

Possíveis implicações da aplicação combinada da *blockchain*, *smart contract* e inteligência artificial nas contratações e no orçamento público¹

Possible implications of the combined application of blockchain, smart contract and artificial intelligence in contracts and public budget

Posibles implicaciones de la aplicación combinada de blockchain, smart contract e inteligencia artificial en contratos y presupuesto público

Alexsandro Souza Burite, Ana Rita Silva Sacramento e Fabiano Maury Raupp

<https://doi.org/10.36428/revistadacgu.v14i27.534>

Resumo: O estudo teve por objetivo analisar possíveis implicações decorrentes da aplicação combinada de três tecnologias digitais - *blockchain*, *smart contract* e inteligência artificial - aos processos de contratação e orçamento efetuados pela Administração Pública. Trata-se de estudo bibliográfico e documental, com abordagem qualitativa. Foi possível constatar a possibilidade de aplicação combinada dessas três tecnologias no âmbito das contratações e do orçamento público a partir da identificação de alguns casos, ainda que em fase inicial de aplicação. Ademais, identificou-se que a *blockchain* e o *smart contract* são tecnologias, em geral, interconectadas, assim, ao usar a primeira concomitantemente a segunda é usada; o oposto já não é verdadeiro. Quanto a Inteligência Artificial, embora não haja essa interconexão usual, por ela ser uma tecnologia independente, é possível fazer a integração dela, de modo embarcado, à *blockchain* e ao *smart contract*, basta que haja uma decisão de gestão com a finalidade de integralizar as três, visto que são tecnologias convergentes, e assim, conseqüentemente, juntas, podem aumentar suas potencialidades de usos nas contratações públicas e no orçamento público. Sob o ponto de vista legal, o estudo permitiu verificar a existência de normativos que dão suporte ao uso dessas tecnologias no âmbito das contratações públicas: a Lei do Governo Digital, a Nova Lei de Licitações e Contratos e a Lei Geral de Proteção de Dados. A criação de uma estrutura de governança em rede viabilizado pelo uso convergente das tecnologias *blockchain*, *smart contracts* e *IA* pode ser um caminho promissor à mitigação de muitos dos problemas relacionados às contratações e assim possibilitar a construção de uma gestão pública efetivamente alinhada aos princípios constitucionais da legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência.

Palavras-chave: *Blockchain*. *Smart contract*. Inteligência artificial. Contratações públicas. Orçamento.

1. Artigo submetido em 16/07/2022 e aceito em 10/04/2023.

Abstract: The study aimed to analyze possible implications arising from the combined application of three digital technologies - blockchain, smart contract and artificial intelligence - to the contracting and budget processes carried out by the Public Administration. This is a bibliographic and documentary study, with a qualitative approach. It was possible to verify the possibility of combined application of these three technologies in the scope of contracting and the public budget from the identification of some cases, although in an initial phase of application. Furthermore, it was identified that the blockchain and the smart contract are technologies, in general, interconnected, thus, when using the first concomitantly, the second is used; the opposite is no longer true. As for Artificial Intelligence, although there is not this usual interconnection, as it is an independent technology, it is possible to integrate it, in an embedded manner, with the blockchain and the smart contract, it suffices that there is a management decision in order to integrate the three, since they are converging technologies, and therefore, together, they can increase their potential uses in public procurement and the public budget. From a legal point of view, the study made it possible to verify the existence of regulations that support the use of these technologies in the scope of public contracts: the Digital Government Law, the New Law of Bidding and Contracts and the General Law of Data Protection. The creation of a network governance structure made possible by the convergent use of blockchain technologies, smart contracts and AI can be a promising way to mitigate many of the problems related to hiring and thus enable the construction of public management effectively aligned with the constitutional principles of legality, impersonality, morality, publicity and efficiency.

Keywords: Blockchain. Smart contract. Artificial Intelligence. Contratações públicas. Orçamento. Public contracts. Budget.

Resumen: El estudio tuvo como objetivo analizar las posibles implicaciones derivadas de la aplicación combinada de tres tecnologías digitales - *blockchain*, *smart contract* e inteligencia artificial - a los procesos de contratación y presupuestación que lleva a cabo la Administración Pública. Se trata de un estudio bibliográfico y documental, con abordaje cualitativo. Se pudo comprobar la posibilidad de aplicación combinada de estas tres tecnologías en el ámbito de la contratación y el presupuesto público a partir de la identificación de algunos casos, aunque en una fase inicial de aplicación. Además, se identificó que la cadena de bloques y el contrato inteligente son tecnologías, en general, interconectadas, por lo que al usar la primera de manera concomitante, se usa la segunda; lo contrario ya no es cierto. En cuanto a la Inteligencia Artificial, si bien no existe esta interconexión habitual, al tratarse de una tecnología independiente, es posible integrarla, de forma embebida, con la cadena de bloques y el contrato inteligente, basta que exista una decisión de gestión para integrar las tres, ya que son tecnologías convergentes y, por lo tanto, juntas pueden aumentar sus usos potenciales en la contratación pública y el presupuesto público. Desde el punto de vista legal, el estudio permitió verificar la existencia de normas que avalan el uso de estas tecnologías en el ámbito de las contrataciones públicas: la Ley de Gobierno Digital, la Nueva Ley de Licitaciones y Contratos y la Ley General de Protección de Datos. La creación de una estructura de gobernanza en red posibilitada por el uso convergente de tecnologías *blockchain*, contratos inteligentes e *IA* puede ser una forma prometedora de mitigar muchos de los problemas relacionados con la contratación y así permitir la construcción de una gestión pública efectivamente alineada con los principios constitucionales de legalidad, impersonalidad, moralidad, publicidad y eficiencia.

Palabras clave: *Blockchain*. *Smart contract*. Inteligencia artificial. Contratos públicos. Presupuesto.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade passa por um período de rápidas transformações, impulsionadas, em parte, pelo surgimento e avanço de novas tecnologias digitais, tanto na esfera privada quanto na esfera pública (Walker, 2021; Leitão & Ferreira, 2021). Surge, nesse cenário, o fenômeno da transformação digital, “processo evolutivo que aproveita as capacidades digitais e tecnologias para viabilizar modelos de negócios, processos operacionais e experiências de clientes, criando valor” (Morakanyane, Grace & O’Reilly, 2017, p. 437). De forma particular, crê-se que esse fenômeno no setor público, impulsionado principalmente por tecnologias como *blockchain*, *smart contract* e inteligência artificial, têm potencial para provocar alterações positivas no âmbito das contratações brasileiras (TCU, 2020; Costa, 2020; Leitão & Ferreira, 2021; Rosa et al., 2021; Araújo, Freitas & Martin, 2021; Cardoso; Cerqueira & Andrade, 2021; Ziliotto, 2022).

Assim, tem-se o entendimento de que a IA “é um sistema algorítmico adaptável, relativamente autônomo, emulatório da decisão humana” e é passível de ser associada a outras tecnologias, como por exemplo, a *blockchain* (Freitas & Freitas, 2020, p 30; TCU, 2020). O *smart contract* “é um protocolo de transação informatizado, que executa os termos de um contrato” e que pode ser configurado para uso integrado à *blockchain* (Szabo, 1994, online; TCU, 2020). Essa, a *blockchain*, por sua vez, “é, em termos gerais, uma tecnologia distribuída e descentralizada de registro eletrônico de dados”, que faz uso dos *smart contracts* para executar regras de negócios previamente estabelecidas (Freire, 2021, p. 17; TCU, 2020).

No estudo em tela, tais tecnologias são relacionadas ao contexto das contratações e orçamento público, pois pressupõe-se a possibilidade de repercussões positivas relacionadas ao controle, eficiência, auditabilidade, transparência e à participação cidadã. Assim sendo, considera-se oportuno que se avalie o uso de tecnologias digitais com a intenção de reduzir os riscos do não alcance dos objetivos pretendidos com a contratação, que, em última instância, é a execução de políticas públicas para atendimento às demandas da sociedade (Fenili, 2018; Rosa et al.; 2021). Por outro lado, os impactos de desperdício de recursos no orçamento público podem prejudicar o alcance dos objetivos preestabelecidos

nos programas, nas políticas públicas, o que consequentemente traz significativas deficiências a áreas importantes como saúde, educação, segurança, entre outras. Controlar os desperdícios públicos pode significar ampliar espaço para melhorar os serviços oferecidos à população sem resultar em aumento dos gastos públicos (Souza & Santos, 2019).

