadeia de suprimentos. A *supply chain* (termo ao qual a literatura estrangeira se refere corriqueiramente) envolve todo o encadeamento de pessoas, serviços, processos, atividades, organizações e recursos atrelados à logística de produtos e serviços para que saiam de seu fornecedor e cheguem ao destinatário (Grant, 2013).

Dentro da perspectiva exposta, a tecnologia da informação e comunicação possui considerável relevo. O compartilhamento de informações entre envolvidos na cadeia de suprimentos pode ser facilitado com ferramentas que possibilitem trocas mais eficientes de elementos. E essa relação entre os agentes envolve o rastreamento de informações sobre produtos e processos, inclusive para apoio à tomada de decisões. Neste fluxo informacional, sistemas mais amplos abarcam uma combinação de subsistemas de transações, com resultado consistente em um laço que reúne atividades logísticas a um processo integrado (Bowersox et al., 2014). Em convergência aos pontos pertinentes à cadeia de suprimentos, uma tecnologia disruptiva frequentemente é apontada como instrumento útil à superação de diversos obstáculos setoriais, qual seja, a *blockchain*. As soluções de rastreabilidade baseadas em *blockchain* trazem maior transparência na cadeia de suprimentos, e contratos inteligentes tornam as soluções de rastreabilidade de *blockchain* mais eficazes (Sunny et al., 2020). Esses dois pontos, por exemplo, são úteis à administração pública brasileira, no sentido exposto inicialmente.

A atual situação da *blockchain* e sua aplicação à cadeia de suprimentos da área administrativa pública brasileira pode ser avaliada por meio do nível de prontidão tecnológica ou *technological readiness level* (TRL), uma sistemática que possibilita o encaminhamento adequado de uma determinada tecnologia, especialmente sua efetiva maturidade. Essa métrica aponta que as etapas de amadurecimento das tecnologias, em geral, variam de 1 a 9, de maneira que a primeira aborda a pesquisa científica básica e a 9 envolve a efetiva concretização da tecnologia e sua aptidão para ser comercializada (Quintella, 2017). Ressalte-se que há outros modelos com mais ou menos níveis diversos. Porém, o presente trabalho analisa um modelo mais consolidado e que trabalha dentro dos parâmetros acima. Ao avaliar o cenário exposto com a mencionada tecnologia, o problema de pesquisa se resume na seguinte questão: que nível de prontidão tecnológica pode ser atribuído à *blockchain* para o âmbito da administração pública brasileira no que diz respeito à gestão da cadeia de suprimentos? A hipótese propõe que o grau atual de prontidão tecnológica para o caso já atingiu seu ponto máximo, e isso viabiliza sua aplicação efetiva ao setor pretendido. Dessa forma, a seguir expõe-se a metodologia adotada para adentrar, posteriormente, ao desenvolvimento do referencial teórico e à análise dos resultados, finalizando com conclusão e algumas perspectivas futuras.

METODOLOGIA

No que diz respeito à natureza, em um primeiro momento, trata-se de pesquisa exploratória com análise bibliográfica para elaboração do referencial teórico acerca do que são níveis de maturidade tecnológica (*technology readiness level* – TRL), quais são as vantagens, desvantagens e alternativas a esse modelo, o que é *blockchain*, quais são suas perspectivas relativas à cadeia de suprimentos da administração pública nacional e como seria a interação da *blockchain* com aderência à gestão da cadeia de suprimentos no âmbito pretendido. É importante ressaltar que a adoção do termo

“administração pública” reflete a dinâmica constitucional de tratar com as iniciais minúsculas a atividade administrativa de per se, enquanto que com iniciais maiúsculas, geralmente, se refere a uma perspectiva subjetiva, ou seja, quando se trata de determinado ou determinados entes, órgãos ou pessoas políticas, como a União, por exemplo. Esse recorte é enfatizado para se deixar claro que a abordagem se volta à questão da administração sob perspectiva objetiva, e não se trata de uma análise para destinatários específicos, com reflexões à dinâmica da atividade administrativa brasileira e aplicação a todos os atores irrestritamente, seja em maior ou em menor medida.

Já em um segundo plano (averguação e discussão de resultados), utilizou-se de análise dissertativa para descrição dos resultados, quando da submissão da tecnologia em estudo ao ferramental proposto para a avaliação de prontidão tecnológica. Para o primeiro aspecto salientado, utilizaram-se, em grande medida, três elementos: o repositório Science Direct, por se tratar de instrumento consolidado no meio acadêmico, detentor de confiabilidade, em razão de seu modelo rigoroso de inserção de materiais e sistema de revisão por pares; o Google Acadêmico, que é um mecanismo da Google que possibilita pesquisa em uma ampla variedade de documentos acadêmicos, tais como artigos, trabalhos variados etc.; além disso, pesquisaram-se materiais desenvolvidos ligados ao PROFNIT (Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação), desde a literatura consolidada em livros, bem como artigos publicados no âmbito do periódico Cadernos de Prospecção.

Já no que é pertinente ao debate dos resultados, elaborou-se uma análise de alguns casos concretos, especialmente com base em documentação oficial, bem como submeteu-se a tecnologia a dois modelos, sendo o primeiro uma calculadora de TRL desenvolvida pelo ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica) e, o segundo, uma estrutura elaborada pelos próprios autores deste trabalho com base na bibliografia analisada. É relevante destacar que a legislação pertinente ao objeto de estudo foi analisada quando necessário, em razão da importância de se averiguar a conformidade legal da tecnologia ao âmbito proposto, em um viés de boas práticas administrativas e de boa governança.

