

LUIZ CLAUDIO DUARTE DALMOLIN
FELIPE GONZALEZ GONZAGA

RELATÓRIO TÉCNICO-CIENTÍFICO

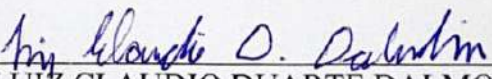
**PESQUISA E DESENVOLVIMENTO SOBRE A
TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN* APLICADA EM OPERAÇÕES
LOGÍSTICAS NOS SETORES DE INTERESSE PARA A
LOGÍSTICA NACIONAL**

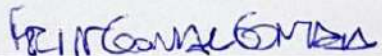
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Superior de Defesa como exigência parcial para a obtenção do título de Especialista em Logística e Mobilização Nacional.

Orientador: Luiz Américo Pereira da Costa
(Maj QCO EB)

Brasília, 2021

Este trabalho, nos termos da legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado propriedade da Escola Superior de Defesa (ESD). É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que sem propósitos comerciais e que seja feita a referência bibliográfica completa. Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade dos autores e não expressam qualquer orientação institucional da ESD.


LUIZ CLAUDIO DUARTE DALMOLIN
(RG: 4192448)


FELIPE GONZALEZ GONZAGA
(RG: 012771184-4 Detran RJ)

LUIZ CLAUDIO DUARTE DALMOLIN
FELIPE GONZALEZ GONZAGA

**PESQUISA E DESENVOLVIMENTO SOBRE A
TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN* APLICADA EM
OPERAÇÕES LOGÍSTICAS NOS SETORES DE
INTERESSE PARA A LOGÍSTICA NACIONAL**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola Superior de Defesa, como exigência
parcial para a obtenção do título de Especialista
em Logística e Mobilização Nacional.

Trabalho de Conclusão de Curso

Brasília, DF, 1º de novembro de 2021.



LUIZ AMÉRICO PEREIRA DA COSTA – (Maj QCO EB)
Orientador



VIVIANE MACHADO CAMINHA - Prof.^a Dr.^a
Coordenadora do TCC CLMN 2021

Pesquisa e desenvolvimento sobre a tecnologia *blockchain* aplicada em operações logísticas nos setores de interesse para a logística nacional

Luiz Claudio Duarte Dalmolin¹

Felipe Gonzalez Gonzaga²

RESUMO

O presente trabalho descreve a tecnologia *blockchain* e suas aplicações em diversos setores, principalmente naqueles que não estão diretamente relacionados com moedas digitais, conhecidos como *smart contracts*. O objetivo é descrever como esta tecnologia que registra transações e armazena dados de forma segura e distribuída está transformando o mercado com aplicações que permitem aprimorar a logística e as cadeias de suprimento de diversos setores produtivos. A pesquisa buscou informações bibliográficas e modelos de análise com a finalidade de descrever em quais setores as empresas estão obtendo resultados com a aplicação dessa nova tecnologia e como é possível identificar oportunidades para a utilização do *blockchain*. Parte da pesquisa preocupou-se em caracterizar como os governos podem se beneficiar dessa tecnologia e através de uma árvore decisória desenvolvida pelo Tribunal de Contas da União (TCU), buscou-se identificar oportunidades para aprimorar os processos de regulação da aviação civil no Brasil desenvolvendo soluções baseadas em *blockchain* e que por consequência trariam contribuições para a logística e mobilização nacional.

Palavras-chave: *Blockchain. Smart Contracts. Governo eletrônico. Aviação Civil.*

Research and development on blockchain technology applied in operations logistics in sectors of interest to national logistics

ABSTRACT

The present work studies the blockchain technology and its applications in several sectors, mainly in those that are not directly related to digital coins, known as smart contracts. The goal is to define how this technology, which records transactions and stores data in a secure and distributed way, is transforming the market with applications that allow the improvement of logistics and supply chains in various productive sectors. This research sought bibliographical information and analysis models in order to describe in which sectors companies are obtaining results with the application of this new technology and how it is possible to identify opportunities for the use of the blockchain. Part of the research was concerned with characterizing how governments can benefit from this technology and, through a decision tree developed by Tribunal de Contas da União (TCU), sought to identify opportunities to improve civil aviation regulation processes in Brazil by developing solutions based on blockchain and that, as a consequence, would bring contributions to the logistics and national mobilization.

Keywords: *Blockchain. Smart Contracts. E-government. Civil Aviation.*

¹ Analista de Sistemas Sênior da FEESC/UFSC. Trabalho de Conclusão do Curso de Logística e Mobilização Nacional (CLMN) da Escola Superior de Defesa, 2021.

² Especialista em Regulação da Agência Nacional de Aviação Civil. Trabalho de Conclusão do Curso de Logística e Mobilização Nacional (CLMN) da Escola Superior de Defesa, 2021.

1 INTRODUÇÃO

O *blockchain* representa uma estrutura descentralizada e baseada em segurança por meio de consenso para o processamento de transações. Assim, essa tecnologia traz consigo o potencial de eliminar intermediários em diferentes áreas, levando a repensar as formas como transações são realizadas, informações são guardadas, ativos são transferidos e direitos são registrados.