Sendo assim, e considerando as possíveis implicações da transformação digital e de suas tecnologias no âmbito da administração pública, a questão norteadora deste artigo foi formulada da seguinte maneira: **Que implicações podem advir da aplicação combinada das tecnologias *blockchain*, *smart contract* e inteligência artificial aos processos de contratação e orçamento na administração pública?** Para tanto, tem-se como objetivo geral analisar possíveis implicações decorrentes da aplicação combinada dessas tecnologias digitais aos processos de contratação e orçamento efetuados pela Administração Pública. Para alcançar o objetivo geral, delimitou-se três objetivos específicos, a saber: a) identificar na literatura casos de aplicação dessas tecnologias que, de algum modo, relacionem as mesmas aos processos de contratação e orçamento efetuados pela Administração Pública brasileira; b) investigar, do ponto de vista legal, embasamento no ordenamento jurídico administrativo brasileiro para uso dessas tecnologias no âmbito das contratações e orçamento público; c) averiguar na literatura e em documentos institucionais benefícios da aplicação dessas três tecnologias à execução das políticas públicas dependentes de aquisições e orçamento público.

Ante o exposto, crê-se que este estudo se justifica por tratar de temática socialmente relevante e atual, pois sua abordagem agrega uma reflexão inovadora na gestão pública, qual seja a identificação de possíveis benefícios da aplicação das tecnologias *blockchain*, *smart contracts* e IA nas contratações e orçamento público. Ademais, ao apresentar essa reflexão convergindo três tópicos fundamentais - contratações e orçamento público, novas tecnologias e transformação digital - espera-se de alguma forma contribuir para o campo da administração pública, especificamente no que se refere à necessidade de repensar os processos de contratação. Para além, registra-se que no Brasil, há lacunas em pesquisas com essa abordagem temática combinada (Carvalho et al., 2021; Silva & Santos, 2022).

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Rover (2001) e Faleiros Junior (2020), destacam ser a IA uma tecnologia que tem o potencial de produzir resultados e, em linhas gerais, proporcionar uma atuação pública procedimental mais eficiente, transparente e otimizada pela predileção algorítmica, que opera por representações simbólicas e estruturais do conhecimento. Na abordagem aqui proposta, a IA é distinta da pura automação e da operação simbólica incapaz de aprendizagem, visto que a automação não inclui a capacidade de aprendizagem, uma das características nucleares da IA e que possibilita a construção de algoritmos aptos ao aprendizado supervisionado, não supervisionado ou por reforço para atuação em processos licitatórios e respectivas ações de controle das execuções orçamentárias resultantes das contratações públicas (Freitas & Freitas, 2020; Silva, Carvalho & Carvalho, 2020; Costa & Bastos, 2020; Taulli, 2020; Azevedo, Albino & Figueiredo, 2021; Godinho, Marinot & Vaz, 2022).

Os autores Russel e Norvig (2016, p. 2-5), ao buscarem responder o que é a IA, esclarecem que existem quatro concepções a respeito do que seria fundamental para o conceito da IA: a hipótese segundo a qual a IA pode agir como ser humano - “abordagem do teste de Turing”; a hipótese de que a IA pensa como um ser humano - “abordagem da modelagem cognitiva”; a hipótese de que a IA pensa racionalmente - “abordagem baseada nas leis do pensamento”; e a hipótese de que a IA age racionalmente - “abordagem do agente racional”. Freitas e Freitas (2020) ao analisar essas quatro abordagens, afirmam que, embora esclarecedoras, elas não explicam, por inteiro, como funciona a IA, na prática, visto que se concentram na descrição parcelar do fenômeno. No entanto, para eles, é possível conceituar a IA como um sistema algorítmico adaptável, relativamente autônomo, emulatório da decisão humana.

Patrick Winston (2010) e Joshua Walker (2021) entendem que a IA cobre uma variedade de técnicas e sistemas avançados de matemática e ciência da computação. Especificamente, essas técnicas e sistemas envolvem ou incorporam: “algoritmos capacitados por restrições expostas por representações que modelam pensamento, percepção e ação com foco” (Winston, 2010, online). Para Winston, as restrições algorítmicas da IA são necessárias, pois podem ser consideradas as vigas sustentadoras do

modelo algorítmico. Elas são como se fossem regras jurídicas dentro de um sistema jurídico de IA e são os requisitos concretos quantitativos-qualitativos que, inclusive, podem ser usados para gerenciar os vieses da IA conforme apontam Valle & Pinto (2022).

Em se tratando de *smart contract*, Szabo (1994), o define como sendo um protocolo de transação informatizado e que executa os termos de um contrato, para ele, são cláusulas contratuais embutidas em hardware, que tornam a violação destas cláusulas proibitiva sob o ponto de vista computacional e consequentemente econômico, portanto, não vantajosa a um possível violador. Os *smart contracts* ou contratos inteligentes são acordos de vontade automatizados através de código, o qual visa facilitar, fazer cumprir e controlar a execução do contrato. As partes definem os termos do contrato sob a forma de código e este autoexecuta-se à medida que as condições/instruções definidas pelas partes se concretizam. São autoexecutáveis porque possuem comandos a serem aplicados em um fluxograma com possibilidades previamente previstas, sendo assim, passível de aplicação usando as regras dos processos e procedimentos licitatórios, inclusive as regras vinculadas aos normativos legais, como as positivadas na nova lei de licitações e contratos, Lei Federal nº 14.133/2021 (Araújo, Freitas & Martin, 2021).

Essa tecnologia, *smart contracts*, conforme Surden (2012), representa a terceira fase da evolução dos acordos digitais, denominada fase do contrato computável que fornece os sistemas computacionais para a implementação dos contratos orientados por dados e as condições para se fazer avaliações automatizadas sobre o cumprimento e desempenho. O principal requisito para essa modalidade de contrato, segundo Floriani (2021), é que a semântica, ou seja, o significado dos termos contratuais possa ser expresso por meio de um conjunto de instruções ou lógica computacional.

No contexto aqui abordado, os *smart contracts*, devem ser entendidos como códigos construídos em linguagem de programação (scripts), como por exemplo, a Solidity, para serem auto-executados na infraestrutura da *blockchain*. Sua principal função é servir como meio de configuração das regras procedimentais das aquisições públicas para serem executadas automaticamente dentro da *blockchain*.

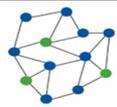
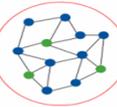
Em síntese, são blocos de código que executam funções do tipo “Se > Então”, inseridos e executados na rede *blockchain*.

Já a *blockchain*, segundo Freire (2021), é, em termos gerais, uma tecnologia distribuída e descentralizada de registro eletrônico de dados. É distribuída, ou seja, os utilizadores da *blockchain* têm uma cópia atualizada da informação nela armazenada e é descentralizada porque nenhuma entidade controla a *blockchain*, sendo antes os utilizadores que, em conjunto, controlam a informação que entra nesta. Essa característica de não ser controlada por uma única entidade, no âmbito das contratações e da execução da despesa pública resultantes de obrigações contratuais de pagar aos fornecedores, contribui positivamente para o aumento da confiança nas instituições públicas (órgãos e entidades compradoras) que, segundo Ziliotto (2022), passa por uma crise aguda de falta de confiança por parte dos cidadãos.

Essa confiança na tecnologia *blockchain* também se origina na forma em que a informação é armazenada, pois o armazenamento ocorre em blocos, ligados entre si cronologicamente e protegidos por meio de criptografia, tornando a informação imutável, o que lhe confere um elemento de segurança e confiabilidade adicional, além de favorecer a transparência e permitir a rastreabilidade do histórico dos registros. Ademais, essa tecnologia permite verificar e controlar muitas informações de diversas naturezas, desde direitos de propriedade a informação fiscal, registros médicos, atividades notariais e de registro e muitas outras (Freire, 2021; Philippi, 2022).

Discutida essa questão da confiança, cabe destacar a necessidade de avaliar qual o tipo de *blockchain* mais adequada a ser utilizada pelo governo brasileiro no âmbito das contratações. O Quadro 1 apresenta os quatro tipos de *blockchain*, conforme classificação elaborada pela Comissão Europeia de Ciência e Conhecimento, em 2019.