REVISÃO TEÓRICA

Abordagem conceitual e elementos dos níveis de maturidade tecnológica: As tecnologias apresentam graus variados de maturidade, a depender do estágio em que se encontram enquanto analisadas em seus caracteres intrínsecos, de maneira que podem ir desde algo que envolva ainda aspectos meramente elementares e bastante especulativos até uma tecnologia já pronta e devidamente adequada ao mercado. A maneira de conceber cada momento da inovação tecnológica aplicada a casos concretos, ou seja, tecnologias específicas, pode apresentar inúmeras variações que podem gerar conflitos para a tomada de decisões.

Para tentar analisar a questão de forma mais clara e propiciar respostas às dúvidas sobre maturidade tecnológica, concebeu-se um modelo denominado *technological readiness level* (TRL) ou nível de prontidão tecnológica. O sistema foi inicialmente desenvolvido por Stan Sadin em 1974, e foi exposto de forma consolidada em 1989, composto por sete níveis. Porém, posteriormente, o sistema foi adaptado para totalizar nove níveis, no ano de 1990 (Straub, 2015). A versão com nove níveis, no sentido de buscar uma metodologia que propicie uma comunicação mais clara acerca da maturidade tecnológica, foi elaborada no âmbito da NASA (National Aeronautics and Space Administration ou Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço). Nesse modelo, a TRL 1 é o nível mais baixo, correspondendo à observação e análise de princípios básicos, e a TRL 9 é o grau mais elevado, no qual a tecnologia já foi testada e está pronta para ser lançada no mercado e comercializada. De forma mais detalhada, quando uma tecnologia está em TRL 1, a pesquisa científica está começando e esses resultados estão sendo traduzidos

Tabela 1. Modelo dos níveis de maturidade ou prontidão tecnológica (*technologicalreadinesslevel* – TRL)

TRL	Descrição	Questão para determinar a TRL
1	Princípios básicos observados e relatados	Os princípios básicos da nova tecnologia foram observados e relatados e as metodologias foram desenvolvidas para P&D aplicados?
2	Conceituação ou aplicação de tecnologia formulada	Os estudos publicados confirmaram a viabilidade de sistema ou de aplicação?
3	Prova do conceito	Há demonstração conceitual analítica e experimental dos componentes de tecnologia expostos em um ambiente de laboratório?
4	Validação de componentes ou do sistema em ambiente laboratorial	O desempenho dos componentes e interfaces entre estes foram demonstrados em ambiente laboratorial?
5	Validação do sistema de escala laboratorial em ambiente relevante	Os problemas de escala entre o laboratório e a engenharia foram identificados e resolvidos?
6	Sistema ou subsistema modelo ou protótipo para demonstração em ambiente relevante	Os problemas de escala de engenharia para escala real foram identificados e resolvidos?
7	Sistema semelhante demonstrado no ambiente relevante em escala real	A tecnologia real foi testada em ambiente operacional?
8	Sistema real concluído e qualificado por meio de teste e demonstração	A tecnologia real operou com sucesso em um ambiente operacional limitado?
9	Sistema real operado em todo o conjunto de condições esperadas	A tecnologia real operou com sucesso em um ambiente operacional completo?

Tabela 2. Benefícios da *blockchain* para a gestão da cadeia de suprimentos

Área dos Benefícios	Detalhamento
Aprimoramentos na transparência	Ajuda a rastrear o <i>status</i> de um item durante um processo. Automatiza atividades de análise de dados Transparência ponta a ponta com base no nível de permissão via hierarquia
Desintermediação	Leva a uma cadeia ininterrupta de transações Aumenta a velocidade Aumenta a confiança entre as partes interessadas do processo
Eficiência operacional	Melhora a velocidade de ponta a ponta do processo de cadeia de suprimentos Identifica falhas e problemas no início para tornar o processo robusto
Gestão de propriedade intelectual Gestão de dados	Proteção e registro de propriedade intelectual Permite a calibração de dados localizados em diversas cadeias de suprimentos Melhora a segurança dos dados armazenados A captura em tempo real de todas as informações é feita
Gestão de contratos inteligentes	Contratos personalizados e individuais podem ser definidos para cada função e podem ser coordenados entre si Ajuda no <i>design</i> de processos para operações dos negócios Melhora a visibilidade e elimina a necessidade de intermediário
Imutabilidade Melhora no tempo de resposta	Mecanismo de consenso para todas as modificações Garante a segurança de todas as transações Cria uma cadeia de suprimentos dinâmica e em tempo real com melhor utilização de seus recursos

Tabela 3. Nível de maturidade tecnológica (TRL) da *blockchain* aplicada na cadeia de suprimentos da administração pública brasileira

TRL	Descrição	Resposta à questão para determinar a TRL por meio de evidências
1	Princípios básicos observados e relatados	Os princípios básicos da tecnologia <i>blockchain</i> ao âmbito proposto foram analisados e foram desenvolvidos métodos para aplicação, amplamente documentados
2	Conceituação ou aplicação de tecnologia formulada	A literatura apurada no referencial teórico confirmou a viabilidade da aplicação
3	Prova do conceito	A literatura e a documentação estudada indicam existência de demonstração conceitual analítica e experimental dos componentes tecnológicos da <i>blockchain</i> em ambiente limitado
4	Validação de componentes ou do sistema em ambiente laboratorial	A análise elaborada apontou para eficácia comprovada no desempenho dos componentes e interfaces, em nível equivalente ao laboratorial
5	Validação do sistema de escala laboratorial em ambiente relevante	Os problemas inicialmente detectados, considerados obstáculos para validação, foram superados
6	Sistema ou subsistema modelo ou protótipo para demonstração em ambiente relevante	Também no dimensionamento para escala real foi possível resolver os problemas identificados, especialmente conforme literatura estudada, em demonstração dos benefícios tecnológicos
7	Sistema semelhante demonstrado no ambiente relevante em escala real	Houve o teste com sucesso da ferramenta tecnológica em escala real
8	Sistema real concluído e qualificado por meio de teste e demonstração	A tecnologia efetivamente operou de maneira eficiente em ambientes limitados
9	Sistema real operado em todo o conjunto de condições esperadas	Também em ambiente operacional completo houve o sucesso da tecnologia, o que possibilitou sua aplicação já em alguns setores da administração pública brasileira, no que é pertinente à cadeia de suprimentos, e também noutras searas