A tecnologia foi originalmente criada em 2008, com foco em transações financeiras descentralizadas e de forma simplificada. De acordo com Mohamed e Al-Jaroodi (2019), *blockchain* é uma lista crescente de registros vinculados armazenada de forma distribuída. A lista possui blocos nomeados que são conectados e protegidos usando algoritmos de criptografia. O conceito foi proposto por Nakamoto (2008), que buscava uma versão puramente *peer-to-peer* de dinheiro eletrônico a qual permitisse que pagamentos on-line fossem enviados diretamente de uma parte para a outra, sem passar por uma instituição financeira. A esta solução foi dado o nome de *bitcoin*, moeda eletrônica que trouxe os fundamentos da tecnologia *blockchain*.

Tal tecnologia mostrou-se promissora para a comunidade de desenvolvedores e de investidores. A partir disso, houve esforços colaborativos que agregaram à tecnologia *blockchain* um novo recurso que, por sua vez, foi nomeado de contratos inteligentes (*smart contracts*). Esse recurso permite que, através de regras de negócio implementadas nos blocos, as partes possam estabelecer um acordo prévio sobre os termos de um contrato e que este seja cumprido automaticamente, sem a necessidade de coordenação ou intervenção humana, garantindo que a operação não poderá ser desfeita.

Com o aparecimento dos contratos inteligentes, comprovou-se que o *blockchain* não tem potencial somente para aplicação em finanças.

O Estado é parte do mecanismo do mercado, atuando tanto como fornecedor quanto como consumidor – e, mais especificamente, como regulador. Assim, as cadeias de suprimento e os prestadores de serviços de transporte estão intimamente ligados aos governos e a seus órgãos de gestão e regulação, dado que um dos papéis do Estado é atuar como fiador de informações. A confiabilidade na informação pública é fundamental para sua utilização na resolução de lides entre particulares, na gestão da coisa pública e como insumo para o planejamento estratégico do Estado.

Dessa forma, o objetivo geral deste relatório técnico-científico é apresentar o *blockchain* como tecnologia disruptiva aplicável a diversos setores. Complementarmente, busca-se discutir o fato

de que as instituições governamentais precisam estar preparadas para aproveitar essa tecnologia e utilizá-la para melhorar seus processos, trazer transparência para os cidadãos e para o mercado, prestar serviços com mais qualidade e organizar informações, o que, por consequência, trará contribuições para os pleitos relacionados à logística e à mobilização nacional.

2 CONTEXTO E SITUAÇÃO PROBLEMA

A justificativa para a elaboração deste relatório técnico-científico é que, de acordo com as pesquisas realizadas e que serão detalhadas no referencial teórico, há um número pequeno de soluções que utilizam blockchain no âmbito governamental brasileiro. No entanto, há um mercado em plena evolução e em franco crescimento, gerando novas empresas as quais apresentam soluções disruptivas para vários domínios, incluindo governos. Este relatório busca, portanto, apresentar conceitos e destacar como essa tecnologia pode ser útil para melhorar os processos de gestão logística, contratos e atividades de regulação.

A maturidade da tecnologia do *blockchain* já pode ser observada por meio de *frameworks* que permitem que desenvolvedores de software construam soluções customizadas baseadas em *blockchain*.

Grandes empresas do setor da tecnologia da informação já estão preparando-se para as modificações no cenário do desenvolvimento de soluções para o governo. A IBM, por exemplo, cita, em uma de suas pesquisas (HAMM, 2016), que a tecnologia *blockchain* vinha emergindo no ano de 2016, mas estava na sombra das criptomoedas. Além disso, os padrões que foram concebidos por criptomoedas faziam com que os governos adotassem uma posição mais conservadora quanto ao uso dessa tecnologia.

Conforme consta em relatórios apresentados por empresas de consultoria e pesquisas de mercado reunidos pela Distrito (2020), o *blockchain* é uma realidade em diversos mercados e tem colaborado para a estruturação de novos negócios, aprimorando processos em diversas cadeias logísticas. De acordo com relatório da empresa Distrito (2020), foram identificadas cinco categorias de aplicações do *blockchain*: 1) Serviços Financeiros com 49,7%; 2) Gestão e Rastreamento de Ativos com 9,9%; 3) Marketing e Mídias Sociais com 4,4%; 4) Segurança Digital com 12,7%; e 5) *Blockchain as a Service* com 23,2%.

O relatório da Distrito (2020) aponta que as empresas que estão desenvolvendo soluções fundamentadas em *blockchain* são, em sua maioria, *startups* que se destacam em determinados

nichos do mercado. Há ainda os grandes atores do mercado de desenvolvimento de software que buscam soluções corporativas mais robustas por meio da customização de suas soluções existentes. Empresas como a IBM têm seus setores especializados em *blockchain* e estão constantemente monitorando o mercado e as demandas de clientes, públicos e privados, para o consumo de soluções baseadas em *blockchain*.

A forma como isso tem acontecido – no Brasil, inclusive – é por meio da construção de parcerias entre fornecedores e consumidores, os quais, suportados por uma empresa de tecnologia, concebem uma estrutura de *blockchain* para estruturar as operações. Observa-se ainda o interesse de grandes fornecedores de software que se propõem a criar soluções customizadas para atender os mais diversos mercados que já se apresentam como promissores para o uso de soluções de *smart contracts* e *distributed ledgers*.