QUADRO 1 – TIPOS DE BLOCKCHAIN

Tipos de <i>blockchain</i>	Explicação	Exemplo	Visualização
<i>Blockchain</i> pública não permissionada	Qualquer um pode participar do mecanismo de consenso da <i>blockchain</i> . Além disso, qualquer um com conexão à internet é capaz de realizar transações e visualizar o log de transações.	<i>Bitcoin</i> , <i>LiteCoin</i> , <i>Ethereum</i>	
<i>Blockchain</i> pública permissionada	Qualquer um com conexão à internet é capaz de realizar transações e visualizar o log de transações, mas apenas uma parte restrita dos nós podem participar do mecanismo de consenso da <i>blockchain</i> .	<i>Ripple</i> , versões privadas e <i>Ethereum</i>	
<i>Blockchain</i> privada permissionada	A capacidade de realizar transações e visualizar o log nessa <i>blockchain</i> é restrita apenas para os nós participantes da rede. O dono da <i>blockchain</i> é quem define os usuários da rede e quais nós podem participar do mecanismo de consenso da <i>blockchain</i> .	<i>Rubix</i> , <i>Hyperledger</i>	
<i>Blockchain</i> privada não permissionada	Existe restrição quanto à realização de transações e visualização do log, mas o mecanismo de consenso é aberto a qualquer nó.	(Parcialmente) <i>Exonum</i>	

Fonte: Tradução livre de “The European Commission’s science and knowledge service” (2019, p. 16).

A distinção entre essas quatro tipologias pode ser resumida em *blockchain* do tipo pública ou do tipo privada e ambas podem ser permissionadas ou não permissionadas. Isso significa dizer que, sendo pública, não há um dono da rede, o que difere das *blockchain* privadas, pois nelas existem alguns donos. Quanto a serem permissionadas ou não, significa dizer que para a realização de algumas atividades na rede, sendo elas do tipo permissionada, somente se conseguirá com permissão, pois existem restrições à prática de certas atividades previamente configuradas na estrutura da rede.

Ainda em relação a esses quatro tipos apresentados por meio do Quadro 1 é pertinente destacar que existem diferentes tipos de protocolos ou plataformas de *blockchain*, que estão disponíveis na internet para o desenvolvimento de aplicações específicas e para setores específicos, como o setor público. São alguns exemplos: *Bitcoin*, *Ethereum*, *Hyperledger*, *Hyperledger Fabric*, *Quorum*, *Multi-chain*, etc. (TCU, 2020). No âmbito das contratações públicas, por exemplo, o uso da *Ethereum* ou da *Hyperledger Fabric* pode ser mais indicado por conta da maior facilidade em usar a tecnologia *smart contract* para configurar regras de negócios ou regras contratuais, se comparado com a plataforma *Bitcoin* e ainda permitem configuração que observe as regras da LGPD, no caso de informações restritas (TCU, 2020; Menengola, 2022).

Ademais, é oportuno registrar que o Tribunal de Contas da União (TCU) tende a apontar a tipologia pública permissionada como a mais adequada ao governo brasileiro, por ser uma tipologia híbrida que absorve as melhores características para uso governamental tanto da *blockchain* privada quanto da *blockchain* pública e foi espelhado nessa tipologia que em maio de 2022 foi lançada, resultante da celebração do Acordo de Cooperação Técnica (ACT) nº D-121.2.0014.22 entre o TCU e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDES), a Rede *Blockchain* Brasil (TCU, 2020; TCU, 2022; TCU/BNDES, 2022; Arantes Junior, 2022 online).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo, do ponto de vista epistemológico, ampara-se na corrente teórica da administração pública denominada em Dunleavy et al. (2005) de Digital-Era Governance (DEG), ou Governança da

Era Digital, que tem como elementos-chave a visão holística da administração baseada nas necessidades da sociedade (*needs-based holism*) e nas mudanças de digitalização (*digitization changes*). Tais elementos encontram amparo na transformação digital em curso no Estado brasileiro expresso em normativos legais como: o Decreto nº 10.332/2020, que “disrompeu padrões burocráticos do século XX mediante a incorporação da *blockchain* e dos *smart contracts* nas rotinas administrativas” (Leitão & Ferreira, 2021, p. 71); e a Lei nº 14.133/2021 (NLLC) que “consagrou a virtualização do processo licitatório e a possibilidade de celebração de contratos eletrônicos.” (Leitão & Ferreira, 2021, p. 71).

A DEG busca a prestação de serviços eficientes à sociedade, com apoio das tecnologias de informação e comunicação e, concomitantemente, postula a participação ativa dos usuários na formulação e acompanhamento de políticas públicas junto ao governo. Assim, a DEG mostra-se alinhada à Lei nº 14.129/2021 (LGD) que, em seu art. 1º, deixa evidente seu objetivo de materializar o princípio constitucional da eficiência da administração pública, especialmente por meio da desburocratização, da inovação, da transformação digital e da participação do cidadão (Brasil, 2021).

Para atingir o objetivo proposto, no que concerne aos procedimentos metodológicos, o estudo ora realizado se classifica como bibliográfico e documental, com abordagem qualitativa. A parte bibliográfica desenvolveu-se a partir de pesquisas sobre *blockchain*, *smart contract* e inteligência artificial que, de algum modo, relaciona uma dessas três tecnologias às contratações públicas, visando trazer ao leitor o estado da arte no que tange às discussões da temática. No tocante à pesquisa documental, recorreu-se a documentos institucionais, leis e atos normativos (Lakatos, 2003).

Como critério qualitativo de seleção do material deu-se preferência às publicações de instituições renomadas que lidam com o campo da Administração Pública e o campo das Políticas Públicas, como a Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Administração (ANPAD) que disponibiliza em sua biblioteca eletrônica SPELL (Scientific Periodicals Electronic Library) um repositório de artigos científicos e proporciona acesso gratuito à informação técnico-científica. Após a seleção qualitativa do material foram feitas as comparações e interpre-

tação dos conhecimentos apresentados nos textos analisados.

4. IMPLICAÇÕES DA APLICAÇÃO COMBINADA DA BLOCKCHAIN, SMART CONTRACT E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NAS CONTRATAÇÕES E NO ORÇAMENTO

4.1. Aplicação Combinada entre Blockchain, Smart contracts e Inteligência Artificial

Convém destacar que não é recente a busca pela melhoria do processo de contratação pela administração pública no Brasil. Note-se que desde que D. Pedro I publicou a Lei do Império de 29 de agosto de 1828, conforme consta no Portal da Câmara dos Deputados, a qual estabelecia regras para a construção de obras públicas, possivelmente, um dos primeiros normativos sobre contratações públicas no Brasil, outros marcos legais surgiram, como foi o caso do Código de Contabilidade Pública da União de 1922, o qual passou a regulamentar os procedimentos de compra e contratação (Rosilho, 2013; Fassio, 2021); o Decreto-Lei nº 200 de 1967, que proporcionou uma unificação nacional e simplificação das regras de licitações como parte da reforma administrativa da época; e do Decreto-Lei nº 2.300 de 1986, que instituiu o estatuto jurídico das licitações e contratos administrativos (Rosilho, 2013; Fassio, 2021).

Além desses marcos legais, em 1993, já sob um novo regime constitucional, ocorreu à promulgação da Lei Geral das Licitações nº 8.666/1993, com vigência prevista para findar em dezembro de 2023, conforme Medida Provisória nº 1.167, de 31 de março de 2023, em virtude de aprovação mais recente da sua substituta, a NLLC nº 14.133 de abril de 2021, que estabelece normas gerais de licitação e contratação para as Administrações Públicas diretas, autárquicas e fundacionais da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (Rosilho, 2013; Fassio, 2021; BRASIL, 2021).

Deve-se ressaltar que as contratações públicas, segundo Fenili e Ache (2022), constituem um processo de aquisições destinado a atender demandas relacionadas a bens e serviços de órgãos e entidades governamentais e têm relevância constitucional, conforme consta no art. 37, inciso XXI, da Carta Magna de 1988. Elas são materializadas por licitação ou por contratação direta sem a formalização

de processos licitatórios, nas hipóteses legais conhecidas como dispensa e inexigibilidade (Jacoby Fernandes, 2021).

A execução dessas contratações públicas, que preferencialmente devem ser realizadas em ambiente digital, demanda confiabilidade e segurança por parte dos envolvidos, gestores, fornecedores e sociedade como um todo e a aplicação combinada entre *blockchain*, *smart contracts* e inteligência artificial tem potencial para aumentar essa segurança e confiabilidade nos processos licitatórios. Os autores Araújo, Freitas e Martin (2021), entendem que a segurança oferecida por essas tecnologias pode contribuir para a contratação pública de diversas formas, como por exemplo, na não necessidade de se depositar confiança em uma única entidade central, além de tornar o processo de contratação mais eficiente, transparente e dificilmente corruptível.