em pesquisas para desenvolvimento futuro. Já o grau TRL 2 ocorre uma vez que os princípios básicos foram estudados e as aplicações práticas podem ser direcionadas a essas descobertas iniciais. Porém, a tecnologia em TRL 2 é muito especulativa, pois há pouca ou nenhuma prova de conceito experimental para a tecnologia. Quando a pesquisa e o projeto começam ativamente, uma tecnologia é elevada para TRL 3. Geralmente, estudos analíticos e de laboratório são necessários neste nível para ver se uma tecnologia é viável e está

pronta para prosseguir com o processo de desenvolvimento. Frequentemente, durante o nível 3, um modelo de prova de conceito é construído. Depois que a estrutura de prova de conceito está pronta, a tecnologia avança para TRL 4. Durante o nível 4, vários componentes são testados entre si. TRL 5 é uma continuação do grau 4, porém uma tecnologia que está em 5 é identificada como de bancada e deve passar por testes mais rigorosos do que a tecnologia que está apenas em TRL 4. As simulações devem ser executadas em ambientes que

são tão próximos do realístico quanto possível. Assim que o teste no grau 5 estiver concluído, uma tecnologia pode avançar o próximo, e uma tecnologia TRL 6 tem um protótipo ou modelo representacional totalmente funcional.

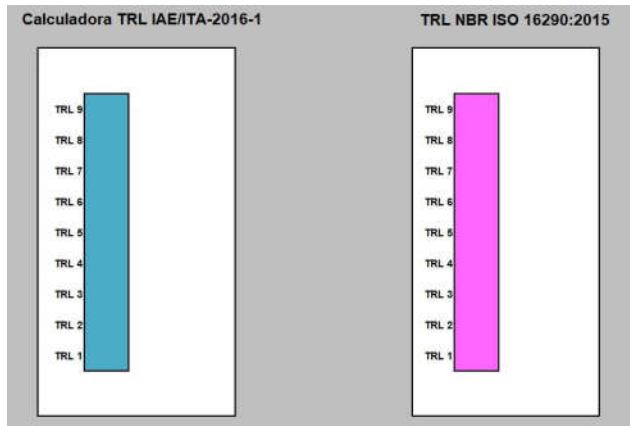


Figura 1. Blockchain aplicada ao controle da cadeia de suprimentos da administração pública brasileira, conforme calculadora TRL IAE/ITA-2016-1 e TRL NBR ISO 16290:2015

E, por sua vez, a tecnologia TRL 7 requer que o modelo ou protótipo de trabalho seja demonstrado em um ambiente relevante em escala real. A tecnologia em TRL 8 indica foi testada e qualificada para funcionamento, pronta para implementação, em uma outra tecnologia ou sistema tecnológico já existente. Uma vez que uma tecnologia foi comprovada na prática durante uma utilização bem-sucedida em ambiente real total pode ser qualificada de TRL 9 (NASA, 2012). Com base nos elementos expostos, a Tabela 1, acima, busca explicitar os níveis de maturidade tecnológica de maneira mais clara, com indicação dos pontos mais relevantes para aferir o grau de maturidade tecnológica em cada um dos níveis respectivos. É relevante destacar que a Organização de Padrões Internacionais normatizou o assunto por meio da ISO 16290:2013, a qual aborda a definição do nível de maturidade tecnológica, bem como aspectos avaliativos para sistemas espaciais e operações (Jesus and Chagas Jr, 2018). A finalidade do padrão normatizado visa aplicação ao âmbito de hardware especial, porém os aspectos do tema podem ser utilizados de maneira mais ampla, como adiante se verá. Por sua vez, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) fornece uma definição do elemento aqui estudado que merece transcrição literal, no qual o nível de maturidade tecnológica é abordado como (Brasil, 2014):

“Um sistema de medição e uma métrica sistemática empregada na avaliação da maturidade de uma tecnologia particular, assim como na comparação da maturidade de diferentes tipos de tecnologias, ou seja, trata-se de um avaliador do nível de maturidade de uma tecnologia.”

Ressalte-se que a TRL é um método de escala de inovação que passou por várias transformações e evoluções no decorrer dos anos, chegando a ponto de se tornar um dos instrumentos de inovação da União Europeia (Mihály, 2017).

Vantagens, desvantagens e alternativas ao modelo estudado: A estrutura do nível de maturidade tecnológica distribuída em nove níveis está consolidada em diversas instituições estatais, especialmente nos Estados Unidos da América. Além disso, inúmeros âmbitos tecnológicos se valem de tal métrica, como o setor farmacêutico voltado a medicamentos, o de produtos biológicos (que envolvem vacinas), de dispositivos médicos, de tecnologia da informação médica, o setor de energia e o setor de petróleo, gás e biocombustíveis (Paternostro et al., 2020). Em todas essas áreas, como é verificável, a cadeia de suprimento é sobremaneira relevante e constitui elemento essencial. A literatura também correlaciona a maturidade tecnológica com índices de inovação, e sugere que estar familiarizado com os índices de competitividade nacional proporciona uma capacidade adequada aos diferentes agentes da indústria para

analisar o ambiente de seu país em relação aos demais, em especial países da mesma região, dentro de uma perspectiva sobre a relação entre índices de prontidão para tecnologia e a inovação (Razaviet al., 2011). Em dimensão nacional, inúmeras instituições se valem do nível de maturidade tecnológica, tais como a Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII), o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com a finalidade de averiguar se um projeto se alinha ao tipo de apoio proporcionado pelas referidas instituições, inclusive com parametrização para aporte de recursos financeiros (Velho et al., 2017). Nesse sentido, outra das utilidades da análise de prontidão tecnológica envolve a inteligência competitiva, quando destacada a dimensão tecnológica, o que viabiliza que determinado interessado avalie seu nível de maturidade tecnológica em âmbito institucional e possa constatar níveis de maturidade das tecnologias de outros envolvidos.