O relatório de Hamm (2016) mostra-se relevante porque afirma que já existem várias empresas de diversos ramos de atuação fazendo uso do *blockchain*. Por outro lado, não há ainda, por parte do governo brasileiro, principalmente do setor de regulação, destaque para o desenvolvimento de soluções baseadas em *blockchain*.

No presente trabalho, é aplicada a metodologia formulada pelo TCU (BRASIL, 2020), que é capaz de identificar oportunidades de emprego dessa tecnologia para o setor público. Foi escolhido o caso de uma agência reguladora para a qual se buscou determinar como a utilização do *blockchain* poderia resolver limitações de seus sistemas e processos. De forma complementar, é descrita a necessidade de acompanhar o comportamento do mercado no uso de novas tecnologias e de estar devidamente preparado para fornecer soluções tecnológicas com qualidade, dando condições para a evolução tanto do mercado regulado quanto das empresas que fornecem serviços especializados em *blockchain*.

Utilizando *smart contracts*, é possível criar *ledgers* públicas e privadas, concedendo a possibilidade de controlar o acesso às informações dependendo da necessidade da aplicação. Em *ledgers* públicas, os operadores envolvidos em uma transação não precisam conhecer-se e a ideia é que todos os que desejarem acessar a cadeia sejam capazes de ver todos os dados e transações, fortalecendo a transparência. No entanto, as operações nesse tipo de solução são mais lentas, visto que demandam a criação de um *token* nativo para garantir o registro e a segurança. Esse modelo de controle é baseado pelos incentivos econômicos.

Já as *ledgers* privadas baseiam-se na confiança entre os envolvidos na transação. Estes precisam conhecer-se e saber exatamente quais as operações que serão executadas conforme as regras programadas no bloco que está registrado na cadeia. Esse modelo é altamente aplicado para

soluções concebidas para registrar contratos ou protocolos fornecidos por autoridades. Geralmente, as operações nesse tipo de *ledger* são mais rápidas, permitindo que essa nova forma de troca e registro de informações substitua sistemas legados em determinados mercados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Cientistas do mundo todo estão desenvolvendo cada vez mais trabalhos relacionados a *blockchain* nos últimos anos. Tal fato é passível de observação a partir das análises de três grandes bases de trabalhos científicas: IEEE Xplore, que passou de 1.437 artigos em 2018 para 3.197 em 2020; ACM Digital Library que passou de 470 artigos em 2018 para 833 em 2020; e Science Direct que passou de 526 artigos em 2018 para 1.987 em 2020. Casino, Dasaklis e Patsakis (2019) identificaram, em sua revisão sistemática, 260 artigos e 54 relatórios com aplicações de *blockchain*, os quais foram divididos em 10 domínios: negócios e indústria; privacidade e segurança; educação; saúde; internet das coisas (IoT); governança; verificação de integridade; gestão de dados; finanças; e outras aplicações.

Segundo Salnikova *et al.* (2019), é preciso considerar como as tecnologias de registro distribuído de dados pressionam por inovações na administração pública, talvez até mesmo substituindo – ao descentralizarem – serviços hoje prestados pelo Estado. Uma estrutura baseada em *blockchain* poderia servir como repositório de dados públicos, funcionando como um registro global. Como exemplo, Sullivan e Burguer (2017) citaram e analisaram a experiência de governo eletrônico da Estônia que, dentre outras iniciativas em seu esquema de cidadania eletrônica, utiliza uma estrutura *blockchain* para formalizar casamentos.

Underwood (2016) destaca que o *blockchain* vai muito além das criptomoedas e pode revolucionar as aplicações e redefinir a economia digital. A autora descreve que as mudanças propostas por essa nova tecnologia poderão ser tão impactantes quanto aquelas que foram estabelecidas após a consolidação da internet. Isso é possível porque o *blockchain* traz uma estrutura globalmente distribuída e aberta. Tanto empresas quanto pessoas podem realizar suas transações com segurança e sem intermediários. Nesse trabalho de Underwood (2016), é descrito que os países em desenvolvimento devem, inicialmente, focar em aplicações que precisam garantir a confiança das transações.

O programa mundial de alimentos das Nações Unidas concebeu uma aplicação de *blockchain* que objetiva melhorar o tempo disponibilidade de documentos relacionados a uma cadeia suprimentos (UNITED NATIONS, 2020). O programa, chamado de “Blocks for Transport”,

começou a operar nas fases de aquisição e transporte de um corredor de abastecimento no Djibouti e na Etiópia. A implementação total desse projeto está prevista para 2021. A visão de longo prazo é estabelecer uma plataforma de cadeia de abastecimento modular movida a *blockchain* para apoiar a comunidade envolvida nas ações humanitárias daquela região.

Considerando a dificuldade de encontrar casos reais para estudo, Silva *et al.* (2020) elaboraram uma simulação de uma cadeia de suprimentos verde utilizando contratos inteligentes baseados em *blockchain*. Concluíram que tal tecnologia é ideal para sistemas de gestão de cadeia de suprimentos ao permitir a inserção de dados pelos diversos pontos da rede, mantendo a segurança e a confiabilidade dos dados compartilhados. Foi, portanto, confirmado, por meio de simulação, que a tecnologia *blockchain* apresenta características de segurança, rastreabilidade, imutabilidade, disponibilidade e armazenamento distribuído.