Do ponto de vista da observância obrigatória ao ordenamento jurídico administrativo para aplicação dessas tecnologias, os autores Leitão e Ferreira (2021, p. 78-79), ao analisarem essa questão, concluem que o ordenamento legal ampara a utilização dessas tecnologias na execução de serviços públicos. “Com efeito, pode-se dizer que as Leis nº 12.865/2013, nº 12.965/2014, nº 13.709/2018 e nº 14.129/2021 são plenamente compatíveis com o uso público da *blockchain*” (Leitão & Ferreira, 2021, p. 78-79). Também válida o uso dessas tecnologias o Decreto nº 10.332/2020, alterado pelo Decreto nº 11.260/2022, o qual instituiu a Estratégia de Governo Digital para o período de 2020 a 2023, no âmbito dos órgãos e das entidades da administração pública federal. Nele é citado a *blockchain* e a inteligência artificial ao indicar as iniciativas necessárias para os serviços públicos do futuro. Assim, consta:

Implementar recursos de inteligência artificial em, no mínimo, doze serviços públicos federais, até 2022; disponibilizar, pelo menos, nove conjuntos de dados por meio de soluções de *blockchain* na administração pública federal, até 2022; implementar recursos para criação de uma rede *blockchain* do Governo federal interoperável, com uso de identificação confiável e de algoritmos seguros (Brasil, 2020).

No que tange à combinação destas tecnologias, observa-se, na literatura, que, cronologicamente, à medida que demandas ou situações problemas

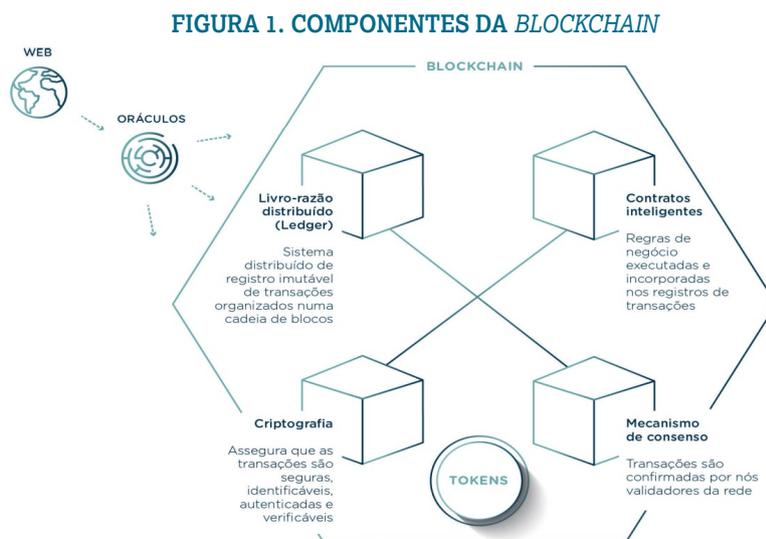
foram se apresentando, elas foram se convergindo naturalmente em algumas aplicações práticas, como no caso da *blockchain* com os *smart contracts* usado inicialmente na construção da moeda virtual *Bitcoin* (Revoredo, 2019; Taulli, 2020; Floriani, 2021). Essas convergências também ocorrem à medida que uma complementa e potencializa a aplicação da outra (Floriani, 2021; Freire, 2021; Ziliotto, 2022; Weyl, Ohlhaver & Buterin, 2022).

Os *smart contract* são criados e existem dentro da *blockchain* e as partes do contrato definem os termos sob a forma de código. Tal código executa-se à medida que as condições/instruções definidas pelas partes se concretizam. Isto funciona sem a necessidade de intermediação, pois o contrato é transmitido para a *blockchain*, controlando a execução do contrato não só do código, mas também os utilizadores da *blockchain* e ficando o *smart contract* registrado nela (Freire, 2021).

No que diz respeito à relação entre *blockchain*, *smart contracts* e *IA* quando aplicadas à contratação por órgãos públicos, partindo do conceito de transformação digital dos autores Morakanyane, Grace; O'Reilly, (2017, p. 437), no qual pontuam ser, a transformação digital, “um processo evolutivo que aproveita as capacidades digitais e tecnologias para viabilizar modelos de negócios, processos operacionais e experiências de clientes, criando valor”, infere-se ser aplicável a combinação dessas três tecnologias ao processo de contratações públicas e orçamento público. Para além dessa inferência, registra-se a existência de dois casos no Brasil em que se fez ou pretende fazer o uso combinado dessas três tecnologias aplicadas ao contexto das contratações, os quais serão abordados mais a frente.

Para autores Araújo, Freitas & Martin (2021, p. 497) “a utilização da tecnologia *blockchain* é viável, ao menos, nas fases de habilitação e julgamento das propostas. A partir do momento em que o contrato entre o ente público e o particular é firmado, é possível que a rede *blockchain* seja utilizada”. À *blockchain* caberia o registro imutável das transações/procedimentos licitatórios e execução orçamentária, aos *smart contracts* caberia a configuração das regras procedimentais e legais e à *IA* caberia múltiplos papéis, por exemplo, análise e processamento de dados em massa (Big Data) para auxiliar nas práticas de gestão, tomada de decisão e de accountability, controle preventivo de falhas humanas, controle preventivo e concomitante de fraudes, irregularidades e inconformidades, além de possibilitar que o gestor seja alertado de eventuais fragilidades ainda na etapa de planejamento da aquisição (CGE, 2020; Azevedo, Albino & Figueiredo, 2021; Rocha, Rezende & Oliveira, 2022; Smart SC, 2023). Um caso prático no Brasil que demonstra essa viabilidade de combinação tecnológica nas contratações públicas é o Projeto Harpia, idealizado pela Controladoria Geral do Estado do Paraná (CGE/PR) para aprimorar as aquisições públicas do referido estado (Siqueira, 2020; Siqueira, 2021, Silka, 2022).

Explicitada a relação entre *blockchain*, *smart contracts* e *IA* quando aplicadas à contratação por órgãos públicos, é oportuno detalhar a estrutura de uma *blockchain*. A partir da Figura 1 são evidenciados os principais componentes da tecnologia *blockchain*: livro-razão distribuído, mecanismos de consenso, contratos inteligentes ou *smart contracts*, criptografia, tokens e oráculos e exemplifica a convergência existente entre as tecnologias *blockchain* e *smart contracts*.



Fonte: TCU (2020, p. 13).

Como se pode observar, as implementações da tecnologia *blockchain* perpassam por um conjunto de componentes interdependentes entre si para um funcionamento completo da tecnologia. Conforme o TCU (2020), o livro-razão é a estrutura tecnológica imutável da rede em que transações são registradas e mantidas de forma descentralizada em diferentes locais. Essa característica de registro distribuído e descentralizado do livro-razão cria um sistema dentro da rede, no qual todas as transações são compartilhadas, verificadas e aceitas por todas as partes, eliminando assim, a necessidade de uma autoridade central para controlar o armazenamento dos dados. Esse registro no livro-razão somente ocorre após as transações atenderem as regras de negócio previamente definidas nos contratos inteligentes e validadas pelo mecanismo de consenso.

O mecanismo de consenso é o responsável por permitir que os atores da rede concordem entre si com o conteúdo a ser armazenado e o validem, caso não ocorra a validação, o conteúdo é automaticamente rejeitado em conformidade com as regras ditadas pelo mecanismo de consenso que devem ser seguidas por todos. Quanto aos contratos inteligentes são códigos-fonte em linguagem de programação (scripts) que contém as regras do negócio e são executados pelos nós (computadores da rede). Os resultados dessa execução são validados pelo mecanismo de consenso e registrados no livro-razão (TCU, 2020).

No que diz respeito à criptografia são técnicas de programação usadas para garantir a integridade das informações armazenadas, além de garantir transparência, privacidade e assegurar que as transações na *blockchain* são seguras, identificáveis, autenticadas e verificáveis (TCU, 2020; Pablo, 2022). Em relação aos tokens, são utilizados na *blockchain* para representar ou materializar todo tipo concebível de ativos, direitos e obrigações, relacionados a bens materiais e imateriais presentes no mundo real (TCU, 2020; Pablo, 2022).

Para finalizar esse detalhamento da Figura 1 acima, esclarece-se que oráculos, no contexto de *blockchains*, é um agente que localiza e verifica ocorrências do mundo real e envia essas informações para uma *blockchain*, a fim de serem usadas por contratos inteligentes, visto que as *blockchains* não podem acessar dados fora da rede, assim, os oráculos fornecem dados externos e acionam execuções de contratos inteligentes quando ocorrem condições pré-definidas (Revoredo, 2019; TCU, 2020).

Na administração pública brasileira já estão presentes alguns usos destas tecnologias, no contexto das contratações públicas, como é o caso do SOL, Solução Online de Licitação, em uso nos Estados da Bahia e Rio Grande do Norte (TCU, 2020; Cardoso, Cerqueira & Andrade, 2021; Ziliotto, 2022, Silka, 2022). No Estado de Santa Catarina há o projeto piloto denominado Smart SC - Plataforma de Contratos Inteligentes do Governo do Estado de Santa Catarina que pretende fazer uso combinado

dessas três tecnologias aqui abordadas (ROSA, et al. 2021; Smart SC, 2023). Além desses casos, há o Projeto Harpia do Estado do Paraná, sobre o qual se faz, a seguir, um detalhamento visando uma maior contribuição para que os leitores possam compreender como efetivamente tais tecnologias podem ser aplicadas na prática.