Além disso, essa espécie de métrica colabora na detecção de potenciais avanços de determinada tecnologia, bem como das respectivas fases do seu ciclo de existência (Antunes et al., 2018). A importância dos níveis de maturidade tecnológica, dentro da perspectiva estudada, é reforçada pelo fato de, no Brasil, haver diversos instrumentos de captação de recursos e apoio à inovação e, nesse sentido, a métrica TRL pode ser usada para avaliar e classificar tais benefícios, o que demonstra a relevância e a utilidade do modelo exposto (Martin et al., 2020). Porém, o instrumento analisado possui limitações, as quais não invalidam suas utilidades, porém indicam que tais aspectos devem ser considerados quando de sua aplicação, tais como: a) Por vezes não se considera a devida adequação da tecnologia ou seu vencimento; b) A aceitação social não compõe nenhum dos níveis de maneira clara; c) O ambiente operacional, de per se, não é considerado, o que inclui seus destinatários; d) Elementos negativos da tecnologia tendem a não ser considerados, bem como sua defasagem; e) As peculiaridades do setor de aplicação de cada tecnologia ou sua própria classificação podem gerar discrepâncias. Em razão de tais limitações, outros modelos com finalidade semelhante foram desenvolvidos, tais como nível de prontidão de fabricação (MRL), de preparação para integral (IRL), de prontidão de projeto (design) (DRL), de prontidão de capacidade (CRL), de prontidão de software (SRL), de prontidão humana (HRL), de prontidão de logística (LRL), de prontidão operacional (ORL), de prontidão para inovação (INRL) e de prontidão programática (PRL) (Quintella et al., 2019).

Abordagem conceitual da tecnologia blockchain: Blockchain pode ser conceituada como uma tecnologia de escrituração e registro descentralizada e distribuída, baseada no consenso entre os diversos participantes da rede, que opera mediante a criação de logs de dados, organizados de maneira cronológica, em blocos sucessivos, cada qual identificado por uma função hash, que faz referência ao bloco anterior (Bhushan et al., 2020). Na definição de Xu et al. (2019), trata-se de uma cadeia (chain) de transações agrupadas em blocos (blocks). O uso da blockchain elimina a necessidade da confiança depositada em entidades centralizadas, elemento sem o qual elas não seriam aptas a alimentar, coordenar e manter seus bancos de dados. Em seu lugar, a blockchain utiliza algoritmos de hashing, algoritmos de consenso, assinaturas digitais e técnicas de timestamping para conferir a certeza de que os registros prévios não foram alterados (Raghav et al., 2020; Kawaguchi, 2020). O conjunto de todos os blocos de informação que utilizam hashes criptográficos é denominado livro-razão (distributed ledger). Neste, as sucessivas transações são adicionadas, mas não é possível modificar ou excluir transações antigas, o que garante a integridade permanente da blockchain (Xu et al., 2019). Sistemas de blockchain são constituídos por redes de máquinas (nós) interligadas por conexões do tipo ponto a ponto (peer-to-peer ou P2P). Todos esses nós processam em conjunto as transações que são adicionadas ao livro-razão, e somente as registram se presente o consenso, isto é, a concordância entre um número determinado de máquinas, a depender do tipo de protocolo de consenso utilizado (Xu et al., 2019). Atualmente existem mais de vinte tipos de protocolos de consenso. A escolha desses protocolos, que nada mais são do que diferentes algoritmos para se alcançar a consistência e integridade das

informações, depende de variados critérios técnicos, tais como o tipo de *blockchain* (público, privado ou em consórcio), a escalabilidade, a descentralização, a latência, a taxa de transferência, a tolerância a adversidades, as taxas de sobrecarga de rede e de armazenamento e a compatibilidade com equipamentos que utilizam internet das coisas (*internet of things* – IoT) (Salimitari *et al.*, 2020; Bamakan *et al.*, 2020). Embora os detalhes sobre a arquitetura técnica dos tipos de algoritmos de consenso não sejam objeto do presente trabalho, pontua-se que pessoas jurídicas e órgãos da administração pública federal, a exemplo da Receita Federal, do Serviço de Processamento de Dados, da Empresa Brasileira de Tecnologia e Informações da Previdência, do Banco Central, do Banco Nacional de Desenvolvimento Social e da Caixa Econômica Federal, possuem projetos pilotos e estudos de caso nos quais os mecanismos de consenso utilizados na arquitetura técnica foram os seguintes: Hyperledger, PoA (Proof of Authority), pBFT (Practical Byzantine Fault Tolerance), Raft, PoW (Proof of Work) e PoS (Proof of Stake), os dois últimos por meio da criptomoeda Ethereum (Brasil, 2020c).