De acordo com Silva (2019), o *blockchain* seria uma ferramenta de controle de fraudes no transporte marítimo. Pelo caráter internacional desse modo de transporte, há uma série de aspectos burocráticos que objetivam garantir o cumprimento de acordos de transporte. Contudo, a impossibilidade de verificação física de documentos serve, muitas vezes, como oportunidade para o cometimento de fraudes. Uma vez superadas as dificuldades de implantação do *blockchain*, Silva (2019) considerou que a tecnologia poderia mitigar os danos das fraudes marítimas.

Peixoto (2020) também abordou a responsabilidade civil dos contratos de transporte multimodal e as dificuldades de apuração de responsabilidade envolvidas na participação de diversos atores nesse tipo de transporte. A ausência de convenção internacional poderia ser combatida pela introdução da tecnologia *blockchain* em associação à internet das coisas (IoT), de forma a rastrear a movimentação das cargas e suas condições durante todo o percurso, facilitando a apuração de responsabilidades.

Já Mendonça *et al.* (2020) efetuaram a verificação de tempo de transação e tamanho da fila na utilização de *blockchain* na cadeia do leite, concluindo que o desempenho da tecnologia é suficiente para atender aos requisitos de utilização.

Quando se trata de defesa e de Forças Armadas, há também iniciativas que partem de diversos pesquisadores, como pode ser verificado no trabalho de Rahayu *et al.* (2019), que propuseram um *framework* baseado em *blockchain* para controlar os suprimentos da Marinha dos Estados Unidos da América com a finalidade de aprimorar a transparência e a rastreabilidade dos processos da cadeia de suprimentos. Siqueira e Correa Jr. (2020) apresentaram uma proposta para o uso de *blockchain* em um software de gestão corporativo (ERP) a fim de dar suporte à

logística e à gestão orçamentária da Marinha do Brasil, com o objetivo de economizar tempo e dinheiro por meio de melhores estimativas de custo e rastreabilidade de projetos e suas respectivas despesas.

4 MÉTODO DE PRODUÇÃO TÉCNICA

A metodologia escolhida para esta produção concentrou-se na realização de uma análise qualitativa acerca de como as aplicações da tecnologia *blockchain* estão sendo incorporadas para dar apoio à gestão no meio governamental brasileiro. Para isso, foi feita uma pesquisa bibliográfica e documental a fim de fundamentar um estudo de caso no qual se pretendeu indicar como soluções *blockchain* podem contribuir para o avanço dos processos de regulatórios.

O presente relatório busca dar encaminhamento para os seguintes questionamentos:

- 1- Qual é o cenário para a disponibilização de soluções baseadas em *blockchain*?
- 2- Como as instituições governamentais estão se preparando para receber novas soluções baseadas em *blockchain*?
- 3- Qual o resultado da aplicação de modelo de decisão para determinar a viabilidade do desenvolvimento de uma solução de *blockchain* no caso de estudo?

A pesquisa bibliográfica, além de trazer o referencial teórico que envolve o *blockchain* e suas principais aplicações, teve o intuito de fundamentar quais características dessa tecnologia podem ser úteis na concepção de soluções que vão além das criptomoedas.

A busca por relatórios de mercado do setor trouxe o embasamento para a descrição de como as soluções são desenvolvidas no Brasil e no mundo, assim como qual a capacidade desse mercado para atender demandas que vão surgindo conforme a tecnologia vai adquirindo confiabilidade dos grandes atores do mercado.

Nesse sentido, em busca de um modelo de decisão para avaliar se essa tecnologia seria aplicável aos casos governamentais, foi localizado o Sumário Executivo do Tribunal de Contas da União (TCU), relacionado ao Acórdão 1.613/2020-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Aroldo Cedraz (BRASIL, 2020). Nesse documento, foi apontada a preocupação de que, em casos como os do *blockchain*, em que uma nova tecnologia apresenta potencial benéfico, mas cuja compreensão ainda é limitada, especialmente por parte dos gestores públicos, as incertezas podem não estar consideradas em sua completude no processo decisório, resultando em desperdício de recursos públicos.

Assim, buscou-se desenvolver no Acórdão uma melhor compreensão da tecnologia, analisando

tanto seu potencial quanto as incertezas trazidas para os serviços digitais do governo. Reunindo as características comuns dos casos de uso que, até então, apresentaram elevado potencial de benefícios, o relatório propôs uma árvore de decisão sobre a utilização da tecnologia *blockchain*. Esta árvore de decisão é composta por 7 questões que serão aplicadas no estudo de caso proposto neste trabalho. As questões são apresentadas e respondidas no capítulo 6 deste documento.

5 TIPO DE INTERVENÇÃO E MECANISMOS ADOTADOS

Foi analisado, então, o caso da aviação civil, visando a aplicar a árvore decisória desenvolvida pelo Tribunal de Contas da União (TCU) (BRASIL, 2020) para estimar se a tecnologia *blockchain* seria uma candidata adequada para o desenvolvimento de um sistema de registros naquele mercado regulado.