A literatura ao tratar das contratações públicas, que segundo a NLLC nº 14.133/2021 devem ser operacionalizadas, preferencialmente em meio digital, comumente aponta três etapas principais em um processo de compras públicas, a saber: Planejamento da Contratação, Seleção do Fornecedor e Gestão Contratual e é dentro dessas três etapas que ocorrem as relações entre licitantes, fornecedores, compradores públicos, fiscais/gestores contratuais e auditores (Fenili & Ache, 2022). O Projeto Harpia, já em andamento e com previsão de investimento estimado em R\$ 25 milhões, conforme Plano de Trabalho de 2023 da CGE/PR, em síntese, constituirá em uma Plataforma Digital construída com base nas tecnologias *blockchain*, *smart contracts* e IA, que contemplará as necessidades das três etapas do processo de compras públicas do Estado, mencionadas (CGE, 2020; CGE, 2023a; CGE, 2023b).

A Plataforma Digital terá duas partes principais, uma *Front End* e uma *Back End*. A *Front End* é a interface gráfica (parte externa e visual) que permitirá a interação e realização das atividades pertinentes aos licitantes, fornecedores, compradores públicos, fiscais/gestores contratuais e auditores. Já a *Back End* (parte interna “não visível”) é a parte onde ocorrerão os processamentos dos dados e informações inseridas ou solicitadas pelos licitantes, fornecedores, compradores públicos, fiscais/gestores contratuais e auditores (CGE, 2020; CGE, 2023a). Esses processamentos serão feitos em conjunto com as tecnologias *blockchain*, *smart contracts* e IA e cada uma delas dentro da plataforma terá seu papel previamente definido.

Em síntese, à *blockchain* caberá manter os registros dos dados e informações dos processos de compras inalterados/imutáveis para garantir o alto padrão de segurança e rastreabilidade durante todas as etapas do processo de compra governamental. Aos *smart contracts*, caberá viabilizar as configurações personalizadas e automatizadas das regras procedimentais dos processos das compras, inclusive as regras legais. À IA caberá auxiliar em tempo

real no monitoramento dos procedimentos dos processos das compras a fim de mitigar riscos, fazer o registro dos responsáveis por autorizar exceções e auxiliar no aprimoramento das contratações, como uma ferramenta de apoio a tomada de decisões dos stakeholders, além de auxiliar na fase de pesquisa de preços para formação dos valores estimados a fim de evitar superfaturamentos (CGE, 2020; CGE, 2023a). Uma explicação mais detalhada do Projeto Harpia pode ser consultada na plataforma YouTube, no canal da Controladoria Geral do Estado do Paraná (CGE), no link <https://www.youtube.com/watch?v=5pX1GJtpR2g>. Por fim, é importante destacar que a forma de combinação dessas tecnologias no Projeto Harpia não é a única, pois outras formas, tão eficientes quanto podem ser implementadas, como pretende fazer diferente o Estado de Santa Catarina, acima mencionado. Isso depende muito da modelagem do processo como um todo e dos objetivos pretendidos, principalmente quanto à inserção da inteligência artificial, que dentre essas três tecnologias é a mais autônoma em relação às outras duas.

4.2. Benefícios e Desafios da Aplicação dessas Tecnologias nas Contratações Públicas Brasileiras

Para Tom Taulli (2020) os dados são combustíveis da IA, principalmente se estiverem estruturados. Com o uso dos *smart contracts* na base da *blockchain* tem-se dados estruturados das contratações em ambiente digital e assim melhores condições de aplicar IA, que tem a capacidade de fazer análise textual dos arquivos dos editais e dos termos de referência publicados e, com base em regras pré-definidas, apontar indícios de inconsistências, conforme apontam Costa & Bastos (2020), Godinho, Marinot & Vaz, (2022) e Santos & Ângelo Junior (2022). Essa capacidade da IA de fazer análise textual dos artefatos dos processos licitatórios, oferece benefícios como controle, auditabilidade, transparência, melhor eficiência dos processos e detecção de fraudes e irregularidades em contratações, além de impedir inconformidades nos processos (CGE, 2020; Smart SC, 2023). Corroboram essa ideia os autores Cardoso, Cerqueira Andrade (2021, p. 9), para quem o uso da *blockchain* nas contratações “aumenta a confiança nas transações e reduz o risco de fraudes e de diversos outros crimes, a exemplo da corrupção, o que a torna uma opção bastante vantajosa e capaz

de transformar a vida da população para melhor” e agregar valor público.

No tocante à transparência, Ziliotto (2022) e Souza e Santos (2019) explicitam que as garantias de transparência possuem um importante papel instrumental para inibir práticas como a corrupção, irresponsabilidade financeira, negociações escusas, e fraudes das mais variadas que têm como consequências o desperdício de recursos públicos e a não execução de políticas públicas a contento. Os benefícios da tecnologia *blockchain* para o setor público podem ser resumidos “à capacidade do governo prestar serviços com maior eficiência e segurança, automação aprimorada, transparência e auditabilidade, beneficiando assim a sociedade” (TCU, 2020, p. 37).

O relatório de análise da tecnologia *blockchain* do Fórum Econômico Mundial (*World Economic Forum – WEF*), de junho de 2020, intitulado “Explorando a Tecnologia *Blockchain* para Transparência Governamental”, aponta que os custos da corrupção no setor público, inclusive na área das contratações, são altos, afetam o desenvolvimento sustentável e em sua grande parte estão relacionados à falta de transparência, manutenção inadequada de registros e ausência de prestação de contas pelo Poder Público (WEF, 2020). Assim, infere-se que a aplicação das tecnologias aqui abordadas por suas características já apontadas, como a transparência, a imutabilidade e a auditabilidade, contribuirá para a mitigação desses problemas.

Para os autores Araújo, Freitas e Martin (2021), a aplicação dessas tecnologias tem o potencial de simplificar os processos de contratações, assim como diminuir os custos de transação e contribuir com o objetivo da LGD nº 14.129/2021 de aumentar a eficiência da administração pública, especialmente por meio da desburocratização, da inovação e da transformação digital. Para eles, “a fase de julgamento das propostas nas licitações públicas po-

deria ser simplificada a partir do uso de uma rede *blockchain*” (Araújo, Freitas & Martin, 2021, p. 499). Ademais, o uso dessas tecnologias está alinhado às diretrizes da Política Nacional de Governo Aberto (PNGA), na medida em que contribuirá para o fomento à participação social, aumento da transparência e estímulo ao uso de novas tecnologias que fomentem a inovação e o fortalecimento da governança pública (Santos & Ângelo Junior, 2022).

Rede *blockchain* semelhante à mencionada pelos autores Araújo, Freitas e Martin (2021) foi lançada pelo TCU em parceria com o BNDES, denominada de Rede *Blockchain* Brasil (RBB), a qual visa “garantir mais segurança a atos e contratos públicos” (TCU, 2022). A RBB é uma rede nacional de instituições, “composta de estrutura de governança e infraestrutura tecnológica, que tem o objetivo de facilitar a adoção da tecnologia de *blockchain* para a implementação de aplicações de interesse público” (BNDES, 2022).

Embora existam vários benefícios, alguns desafios se apresentam e podem ser relacionados às questões regulamentares, aspectos culturais de resistência a inovações disruptivas e capacitação dos servidores públicos para melhor explorar as possibilidades de usos dessas convergências tecnológicas. No que diz respeito à regulamentação, os autores Leitão e Ferreira (2021) observam que “o ordenamento legal ampara a utilização da *blockchain* na execução de serviços públicos” (Leitão & Ferreira, 2021, p. 78). Já a capacitação é necessária e constitui um real desafio, principalmente para o trabalho com essas tecnologias. Para além desses desafios, cita-se a necessária integração com os sistemas já existentes, especialmente o compartilhamento de dados já armazenados. No Quadro 2, sintetiza-se os principais benefícios da aplicação combinada dessas tecnologias.

QUADRO 2 - BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO COMBINADA DAS TECNOLOGIAS OBJETO DESTES ESTUDO.