Blockchain para controle da cadeia de suprimentos no âmbito da administração pública brasileira: Para entender a questão da inserção da *blockchain* no domínio da administração pública brasileira, primeiro é necessário compreender como tal tecnologia é abordada em uma dimensão maior e, principalmente, fora do espectro nacional, na medida em que noutros setores e países já há um avanço na questão e, portanto, experiência, especialmente no que diz respeito a problemas e obstáculos. Dessa forma, a *blockchain* é uma tecnologia inovadora, descentralizada e distributiva, a qual conserva a confidencialidade, a integridade e a disponibilidade de todas as transações e dados. É um livro-razão compartilhado, aberto e distribuído que pode ajudar a armazenar e registrar dados e transações apoiadas por um valor criptográfico em uma rede ponto a ponto. Uma vez que os registros são adicionados, eles não podem ser editados sem alterar os registros pretéritos, o que o torna muito seguro para as operações comerciais. Para atender a necessidades variadas, a *blockchain* pode ter três estruturas: públicas, privadas e consorciadas (híbridas). A *blockchain* pública é acessível a todos os usuários na rede e implementada via rede ponto a ponto. A *blockchain* privada fornece acesso baseado em função a dados e usa nuvem redes para melhorar a flexibilidade, a despeito de dependerem de uma entidade centralizadora, isto é, um terceiro, fato que, de certo modo, desvirtua o propósito original da *blockchain*, o que tem consequências técnicas relevantes, como certa redução na segurança contra adulterações maliciosas. Já a *blockchain* de consórcio possui as funções de *blockchains* públicas e privadas e fornece um equilíbrio entre ambas (Yang *et al.*, 2020; Salimitari *et al.*, 2020). Em convergência a esta perspectiva, Dutta *et al.* (2020) abordam os benefícios da *blockchain* no contexto da gestão da cadeia de suprimentos, com base em ampla revisão bibliográfica, e os resultados podem ser expostos de maneira consolidada na Tabela 2 acima.

Em estudo presente na literatura nacional, Marchini *et al.* (2020), por meio de ampla análise, constataram 21 usos diferentes de como a *blockchain* pode colaborar para a gestão da cadeia de suprimentos, tais como maior transparência dos elos da cadeia, automação via contratos inteligentes relativos a processos de trocas de dados e redução de conflitos, diminuição dos custos e comunicação confiável dos dados em tempo real. Além disso, outros aspectos positivos também foram ressaltados, como rastreabilidade e eliminação de entidades de verificação ou reguladoras, com extinção de disputas decorrentes de conflitos relativos aos elos da cadeia, automatização do ciclo de aquisições e diminuição de perdas. Porém, também foram destacados alguns aspectos que merecem maior atenção, como a demanda por recursos informáticos com robustez e a carência por regulamentações. Por sua vez, em trabalho mais específico e voltando à administração pública, em revisão sistemática sobre a perspectiva tecnológica da *blockchain* para este âmbito, Moura *et al.* (2020) constataram que a utilização da *blockchain* pode encaminhar melhorias no armazenamento informacional, com potencial redução de procedimentos burocratizantes, maior celeridade no processamento de dados e viabilização de contratos inteligentes. Os mesmos autores ressaltaram a importância da tecnologia para etapas da cadeia de suprimentos de variados produtos, com a colaboração para melhoria

na fiscalização e aprimoramento dos mecanismos de controle. Essas propostas indicadas na literatura se alinham, inclusive, com a ampla demanda por soluções que permitam maior efetividade à malha legislativa pertinente à atividade administrativa pública, cabendo aqui a menção de alguns exemplos, os quais reforçam a possibilidade de inserção da tecnologia *blockchain* no âmbito pretendido.

O regime jurídico constitucional da administração pública direta e indireta da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios deve atender a princípios básicos, destacando-se aqui a publicidade e a eficiência, conforme artigo 37, *caput*, da Constituição da República (Brasil, 1988). Como a literatura ressaltou, esses dois elementos principiológicos podem ter um encaminhamento concreto facilitado com a *blockchain* aplicada à cadeia de suprimentos. A própria legislação básica das licitações e contratações aplica-se indistintamente a todos os componentes da administração pública brasileira, a exemplo da Lei Federal nº 8.666/1993, a qual regulamenta o artigo 37, inciso XXI, da Constituição Federal, ao instituir normas para licitações e contratos da Administração Pública (Brasil, 1993), e da Lei Federal nº 10.520/2002, que institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos termos do artigo 37, inciso XXI, da Constituição Federal, modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns (Brasil, 2002). A redução da burocratização de procedimentos e os contratos inteligentes podem favorecer o cenário de efetivação das normas legais citadas. A transparência da administração pública brasileira, outro elemento ressaltado, e que se relaciona intimamente com a publicidade, tem normatização no âmbito da Lei Federal nº 12.527/2011, que ficou conhecida como Lei da Transparência (Brasil, 2011). Tal princípio, que se aplica à toda atividade administrativa brasileira (artigo 1º), também pode ser sua efetividade aprimorada, em convergência com a literatura aos benefícios apontados. Além disso, a implementação da *blockchain* no setor em apreço permitiria melhor observância da probidade administrativa, entendida como a atuação honesta e respeitadora dos valores éticos por parte dos gestores (Carvalho Filho, 2019), dado que a rastreabilidade de insumos, produtos e serviços permitiria investigações mais assertivas de desvios e fraudes em prejuízo ao erário. Esses exemplos demonstram interessantes possibilidades de utilização da *blockchain* da forma visada, a qual poderá ser avaliada para a mensuração de seu nível de maturidade tecnológica, objeto do próximo tópico.