Contextualizando o caso de estudo, é preciso detalhar a estrutura de registros públicos básicos do sistema de aviação civil. Ressalte-se que tanto a segurança quanto a disponibilidade regular da aviação civil são amplamente dependentes da qualidade desses registros.

Primeiramente, tem-se a própria constituição jurídica da aeronave. Para existir e, sequencialmente, ser autorizada a operar, uma aeronave individual precisa ser registrada em um Estado, adquirindo bandeira e marcas de nacionalidade e matrícula. Para tal, deve demonstrar ter, como referência, um projeto aprovado pela autoridade de aviação do país de registro e ter sido fabricada conforme as práticas de engenharia aceitáveis.

Ainda, a atribuição de responsabilidade civil baseia-se na pessoa física ou jurídica que opera a aeronave. Para isso, é necessário ter o registro de quem é o indivíduo responsável por operar essa aeronave. É importante que esse registro esteja oportunamente disponível e represente a realidade de forma fidedigna, para que cumpra seu papel em caso de necessidade.

Uma vez juridicamente constituída e possuindo um operador responsável, é preciso manter o registro de que a aeronave se encontra em condições de ser utilizada, o que se denomina como a aeronave estando “aeronavegável”. A aeronavegabilidade continuada depende de um conjunto de ações de manutenção, visando a uma operação segura durante a vida útil da aeronave.

Por fim, a vida útil de partes mecânicas é geralmente baseada em tempo de vida, tempo de operação ou ciclos de operação. Assim, para assegurar que uma aeronave se encontra aeronavegável, é fundamental dispor de registros históricos fidedignos sobre a constituição da

aeronave, suas partes e modificações, tanto em termos de fabricação quanto de operação (em tempo e em ciclos).

De forma a estabelecer uma estrutura formal para o registro dos dados de matrícula, pessoa responsável, aeronavegabilidade e operação, a Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986 (BRASIL, 1986), que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA), constituiu, em seu Artigo 25 (com detalhamento do Artigo 72 ao Artigo 85), o sistema do Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB). Os procedimentos relativos ao RAB estão descritos na Resolução nº 293, de 19 de novembro de 2013 (ANAC, 2013).

O RAB é responsável por assegurar a autenticidade, a inalterabilidade e a conservação de documentos, compreendendo a matrícula, a aeronavegabilidade e a aquisição de domínio. O RAB é responsável ainda pela autenticação do Diário de Bordo, documento que deve conter os dados de cada operação da aeronave e que deve ser assentado e assinado pelo Comandante da aeronave a cada voo realizado. O CBA ainda estabelece que o RAB deve autenticar “[...] os termos de abertura, encerramento e número de páginas [...]” de cada livro do Diário de Bordo, que “[...] deverá ser encadernado e suas folhas numeradas [...]” (BRASIL, 1986).

Embora de maneira não diretamente associada às atribuições do RAB, as prerrogativas de atuação dos aeronautas dependem do registro de sua experiência de voo, conforme Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 61 (ANAC, 2020). A experiência de voo, por sua vez, pode ser depreendida de forma complementar dos registros operacionais dos próprios Diários de Bordo, haja vista que, nele, constam dados de tripulação e jornada. Ou seja, é possível extrair dos Diários de Bordo o quanto cada aeronauta adquiriu de experiência em cada operação nele registrada.

Quando criados, face à tecnologia existente naquele momento, os registros aeronáuticos foram estabelecidos em livros físicos, em papel, necessitando da autenticação por assinatura e averbação cartorial, de forma a buscar assegurar sua autenticidade. Esse paradigma permanece até hoje, em sua maioria por parte dos operadores aéreos. Existe o entendimento de que há espaço para a utilização de registros eletrônicos, porém, a descrição normativa baseia-se ainda, principalmente, no formato físico, trazendo somente alguns dispositivos normativos adicionais especificamente aplicáveis aos casos eletrônicos. A Resolução nº 457, de 20 de dezembro de 2017 (ANAC, 2017a), estabelece os critérios de aceitabilidade para um Diário de Bordo genérico. Já a Resolução nº 458, de 20 de dezembro de 2017 (ANAC, 2017b), especifica requisitos para Diários de Bordo mantidos em formato eletrônico (DBe).

Os livros físicos dificultam o compartilhamento das informações, mantendo-as privadas ao

operador da aeronave. Não é incomum que, em caso de necessidade de fiscalização, ocorra de o operador notificar o extravio dos livros físicos. A previsão da notificação de extravio está contida, inclusive, na Resolução nº 293, de 19 de novembro de 2013 (ANAC, 2013), que dispõe, dentre outras questões, sobre o Registro Aeronáutico Brasileiro. O controle estatal da atividade visando a assegurar a segurança aérea fica, assim, consideravelmente limitado.