TECNOLOGIAS	BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO COMBINADA
BLOCKCHAIN SMART CONTRACT INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	Hipertransparência e auditabilidade
	Imutabilidade e integridade
	Registro distribuído e descentralizado
	Desintermediação nas transações e rastreabilidade do histórico
	Disponibilidade e Irrefutabilidade
	Automatização de procedimentos
	Redução de custos transacionais e aumento da eficiência
	Aumento de confiança institucional
	Permite monitoramento e atuação dos controles em tempo real
	Favorece a análise e processamento ágil de dados em massa

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3. Impactos no Orçamento Público

O orçamento público diz respeito à atividade financeira do Estado e relaciona-se diretamente às finanças públicas, ramo da economia que trata da gestão dos recursos públicos e compreende a gestão e o controle financeiro público (Paludo, 2019). Ele é instrumento de gestão usado pelo governo para a “realização das políticas públicas organizadas em programas, mediante a qualificação das metas e a alocação de recursos para as ações orçamentárias (projetos, atividades e operações especiais)” (Paludo, 2019, p. 9).

No contexto das contratações públicas, que podem ser entendidas como meios para execução das políticas públicas, o orçamento é fundamental, pois, conforme Justen Filho (2021, p. 336) “nenhuma licitação pode ser instaurada sem a previsão de recursos orçamentários, necessários para a execução do objeto ao longo do exercício em curso”. Essa regra decorre diretamente da disciplina constitucional e deve ser aplicada também quando das contratações sem licitação, nas hipóteses legais de dispensa ou inexigibilidade (Jacoby Fernandes, 2021).

Quando um processo licitatório é finalizado, inicia-se a fase da execução da despesa pública que acontece por meio de estágios: empenho, liquidação e pagamento (Brasil, 1964; Brasil, 2021). Esses três estágios, no âmbito das contratações públicas, são etapas formais a serem seguidas nessa ordem para transferir os recursos aos fornecedores, conforme pontua Jacoby Fernandes (2020), e poderão ser registrados na *blockchain*, o que viabilizará a rastreabilidade da execução orçamentária relacionada aos pagamentos dos fornecedores e prestadores de serviços vencedores dos processos licitatórios; além de possibilitar “uma melhora na transparência de todo o processo de registro de transações e no rastreamento das compras de bens e serviços” (Silva, Carvalho & Carvalho, 2020, p. 372).

bilidade da execução orçamentária relacionada aos pagamentos dos fornecedores e prestadores de serviços vencedores dos processos licitatórios; além de possibilitar “uma melhora na transparência de todo o processo de registro de transações e no rastreamento das compras de bens e serviços” (Silva, Carvalho & Carvalho, 2020, p. 372).

A execução orçamentária resultante das contratações sendo registradas na *blockchain* poderá favorecer e criar condições para o melhor exercício das práticas de accountability tanto nas dimensões denominadas vertical quanto na horizontal mencionadas por Pinho & Sacramento (2009). Coadunam com esta ideia os autores Silva, Carvalho & Carvalho (2020, p. 379) quando ponderam que o registro da execução orçamentária na *blockchain* “possibilita que os cidadãos possam ampliar o controle sobre a atuação dos gestores públicos, com uma maximização das possibilidades em termos de accountability”, o que poderá contribuir para uma melhora na execução da despesa pública à medida que atuem juntos os controles: internos, externos e social. Além disso, segundo Santos & Ângelo Junior (2022), contribuirá com as diretrizes da PNGA, na medida em que possibilitará o aumento da disponibilidade de informações sobre as atividades governamentais, incluídos os dados sobre os gastos e o desempenho das ações e dos programas de governo.

No Brasil, o Sistema de Análise de Orçamentos (SAO) do TCU é um exemplo dessa relação entre orçamento, contratação e tecnologias. Consiste em uma ferramenta de avaliação de risco em or-

çamentos de obras públicas que faz identificação automatizada de um conjunto potencial de irregularidades associadas especificamente à implementação de empreendimentos de infraestrutura (Costa & Bastos, 2020).

Um outro exemplo, apontado por Araújo, Freitas e Martin (2021), foi criado pelo BNDES e consiste em um programa piloto denominado BNDESToken que objetiva rastrear a aplicação de recursos públicos em operações de crédito com entes públicos ou operações com recursos não reembolsáveis, fornecendo à sociedade de maneira transparente a informação de como esses recursos estão sendo utilizados. Conforme o TCU (2020), para implementação do BNDESToken, fez-se uso da tecnologia *blockchain*, em específico a plataforma de *blockchain* denominada Ethereum, combinada com a solução dos *smart contracts* que viabilizou as regras do negócio.

Por fim, outro exemplo é o Projeto “GOV Token”, iniciativa que propõe o acompanhamento dos recursos liberados para uma agenda pública, tornando o processo transparente, imutável e auditável por pessoas ou entidades, auxiliando no combate à corrupção (Schincariol, 2021). Para finalizar, apresenta-se uma experiência do exterior, o “Orçamento Público - Canadá”. Em 2018, Anthony Williams, pesquisador do *Blockchain Research Institute*, propôs um modelo orçamentário simplificado para o Canadá que poderia ser utilizado com *smart contracts* e inteligência artificial para um sistema mais robusto, seguro e confiável (Silka, 2022).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve por objetivo analisar possíveis implicações decorrentes da aplicação combinada de três tecnologias digitais - *blockchain*, *smart contract* e *IA* - aos processos de contratação e orçamento efetuados pela Administração Pública.

Foi possível constatar a possibilidade de aplicação combinada dessas três tecnologias no âmbito das contratações e do orçamento público a partir da identificação de alguns casos, ainda que em fase inicial de aplicação. Ademais, identificou-se que a *blockchain* e o *smart contract* são tecnologias em geral interconectadas, assim, ao usar a primeira concomitantemente a segunda é usada; o oposto já não é verdadeiro. Quanto a *IA*, embora não haja essa interconexão, por ela ser uma tecnologia indepen-

dente, é possível fazer a integração dela, de modo embarcado, à *blockchain* e ao *smart contract*, basta que haja uma decisão de gestão com a finalidade de integralizar as três, visto que são tecnologias convergentes, e assim, consequentemente, juntas, podem aumentar suas potencialidades de usos nas contratações públicas e no orçamento público, como se propôs fazer os estados de Santa Catarina e Paraná, acima mencionados.

Observou-se que na relação entre *blockchain*, *smart contracts* e *IA* quando aplicadas à contratação por órgãos públicos, à *blockchain* caberia o registro imutável das transações/procedimentos licitatórios e execução orçamentária, aos *smart contracts* caberia a configuração das regras procedimentais e legais e à *IA* caberia múltiplos papéis, como monitoramento em tempo real dos procedimentos licitatórios para análise e processamento de dados em massa a fim de auxiliar nas práticas de gestão, tomada de decisão, accountability, controle preventivo e concomitante de falhas humanas, de fraudes, de irregularidades e de inconformidades, além de possibilitar aos gestores alertas de eventuais fragilidades ainda na etapa de planejamento das aquisições, contribuindo assim para a melhor eficiência e a efetividade dos processos de contratações públicas.

Sob o ponto de vista legal, o estudo permitiu verificar a existência de normativos que dão suporte ao uso dessas tecnologias no âmbito das contratações públicas, como já mencionado: a LGD, a NLLC e a LGPD. Todavia é possível que estes normativos não contemplem toda a realidade atual e futura das contratações em território nacional, principalmente num contexto de rápidas mudanças e, normativos específicos, certamente poderão ser bem-vindos.

O estudo revelou benefícios no emprego dessas tecnologias aos processos de contratação e orçamento efetuados pela Administração Pública. Isoladamente a *blockchain* permite a realização das transações contratuais mais seguras e confiáveis por conta da sua característica da imutabilidade. Os *smart contracts* proporcionam os benefícios da redução dos custos transacionais das contratações por serem contratos auto-executáveis. E a *IA*, como já expresso no parágrafo acima, favorece a análise das informações em volumes expressivos, além de permitir monitoramento e controle praticamente em tempo real, o que contribui para apoiar a tomada de decisão direcionada para os próprios órgãos pú-

blicos, assim como para o público externo, o que inclui os licitantes/fornecedores e a sociedade como um todo. Desta forma, em última instância favorece a melhoria da execução de políticas públicas dependentes de contratações e ajuda na transparência governamental.

O uso combinado dessas três tecnologias, a partir de técnicas de gestão, pode potencializar os benefícios ao sistema de contratações públicas e a execução orçamentária, trazendo agilidade, economia e inovação. Por fim, é oportuno ressaltar que há desafios ao emprego combinado dessas três

tecnologias às licitações públicas, pois demanda qualificação, interoperabilidade entre sistemas e superar resistência culturais. Finaliza-se destacando que a criação de uma estrutura de governança em rede viabilizado pelo uso convergente das tecnologias *blockchain*, *smart contracts* e *IA* pode ser um caminho promissor à mitigação de muitos dos problemas relacionados às contratações e assim possibilitar a construção de uma gestão pública efetivamente alinhada aos princípios constitucionais da legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência.