Dentro do contexto exposto, em um viés de dialeticidade, a abordagem dos resultados ocorre sobre casos concretos da administração pública brasileira, com base especialmente em documentação oficial. Nesse cenário, no início de 2020, o Governo Federal, por meio da Presidência da República, editou o Decreto nº 10.332/2020, o qual instituiu a Estratégia de Governo Digital para o período de 2020 a 2022, no âmbito dos órgãos e das entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. No anexo, verifica-se que ele aborda objetivos a serem cumpridos, e o oitavo item lista duas iniciativas que envolvem a *blockchain*, sendo a 8.3 “disponibilizar, pelo menos, nove conjuntos de dados por meio de soluções de *blockchain* na administração pública federal, até 2022” e a 8.4. “implementar recursos para criação de uma rede *blockchain* do Governo federal interoperável, com uso de identificação confiável e de algoritmos seguros” (Brasil, 2020a). Sem prejuízo das considerações acima, ressalta-se que está em vigor a Lei Federal nº 13.709, de 14 agosto de 2018, conhecida como Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Sobre esta lei, é importante destacar que seus artigos 15 e 16 tratam do término do tratamento de dados, indicando circunstâncias que denotam certa obrigatoriedade de mutabilidade às informações pessoais (Brasil, 2018). Isso poderia gerar o questionamento sobre eventuais conflitos desta legislação com a *blockchain* (e suas características apontadas) em território brasileiro. O primeiro apontamento necessário é responder a indagação acerca de como proceder se o titular dos dados não quiser mais utilizá-los a partir daquele registro. Para isso, a solução seria inutilizar a chave privada, equivalente ao extravio irrecuperável do ativo, permitindo o gerenciamento dos dados por meio de seu titular. Outras soluções para tal problema são vislumbradas, como a adoção de dados *off-chain* (fora da *blockchain*) ou em uma *sidechain* (uma espécie de

blockchain paralela ou secundária à cadeia principal), no que diz respeito às informações sensíveis e suscetíveis de mutabilidade. Por quaisquer das óticas apontadas, a referida legislação, a princípio, não impede a adoção da *blockchain* (Baião, 2019).

Essa análise de conformidade mostrou-se necessária em razão da enorme quantidade de envolvidos na cadeia de suprimentos da administração pública brasileira, que vai desde os chefes dos poderes de cada ente até os cidadãos destinatários dos produtos e serviços. Em sentido convergente, o Tribunal de Contas da União promoveu um levantamento da tecnologia *blockchain*, no que diz respeito ao Acórdão 1.613/2020-TCU-Plenário, relatado pelo Ministro Aroldo Cedraz, com objetivo de avaliar e dimensionar o que é a *blockchain* e os livros-razão distribuídos (*distributed ledger technology* - DLT), também na perspectiva de quais desafios a serem enfrentados (Brasil, 2020c). Dentre as vantagens para a cadeia de suprimentos, pode-se colher a listagem de vantagens dos contratos inteligentes, como transparência, menor prazo para execução, precisão, segurança, rastreabilidade, menor custo e confiança, com objetivos principais de observabilidade, verificabilidade, privacidade e obrigatoriedade. E de forma mais abrangente, a documentação do TCU lista as principais características: hipertransparência, auditabilidade, integração de informações dentro e fora dos limites da administração pública (distribuído e descentralizado), desintermediação e automação de transações e processos, inexistência de ponto único de falha (disponibilidade), imutabilidade do *log* e integridade das informações e autenticação das transações (irrefutabilidade) (Brasil, 2020c). Em razão dessas perspectivas positivas, dentre os projetos e iniciativas de aplicações da *blockchain*, que podem envolver a cadeia de suprimentos da administração pública brasileira, alguns exemplos listados foram: em licitações, sistema de contratos distribuídos (SCD) e solução online de licitação (SOL); em infraestrutura *blockchain*, o BaaS junto à Serpro e Dataprev; no âmbito da saúde, a RNDS (Rede Nacional de Dados em Saúde). Também são apontadas inúmeras iniciativas governamentais de outros países, como European Union Blockchain Observatory and Forum, Dutch Blockchain Coalition, Dubai Blockchain Strategy, Germany Blockchain Strategy etc. (Brasil, 2020c). E sobre um caso concreto específico brasileiro, a RNDS merece destaque, na medida em que tal sistema se apresenta como uma camada de interoperabilidade federada para diversas aplicações em saúde digital, como prontuários, sistemas de gestão hospital e de laboratório, portais e aplicações para dispositivos portáteis, com ampla troca de informações. Acerca dessa plataforma, é ressaltada a manutenção da privacidade, a integridade e a auditabilidade dos dados, com promoção de acessibilidade e interoperabilidade informacional com segurança (Brasil, 2020b). Os impactos disso na cadeia de suprimentos da saúde, por exemplo, são bastante relevantes para otimizar toda a interação entre os atores e interessados na ampla rede de saúde pública brasileira, a envolver todo um ecossistema com insumos, produtos e serviços (Brasil, 2020b).

Dessa forma, nota-se que a *blockchain* na administração pública brasileira já é adotada em situações práticas e operacionais, ainda que de forma incipiente. E, nessa perspectiva, é interessante se valer de um instrumento para avaliar o grau de maturidade da referida tecnologia para o âmbito analisado, qual seja, uma calculadora de TRL. Esse ferramental é sugerido na literatura estudada e, no Brasil, foi desenvolvido um exemplar no âmbito do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) (2016). Nesse sentido, Rocha *et al.* (2017) apontaram que a adaptação da metodologia TRL, com aplicação do instrumento indicado, permitiu padronização, viabilização e agilização do procedimento avaliativo das tecnologias. E, após preenchimento e submissão o arquivo disponível pela instituição, constatou-se que a tecnologia *blockchain* para o âmbito da administração pública estaria na TRL 9, conforme Figura 1, a qual teve todos os campos marcados na Etapa 2, em razão da análise aqui formulada e com o grau de tolerância fornecido como padrão na calculadora. E dentro da proposta de *framework* da Tabela 1, a averiguação elaborada resultou na Tabela 3, com detalhamento de cada etapa. Com a análise realizada, constata-se que a *blockchain*, dentro da proposta de aplicação à cadeia de suprimentos da administração pública brasileira, pode ser utilizada em consideração a