De fato, evidencia-se que há pouca adesão ao Diário de Bordo eletrônico, sendo os registros majoritariamente mantidos em papel. Conforme noticiou a ANAC (2021), em agosto de 2021, a primeira empresa de transporte aéreo público passou a utilizar o formato digital. A notícia cita somente outros dois operadores aéreos, duas forças públicas, que utilizam o formato digital. A ANAC, ainda 2019, demonstrou a intenção em adotar a tecnologia *blockchain* nos DBE. Foi publicada, em abril daquele ano, a Resolução nº 511 (ANAC, 2019), que inseriu a possibilidade de utilização de um “[...] banco de dados tipo *Blockchain*, disponibilizado pela ANAC, conforme orientações da Superintendência de Tecnologia da Informação - STI a serem editadas em ato próprio, preferencialmente após a realização de consultas públicas”.

Não se conhece ulterior encaminhamento, permanecendo, em relação a essa tecnologia, apenas uma demonstração de intenção inserida na norma. No entanto, a árvore de decisão proposta pelo TCU foi divulgada somente em 2020, após a publicação daquela previsão. Assim, o presente relatório contribui com o conhecimento ao aplicar a metodologia do TCU ao caso da aviação para avaliar a adequabilidade da intenção demonstrada pela ANAC na utilização do *blockchain*.

6 RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE

Aplicando o fluxograma proposto pelo TCU, responde-se, considerando a experiência dos autores, da seguinte forma:

- 1- Há a necessidade de múltiplas partes armazenarem informações e uma base de dados compartilhada?

Sim. Os dados relativos a RAB e DBE são oriundos de diferentes fontes (proprietários, operadores, organizações de serviço aéreo, organizações de manutenção, fabricantes, organizações de treinamento, tripulantes, mecânicos de manutenção aeronáutica, instrutores) em uma base de dados compartilhada (o livro físico, na maior parte dos casos).

- 2- Há dificuldade em utilizar uma terceira parte confiável on-line a todo momento?

Sim, há dificuldade, isso porque essa terceira parte estaria sempre defasada em relação aos

registros físicos. Há grande gasto de recursos na manutenção de registros redundantes, os quais podem, inclusive, serem incompatíveis entre si, gerando incertezas sobre a verdadeira representação da realidade.

3- Há dificuldade em decidir quem controla ou em qual local o banco de dados será armazenado?

Poder-se-ia advogar que o banco de dados poderia ser centralizado na ANAC, por ser a agência reguladora da atividade. Porém, a disponibilidade da informação seria prejudicada, pois haveria um único ponto de entrada e saída. A utilização da base de dados, seja para inserção ou consulta, apresentaria maiores riscos relacionados a indisponibilidades ou ataques – *flooding* ou quedas de servidor, por exemplo. A tecnologia *blockchain* permitiria a aplicação do atual processo – ou seja, da mesma forma que o modelo em papel, em que cada ator do processo possui um livro de registros – com a vantagem de que os registros distribuídos conteriam não somente os registros daquele ator, mas sim os registros de todo o sistema, aumentando consideravelmente a confiabilidade nos dados por redundância e consenso. A contínua disponibilidade da possibilidade de registros dependeria, portanto, da distribuição dos registros, com cada ator tendo posse de uma cópia.

4- Os participantes da rede têm interesses conflitantes ou problemas de confiança?

Sim, completamente. Os participantes da rede têm muitos interesses conflitantes; citam-se: os tripulantes desejam aumentar sua experiência profissional, tendendo a superestimar a quantidade operada; já os operadores tendem a subestimá-la, buscando economizar em manutenção. O vendedor da aeronave deseja retirar seu nome dos registros o mais rápido possível, enquanto que o comprador deseja postergar o início de sua responsabilidade. Por fim, o aluno deseja registrar o voo em instrução como piloto em comando, o que inviabilizaria o registro por parte do instrutor para sua própria experiência.

5- Depois de armazenar os registros, os dados nunca são alterados ou excluídos?

Não. Os dados, depois de registrados, não deveriam ser alterados ou excluídos. Eles representam um acontecimento concreto, histórico, que não mudará.

6- Dados sensíveis nunca serão armazenados no livro razão?

Não. Entende-se que, por sua própria natureza cartorial e sua função de segurança, os dados não só não seriam sensíveis, como também ostensivos.

7- Há a necessidade crítica de armazenar o histórico das transações de forma imutável e inviolável?

Sim. Face aos diversos interesses conflitantes e ao caráter histórico da informação, o registro

imutável e inviolável das operações seria qualidade essencial para assegurar a sua função. Entende-se que isso fica evidenciado pela própria criação do RAB com a função de endossar e averbar o DB. Dessa forma, ficaria reforçada a escolha da ANAC pelo desenvolvimento de uma estrutura em *blockchain* para a utilização em DBE, pois a aplicação do *framework* do TCU levaria à conclusão de que esse seria um forte caso de uso para a tecnologia.

Considerando que a mobilização se baseia na pronta disponibilidade de informações sobre os ativos mobilizáveis, entende-se que a existência de uma estrutura *blockchain* de registro de dados de aeronaves e aeronautas permitiria que as Forças Armadas brasileiras dispusessem de uma fonte de dados fidedigna e constantemente atualizada para utilização em caso de necessidade.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O *blockchain* como tecnologia disruptiva já é uma realidade no setor financeiro. O mercado e os governos terão grandes desafios relacionados à regulação e à operação das moedas digitais. O termo bitcoin deu origem a um novo conceito, as *smartcoins*, que possibilitam o desenvolvimento de *smart contracts*, estarão em evidência nos próximos anos. Várias são as soluções que estão em fase de amadurecimento e validação. A concepção de novas aplicações é evidente tanto pela quantidade de *startups* quanto pela quantidade de trabalhos acadêmicos que vêm sendo produzidos nos últimos anos.