REFERÊNCIAS

- Arantes Junior, G. M. (2022 online). **Rede blockchain Brasil. Tudo sobre a rede público-permissionada do BNDES e TCU**. Entrevista, em 13:25. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=tOUhK48hJkY>
- Araújo, V. S., Freitas, M. G., & Martin, M. V. A. (2021). **Blockchain e o futuro dos contratos administrativos**. Recuperado de <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/quaestioiuris/article/view/48956/37359>
- Azevedo, L. A. B., Albino, J. & Figueiredo, J. M. (2021). **O uso da inteligência artificial nas atividades de controle governamental**. Recuperado de https://revista.cgu.gov.br/Cadernos_CGU/article/view/466/301
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. (2022). **Repositório de arquivos para a infraestrutura da Rede Blockchain Brasil**. Recuperado de <https://github.com/RBBNet/rbb/>
- Constituição da República Federativa do Brasil**. (1988). Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm
- Cardoso, H. R., Cerqueira, R. S., & Andrade, A. B. C. (2021). **A aplicabilidade da tecnologia blockchain às licitações públicas**. Recuperado de <https://revistadocejur.tjsc.jus.br/cejur/article/view/368/206>
- Carvalho et al. (2021). Transformação digital: desafios na formação de um constructo e cenários para uma agenda de pesquisa, **Rev. Adm. Mackenzie**, 22(6), eRAMD210400.
- CGE - Controladoria Geral do Estado do Paraná. (2023a). **Com Harpia, projeto de inteligência artificial, Governo vai redobrar fiscalização de compras**. Recuperado de <https://www.cge.pr.gov.br/Noticia/Com-Harpia-projeto-de-inteligencia-artificial-Governo-vai-redobrar-fiscalizacao-de-compras>
- CGE – Controladoria Geral do Estado do Paraná (2023b). **Plano de trabalho 2023 - diretrizes e governança**. Recuperado de https://www.cge.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2023-01/plano_de_trabalho_2023_-_gab_e_at.pdf
- CGE - Controladoria Geral do Estado do Paraná. (2020). **Acordo garante maior controle na gestão de compras do Estado**. Recuperado de <https://www.cge.pr.gov.br/Noticia/Acordo-garante-maior-controle-na-gestao-de-compras-do-Estado>
- Costa, B. (2020). Sem transformação digital, o governo entrega cada vez menos valor ao cidadão. In: Loureiro, G. (Org.). **Reconstrução do Brasil pela Transformação Digital no Setor Público**. Brasília, DF: IBGP, 2020. Capítulo introdutório, p. 37-57.

Costa, M. B., & Bastos, P. R. L. (2020). **Alice, Monica, Adele, Sofia, Carina e Ágata: o uso da inteligência artificial pelo Tribunal de Contas da União**. Recuperado de <https://revcontext.tce.go.gov.br/index.php/context/article/view/59>

Decreto nº 11.260, de 22 de novembro de 2022. (2022). Recuperado de <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=23/11/2022&jornal=515&pagina=3>

Decreto nº 10.332, de 28 de abril de 2020. (2020). Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2020/decreto/d10332.htm

Dunleavy, P., Margetts, H., Bastow, S., & Tinkler, J. (2005). New public management is dead—long live digital-era governance. **Journal of Public Administration Research and Theory**, 16(3), 467-494.

Faleiros Junior, J. L. M. (2020). **Administração Pública Digital: proposições para o aperfeiçoamento do Regime Jurídico Administrativo na sociedade da informação**. São Paulo: Foco.

Fassio, R. C. et al. (2022). **Compras Públicas de Inovação - Revisitando as compras públicas de inovação no Brasil: oportunidades jurídicas e institucionais**. (BID). Recuperado de <https://publications.iadb.org/pt/revisitando-compras-publicas-de-inovacao-no-brasil-oportunidades-juridicas-e-institucionais>

Fenili, R., & Ache, A. (2022). **A lei de licitações e contratos: visão sistêmica - volume 1: planejamento e seleção do fornecedor**. São Paulo: Format.

Fenili, R. (2018). **Governança em Aquisições Públicas: teoria e prática à luz da realidade sociológica**. Rio de Janeiro: Impetus.

Floriani, L. B. R. (2021). **Smart contracts nos contratos empresariais: um estudo sobre possibilidade e viabilidade econômica de sua utilização**. Belo Horizonte: Dialética.

Freire, J. P. (2021). **Blockchain e Smart contracts: implicações jurídicas**. Coimbra: Almeida.

Freitas, J., & Freitas, T. B. (2020). **Direito e Inteligência Artificial: em defesa do humano**. Belo Horizonte: Fórum.

Godinho, H. H. A. M., Marinot, M. B., & Vaz, W. (2022). Impactos da Lei do Governo Digital no controle externo. In: MOTTA, F.; VALLE, V. R. L. (Coords.). **Governo Digital e a busca por inovação na Administração Pública: a Lei nº 14.129, de 29 de março de 2021**. Belo Horizonte: Fórum, p. 221-238.

Jacoby Fernandes, J. U. (2021). **Contratação Direta Sem Licitação**. Belo Horizonte: Fórum.

Jacoby Fernandes, J. U. (2021). **Manual do Ordenador de Despesas: à luz do novo regime fiscal**. Belo Horizonte: Fórum.

Lakatos, E. M. (2003). **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 5ª ed.

Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. (2021). Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm

Lei nº 14.129, de 29 de março de 2021. (2021). Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2021/lei/l14129.htm

Lei nº 4.320, de 17 de março de 1964. (1964). Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4320

Lei de 29 de agosto de 1828. (1828). Recuperado de http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei_sn/1824-1899/lei-38195-29-agosto-1828-566164-publicacaooriginal-89803-pl.html

Leitão, A. S., & Ferreira, H. R. (2022). **As novas tecnologias a serviço da nova administração: a blockchain, os smart contracts e a nova lei de licitações e contratos (lei nº 14.133/2021)**. Recuperado de <https://www.indexlaw.org/index.php/rdb/article/view/7493/5807>

Marçal, J. F. (2021). **Comentários à Lei de Licitações e Contratações Administrativas**. São Paulo: Revista dos Tribunais.

Medida Provisória nº 1.167, de 31 de março de 2023. (2023). Recuperado de <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/medida-provisoria-n-1.167-de-31-de-marco-de-2023-474433706>

Menengola, E. (2022). **Blockchain na administração pública brasileira**. Rio de Janeiro: Lumen Juris.

Morakanyane, R., Grace, A. A., & O'reilly, P. (2022). **Conceptualizing Digital Transformation in Business Organizations: A Systematic Review of Literature**. Recuperado de <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1028&context=bled2017>

Pablo, G. V. R. R. (2022). **Blockchain y automatización de procedimientos en la Administración Pública**. El Consultor de los Ayuntamientos. Spanish Edition. Versión Kindle.

Paludo, A. V. **Orçamento Público, Afo e Lrf - Teoria e Questões**. São Paulo: Método.

Philippi, J. H. M. (2022). **Blockchain e atividades notariais e de registro**. Rio de Janeiro: Lumen Juris.

Pinho, J. A. G., & Sacramento, A. R. S. (2009). *Accountability*: já podemos traduzi-la para o português? **Revista de Administração Pública**, 43(6), p. 1343-1368.

Revored, T. (2019). **Blockchain**: tudo o que você precisa. The Global Strategy.

Rosa, et al. (2018). **Blockchain para aprimoramento da gestão e da transparência em contratações públicas proposta de um modelo de Smart contract para o Poder Executivo de Santa Catarina**. Recuperado de <https://sbap.org.br/ebap/index.php/home/article/view/207>

Rosillo, A. (2013). **Licitação no Brasil**. São Paulo: Malheiros.

Rocha, A. L. M., Rezende M. S., & Oliveira, T. C. (2022). **Relato Técnico - Alice: Desafios, resultados e perspectivas da ferramenta de auditoria contínua de compras públicas governamentais com uso de inteligência artificial**. Recuperado de https://revista.cgu.gov.br/Revista_da_CGU/article/view/530/357

Rover, A. J. (2001). **Informática no direito: inteligência artificial. Introdução aos sistemas especializados legais**. Curitiba: Juruá.

Russel, S., & Norvig, P. (2016). **Artificial intelligence: a modern approach**. 3, ed. Londres: Pearson Education Limited, p. 2-5.