um grau de maturidade tecnológica que já atingiu o ápice da métrica proposta. Isso é confirmado pela documentação estudada, a qual indicou aplicações concretas em diversos setores, inclusive o avaliado. Não devem ser ignoradas dificuldades e limitações da pesquisa efetuada, principalmente em uma abordagem ampla como a proposta, que não se dirige a um ente ou órgão específico, o qual pode estar inserido em um contexto que pode até mesmo inviabilizar a aplicação da tecnologia. É importante ressaltar que essa questão do destinatário da tecnologia é uma das limitações do modelo estudado, o qual não avalia esse aspecto, como salientado no referencial teórico. Quando se verifica a realidade da administração pública brasileira, que passa pela União, Estados, Municípios, Distrito Federal, tanto via administração direta quanto indireta, as realidades de cada um dos entes poderão se mostrar como dificuldades a serem superadas. Porém, essa questão não afeta diretamente o nível de maturidade da tecnologia estudada, pois a solução para problemas específicos não é prejudicial à tecnologia em si; antes, o fluxo é contrário, de maneira que a realidade concreta de um determinado ente público deverá se adequar para receber as inovações permitidas pela tecnologia.

CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

Em conclusão ao presente trabalho, constatou-se que o nível de maturidade tecnológica é uma métrica útil para avaliação das condições que envolvem desde a concepção de uma ferramenta tecnológica, passando por toda sua construção e desenvolvimento, até chegar ao seu lançamento, à sua efetiva prática como resposta aos objetivos almejados. Esse instrumento não é isento de limitações, as quais também foram apontadas, para que se tenha real dimensão de seu uso. No contexto brasileiro, a prontidão tecnológica também é utilizada por diversas instituições como mecanismo de avaliação para diversas atividades. No que é atinente à administração pública brasileira, um dos pontos destacados em sua atividade é a gestão da cadeia de suprimentos, que vai desde a previsão e organização de recursos financeiros, com passagem por licitação, aquisição, entrega e fornecimento de produtos e serviços a toda a população em território nacional. E, para um aprimoramento dessa atividade, a literatura apontou a *blockchain* como uma das tecnologias promissoras, inclusive com utilizações iniciais em alguns setores a nível nacional, bem como se apontaram algumas iniciativas também a nível de administração pública de outros países. Em uma perspectiva de dialeticidade, ao submeter a *blockchain*, dentro do escopo pretendido, à métrica do nível de maturidade tecnológica, verificou-se que o ferramental atingiu o grau 9, última fase do modelo que indica sua adequação e prontidão para o exercício e aplicação efetiva operacional em ambiente real total. Não se pode ignorar que potenciais problemas podem se manifestar na aplicação da tecnologia nos ambientes pretendidos, diante de situações concretas, especialmente em vista dos atores envolvidos, que no caso do Brasil abarcam os inúmeros entes estatais, a exemplo dos milhares de municípios. Essa integração é um dos grandes desafios e pode ser objeto de estudos, dentro de potenciais perspectivas futuras. Outro aspecto que poderá ser avaliado para melhor dimensionamento sobre a tecnologia é uma verificação dos efetivos gargalos após sua implementação, o que possibilitará a superação destes obstáculos. Esse monitoramento contínuo será essencial para se continuar analisando a eficácia da tecnologia em observância aos fins inicialmente pretendidos.

REFERÊNCIAS

- Antunes, A.M. S., Parreiras, V. M. A., Quintella, C. M., Ribeiro, N. M. Métodos de prospecção tecnológica, inteligência competitiva e foresight: principais conceitos e técnicas 2018. In Ribeiro, N. M. org.. Prospecção tecnológica, v. 1, Salvador, pp 19-108.
- Baião, R. B. S. M. 2019 Afinal, blockchain é incompatível com a LGPD? Available online at <https://www.serpro.gov.br/lgpd/noticias/2019/blockchain-igpd-dados-pessoais-brasil>.
- Bamakan, S. M. H., Motavali, A., Bondarti, A. B. 2020 A survey of blockchain consensus algorithms performance evaluation criteria.