O estudo realizado pelo TCU (BRASIL, 2020) é, atualmente, o documento que fornece o embasamento técnico e as diretrizes para que o setor público possa identificar se é oportuno utilizar uma solução baseada em *blockchain* em determinada atividade de governo. Sendo assim, recomenda-se que as instituições públicas apliquem a metodologia proposta para que novas oportunidades para uso do *blockchain* sejam mapeadas. Sendo utilizada, a metodologia poderá evoluir, garantindo aderência a diversos setores do Estado, inclusive aqueles que se encarregam de ações relacionadas à mobilização nacional.

Os departamentos de gestão logística das Forças Armadas podem ser beneficiados pela utilização da tecnologia de *blockchain*. Considerando que se identificou a tendência de evolução *bottom-up* das aplicações em *blockchain* partindo-se de resolução de pequenos problemas específicos, recomenda-se iniciar discussões sobre o uso de *blockchain* pelas Forças Armadas. A aplicação da árvore de decisão proposta pelo TCU (BRASIL, 2020) em departamentos de gestão logística é a forma recomendada de iniciar tais discussões.

Projetos de *smart contracts* utilizados em Forças Armadas de outras nações foram identificados na pesquisa bibliográfica e sugerem indícios de que o *blockchain* é promissor em tais instituições. Seria necessário, portanto, dar início à utilização do *blockchain* nos ambientes governamentais no Brasil, para que o setor não seja surpreendido pelo mercado quando esse tipo de tecnologia passar a ser utilizado em larga escala.

O Brasil tem condições de estruturar um cenário no qual empresas de tecnologia possam construir tecnologias duais. A pesquisa realizada identificou que diversas *startups* já estão aptas a entregarem tecnologias de *blockchain*. Fomentar a evolução desse setor poderia, assim, acelerar o desenvolvimento de soluções. Nesse contexto, o acionamento da tríplice hélice é imperativo. A inovação gerada nas universidades e nas *startups* – com financiamentos públicos e privados –, assim como a construção de soluções corporativas das grandes empresas de tecnologia, são alternativas viáveis para atender a determinadas carências do setor de defesa.

Entende-se que, dado que o desenvolvimento da tecnologia se dá a partir da resolução de problemas, uma etapa de maturação poderia ser a implantação da tecnologia na ANAC de forma incremental. Recomenda-se, portanto, que questões mais simples do RAB, por exemplo, o registro descentralizado de compra e venda de aeronaves, poderia ser testado utilizando-se registros e *smart contracts* em *blockchain*. Assim, a tecnologia provar-se-ia pouco a pouco, havendo menores riscos de governança, com o potencial de crescimento horizontal. Esse crescimento dar-se-ia ao incorporar outras iniciativas de governo eletrônico com potencial para a implementação em *blockchain*, como a averbação do DB. Assim, estar-se-ia evoluindo no entendimento e na incorporação dessa nova tecnologia em busca da eficiência da administração pública, da logística e da mobilização nacionais.

REFERÊNCIAS

ANAC. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Notícias. **Diário de Bordo Digital será utilizado pela primeira vez por uma empresa de transporte aéreo público**. Publicado em 11 ago. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2021/diario-de-bordo-digital-sera-utilizado-pela-primeira-vez-por-uma-empresa-de-transporte-aereo-publico>. Acesso em: 29 out. 2021.

ANAC. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – **RBAC nº 61, Emenda nº 13**. Licenças, habilitações e certificados para pilotos. Aprovado pela Resolução nº 547, de 19 de março de 2020. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-61>. Acesso em: 29 out. 2021.

ANAC. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Resolução nº 293, de 19 de novembro de 2013. Dispõe sobre o Registro Aeronáutico Brasileiro e dá outras providências.

Diário Oficial da União nº 228, S/1, p. 5, 25 nov. 2013. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2013/47s1/anexo-2013-resolucao-no-293-de-19-de-novembro-de-2013.pdf>. Acesso em: 29 out. 2021.

ANAC. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Resolução nº 457, de 20 de dezembro de 2017. Regulamenta o Diário de Bordo das aeronaves civis brasileiras. **Diário Oficial da União**, 22 de dezembro de 2017, Seção 1, p. 384 e 385. Retificado no DOU de 5 de janeiro de 2018, Seção 1, página 52. 2017a. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2017/resolucao-no-457-20-12-2017/@@display-file/arquivo_norma/RA2017-0457.pdf. Acesso em: 29 out. 2021.

ANAC. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Resolução nº 458, de 20 de dezembro de 2017. Regulamenta o uso de sistemas informatizados para registro e guarda de informações por regulados da ANAC. **Diário Oficial da União**, 22 de dezembro de 2017, Seção 1, p. 385. 2017b. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2017/resolucao-no-458-20-12-2017/@@display-file/arquivo_norma/RA2017-0458.pdf. Acesso em: 29 out. 2021.