Santos, S. S. S., & Angelo Junior, L. A. (2022). **Entorno legal y adopción de blockchain como herramienta para prevenir la corrupción en contrataciones públicas**: reflexiones sobre iniciativas europeas y los marcos normativos brasileños. Recuperado de https://revista.cgu.gov.br/Revista_da_CGU/article/view/528/350

Scincariol, J. (2022). Projeto busca usar tecnologia *blockchain* para controlar gastos públicos. **Valor Econômico**. Recuperado de <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2021/02/12/projeto-busca-usar-tecnologia-blockchain-para-controlar-gastos-publicos.ghtml>

Silka, E. H. F. (2022). **A cidade na rede: reflexões críticas sobre o uso da blockchain como ferramenta tecnopolítica nos centros urbanos**. TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Arquitetura e Urbanismo.

Silva, P. A., & Santos, A. C. (2022). **Possibilidades Epistemológicas das Teorias da Administração Pública**: de Paradigmas a Matrizes Epistêmicas. Recuperado de <https://periodicos.ufba.br/index.php/revistaoes/article/view/44285/26798>.

Silva, R. A., Carvalho, R. M., Carvalho, A. B. (2020). Tokenização do Orçamento Público: A Gestão da Despesa Pública no *Blockchain*. In: *International Conference in Accounting and Finance Innovation*, 2020, Aveiro. Proceedings of the 1st International Conference in Accounting and Finance Innovation: business innovation and digital transformation. Aveiro: UA Editora.

Siqueira, R. C. C. (2020 online). ENCCLA - *Blockchain e o Setor Público no Brasil - Projeto Harpia*. Painel, em 2:12:57. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=D4PLikUxXPO>

Siqueira, R. C. C. (2021 online). Projeto Harpia - CGE Paraná. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=0VjFBk0-0vU>

Smart SC. (2023 online). *Projeto Smart SC - Plataforma de Contratos Inteligentes do Governo do Estado de Santa Catarina*. Recuperado de <https://smartsc167237956.wordpress.com/>

Souza, K. R., & Santos, F. B. (2019). *Como combater o desperdício no setor público: gestão de riscos na prática*. Belo Horizonte: Fórum.

Surden, H. (2012). Computable contracts. *University of California Davis Law Review*, 46, p. 629-700.

Szabo, N. (1994). *Smart contracts. Site da Phonetic Sciences*. Amsterdam. Recuperado de <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>

Taulli, T. (2020). *Introdução à Inteligência Artificial: uma abordagem não técnica*. São Paulo: Novatec.

Tribunal de Contas da União. (2020). *Sumário Executivo: levantamento da tecnologia blockchain*. Apêndice1. Apêndice1. Acórdão 1.613/2020-TCU-Plenário. Relator Ministro Aroldo Cedraz. Brasília: TCU, Secretária das Sessões (Seses). Recuperado de <https://portal.tcu.gov.br/levantamento-da-tecnologia-blockchain.htm>

Tribunal de Contas da União. (2022). *Rede Blockchain Brasil vai garantir mais segurança a atos e contratos públicos*. Recuperado de <https://portal.tcu.gov.br/imprensa/noticias/rede-blockchain-brasil-vai-garantir-mais-seguranca-a-atos-e-contratos-publicos.htm>

Tribunal de Contas da União. (2022 online). *Guia do TCU para orientar gestores sobre uso da blockchain*. Tipos de *blockchain*. Recuperado de <https://portal.tcu.gov.br/data/files/7E/37/CF/69/A79747103F684747E18818A8/SEFTI%20-%20Blockchain.pdf>

Tribunal de Contas da União, & Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. (2022). *Acordo de Cooperação Técnica (ACT) nº D-121.2.0014.22 celebrado entre o TCU e o BNDES*. Recuperado de https://github.com/RBBNet/rbb/blob/master/documentos/ACT_TCU_BNDES_RBB.pdf

União Europeia. (2019). *The European Commission's science and knowledge service. Blockchain for digital government: an assessment of pioneering implementations in public services*. Recuperado de <https://joinup.ec.europa.eu/sites/default/files/document/2019-04/JRC115049%20blockchain%20for%20digital%20government.pdf>.

Valle, V. R. L., & Pinto, E. A. (2022). Inteligência Artificial na Administração Pública: vieses e a agenda de Direitos Humanos. In: Schier, A. et al. (Coords.). *Administração Pública 4.0: na visão delas*. Curitiba: Íthala, p. 73-86.

Walker, J. (2021). *On Legal AI: um rápido tratado sobre a inteligência artificial no direito*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil.

Weyl, E. G., Ohlhaber, P., & Buterin, V. (2022). *Decentralized Society: Finding Web3's Sou*. Recuperado de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4105763

Winston, P. (2010). *Artificial Intelligence - 6.034*. MIT OpenCourseWare. Recuperado de https://ocw.mit.edu/courses/6-034-artificial-intelligence-fall-2010/b971a013f52a4c337fc0cf793e81b7b9_TjZBTdzGeGg.pdf

World Economic Forum. (2020). *Exploring Blockchain Technology for Government Transparency: Blockchain-Based Public Procurement to Reduce Corruption*. Recuperado de [https://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/WEF_69057_Blockchain%20for%20Government%20Transparency_2020-v1%20\(1\)%20\(1\).pdf](https://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/WEF_69057_Blockchain%20for%20Government%20Transparency_2020-v1%20(1)%20(1).pdf)

Ziliotto, M. M. (2022). *Tecnologia Blockchain nas Contratações Públicas no Brasil*. Belo Horizonte: Fórum.



Alexsandro Souza Burite

alexsandroburite@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7513-4933>

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Doutorando em Difusão do Conhecimento pelo Programa de Pós-Graduação Multi-Institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento das instituições UFBA, UNEB, IFBA, UEFS, LNCC e o SENAI/CIMATEC (2023). Mestrado em Gestão de Políticas Públicas e Segurança Social pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB (2018), Especialização em Tecnologias e Educação Aberta e Digital pela UFRB em convênio com a Universidade Aberta de Portugal (2019), Especialização em Contabilidade Pública e Lei de Responsabilidade Fiscal pela Universidade Cândido Mendes - UCAM (2016), Especialização em Gestão Pública pela UCAM (2015), Graduação em Administração pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2013), Técnico em Redes de Computadores pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA_Feira de Santana (em andamento). É Administrador na UFRB com atuação na área de Compras Governamentais, Projetos e Convênios. É Perito Judicial, Administrador Judicial e Gestor Judicial junto ao CFA/CRA-BA. Integra o Grupo de Estudos em Governança Municipal do CRA/BA. Atua como professor na área de contratações públicas junto à Escola Nacional de Administração Pública. Tem realizado estudos sobre Transformação Digital no Setor Público.



Ana Rita Silva Sacramento

anasacramento@ufba.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6739-5711>

Universidade Federal da Bahia

Doutora em Administração pela Universidade Federal da Bahia (2011). Professora Adjunta em Regime de Dedicção Exclusiva na Escola de Administração da Universidade Federal da Bahia (EAUFBA) e Vice-Coordenadora do Colegiado do Curso de Graduação Tecnológica em Gestão Pública e Social. É líder do Grupo de Pesquisa Observatório de Finanças Públicas (OFiP), cadastrado na plataforma do CNPq. Na Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração é líder do tema Planejamento Governamental, Finanças Públicas e Controle no Setor Público - Divisão Acadêmica Administração Pública. Na Sociedade Brasileira de Administração Pública é líder do tema Contabilidade, Finanças e Orçamento no Setor Público. É organizadora de livro e tem capítulos de livros, artigos em periódicos e trabalhos socializados em anais de eventos científicos. Auditora Fiscal aposentada - Secretaria da Fazenda do Estado da Bahia (SEFAZ - BA) e ex- Vice-diretora e Coordenadora do Curso de Administração da Faculdade Anísio Teixeira de Feira de Santana.



Fabiano Maury Raupp

fabianoraupp@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9533-2574>

Universidade do Estado de Santa Catarina

Possui Doutorado em Administração pela Universidade Federal da Bahia (2011), Mestrado em Administração pela Universidade Federal de Santa Catarina (2003) e Graduação em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Santa Catarina (2001). É professor Titular na Universidade do Estado de Santa Catarina, atuando no Departamento de Administração Empresarial, no Mestrado Profissional em Administração, no Mestrado Acadêmico em Administração e no Doutorado em Administração do Centro de Ciências da Administração e Socioeconômicas. É membro de Grupos de Pesquisa cadastrados na plataforma do CNPq. Na Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração é líder do tema Planejamento Governamental, Finanças Públicas e Controle no Setor Público - Divisão Acadêmica Administração Pública. Na Sociedade Brasileira de Administração Pública é líder do tema Contabilidade, Finanças e Orçamento no Setor Público. É autor de livros, capítulos de livros, artigos em periódicos e trabalhos socializados em anais de eventos científicos.