- In Expert Systems with Applications, v. 154, p 113385. Available online at <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113385>.
- Bhushan, B., Sinha, P., Sagayam, M. K., Andrew, J. 2020 Untangling blockchain technology: A survey on state of the art, security threats, privacy services, applications and future research directions. In *Computers & Electrical Engineering*, p 106897. Available online at <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106897>.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., Cooper, M. B., Bowersox, J. C. 2014 Gestão logística da cadeia de suprimentos, AMGH, Porto Alegre, Brasil.
- Brasil. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial ABDI 2014. Plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas, experiências com programas internacionais, modelagem funcional aplicável ao Brasil e importância da sua aplicação para o País, ABDI, Brasília, Brasil.
- Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 1988. Presidência da República, Brasília, Brasil. Available online at http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.
- Brasil. Decreto nº 10.332, de 28 de abril de 2020 2020. Presidência da República, Brasília, Brasil. Available online at https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10332.
- Brasil. Rede Nacional de Dados em Saúde. Brasília 2020. Ministério da Saúde, Brasília, Brasil. Available online at <https://rnds.saude.gov.br/>.
- Brasil. Levantamento da tecnologia blockchain. Brasília 2020. Tribunal de Contas da União, Brasília, Brasil. Available online at <https://portal.tcu.gov.br/levantamento-da-tecnologia-blockchain.htm>.
- Brasil. Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000 2000. Presidência da República, Brasília, Brasil. Available online at http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm.
- Brasil. Lei Federal nº 8.666, de 21 de junho de 1993 1993. Presidência da República, Brasília, Brasil. Available online at http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18666cons.htm.
- Brasil. Lei Federal nº 10.520, de 17 de julho de 2002 2002. Presidência da República, Brasília, Brasil. Available online at http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110520.htm.
- Brasil. Lei Federal nº 12.527, de 18 de novembro de 2011 2011. Presidência da República, Brasília, Brasil. Available online at http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112527.htm.
- Brasil. Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 2018. Presidência da República, Brasília, Brasil. Available online at http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13709.htm.
- Carvalho Filho, J. S. 2019 Improbidade administrativa: prescrição e outros prazos extintivos, Atlas, São Paulo, Brasil.
- Dutta, P., Choi, T., Somani, S., Butala, R. 2020 Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. In *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, n. 142, p 102067. Available online at <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102067>. Acesso em: 11 nov. 2020.
- Grant, D. B. 2013 Gestão de logística e cadeia de suprimentos, Saraiva, São Paulo, Brasil.
- ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Calculadora de Nível de Maturidade Tecnológica TRL 2016. Divisão de Engenharia Mecânica, Brasília, Brasil. Available online at <http://www.mec.ita.br/~cge/Acervo.html>.
- Jesus, G. T., Chagas Jr., M. F. 2018 Integration Readiness Levels Evaluation and Systems Architecture: A Literature Review. In *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, v. 5, n. 4, p 73-84. Available online at <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.5.4.12>.
- Kawaguchi, N. 2020 Application of Blockchain to Supply Chain: Flexible Blockchain Technology. In *Procedia Computer Science*, v. 164, p 143-148. Available online at <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.166>.
- Marchini, D. M. F., Camargo Jr, J. B.; Pires, S. R. I. 2020 Análise sobre a Contribuição da Tecnologia Blockchain na Gestão da Cadeia de Suprimentos. In *TPA - Teoria e Prática em Administração*, v. 10, n. 2, p 154-168. Available online at <https://doi.org/10.21714/2238-104X2020v10i2-51712>.
- Martin, A. R., Carvalho, S. M. S., Cunha, J. C., Lopes, A. C. C. 2020 Classificação dos Instrumentos de Captação de Recursos para Apoio à Inovação do Governo Federal na Escala de Prontidão Tecnológica TRL. In *Cadernos de Prospecção*, v. 13, n. 1, p 78-91. Available online at <https://portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/view/32726>.
- Mihály, H. 2017 From NASA to EU: the evolution of the TRL scale in Public Sector Innovation. In *The Innovation Journal*, v. 22, n. 2, pp 1-23. Available online at <https://eprints.sztaki.hu/9204/>.
- Moura, L. M. F., Brauner, D. F., Janissek-Muniz, R. 2020 Blockchain e a Perspectiva Tecnológica para a Administração Pública: Uma Revisão Sistemática. In *Revista de Administração Contemporânea*, v. 24, n. 3, p 259-274. Available online at <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2020190171>.
- NASA - National Aeronautics and Space Administration. Technology Readiness Level 2012. Available online at https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.htm.
- Paternostro, A. G., Quintella, C. M., Leite, H. J. D. 2020 Pesquisa Exploratória Comparativa entre Artigos e Patentes sobre Maturidade Prontidão Tecnológica. In *Cadernos de Prospecção*, v. 13, n. 4, p 1088-1102. Available online at <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v13i4.33176>.
- Quintella, C. M. 2017 A revista Cadernos de Prospecção e os níveis de maturidade de tecnologias TRL. In *Cadernos de Prospecção*, v. 10, n. 1, pp 1-2. Available online at <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v10i1.21864>.
- Quintella, C. M., Ribeiro, N. M., Kênya, F. G.; Linhares, M. V. D., Paternostro, A. G. 2019 Maturidade tecnológica: níveis de prontidão TRL. In *Ribeiro, N. M. 2019 Prospecção tecnológica*, v. 2, IFBA, Salvador, Brasil.
- Raghav, G., Andola, N., Venkatesan, S. 2020 PoEWAL: A lightweight consensus mechanism for blockchain in IoT. In *Pervasive and Mobile Computing*, v. 69, p 101291. Available online at <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2020.101291>.
- Razavi, S. M., Ghasemi, R., Abdollahi, B., Kashani, M. 2011 Relationship between technological readiness and innovation: A secondary analysis of countries global competitiveness. In *European Journal of Scientific Research*, v. 59, n. 3, p 318-328. Available online at https://www.researchgate.net/publication/315600630_Relationship_between_Technological_Readiness_and_Innovation_A_Secondary_Analysis_of_Countries_Global_Competitiveness.
- Rocha, D., Melo, F. C. L., Ribeiro, J. 2017 Uma adaptação da metodologia TRL. In *Revista Gestão em Engenharia*, v. 4, n. 1, pp 45-56. Available online at <http://www.mec.ita.br/~cge/RGE/ARTIGOS/v04n01a04.pdf>.
- Salimitari, M., Chatterjee, M., Fallah, Y. P. 2020 A Survey on Consensus Methods in Blockchain for Resource-constrained IoT Networks. In *Internet of Things*, v. 11, p 100212. Available online at <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100212>.
- Straub, J. 2015 In search of technological readiness level TRL 10. In *Aerospace Science and Technology*, v. 46, pp 312-320. Available online at <https://doi.org/10.1016/j.ast.2015.07.007>.
- Sunny, J., Undralla, N., Pillai, V. M. 2020 Supply chain transparency through blockchain-based traceability: An overview with demonstration. In *Computers & Industrial Engineering*, v. 140, p 106895. Available online at <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106895>.
- Velho, S. R. K., Simonetti, M. L., Souza, C. R. P., Ikegami, M. Y. 2017 Nível de Maturidade tecnológica: uma sistemática para ordenar tecnologias. In *Parcerias Estratégicas*, v. 22, n. 45, pp 119-140. Available online at http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/867.
- Xu, X., Weber, I., Staples, M. 2019 Architecture for Blockchain Applications, Springer, Cham, Suíça.
- Yang, R. *et al.* 2020 Public and private blockchain in construction business process and information integration. In *Automation in Construction*, v. 119, Available online at <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103276>.