ANAC. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Resolução nº 511, de 11 de abril de 2019. **Diário Oficial da União**, 11 de abril de 2019, Seção 1, página 65. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/71297931/do1-2019-04-12-resolucao-n-511-de-11-de-abril-de-2019-71297870. Acesso em: 29 out. 2021.

BRASIL. Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. **Diário Oficial da União**, Brasília/DF, dez. 1986. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17565compilado.htm. Acesso em: 29 out. 2021.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Levantamento da tecnologia blockchain** / Tribunal de Contas da União; Relator Ministro Aroldo Cedraz. – Brasília: TCU, Secretaria das Sessões (Seses), 2020. Disponível em: https://portal.tcu.gov.br/data/files/59/02/40/6E/C4854710A7AE4547E18818A8/Blockchain_suario_executivo.pdf. Acesso em: 29 out. 2021.

CASINO, F.; DASAKLIS, T. K.; PATSAKIS, C. **A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues**. *Telematics and Informatics*, Volume 36, 2019, Pages 55-81, ISSN 0736-5853. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.11.006>.

DISTRITO. **Distrito Blockchain e Criptomoedas Report**. 2020. Disponível em: <https://materiais.distrato.me/dataminer-blockchain>. Acesso em: 18 out. 2021.

HAMM, S. **How Businesses and Governments Can Capitalize on Blockchain**. Março, 2016. Disponível em: <https://www.ibm.com/blogs/think/2016/03/how-businesses-and-governments-can-capitalize-on-blockchain/>. Acesso em: 29 out. 2021.

MENDONÇA, R. D.; GOMES, O. S.; PEREIRA, P. C.; VIEIRA, A. B.; NACIF, J. A. Utilização de Blockchain na Rastreabilidade da Cadeia Produtiva do Leite. *In: WORKSHOP EM BLOCKCHAIN: TEORIA, TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES (WBLOCKCHAIN)*, 3. , 2020, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p.

55-60. DOI: <https://doi.org/10.5753/wblockchain.2020.12433>.

MOHAMED, N.; AL-JAROODI, J. Applying Blockchain in Industry 4.0 Applications. **IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)**, 2019, pp. 0852-0858. DOI: 10.1109/CCWC.2019.8666558.

NAKAMOTO, S. **Bitcoin**: A peer-to-peer electronic cash system. 2008. Disponível em: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Acesso em: 18 out. 2021.

PEIXOTO, D. M. **A Responsabilidade Civil no Transporte Multimodal de Mercadorias e a Introdução da Tecnologia Blockchain**. Dissertação (Mestrado em Direito). Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra. Coimbra, 2020.

RAHAYU, S. B.; RMN. N. J.; KAMARUDIN, N. D.; AZAHARI, A. M. Military blockchain for supply chain management. **Journal of Education and Social Sciences**, Vol. 13, Issue 1, June. ISSN 2289-9855, 2019. Disponível em: https://www.jesoc.com/wp-content/uploads/2019/08/KC13_015.pdf. Acesso em: 29 out. 2021.

SALNIKOVA, O.; KOVAL, O.; KOPYTKO, V.; DANYLSHYN, B. Use of Blockchain Technology in Public Administration. **International Journal of Civil Engineering and Technology**, 10(3), 2019, pp. 2377-2385.

SILVA, C. E. de A. V. e T. V. da. **Da fraude marítima – são as distributed ledger technologies (blockchain) uma solução?** Dissertação (Mestrado em Gestão e Estratégia Industrial) – Instituto Superior de Economia e Gestão. Universidade de Lisboa. Lisboa, 2019. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/18463/1/DM-CEAVTVS-2019.pdf>. Acesso em: 29 out. 2021.

SILVA, F. G. C. e; CASTRO, A. de; SILVA, F. C. da; YANO, I. H. Uso de Blockchain para Registro de Dados de Cadeira de Suprimentos Verde da Indústria Sucroenergética. **XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217324/1/PC-Uso-Blockchain-ENEGEP-2020.pdf>. Acesso em: 29 out. 2021.

SIQUEIRA, P. T.; CORREA JR., C. A. **Blockchain technology in support of the brazilian navy logistics and budget control system**. Naval Postgraduate School, Monterey, California, Estados Unidos da América, 2020. Disponível em: https://www.repository.mar.mil.br/bitstream/ripcmb/844833/1/Dissertacao_Siqueira_Correa.pdf. Acesso em: 29 out. 2021.

SULLIVAN, C.; BURGER, E. E-residency and blockchain. **Computer Law & Security Review**, Volume 33, Issue 4, 2017, Pages 470-481, ISSN 0267-3649. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.03.016>.

UNDERWOOD, S. Blockchain beyond bitcoin. **Communications of the ACM**, Volume 59, Issue 11, november 2016, p. 15–17. DOI: <https://doi.org/10.1145/2994581>.

UNITED NATIONS. **Blockchain applications in the United Nations system**: towards a state of readiness. Report of the Joint Inspection Unit. Geneva, 2020. Disponível em: https://www.unjiu.org/sites/www.unjiu.org/files/jiu_rep_2020_7_english.pdf. Acesso em: 29 out. 2021.